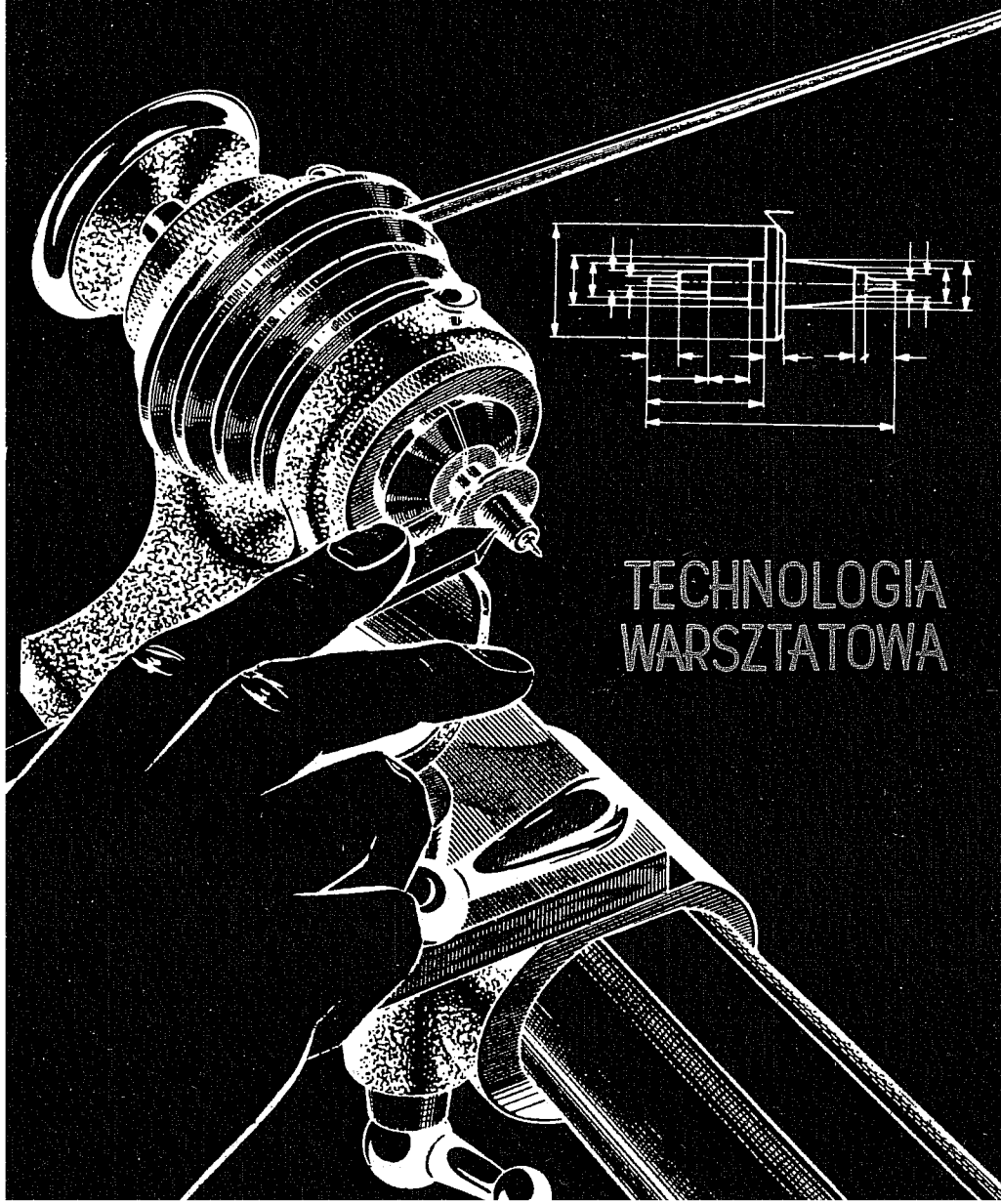


ZEGARMISTRZOSTWO

WAWRZYNIEC M.A. PODWAPINSKI • BERNARD M.S. BARTNIK



TECHNOLOGIA
WARSZTATOWA

WAWRZYNIEC M. A. PODWAPIŃSKI
BERNARD M. S. BARTNIK

681.11

ZEGARMISTRZOSTWO

TECHNOLOGIA WARSZTATOWA



WYDAWNICTWO
PRZEMYSŁU LEKKIEGO i SPOŻYWCZEGO
WARSZAWA 1962

Opiniodawcy:

mistrz zegarm. Edmund Litwin, mgr inż. Edward Suchocki
prof. inż. Władysław Tryliński, mistrz zegarm. Antoni Zybort

Opracowanie stylistyczne

Konstanty M. Brodzik

Redaktor WPLiS

Wanda Bogdanowicz

W książce podane podstawowe wiadomości z zakresu zegarmistrzowskiej technologii warsztatowej. Omawiane są różne rodzaje obróbki mechanicznej i cieplnej, rodzaje połączeń materiałów, rysunek techniczny i metody pomiarów warsztatowych oraz zagadnienie wykonywania niektórych narzędzi zegarmistrzowskich i dorabiania uszkodzonych lub brakujących części zegarowych w pracowni zegarmistrza.

Książka jest przeznaczona dla zegarmistrzów i uczniów szkół zegarmistrzowskich.

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

PRINTED IN POLAND

Okladkę opracował Roman Oksiutycz
Redaktor techniczny Danuta Szczepańska
Korektor techniczny Zofia Chmurczyńska

WPLiS Warszawa, 1962. Symbol 40571. Wydanie I. Nakład 5130 egz. Ark. wyd. 28.
Ark. druk. 25,25. Format A5. Papier druk. sat. kl. V, 65 g, 61 × 86/16 z Fabryki Papieru we Włocławku. Rękopis oddano do składania 30. XI. 61. Podpisano do druku 21. III. 62. Druk ukończono w marcu 1962 r. Cena zł 61.—

Wrocławska Drukarnia Dzielowa — Zam. 302/A — B-2

T R E Ś Ć

Przedmowa		7
Wstęp		9
I. Obróbka bezwiorowa		11
1. Wiadomości ogólne		11
2. Kucie		12
3. Gięcie		14
Wyginanie		15
Prostowanie		18

Wawrzyniec M. A. Podwapiński, Bernard M. S. Bartnik — Zegarmistrzostwo

Ważniejsze błędy dostrzeżone po wydrukowaniu

Str.	Wiersz	Jest	Powinno być
99	13 od dołu	trzymany	trzymamy
219	7 od dołu	średnicy	ściernicy
274	14 od dołu	ramiona	ramion
306	14 od góry	dostęp	odstęp
345	4 od dołu	odzyskać	uzyskać
360	5 od dołu	Trzpień	Trzpień

b. Toczenie		84
Uwagi ogólne		84
Noże tokarskie		89
Mocowanie noży		94
Mocowanie przedmiotów na tokarce		101
Sposoby toczenia		118
Bezpieczeństwo i higiena pracy przy toczeniu		131

T R E Ś Ć

Przedmowa	7
Wstęp	9
I. Obróbka bezwiórowa	11
1. Wiadomości ogólne	11
2. Kucie	12
3. Cięcie	14
Wyginanie	15
Prostowanie	18
4. Nawijanie sprężyn śrubowych	21
5. Ciągnięcie	23
II. Obróbka wiórowa (skrawaniem)	24
1. Wiadomości ogólne	24
Narzędzia skrawające	26
Skrawanie	29
2. Cięcie	33
Cięcie piłką	33
Cięcie piłą tarczową	38
Cięcie szczypcami	39
Cięcie nożycami ręcznymi	40
Cięcie przecinakiem	41
Przebijanie	42
3. Piłowanie	45
Zastosowanie pilników	45
Mocowanie przedmiotów do piłowania	47
Ogólne zasady piłowania	50
Sposoby piłowania	54
4. Wiercenie	63
Uwagi ogólne	63
Wiertła	65
Zastosowanie przyborów wiertniczych	68
Mocowanie przedmiotów	70
Zasady wiercenia	71
Praktyczne sposoby wiercenia	74
Nawiercanie, pogłębianie i owiercanie	80
Rozwiercanie i wyglądanie otworów	82
5. Toczenie	84
Uwagi ogólne	84
Noże tokarskie	89
Mocowanie noży	94
Mocowanie przedmiotów na tokarce	101
Sposoby toczenia	118
Bezpieczeństwo i higiena pracy przy toczeniu	131

6.	Frezowanie	132
	Uwagi ogólne	132
	Urządzenia do frezowania	133
	Frezy	135
	Warunki frezowania	139
	Frezowanie piaszczyn	140
	Frezowanie rowków i wieloboków	141
	Frezowanie uzębień	142
	Welcowanie zębów	150
7.	Gwintowanie	151
	Uwagi ogólne	151
	Gwinty i ich elementy	152
	Narzędzia do gwintowania	155
	Zasady i przykłady gwintowania	159
	Mierzenie gwintów	165
III.	Nowoczesne rodzaje obróbki	167
1.	Obróbka elektroerozyjna	167
	Opis metody	168
	Zastosowanie w praktyce	169
	Uniwersalna obrabiarka elektroiskrowa	172
2.	Ultradźwięki	173
	Obrabiarki ultradźwiękowe	173
	Lutownica ultradźwiękowa	174
	Inne zastosowania ultradźwięków	175
IV.	Obróbka cieplna	176
1.	Wiadomości ogólne	176
	Struktury metali i stopów	176
2.	Hartowanie	179
	Rodzaje hartowania	180
	Grzanie	180
	Chłodzenie	185
	Wady hartowania	191
3.	Odpuszczanie	192
	Barwy nalotowe	193
	Odpuszczanie według nalotu	195
	Odpuszczanie według opalania oleju	197
	Odpuszczanie w kąpielach	197
4.	Wyżarzanie	198
5.	Obróbka cieplno-chemiczna	200
	Nawęglanie	200
	Cyjanowanie	202
6.	Przykłady obróbki cieplnej	203
	Obróbka cieplna stali	203
	Obróbka cieplna stopów miedzi	206
V.	Wykończanie powierzchni	208
1.	Wiadomości ogólne	208
	Cel wygładzania powierzchni	209
2.	Skrobanie	210
3.	Szlifowanie	210
	Charakterystyka ogólna	210
	Materiały ściernie	211
	Szlifowanie maszynowe	216
	Szlifowanie ręczne	221
	Rodzaje szlifu	225

4. Polerowanie	231
Środki polerownicze i ich użycie	233
Narzędzia polerownicze	240
Polerowanie maszynowe	248
Polerowanie ręczne	250
Polerowanie czopów	260
Polerowanie elektrolityczne	268
5. Matowanie i trawienie	270
Matowanie metali	270
Chemiczne trawienie metali	271
6. Radełkowanie	273
7. Pokrywanie obrobionych powierzchni (powłoki)	275
Przygotowanie pod powłoki	275
Powłoki nakładane mechanicznie	277
Powłoki otrzymywane metodami cieplno-chemicznymi	283
Powłoki wytwarzane elektrochemicznie (elektrolitycznie)	287
VI. Łączenie części mechanizmów	290
1. Łączenie rozłączne	291
Połączenia klinowe	291
Połączenia sworzniowe i kołkowe	292
Połączenia gwintowe	293
Połączenia sprężyste	295
2. Łączenie nierozłączne	295
Nitowanie	295
Wtlaczanie	303
Spawanie i zgrzewanie	305
Lutowanie	305
Klejenie	316
Kitowanie	320
VII. Rysunki	323
1. Zasady rysunku technicznego	323
Wiadomości podstawowe	323
Rzuty prostokątne	326
Wymiarowanie	331
Napisy i oznaczenia	333
2. Ćwiczenia wstępne	335
Kreślenie linii	335
Ćwiczenie pisma	336
Konstrukcje geometryczne	337
Rysunki schematyczne	338
3. Wykonywanie rysunków maszynowych	339
Rysunki wykonawcze	339
Rysunki złożeniowe	342
Rysunki poglądowe	343
VIII. Pomiary, trasowanie i tolerancje	344
1. Pomiary warsztatowe	344
Jednostki miar	344
Narzędzia miernicze	344
Sposoby mierzenia	345
2. Trasowanie	347
Narzędzia traserskie	348
Sposoby trasowania	349
Inne metody zaznaczania	350

3. Tolerancje i pasowania	350
Dokładność wykonania	350
Tolerancja wymiarów	351
Pasowania	352
IX. Wykonywanie narzędzi i części zamiennych	354
1. Wiadomości ogólne	354
2. Przykłady wykonania narzędzi	355
Kątownik	355
Chwytki	356
Kowadełko	357
Wkrętak trzonkowy	357
Wkładka wkrętaka	358
Nabijaki	359
Zabieraki	359
Trzpień tokarski z zabierakiem	360
Wiertła piórkowe	361
Pogiębiacz	363
Gwintowniki	363
Młotek	365
Nitownica	365
3. Przykłady wykonania części zamiennych	366
Kołek stożkowy (zatyczka)	367
Kołek walcowy (ustalający)	367
Tulejka łożyskowa (węzydło)	368
Klucz zamka włosa	368
Wkręt	369
Wskazówka godzinowa do zegara	370
Nastawnik	371
Półmostek balansu	371
Urządzenie zapadkowe do zegara	373
Walek sprężyny do zegara	374
Walek sprężyny do zegarka	376
Beben sprężyny do zegarka	377
Koło wychwytu Grahama	379
Paleta Grahama	380
Oś przekładni	380
Walek naciągowy	382
Oś balansu	383
Przerzutnik	388
Kotwica wychwytu szwajcarskiego	389
Wykaz piśmiennictwa	393

PRZEDMOWA

W poprzednich pracach z zakresu zegarmistrzostwa omówiliśmy historię tego rzemiosła, materiałoznawstwo, narzędzia i części zamienne, budowę zegarów słonecznych i wieżowych oraz konstrukcję i działanie mniej skomplikowanych zegarów mechanicznych.

Dla zegarmistrza najważniejszą sprawą jest jednak naprawa zegara lub zegarka, toteż każdy początkujący zegarmistrz chce się jak najprędzej tego nauczyć. Wiemy o tym doskonale z doświadczenia, a potwierdzają to liczne listy, w których zegarmistrze dopominają się o fachowy podręcznik poświęcony zagadnieniu naprawy zegarów. Autorzy „Zegarmistrzostwa” dążą konsekwentnie do tego celu. Jednakże przed wskazaniem praktycznych sposobów naprawy należało dokładnie zapoznać Czytelnika z konstrukcją zegara, a obecnie — w niniejszym opracowaniu — podać mu podstawowe wiadomości z zakresu technologii zegarmistrzowskiej.

Wprawdzie już teraz można by omówić sposoby rozbierania, czyszczenia i składania zegarów i zegarków, gdyż na podstawie wiadomości zawartych w poprzednich częściach „Zegarmistrzostwa” Czytelnik poznał dostatecznie ich konstrukcję i działanie, jednak w tym stanie rzeczy nie udałooby mu się jeszcze naprawić mechanizmu, w którym stwierdził usterki, uszkodzenia albo jakieś braki. W takim bowiem przypadku trzeba dorabiać niektóre części. Nie znając zaś zasad technologii, a zwłaszcza obróbki bezwiórowej, wiórowej i cieplnej, nie można by — rzecz jasna — wykonać danej części lub byłaby ona wykonana nieudolnie.

Zegarmistrzostwo jest rzemiosłem trudnym i skomplikowanym. Wymaga ono doskonałego opanowania zasad mechaniki precyzyjnej oraz wielu umiejętności wchodzących w zakres innych zawodów. Trudno byłoby jednak przy omawianiu technologii opisywać szczegółowo wszystkie rodzaje prac, jak np. prace kowalskie,

ślusarskie, tokarskie, spawalnicze itd. Ze względu na to, że w sprzedaży znajdują się podręczniki poświęcone tym zagadnieniom, często się na nie powołujemy, a ważniejsze prace omawiamy w streszczeniu. Jednakże typowe prace zegarmistrzowskie usiłowaliśmy opisać wyczerpująco i dokładnie.

Za bezinteresowną współpracę i życzliwą pomoc, jak również za dostarczenie materiałów naukowych i literatury fachowej składamy gorące wyrazy podziękowania wszystkim poniżej wymienionym osobom i instytucjom.

Hurtownia „Bergeon” — Szwajcaria, mgr inż. Feliks Borzęcki — Warszawa, mgr inż. Zbigniew Czerski — Warszawa, mgr inż. Aleksander Dobraczyński — Warszawa, koncern „Ebauches” — Szwajcaria, hurtownia Rudolf Flume — Berlin Zachodni, Władysław Galski — Warszawa, Antoni Gryś — Szamotuły, Antoni Kowalski — Anglia, Juliusz Kręglewski — Poznań, Edmund Litwin — Warszawa, prof. mgr inż. Kazimierz Ochęduszko — Brwinów, mgr inż. Piotr Piotrowski — Warszawa, Eugenia Podwańska — Anglia, Redakcja „Przemysłu Chemicznego” — Warszawa, Józef Rybacki — Piotrków, Redakcja „Die Schweizer Uhr” — Szwajcaria, Zakłady Metalowe „Skarżysko” — Skarżysko, Edmund Skiba — Gdańsk, mgr inż. Edward Suchocki — Podkowa Leśna, Stow. Inżynierów i Mechaników Polskich — Warszawa, prof. mgr inż. Władysław Tryliński — Warszawa, Redakcja „Die Uhr” Bielefeld (NRF), Redakcja „Der Uhrmacher” — Austria, Stanisław Walicki — Anglia, dr Franciszek Zastawniak — Kraków, Antoni Zybort — Warszawa.

AUTORZY

WSTĘP

Przy zapoznawaniu się z konstrukcją i działaniem zegarów i zegarków przyjęto jako założenie, że funkcjonują one prawidłowo. Należało zatem poznać gruntownie całą budowę zegara, kształty i nazwy poszczególnych elementów, a także ich współdziałanie. Z kolei wypada zaznajomić się ze sposobami wykonywania zegarów.

Chcemy jednak uprzedzić pytanie zdziwionego Czytelnika: — A czyż to zegarmistrze robią teraz zegary? Tak, to prawda, że zegarmistrze nie wykonują dziś zegarów, gdyż przy współczesnym stanie techniki nie opłacają się wyroby jednostkowe. Obecnie wytwarza się zegary masowo, w zakładach przemysłowych, a do zegarmistrza należy wyłącznie ich konserwacja i naprawa. Podczas naprawy powstaje jednak bardzo często konieczność dorobienia różnych części mechanizmu, gdyż nie zawsze można je otrzymać gotowe; nieraz wymagają one wykończenia, przerobienia, dopasowania, albo też muszą być całkowicie wykonane z blach, drutów, prętów itp. półfabrykatów, z których odcina się odpowiedni kawałek i nadaje mu żądane kształty. Aby to osiągnąć, trzeba wykonać pewne czynności zwane ogólnie obróbką materiałów. Jedne z tych czynności mają na celu ukształtowanie elementu, inne — zmianę własności fizycznych surowca, jeszcze inne — wykończenie powierzchni i zabezpieczenie ich przed korozją.

Aby więc zegarmistrz mógł właściwie dorobić potrzebną część zamienną, musi znać zasady i metody obróbki. Ten właśnie dział zagadnień obejmuje niniejszy podręcznik.

Zegar składa się z wielu części zrobionych z metalu lub z innych materiałów. Aby więc opisać przebieg wykonania zegara, czyli tzw. proces technologiczny produkcji, trzeba znać również sposoby przetwarzania najpierw surowców na gotowe materiały, a potem materiałów na gotowe wyroby. Technologia jest to nauka o metodach przekształcania surowców lub tworzyw w postaci użytkowe i o środkach stosowanych dla osiągnięcia tego celu. Roz-

różnia się technologię chemiczną i mechaniczną. Chemiczna traktuje o zmianach składu materiałów, np. o produkcji tworzyw sztucznych, płynów do czyszczenia itp., mechaniczna zaś — o przekształceniach zewnętrznych, osiąganych sposobem mechanicznym, a więc np. o walcowaniu blachy, ciągnięciu drutu, piłowaniu, wierceniu, toczeniu itp. Technologia obejmuje całość metod produkcji rękodzielniczej i przemysłowej.

Tworzywa są to materiały, z których wytwarza się produkty rękodzielnicze lub przemysłowe, a więc metale, drewno, kamienie szlachetne, a także materiały używane w procesie produkcyjnym, jak np. środki szlifierskie i polerownicze, smary, środki do czyszczenia itp. Materiałoznawstwo, czyli nauka o tych materiałach, ich występowaniu, uzyskiwaniu, własnościach i zastosowaniu, jest więc bardzo silnie związane z technologią. Tworzywa stosowane pośrednio lub bezpośrednio do produkcji zegarów, a także sposoby przetwarzania surowców (rud) na materiały użytkowe zostały opisane w części drugiej „Zegarmistrzostwa”. W części niniejszej zapoznamy się z przetwarzaniem materiałów w postaci użytkowe. Pominiemy jednak tutaj metody przemysłowe produkcji zegarów, tj. technologię fabryczną, a omówimy tylko technologię rzemieślniczą, czyli metody pracy stosowane w warsztacie zegarmistrzowskim za pomocą maszyn, przyrządów i prostych narzędzi.

A więc w książce omówione będą różne rodzaje obróbki, rysunek techniczny i pomiary warsztatowe, a następnie sposoby wytwarzania niektórych narzędzi zegarmistrzowskich i części zegarowych.

Należy jednak stwierdzić, że umiejętności posługiwania się narzędziem nie nabędzie się przez samo przyswojenie sobie wskazówek teoretycznych, bez ćwiczenia i zaprawy praktycznej. Dlatego uczniowi trzeba od razu dawać do ręki narzędzia, aby zaprawiał się do prostych prac technologicznych. Przede wszystkim musi on poznać narzędzia do obróbki ręcznej i opanować tę obróbkę, a dopiero potem może stopniowo zaznajamiać się z tokarką, frezarką itp. oraz z pracą na tych maszynach. Uczeń musi koniecznie opanować najpierw czynności elementarne, takie, jak piłowanie zatyczek i czopów, szlifowanie stożkowych czopów osi balansu itp. Czynności te powinny początkowo wykonywać powoli, ale bardzo dokładnie, aby następnie — w miarę nabierania zręczności i wyrabiania wzroku — pracować coraz szybciej i z większą łatwością.

I. OBRÓBKA BEZWIÓROWA

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

Kształtowania przedmiotu dokonuje się obróbką mechaniczną. Jedną z metod tej obróbki jest metoda bezwiórowa, podczas której następuje zmiana kształtu lub wymiarów bez ubytku materialnego w postaci wiórów. Do obróbki tej zalicza się np. kucie, gięcie, prostowanie, ciągnięcie, wytłaczanie, rozcinanie, wykrawanie, przebijanie, wyoblanie itp. Takie rodzaje obróbki, jak walcowanie, kucie, tłoczenie, wyoblanie noszą nazwę obróbki plastycznej.

Ciała stałe pod wpływem działania sił zewnętrznych zmieniają swój kształt. Zmianę tę nazywa się odkształceniem. Odkształcenie znikające po zaprzestaniu działania siły zewnętrznej nazywa się odkształceniem sprężystym, odkształcenie zaś trwałe — odkształceniem plastycznym.

Każdy metal jest mniej lub więcej plastyczny, tzn. że pod działaniem sił zewnętrznych jego cząsteczki przesuwiają się względem siebie nie tracąc przy tym spójności, wskutek czego ciało przyjmuje inny kształt. Natomiast ciała nieplastyczne pod wpływem działania sił zewnętrznych tracą spójność i kruszą się.

Ta zdolność metalu do trwałych odkształceń — bez naruszenia swej spójności pod wpływem działania sił zewnętrznych — jest jedną z jego cenniejszych własności. Dzięki niej rozwinęły się szeroko i znajdują coraz to nowe zastosowanie procesy technologiczne oparte na obróbce plastycznej.

Ważniejsze procesy obróbki plastycznej są następujące: wydłużanie, poszerzanie, spęczanie, zakrzywienie, skręcanie.

Wszystkie te zmiany postaci można osiągnąć różnymi metodami obróbki plastycznej, których jest wiele. Przy każdej przeróbce plastycznej zachodzi utwardzenie materiału.

W zegarmistrzostwie stosuje się tylko niektóre metody obróbki plastycznej, takie jak: kucie, gięcie, ciągnięcie, i to zasadniczo na zimno. Innych zaś, jak tłoczenie, wyoblanie, walcowanie itp., przy naprawach zegarów na ogół się nie stosuje.

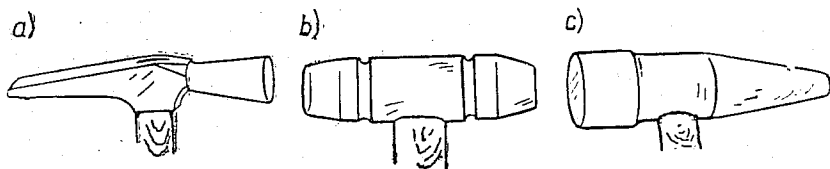
W rzemiośle naszym wchodzi w grę przeważnie metale półszlachetne o niedużych wymiarach. Większe natomiast przedmioty i części dorabiane do zegarów dworcowych, ulicznych i wie-

zowych obrabia zaangażowany przez zegarmistrza specjalista — kowal lub ślusarz — mający odpowiednie urządzenia, narzędzia i wprawę.

2. KUCIE

Kuciem nazywa się nadawanie kształtu przedmiotom metalowym przez uderzanie młotkiem. Na ogół zegarmistrz używa kilka rodzajów młotków w różnych wielkościach:

— najczęściej młotka zegarmistrzowskiego wielkości 40—100 mm, mającego z jednej strony płaski obuch, z drugiej ostry rąb (rys. 1 a);

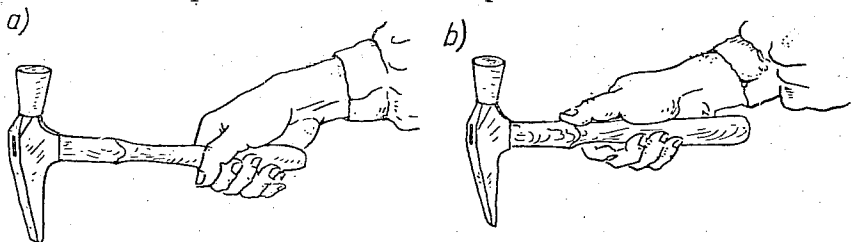


Rys. 1. Młotki: a) zegarmistrzowski, b) mosiężny, c) drewniany

— młotka ślusarskiego do grubszych prac;

— młotka mosiężnego (rys. 1 b) przy używaniu nabijarki (w celu zaoszczędzenia nabijaków) i przy innych delikatniejszych robotach;

— czasem młotka z drewna bukowego lub rogu (rys. 1 c) do prostowania kopert, cienkich blach itp.

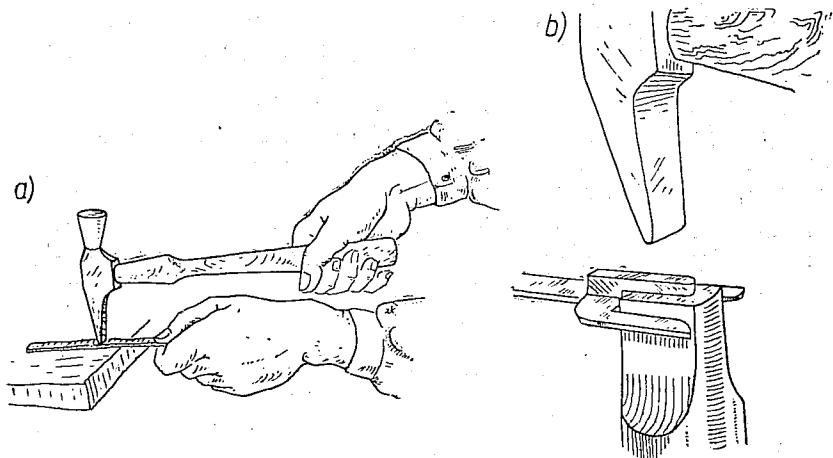


Rys. 2. Trzymanie młotka: a) prawidłowe, b) nieprawidłowe

Przy pracach zegarmistrzowskich najczęściej używa się oczywiście młotka zegarmistrzowskiego, tak do klepania, jak i wbijania. Klepanie wymaga uderzeń lekkich i szybkich. Ich rezultatem jest np. rozplaszczanie łba nitu. Uderzenia stosowane do wbicia (lub wybicia) czegoś są mocne i krótkie. Trzonek młotka należy przy tym trzymać swobodnie i poruszać nie całym ramieniem, lecz tylko kciukiem ręki (rys. 2 a). Rys. 2 b pokazuje

wadliwe trzymanie: młotek ujęto za krótko, wskutek czego uderzenia męczą przegub ręki i przedramię.

W zegarmistrzostwie rozróżniamy następujące rodzaje kucia: wydłużanie (podłużanie), spęczanie, rozplaszczanie, wygładzanie.

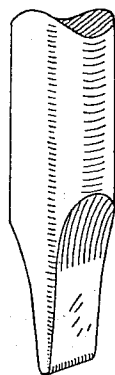


Rys. 3. Podłużanie kawałka metalu: a) uderzenia rąbem młotka, b) podłużanie bezpiecznika kotwicy

Metale bardzo plastyczne, jak złoto, ołów, miedź, dobrze się kuje w stanie zimnym. Inne metale oraz ich stopy, jak np. stale, brązy, są mało plastyczne w temperaturze do 100 °C, natomiast zwiększają znacznie swą plastyczność (przy równoczesnym obniżaniu wytrzymałości i podwyższaniu możliwości wydłużenia) w wyższych temperaturach.

Przed jakimkolwiek podłużaniem należy się zastanowić, czy zabieg ten nie jest zbędny. Tylko te części zegarowe, które są już bardzo zużyte, a których nie da się wymienić na nowe, można ostrożnie podłużać. Inaczej przedstawia się sprawa przy dorabianiu części. Wtedy celowo pozostawia się część nieco krótszą (np. drążek lub ramiona kotwicy), aby przez podłużenie łatwiej było ją dopasować.

Chcąc podłużyć płaski kawałek metalu, uderza się weń równomiernie rąbem młotka: następuje wydłużenie przedmiotu kosztem jego grubości (rys. 3 a). Również bezpośrednio rąbem młotka podłuża się np. większy bezpiecznik kotwicy budzika (rys. 3 b).



Rys. 4. Podłużak

Mniejsze przedmioty, jak wodziki, nastawniki, bezpieczniki kotwic itp., podłuża się zasadniczo w nabijarce za pomocą nabijaków o płaskim końcu, tzw. podłużaków (rys. 4). Należy się wy-

strzeżać podłużania przecinakami, bo zwykle kończy się to nie na wydłużeniu, lecz na przecięciu przedmiotu.

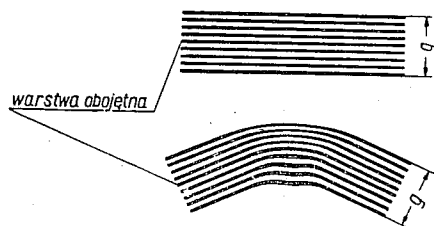
Spęczanie (zgrubianie) jest to rzadziej stosowany zabieg obróbki plastycznej, mający na celu zmniejszenie długości pręta w kierunku jego osi, z jednoczesnym jego pogrubieniem. Ma ono zastosowanie głównie przy nitowaniu, gdy formuje się zakuwkę (łeb nitu).

Dłuższych przedmiotów zasadniczo się nie spęcza. Jeśli jednak zachodzi potrzeba spęczenia pewnej części dłuższego przedmiotu, miejsce to należy zagrzać, a pozostałą część ująć w sztywny uchwyt, szczęki lub prowadnicę.

Rozpłaszczanie różni się od zwykłego wydłużania tym, że materiał zwiększa swe wymiary w kierunku długości i szerokości, a zmniejsza w kierunku grubości.

3. GIĘCIE

Gięcie jest to zmiana kształtu przedmiotu uzyskana przez trwałe odkształcenie w jednej płaszczyźnie jego osi lub płaszczyzny obojętnej. Jak mówiliśmy, każde ciało do pewnych granic, które nazywamy granicami sprężystości, odkształca się nietrwale. Dopiero



Rys. 5. Reakcja warstw metali w czasie gięcia

po przekroczeniu tych granic następuje trwała zmiana kształtu. Np. napięcie sprężynki wahadła podczas wzniesienia jest jej wygięciem w granicach sprężystości.

Gięciu towarzyszy rozciąganie zewnętrznych włókien ciała a ściśnięcie włókien wewnętrznych (rys. 5). Jedynie włókna środkowe zachowują nie zmienioną długość. Nazy-

wamy je włóknami obojętymi; w blachach, walcach i graniastopłupach znajdują się one w środku przekroju. Równocześnie jednak mogą wystąpić zafałdowania na powierzchni wewnętrznej i pęknięcia na zewnętrznej powierzchni zginanego pręta. Zjawiska te występują tym jaskrawiej, im mniejszy jest promień zaokrąglenia, a większy kąt zginania.

Przybliżoną wartość najmniejszego dopuszczalnego promienia gięcia r_{min} można obliczyć z następującego wzoru:

$$r_{min} = C_g$$

gdzie:

- c — współczynnik zależny od rodzaju i stanu materiału (jego wartość podano w tablicy 1),
- g — grubość materiału.

Tablica 1

Wartości współczynnika c (do obliczania dopuszczalnego promienia gięcia)

Materiał	Miedź	Mosiądz twardy	Mosiądz miękki	Stal miękka	Stal średnio twarda
c	0,25	0,40	0,30	0,50	0,55

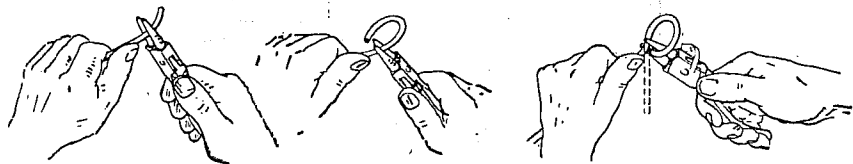
Przykład: Jaki najmniejszy pierścień można wygiąć z drutu mosiężnego miękkiego o średnicy 1,5 mm?

$$r_{min} = c \cdot g = 0,30 \cdot 1,5 = 0,45 \text{ mm (promień wewnętrzny pierścienia).}$$

A więc z drutu mosiężnego o średnicy 1,5 mm nie powinno się wykonywać mniejszych pierścieni niż o średnicy wewnętrznej ok. 1 mm.

WYGINANIE

Wyginanie drutu. Wyginanie cienkiego drutu — co w pracowni zegarmistrzowskiej często się zdarza — wykonuje się na zimno szczypcami w sposób pokazany na rys. 6.

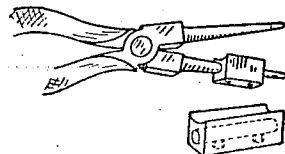


Rys. 6. Wyginanie cienkiego drutu szczypcami okrągłymi

Przebieg tego wyginania jest następujący: chwyciwszy koniec drutu w szczypce okrągłe, skierowujemy napór drutu na wielki palec drugiej ręki, w której trzymamy drut, i wyginamy stopniowo w coraz to dalszym miejscu. Przy końcu wyginania ucho odchylamy i obcinamy w odpowiedniej odległości. Gdy drut jest twardy, lepiej jest wygiąć go w imadle.

Stosując nasadkę, pokazaną na rys. 7 lub ukształtowaną inaczej, zależnie od potrzeby, można bardzo ułatwić sobie wyginanie drutu. Nasadkę tę nasuwa się na szczypce i ustala wkrętami.

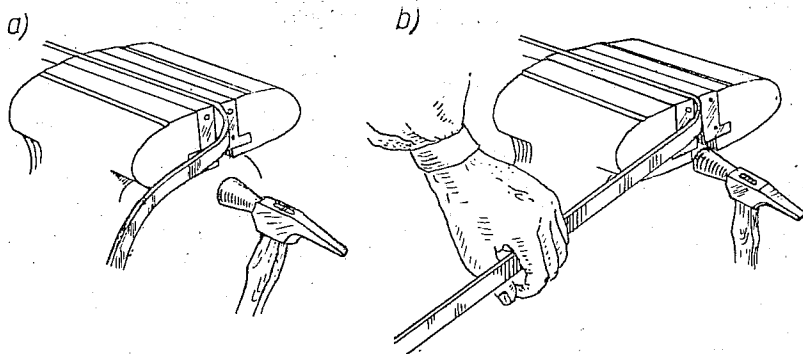
Przedmioty z drutu lub z taśmy średniej grubości również wyginamy w rękach, lecz szczypcami płaskimi lub okrągłymi. Do



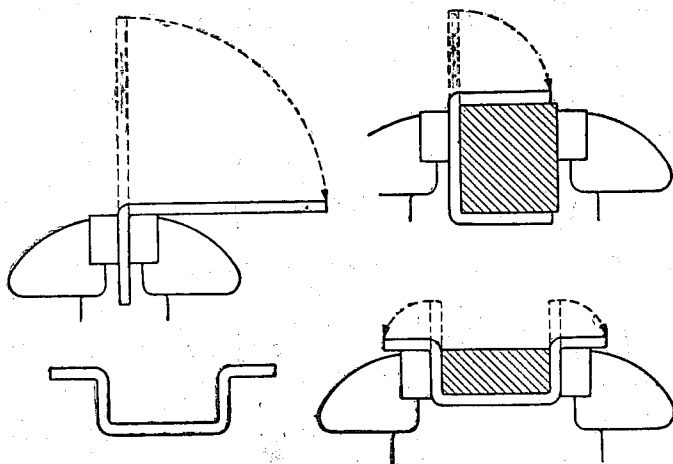
Rys. 7. Nasadka na szczypce

wyginania na okrągło potrzebne są szczypce płaskie i zarazem okrągłe: płaskimi przytrzymujemy materiał, a okrągłymi wyginamy go według rysunku lub wzoru.

Wyginanie płaskowników. Długie, grube płaskowniki metalowe wyginamy w imadle za pomocą młotka. Na szczęki imadła zakładamy gładkie nakładki z mosiądzu lub stopu aluminium, aby



Rys. 8. Wyginanie płaskownika: a) niewłaściwe, b) właściwe

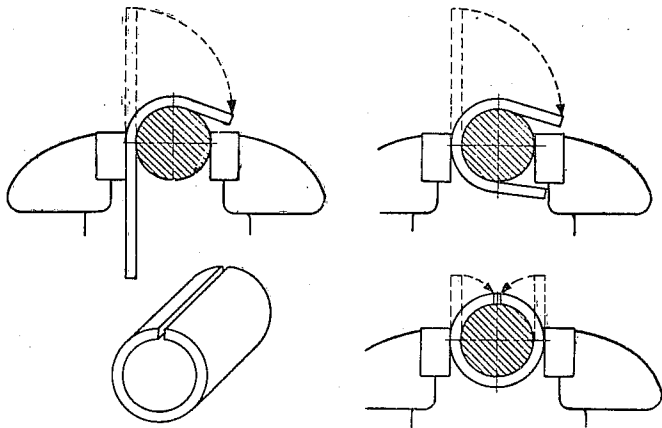


Rys. 9. Wyginanie mostka

ochronić przedmiot od uszkodzeń. Uważamy również, żeby nie kaleczyć przedmiotu młotkiem, dlatego uderzamy zawsze prostopadle do powierzchni zginanego płaskownika.

Podczas uderzeń młotkiem w część wystającą z imadła, należy jednocześnie pociągać ją ręką w kierunku gięcia (rys. 8 b). Operowanie wyłącznie młotkiem prowadzi do wykrzywienia (rys. 8 a).

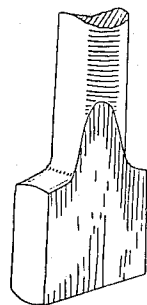
Jeżeli płaskownik ma być zginany w kilku miejscach obok siebie, np. w celu wykonania z płaskownika mosiężnego mostka do zegara, wyginamy go etapami, posługując się przy tym klockiem metalowym o odpowiednich wymiarach (rys. 9). W podobny sposób wyginamy z płaskownika rurkę, używając przy tym odpowiedniego wałka (rys. 10).



Rys. 10. Wyginanie krótkiej rurki

Szczególnym rodzajem gięcia w pracach zegarmistrzowskich jest wzdłużne wyginanie wskazówek zegarowych, które przeprowadza się na plastycznym kowadłku, np. z ołowiu. Do tego wyginania używa się nabijaka przedstawionego na rys. 11. Przystawia się go do wskazówki i — stopniowo przesuując wzdłuż niej — uderza się w niego młotkiem. W podobny sposób, używając odpowiednich nabijaków, wykonuje się również skomplikowane wygięcia, np. przy ręcznym wykonywaniu kopert zegarkowych tarcz itp.

Wzdłużne wygięcie paska blachy, a więc i wskazówki, można przeprowadzić także w inny sposób. Zamiast nabijaka bierzemy okrągły pręt metalowy o odpowiedniej średnicy, kładziemy na nim pasek wzdłuż i uderzamy w niego młotkiem przez twardą gumę. Pręt należy położyć w przyzmowym rowku, a nie na gładkim kowadle, ażeby się nie przesuwał podczas uderzeń.



Rys. 11. Nabijak do wzdłużnego wyginania wskazówek

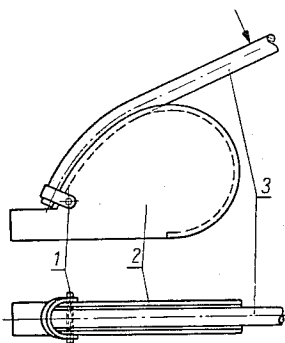
Wyginanie blach. Pod kątem ostrym blachę należy tak zginać by krawędź zgięcia biegła poprzecznie do kierunku walcowania. Gdybyśmy ją tak zgięli, że krawędź biegłaby w kierunku włókna,

mogłaby się złamać, gdyż spoistość molekuł włókna jest większa niż spoistość międzywłóknowa metalu.

Cienką blachę naraża na złamanie również głębsza rysa powstała przy trasowaniu w miejscu zgięcia. Rysę można zrobić, lecz raczej na wewnętrznej stronie zgięcia.

Wyginanie rur. Istnieją różne sposoby wyginania rur na zimno i na gorąco. Stosuje się przy tym różne oprawki, przyrządy krążkowe, wzorniki, a także specjalne obrabiarki do gięcia rur.

Wzornik przedstawiony na rys. 12, jest przyrządem prostym, ale nie uniwersalnym, dlatego nadaje się tylko do wyginania rur o jednakowej średnicy. Rurę 3 wkłada się do jarzemka 1 i, naciskając na jej wolny koniec, zagina się ją wokół wzornika 2 aż do żądanej krzywizny.



Rys. 12. Gięcie rurki według wzornika

Zginając rury spawane, trzeba je tak ustawić, aby spoina była z boku. Pozostawiona na zewnątrz, uległaby rozszerzeniu; pozostawiona wewnątrz uległaby zgnieceniu. W obu przypadkach mogłaby się zerwać.

Aby przy wyginaniu rur uniknąć zgnieceń, załamań lub garbów, zwłaszcza gdy gięte są na gorąco, należy je w pierw czymś wypełnić. Do grubych rur zwykle się stosuje piasek, śrut, ołów lub kałafonię. Do cienkich zaś lepszy jest wypełniacz znany już u nas przed wojną pod nazwą „Cerroband”. Produkuje go Czesi. Jest to stop ołowiu, cyny, bizmutu i kadmu, topiący się w temperaturze 70 °C. Ma on tę właściwość, że po skrzepnięciu nieco się rozszerza, wypełnia więc rurkę bardzo szczelnie, dzięki czemu jej wygięcia są zupełnie gładkie. Przy jego zastosowaniu na rurkach o grubości ścianek 0,01 mm wykonuje się zgięcia bez żadnych pęknięć i to nawet o małym promieniu. Przekrój rurki wypełnionej nim można zmieniać, np. z okrągłego na owalny. Jeśli średnica rurki wynosi około 1 mm, to napełnienie jej „Cerrobandem” musi się odbywać za pomocą odpowiedniego przyrządu, pod ciśnieniem. Po wygięciu rurki wytapia się wypełniacz we wrzącej wodzie.

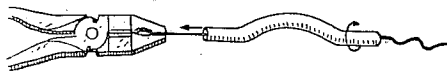
PROSTOWANIE

Przez prostowanie skrzywione przedmioty mają przyjąć swój poprzedni kształt. Prostowanie ręczne przeprowadza się przeciąganiem lub klepaniem na płycie prostowniczej, albo też na ko-

wadle. W miejscu uderzonym materiał się odkształca. Zgniecione tworzywo rozsuwa się na boki i tworzy większą lub mniejszą fałdę. Dlatego podczas prostowania należy uderzać lekko młotkiem z materiału miększego niż przedmiot prostowany. Prostowanie na gorąco wykonuje się w szczękach imadła lub w kleszczach.

Chcąc wyprostować drut, przeciągamy go między dwiema deszczkami zakreconymi w imadle, albo też owijamy nim (raz) drewniany wałek i jeden koniec drutu zakrecaemy w imadle, drugi trzymamy w rękę, a wałkiem wodzimy po drucie. Do prostowania drutu grubszego służą specjalne urządzenia z małymi wałkami.

Długi drut prostuje się w rurce, która w połowie długości ma lekkie wygięcie (rys. 13) i której średnica wewnętrzna jest nieco większa niż średnica drutu. Rurkę tę zakładamy do uchwytu zaciskowego w tokarce zegarmistrzowskiej, wkładamy koniec drutu przez ściągacz i przez rurkę, ujmujemy go kleszczami z drugiej strony i uruchomiamy tokarkę, przeciągając równocześnie cały drut przez rurkę. Rzecz zdumiewająca: z krzywej rurki wychodzi drut idealnie prosty.



Rys. 13. Prostowanie drutu w obracającej się rurce

Cienki sprężysty drut można też łatwo wyprostować przez lekkie ogrzanie go w stanie silnie napiętym nad płomieniem lampki spirytusowej lub gazowej. Ale skutek tego drut ulegnie zmięczeniu.

Trudniejsze jest prostowanie wałków hartowanych. Jeśli wałek jest silnie odpuszczony, można go położyć na miedzianej płaskiej płytce, umieszczonej na kowadle, i wyprostować przez uderzenie młotkiem w wypukłe miejsce. Jeżeli zaś jest tylko słabo odpuszczony, należy uderzać rąbem młotka we wklęsłą stronę wałka, która wskutek tego wydłuża się i prostuje cały wałek. Zazwyczaj nie usuwa się śladów młotka, gdyby jednak zachodziła tego potrzeba, należy wałek przetoczyć na całej jego długości.

Mały polerowany wałek stożkowy, oś zębniaka i inne podobne przedmioty kładziemy na drewniane kowadełko garbem do góry i z dużym naciskiem przesuwamy po nich, wzdłuż, rąbem młotka (rys. 14). Skutek tego tarcia jest taki sam, jak uderzenia, a ślady są prawie niewidoczne.

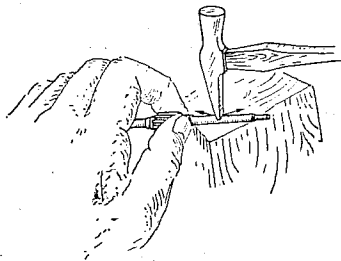
Podobnie jak wałek prostuje się cienkie wąskie przedmioty. Tak samo więc kładzie się je na kowadełku garbem do góry (rys. 15) i przesuwa się rąb młotka po garbie, z umiarkowanym naciskiem, aż do wyrównania.

Długie przedmioty zahartowane można prostować, ale dopiero po ich odpuszczeniu. Przedmiot powinien przy tym ściśle przylegać do płyty, gdyż inaczej łatwo może pęknąć. Uderzać należy

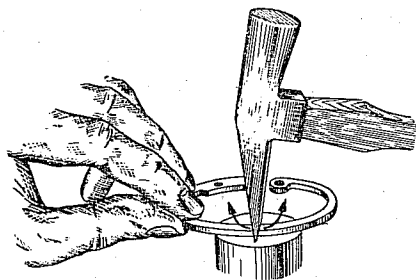
młotkiem w miejsce wklęsłe, początkowo pośrodku, a następnie stopniowo przechodząc do brzegów. Uderzenia powinny być lekkie i częste.

O zegarmistrzowskim prostowaniu lub wyginaniu (np. drażka kotwicy budzika bez wyjmowania z mechanizmu) lub nadginaniu na miękkim kowadełku ramion koła cylindrowego będziemy mówili w następnej książce, pt. „Naprawa zegarów i zegarków”.

Do trudniejszych zadań należy prostowanie blach. Pokrzywioną blachę trzeba wpieryw obojętnie i oznaczyć miejsca, w które po kolei będziemy uderzać. Nie należy uderzać w samą



Rys. 14. Prostowanie osi zębniaka



Rys. 15. Prostowanie cienkich, wąskich przedmiotów

wypukłość, lecz obok, tak żeby mniejsze wypukłości zbiegły się w jedną większą, po czym to połączenie wypukłości, np. na środku powierzchni, będziemy starali się likwidować uderzeniami, które rozpoczynamy od brzegów blachy, z dala od wypukłości, zbliżając się systematycznie do środka (rys. 16 a). Punkty wskazują gęstość uderzeń młotka.

Uderzenia powinny być częste, lecz nie silne. Pod działaniem uderzeń proste części blachy będą się wydłużać, a wypukłości — prostować. W miarę zbliżania się do wypukłości uderzenia powinny być częstsze i słabsze.

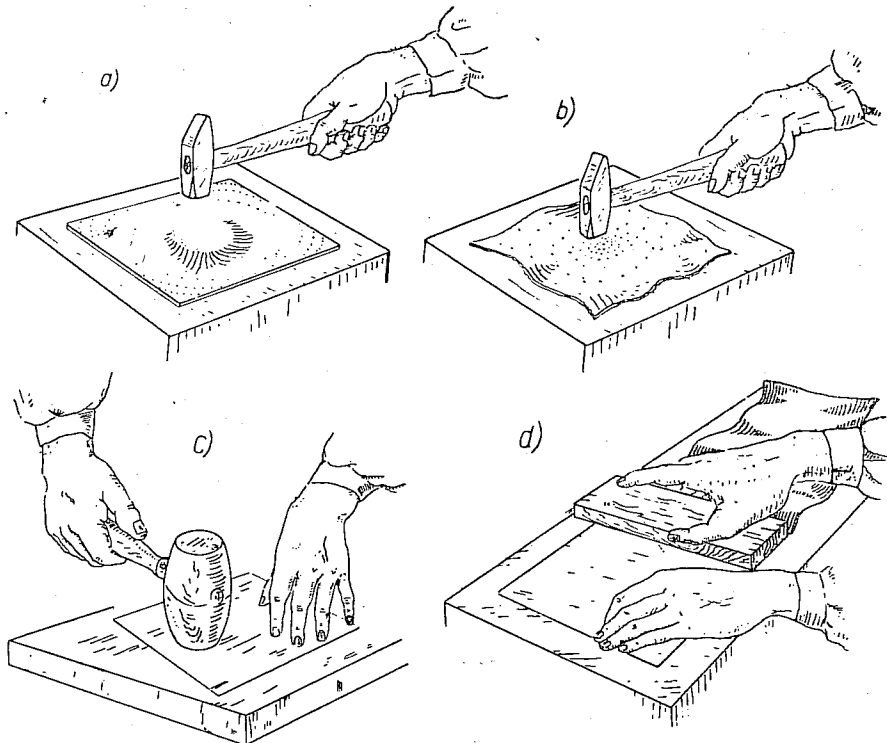
W celu wyprostowania blachy sfałdowanej przy krawędziach (rys. 16 b), będziemy uderzać w środek blachy gęściej, a w fałdy otaczające ten środek nieco rzadziej. Przy prostowaniu obrzeży blachy uderzamy tak samo.

Cienkie blachy prostuje się młotkiem drewnianym (rys. 16c). Bardzo cienkie blachy prostujemy na gładkiej i równej płycie za pomocą gładkich klocków drewnianych lub metalowych (rys. 16d).

Małe, lecz dość grube płyty prostuje się na prasie płaskiej. Powierzchnie ściskające tej maszyny są dokładnie równe, często z siatką małych piramidowych występow. Wskutek licznych drobnych przegięć z przekroczeniem granicy sprężystości i silnego

nacisku płyta zostaje wyprostowana i jednocześnie nieco utwardzona. W ten sposób prostuje się płyty budzików i tańszych zegarów; dlatego też widzimy na nich siatkę zagłębień.

Chcąc sprawdzić, czy blacha jest wyprostowana, przykładamy do niej krawędź prostej linii i patrzymy pod światło; wtedy każda nierówność wyraźnie występuje.



Rys. 16. Prostowanie blachy: a) wypukłej w środku, b) pofalowanej na obwodzie, c) drewnianym młotkiem, d) drewnianym klockiem

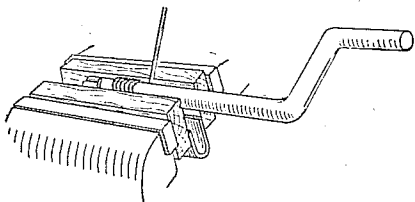
4. NAWIJANIE SPRĘŻYN ŚRUBOWYCH

Często zachodzi potrzeba zwinąć sprężynę śrubową z drutu. Jeżeli sprężyna ma być osadzona na trzpieniu, to mierzymy jej wewnętrzną średnicę w celu dobrania trzpienia; jeśli zaś sprężyna ma być osadzona w rurce lub w otworze, mierzymy jej średnicę zewnętrzną.

Sprężyny o niewielkiej średnicy nawija się ręcznie na trzpień umocowany w imadle. Powinien on mieć średnicę mniejszą od

wewnętrznej średnicy sprężyny, gdyż po zdjęciu z niego zwiększa ona nieco swą średnicę.

Ręczne nawijanie w imadle widzimy na rys. 17. Na końcu trzpienia napikowujemy szczelinę o 0,1—0,2 mm większą niż średnica drutu, z którego robimy sprężynę. Otwór jest tu niepraktyczny, gdyż po nawinięciu trudno wyjąć z niego koniec sprężyny. W szczelinę wkładamy koniec drutu i wyginamy pod kątem ostrym. Trzpień wraz z drutem mocujemy w imadle między nakładkami (drewnianymi, ołowianymi lub miedzianymi), przy czym za-

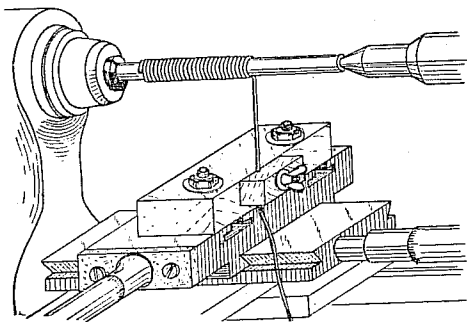


Rys. 17. Nawijanie sprężyny w imadle

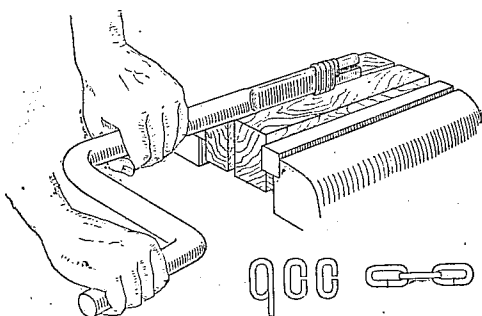
cisk szczęk imadła powinien być tak umiarkowany, aby trzpień mógł się obracać między nakładkami. Trzymając drut lewą ręką, prawą obracamy trzpień, zwykle stanowiący całość z korbą. Po ukończeniu nawijania drutu na jedną lub kilka sprężyn, obcinamy oba jego końce.

Sposób nawijania sprężyny na tokarce zegarmistrzowskiej ze suportem przedstawia rys. 18.

Pewną odmianą wyżej opisanych nawijań, ale z miększego drutu, jest wykonywanie ogniwi łańcuchów zegarowych (rys. 19). Trzpień, na który nawijamy drut ma przekrój owalny. Drut przeznaczony do nawijania zaciskamy w imadle między drewnianymi nakładkami. Jedną ręką przytrzymujemy trzpień, a drugą pokręcamy korbą, wskutek czego drut nawija się na trzpień. Później zwoje przecinamy wzdłuż trzpienia piłką lub przecinakiem i w ten sposób otrzymujemy szereg równych ogniwi łańcucha.



Rys. 18. Nawijanie sprężyny na tokarce



Rys. 19. Ręczne wykonywanie ogniwi łańcucha

5. CIĄNIENIE

Ciągnięciem nazywamy proces technologiczny obróbki plastycznej, w którym materiał, przeslizgując się przez otwór nieruchomego narzędzia, tzw. ciągadła (przeciagadła), zmienia kształt lub wielkość przekroju poprzecznego. Procesy ciągnięcia stosuje się najczęściej do zmniejszenia przekroju poprzecznego i jednocześnie zwiększenia długości drutów, prętów i rur.

Jednym z podstawowych czynników wpływających na proces ciągnięcia jest kształt otworu roboczego ciągadła. Przy prawidłowo dobranym kształcie ciągadło najmniej się zużywa i siła potrzebna do ciągnięcia jest najmniejsza.

Na rys. 20 widzimy prawidłowy otwór ciągadła, składający się z czterech zasadniczych części. Kształt stożka roboczego wpływa decydująco na przebieg ciągnięcia, gdyż w nim zachodzi właściwy proces odkształcania materiału. Nachylenie ścianek tego stożka do cienkich drutów stalowych o średnicy do 2,5 mm powinno wynosić 8—12°, mierząc od osi otworu. Natomiast do drutów mosiężnych wymiar ten powinien mieć 12—14°, do miedzianych — 18°, a do aluminiowych — 20°. Oczywiście, dokładności tej przestrzega się raczej w produkcji fabrycznej, natomiast w pracowniach zegarmistrzowskich może być jedno ciągadło do wszystkich metali, i to z otworami o przekroju uproszczonym, jaki widzimy na rys. 21.



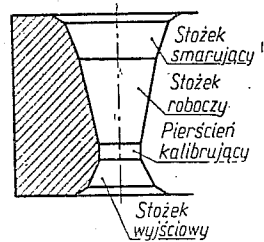
Rys. 21. Przekrój otworu ciągadła zegarmistrzowskiego

Ciągadła do metali miękkich wykonuje się ze stali węglowej, do metali twardych — ze stali chromowych. Obecnie są także powszechnie stosowane ciągadła z węglików spiekanych. Przy produkcji bardzo cienkich drutów wstawia się do ciągałek tulejki diamentowe.

Koniec drutu trzeba najpierw zaklepać lub zapilować, tak żeby można go było włożyć w otwór ciągadła i uchwycić z drugiej strony. Teraz następuje ciągnięcie. Należy ciągnąć pomału, równomiernie, bez szarpania. (Zob. cz. 3 „Zegarmistrzostwa”, str. 238.)

W celu zmniejszenia tarcia powstającego przy ciągnięciu powierzchni drutu smaruje się mydłem, woskiem, stearyną, talkiem, oliwą lub tranem, albo pokrywa się go warstewką miedzi. Drut przechodzi kolejno przez coraz mniejsze otwory ciągadła, aż osiągnie żądaną średnicę.

Podczas ciągnięcia drut utwardza się; dlatego po kilku ciągach zachodzi konieczność wyżarzenia go.



Rys. 20. Prawidłowy przekrój otworu ciągadła

II. OBRÓBKA WIÓROWA (SKRAWANIEM)

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

Obróbka skrawaniem polega na oddzielaniu warstwy materiału od obrabianego przedmiotu narzędziem od niego twardszym. Skrawamy, czyli zdejmujemy z obrabianego przedmiotu określone warstwy metalu, w tym celu, aby otrzymać żądany kształt i wymiary przedmiotu oraz wymaganą gładkość jego powierzchni.

Obróbka metali skrawaniem może się odbywać ręcznie (piłką, pilnikiem, wiertłem) lub mechanicznie na maszynach zwanych obrabiarkami, za pomocą odpowiedniego narzędzia. Najczęściej spotykane obrabiarki to: wiertarka, tokarka, strugarka, frezarka, szlifierka.

Żeby mogło się odbywać skrawanie materiału, muszą istnieć sprzyjające temu co najmniej trzy podstawowe warunki:

- 1) część skrawająca narzędzia musi być twardsza od materiału obrabianego,
- 2) część skrawająca narzędzia musi mieć odpowiedni kształt (kształt klina),
- 3) co najmniej jedno z dwóch: albo narzędzie, albo przedmiot obrabiany musi być w ruchu.

Zanim będziemy mówić o dwóch pierwszych warunkach, dotyczących narzędzi skrawających, omówimy wpierw trzeci, dotyczący ruchu. Występują co najmniej dwa ruchy, jednocześnie w dwóch kierunkach, najczęściej wzajemnie prostopadłych, mianowicie:

- 1) ruch główny i
- 2) ruch posuwowy, czyli posuw.

Jeśli dla przykładu rozpatrzymy toczenie powierzchni walcowej (rys. 22), to obrót przedmiotu jest ruchem głównym, a przesuwanie się narzędzia wzdłuż przedmiotu jest posuwem.

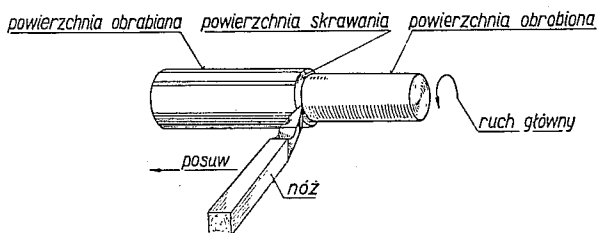
Ruch główny jest ten, dzięki któremu następuje skrawanie, czyli odrywanie wióra od przedmiotu. W przypadku toczenia (rys. 22) obrót przedmiotu powoduje nachodzenie materiału na ostrze narzędzia, przy czym następuje skrawanie. Gdyby występował tylko ten ruch, nóż skroiłby po jednym obrocie przedmiotu warstwę materiału w kształcie pierścienia, po czym przy dalszych obrotach już by nie skrawał.

Zadaniem posuwu jest przestawianie narzędzia na dalsze, jeszcze nie naruszone warstwy materiału po skrojeniu warstwy poprzedniej. Dzięki niemu zachowuje się ciągłość procesu skrawania.

Zależnie od rodzaju obróbki ruch główny może być obrotowy lub prostoliniowy; to samo dotyczy posuwu. Wreszcie każdy z ruchów może być ciągły lub przerywany.

Ze względu na ruchy główne (robocze) narzędzia, prace przy obróbce skrawaniem można by podzielić, jak następuje:

- 1) narzędzie porusza się, a przedmiot obrabiany jest nieruchomy;
- 2) narzędzie jest nieruchome, a porusza się przedmiot obrabiany;
- 3) porusza się i narzędzie, i przedmiot.



Rys. 22. Powierzchnie przy skrawaniu

Do grupy pierwszej należy np. wiercenie — jeśli wykonywane jest na wiertarce lub ręcznie, a nie w tokarce. Należy tu również ręczne gwintowanie, piłowanie i szlifowanie zamocowanych w imadle przedmiotów oraz frezowanie, struganie i przecinanie piłką.

Do grupy drugiej zaliczyć można toczenie, gwintowanie maszynowe itp.

Grupę trzecią stanowi np. frezowanie, struganie, piłowanie wałka uchwyconego w imaku i wspartego na klocku, szlifowanie maszynowe i inne.

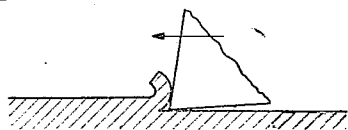
Przy skrawaniu materiału z obrabianego przedmiotu rozróżniamy na tym przedmiocie: powierzchnię obrabianą, powierzchnię obrobioną i powierzchnię skrawania. Na rys. 22 widzimy je na przykładzie toczenia. Powierzchnią obrabianą jest ta, z której skrawamy warstwę materiału. Po skrojeniu tej warstwy otrzymujemy powierzchnię obrobioną, a powierzchnia powstająca bezpośrednio pod działaniem ostrza narzędzia nazywa się powierzchnią skrawania.

NARZĘDZIA SKRAWAJĄCE

Ostrze

Narzędzia skrawające składają się zwykle z części czynnej (roboczej) i trzonka (chwytu, obsady). Część czynna, skrawająca narzędzia nazywa się ostrzem.

Ażeby narzędzie mogło skroić warstwę materiału z obrabianego przedmiotu, ostrze jego, jak już wspomnieliśmy, musi mieć



Rys. 23. Zasadniczy kształt ostrza narzędzia skrawającego

kształt klina (rys. 23), gdyż tylko wówczas może ono — kosztem możliwie małej siły — pokonać opór materiału, czyli działanie sił międzycząsteczkowych. Kąt ostrza zależy od własności mechanicznych zarówno przedmiotu obrabianego, jak i narzędzia — głównie od jego twardości i kruchości. Im mniejszy jest ten kąt, tym mniejszy opór stawia materiał, lecz jednocześnie tym słabsze jest ostrze narzędzia. Im twardszy jest materiał obrabiany, tym większy musi być ten kąt. Narzędzia skrawające mają kąty ostrza od 45 do 90°, a nawet i ponad 90°.

Powierzchnie i krawędzie ostrza

Poznać dokładnie geometrię ostrza, wielkość i rolę poszczególnych kątów i powierzchni — to niezbędny warunek do zrozumienia zjawisk zachodzących przy skrawaniu.

Aczkolwiek narzędzia bywają rozmaite i kształty ich są nieraz bardzo skomplikowane, można zawsze w nich wyodrębnić część skrawającą, ukształtowaną podobnie jak nóż przedstawiony na rys. 24.

Każda zaś część skrawająca narzędzia, czyli ostrze, stanowi naroże trójścienne lub wielościenne, w którym rozróżniamy pewne ustalone elementy geometryczne: powierzchnie i krawędzie.

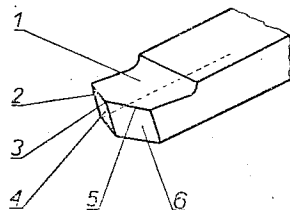
Z powierzchni ograniczających ostrze wyróżniają się:

powierzchnia natarcia 1 (rys. 24 — wierzchołek noża), po której spływa wiór;

powierzchnia przyłożenia 6, która styka się w czasie skrawania z powierzchnią skrawania;

pomocnicza powierzchnia przyłożenia 4, zwrócona ku obrabianej powierzchni przedmiotu.

Powierzchnie przyłożenia, przecinając się z powierzchnią natarcia, tworzą dwie krawędzie:



Rys. 24. Powierzchnie i krawędzie ostrza noża tokarskiego

1 — powierzchnia natarcia, 2 — pomocnicza krawędź skrawająca, 3 — wierzchołek noża, 4 — pomocnicza powierzchnia przyłożenia, 5 — główna krawędź skrawająca, 6 — powierzchnia przyłożenia

główną krawędź skrawającą 5, która wykonywa właściwą pracę skrawania, i

pomocniczą krawędź skrawającą 2.

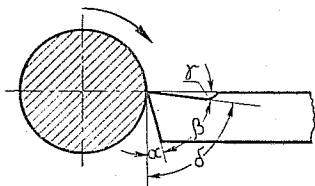
Krawędzie te tworzą w punkcie przecięcia wierzchołek noża 3. Wierzchołek ten bywa zwykle zaokrąglony.

Kąty narzędzia skrawającego

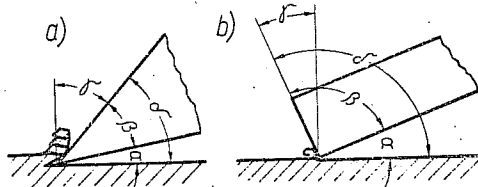
Powierzchnie i krawędzie ostrza tworzą szereg kątów. Wielkość tych kątów ma znaczny wpływ na przebieg skrawania: mogą one zmniejszać pracę skrawania i zużycie noża oraz powiększać jego trwałość lub wpływać odwrotnie, w zależności od ich doboru.

Rys. 25 przedstawia nóż tokarski w widoku bocznym, z zaznaczonymi podstawowymi kątami:

kąt przyłożenia α , zawarty między powierzchnią przyłożenia a płaszczyzną skrawania — przy struganiu, lub styczną wyprowadzoną z punktu skrawania — przy toczeniu; zapobiega on tarcii narzędzia powierzchnią przyłożenia o powierzchnię skrawania obrabianego materiału;



Rys. 25. Kąty noża tokarskiego



Rys. 26. Skrawanie: a) przy dodatnim kącie natarcia, b) przy ujemnym kącie natarcia (skrobanie)

kąt ostrza β , zawarty między powierzchnią przyłożenia a powierzchnią natarcia;

kąt natarcia γ , zawarty między powierzchnią natarcia a płaszczyzną prostopadłą do powierzchni skrawania, przechodzącą przez główną krawędź tnącą; umożliwia on swobodne spływanie wióra po powierzchni natarcia;

kąt skrawania δ , obejmujący kąt przyłożenia i kąt ostrza.

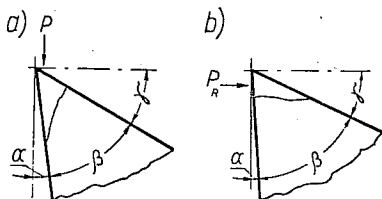
Algebraiczna suma kątów przyłożenia, ostrza i natarcia jest zawsze równa kątowi prostemu:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

Im kąt natarcia γ jest większy, tym kąt skrawania δ jest mniejszy i tym łatwiej wiór spływa po powierzchni natarcia (rys. 26a). W przypadku obróbki bardzo twardych materiałów i z bardzo dużą prędkością stosuje się nawet ujemne wartości kąta γ . Wówczas kąt skrawania δ przekracza 90° . W zegarmistrzostwie praca w takich warunkach nie znajduje zastosowania, gdyż przy ujemnym kącie natarcia występują bardzo znaczne siły, które by zniszczyły materiał i przeciążyły tokarkę. Często natomiast ujemny kąt natarcia stosuje się w obróbce ręcznej, mianowicie przy skrobianiu (rys. 26 b).

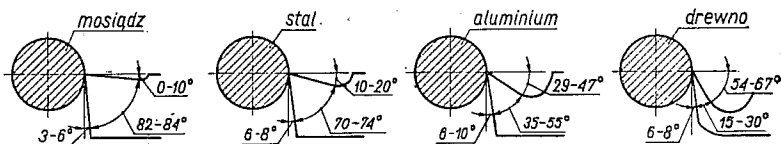
Kąt natarcia γ , względnie kąt ostrza β , przy stałym kącie przyłożenia α wpływa na wielkość i kierunek oporu skrawania. Rys. 27a pokazuje, że

gdy kąt γ będzie za duży, wówczas opór skrawania, działający w kierunku wskazanym strzałką P , znacznie wzrośnie i może spowodować wykruszenie ostrza. Natomiast rys. 27b pokazuje podobne niebezpieczeństwo przy zbyt małym kącie α , gdzie wykruszenie spowoduje opór skrawania, działający w kierunku P_R . Oprócz tego kąt przyłożenia α ustala wielkość powierzchni, na której ostrze będzie się trzeć o obrabiany przedmiot i wskutek tego nagrzewać się. Dlatego dobór odpowiednich kątów narzędzia skrawającego jest bardzo ważny. Zależy on w głównej mierze od rodzaju materiału skrawanego. Rys. 28 pokazuje, w jakich granicach mogą się zawierać poszczególne kąty narzędzia skrawającego, wykonanego ze stali narzędziowej dla najczęściej obrabianych materiałów.



Rys. 27. Niebezpieczeństwo wykruszenia ostrza: a) gdy kąt natarcia jest za duży, b) gdy kąt przyłożenia jest za mały

Powierzchnia natarcia może być płaska (rys. 29a) lub wklęsła (rys. 29b). Przy płaskiej powierzchni ostrzenia nie zmienia kąta β , natomiast przy wklęsłej — zmienia. Wklęsłe powierzchnie natarcia stosuje się przeważnie do obróbki metali lekkich. Im twardszy materiał, tym wklęsłość



Rys. 28. Zależność kątów narzędzia skrawającego od skrawanego materiału

ść powinna być mniejsza ze względu na trwałość ostrza. Oprócz tego ostrze do skrawania twardych materiałów powinno być lekko sfazowane (rys. 29c) w celu zabezpieczenia go przed wykruszeniem.

Poza tym rozróżniamy jeszcze inne kąty o znaczeniu specjalistycznym, których znajomość dla zegarmistrzów nie wydaje się konieczna.

Omówione powierzchnie i kąty ostrza skrawającego występują tak przy nożach towarzyskich, jak i przy wiertłach, gwintownikach, frezach, piłkach itd.



Rys. 29. Kąty ostrza: a) równe — z płaską powierzchnią natarcia, b) różne — z wklęsłą powierzchnią natarcia, c) ostrze sfazowane do twardych materiałów

Materiały narzędziowe

Materiał na narzędzia skrawające powinien być twardy, lecz nie za kruchy, odporny na ścieranie i na wzrost temperatury. Najtańszym materiałem, który posiada w pewnym stopniu wymienione własności, są stale narzędziowe.

Stal narzędziowa węglowa jest twarda po zahartowaniu i nie za krucha po odpuszczeniu, lecz utrzymuje swoją twardość tylko do temperatury ok. 200 °C.

Stal narzędziowa stopowa, dzięki dodatkom stopowym, jak chrom, nikiel, wolfram i inne, odznacza się również dużą twardością, ale i ona nie wytrzymuje wyższych temperatur niż ok. 200 °C.

Stal szybkotnąca, zawierająca wysoki procent dodatkowych metali uszlachetniających (głównie wolframu), jest znacznie droższa, ale zachowuje twardość i zdolność skrawania przy szybkościach skrawania i grubościach wióra wywołujących nagrzewanie się narzędzia aż do ok. 600 °C.

Stellity, będące stopem głównie kobaltu, chromu i wolframu, wytrzymują nagrzanie aż do ok. 900 °C, ale są bardzo kruche i dlatego rzadko stosowane.

Węglik spiekane („widia”, „seco” i inne), będące spiekami sproszkowanych węglików, głównie wolframu i tytanu, odznaczają się bardzo wielką twardością i odpornością na ścieranie. Jednocześnie zachowują swą wysoką twardość aż do temperatury 1000 °C i są mniej kruche od stellitu.

Narzędziem z węglików spiekanych można skrawać tak twarde materiały, jak hartowaną stal, szkło itp. Można nim osiągnąć 4 razy większą szybkość skrawania niż narzędziem ze stali szybkotnącej. Ponieważ węgliki spiekane są drogie i dają się obrabiać tylko szlifowaniem, do wyrobu narzędzi skrawających używa się ich w postaci płytek odpowiednio ukształtowanych i nalutowanych na stalowe trzonki.

Dobór odpowiedniego materiału na dane narzędzie skrawające zależy przede wszystkim od twardości skrawanego materiału, a także i od innych warunków skrawania, o czym mówimy przy poszczególnych rodzajach obróbki wiórowej.

SKRAWANIE

Szybkość skrawania

Podstawowym warunkiem skrawania jest, jak już mówiliśmy, ruch główny i posuw. Z ruchem głównym jest ściśle związane pojęcie szybkości skrawania.

Szybkość skrawania jest to szybkość, z jaką przesuwają się ostrze narzędzia względem powierzchni obrabianej. Możemy ją przedstawić jako szybkość liniową, czyli drogę przebytą przez narzędzie względem przedmiotu w jednostce czasu.

Jeżeli ruch główny jest obrotowy, jak przy toczeniu, wierceniu itd., to szybkość v wyraża się wzorem:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ m/min}$$

gdzie:

d — średnica przedmiotu lub narzędzia (jeśli obraca się narzędzie) w mm,

n — liczba obrotów na minutę przedmiotu lub narzędzia.

Dzielenie przez 1000 występuje dlatego, ponieważ średnica przedmiotu d podawana jest w milimetrach, a wynik v zwyczajowo wyraża się w metrach na minutę.

Z czasami zamiast szybkości skrawania musimy obliczyć liczbę obrotów przedmiotu lub narzędzia. W takim przypadku posługujemy się tym samym wzorem, tylko przekształconym. Oczywiście, wtedy szybkość skrawania musi być znana. Postać przekształcona tego wzoru do obliczenia liczby obrotów będzie następująca:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} \text{ obr/min}$$

Jeśli ruch główny jest prostoliniowy jednokierunkowy, jak przy przeciągnięciu, to wzór na obliczanie szybkości v jest następujący:

$$v = \frac{60 \cdot l}{1000 \cdot t} \text{ m/min}$$

gdzie:

l — długość drogi przebytej przez narzędzie względem przedmiotu w mm,
 t — czas potrzebny na przebycie tej drogi w sekundach.

Mówiąc o posuwie, mamy na myśli szybkość ruchu posuwowego. Mierzymy ją i wyrażamy w różnych jednostkach, w zależności od rodzaju obróbki.

Przy obróbce skrawaniem chodzi także o to, żeby dobrać najekonomiczniejszą szybkość skrawania, czyli tzw. szybkość optymalną. Trzeba jednak pamiętać, że najekonomiczniejsza szybkość skrawania — to nie zawsze szybkość największa, jaką na danej obrabiarce można osiągnąć. Wybieramy więc taką szybkość, przy której narzędzie nie nagrzewa się zbyt szybko i nie tępi, dzięki czemu nie traci się czasu na częste jego ostrzenie lub wymianę. Stąd też dla narzędzi dobrze pracujących w wyższych temperaturach, jak np. z węglików spiekanych, szybkość może być znacznie większa niż dla narzędzi ze stali węglowych. Jednak w zegarmistrzostwie do skrawania materiałów średniej twardości używa się przeważnie narzędzi ze stali węglowej lub stopowej, ponieważ stosuje się tu znacznie mniejsze szybkości skrawania. Natomiast narzędzi z węglików spiekanych używamy do obróbki bardzo twardych materiałów, np. stali hartowanej, szkła itp.

Szybkość skrawania zależy także od obrabianego materiału. Im lepsze są własności mechaniczne metalu obrabianego (wytrzymałość, twardość, sprężystość), tym więcej ciepła wytwarza się przy skrawaniu; im gorsza zaś jest przewodność cieplna metalu, tym szybciej nagrzewa się ostrze i tym mniejszą szybkość skrawania można stosować.

Doświadczenia zegarmistrzów zagranicznych pozwoliły ustalić orientacyjne wartości szybkości skrawania dla różnych materiałów stosowanych częściej w naszych pracach. Wartości te podajemy w tablicy 2 za jednym z czasopism zegarmistrzowskich. Dotyczą one przede wszystkim toczenia na zegarmistrzowskich tokarkach przy użyciu zwykłych noży tokarskich zegarmistrzowskich ze stali narzędziowej. Wartości te są znacznie niższe od osiągniętych w ogólnej technologii mechanicznej.

Ekonomiczne szybkości skrawania (nóż ze stali narzędziowej)

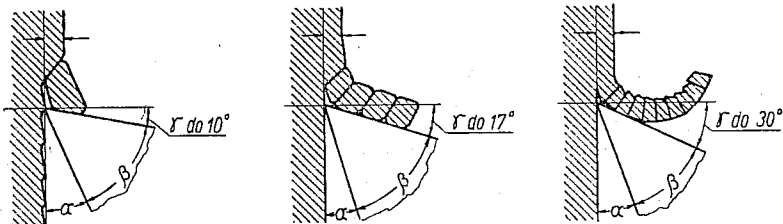
Materiał skrawany	Stal twarda	Stal miękka	Mosiądz twardy	Mosiądz miękki	Metale lekkie
Średnia szybkość skrawania w m/min	4	8	16	32	64

Powstawanie i rodzaje wiórów

Ściętą skrawaniem warstwę materiału nazywamy *wiorem*. Wiór jest zwykle grubszy od warstwy skrawanej, gdyż uległ spęcznieniu.

Tworzenie się wiórów jest zależne od kształtu narzędzia, rodzaju materiału, szybkości skrawania i przekroju warstwy skrawanej. Kruche materiały tworzą poszczególne ułamki, ciągliwe zaś — mniej lub więcej złączone wióry. Ogólnie rozróżnia się trzy rodzaje wiórów: rwany, cięty, ciągły.

Wiór rwany (rys. 30a) powstaje, gdy skrawamy materiały kruche i gdy narzędzie ma mały kąt natarcia (od 0 do 10°). Powierzchnia natarcia narzędzia zgnięta nacierany materiał, a po spęcznieniu go odcina. Powierzchnia obrobiona jest nierówna.



Rys. 30. Rodzaje wiórów: a) rwany, b) cięty (schodkowy), c) ciągły (płynący)

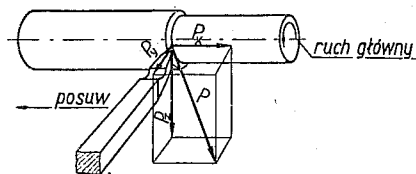
Wiór cięty (schodkowy, rys. 30b) tworzy się przy skrawaniu materiałów o większej plastyczności a mniejszej spoiwości, przy kącie natarcia nieco większym, lecz nie przekraczającym 17°, i przy mniejszych grubościach warstwy skrawanej.

Wiór ciągły (płynący, rys. 30c) powstaje podczas obróbki materiałów ciągliwych przy dużej szybkości skrawania, dużym kącie natarcia (10 do 30°) i małych grubościach warstwy skrawanej. Takie skrawanie jest bardzo korzystne i daje gładką powierzchnię obrobioną.

Opory skrawania

Podczas skrawania ostrze narzędzia napotyka na opór materiału, który musi pokonać siłą równą oporowi, lecz przeciwnie skierowaną. Całkowita siła potrzebna do przeprowadzenia procesu skrawania nazywa się wypadkową siłą skrawania P (rys. 31). Jest ona wypadkową trzech sił składowych:

- P_z — siła skrawania, działająca zawsze w kierunku ruchu głównego;
- P_x — siła posuwu, działająca w kierunku odwrotnym do posuwu;
- P_y — siła odporu, działająca prostopadle do obu poprzednich sił, odpychająca narzędzie od powierzchni obrabianej i wywołująca drgania.



Rys. 31. Rozkład wypadkowej siły skrawania

Wielkość tych sił jest różna i zależy od wielu czynników: kształtu noża, warstwy skrawanej, ustawienia narzędzia, materiału obrabianego i innych. W normalnych warunkach, gdy szybkość skrawania (ruchu głównego) jest znacznie większa od posuwu, siły posuwu i odporu są tak małe, że można je cał-

kowicie pominąć. Gdyby jednak narzędzie się stępiło, wtedy siły te mogą stać się bardzo wielkie. Dlatego nie należy nigdy dopuścić do zbyt dużego stępienia się narzędzia.

Skrawalność materiałów

Im większa jest spistość i twardość obrabianego materiału, tym twardszego narzędzia trzeba użyć do jego obróbki. Nie zawsze jednak materiały miękkie dają się łatwiej obrabiać. Na przykład miękka stal manganowa i miękka miedź źle się obrabiają.

Jeżeli uszeregujemy metale według łatwości, z jaką dają się obrabiać (od najtrudniejszych do najłatwiejszych), to otrzymamy w przybliżeniu taką kolejność: stal, żeliwo (nie jego wierzchnia skorupa), brąz, mosiądz, stopy aluminium.

Chłodzenie

Podczas skrawania metali wskutek tarcia narzędzia o przedmiot obrabiany wytwarza się ciepło. Znaczna część tego ciepła jest odprowadzana przez wiór, mimo to jednak narzędzie się nagrzewa. Aby zapobiec nadmiernemu nagrzewaniu się narzędzia i przedwczesnemu stępieniu, stosuje się chłodzenie.

Do chłodzenia stosuje się różne ciecze. Czysta woda, chociaż chłodzi najlepiej, nie powinna być używana, gdyż powoduje rdzewienie. Dlatego dodaje się do niej nieco specjalnego oleju emulgującego i tworzy się tzw. emulsję. Zawartość oleju w emulsji nie tylko chroni przed rdzewieniem, ale także zmniejsza tarcie wióra o powierzchnię natarcia ostrza i w ogóle narzędzia o przedmiot obrabiany — wskutek tego maleją opory skrawania.

Przy niektórych rodzajach skrawania stosuje się sam olej, np. przy gwintowaniu ręcznym. Smarowanie gwintownika zmniejsza opory skrawania o 50%.

2. CIĘCIE

Materiał przygotowujemy do wykonania jakichś przedmiotów najpierw musimy pociąć na odpowiednie wymiary. W zależności od kształtu materiału przecinamy go piłką, szczypcami, nożycami, przecinakiem¹⁾. Zasadniczo drut należy ciąć szczypcami, a blachę nożycami. Materiał innych postaci najlepiej jest przerywać piłką.

Podczas cięcia nożycami materiał zwykle się wykrzywia. Z tego względu nawet i małe przedmioty z blachy, jakie zegarmistrz przeważnie obrabia, lepiej jest wyrzynać piłką. Oszczędza się przez to późniejszego prostowania.

Okrągłe pręty można przecinać nożem w tokarce, a szczególnie wtedy, gdy czoło przeciętego pręta ma być w dalszym ciągu obrabiane.

CIĘCIE PIŁKA

Piły są to narzędzia wielozębne, wytwarzane masowo w specjalnych wytwórniach. Ze względu na kształt dzielimy piły na płaskie, taśmowe i tarczowe.

Piły tarczowe i taśmowe stosuje się tylko do pracy na obrabiarkach. Pił płaskich używa się do obróbki ręcznej i maszynowej. Piłę płaską, używaną w warsztacie, nazywamy zwykle piłką.

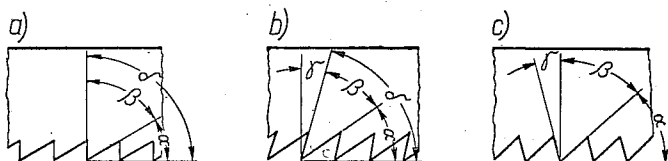
Piłka płaska

Jak już wiemy, podstawowym kształtem części roboczej wszystkich narzędzi do skrawania jest klin, zwany ostrzem. Kąt ostrza, zależnie od twardości materiału, jest mniejszy lub większy. Doty-

¹⁾ Mimo że cięcie szczypcami, nożycami i przecinakiem nie należy do obróbki skrawaniem (wiórowej), jednak mówimy tu o nim dlatego, żeby w jednym miejscu podać różne rodzaje cięcia.

czy to także i piłek do metali, którymi przerzynamy materiał na części, wycinamy zarysy zapadek, kotwic, ramion kół itp.

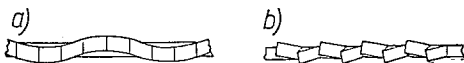
Piłka płaska jest odcinkiem cienkiej taśmy stalowej, mającej zęby z jednej lub z obydwu stron i dwa otwory przy końcach. Wymiary jej są znormalizowane. Długość piłki ręcznej od otworu do otworu wynosi 300 mm; grubość — 0,8 mm; szerokość piłki jednostronnej — 16 mm, dwustronnej — 25 mm. Gęstość uzębienia oznacza się liczbą zębów na 25 mm długości. Piłki ręczne mają



Rys. 32. Kąty zębów piłki: a) kąt natarcia zębów równy 0° , b) kąt natarcia dodatni, c) kąt natarcia ujemny

18, 22, lub 32 zęby na 25 mm długości. Piłki wykonuje się ze stali narzędziowej węglowej lub stopowej. Uzębioną część hartuje się i odpuszcza.

Kształt zębów jest trójkątny (rys. 32 a). Wielkości kątów zębów są zmienne: kąt ostrza β miewa $51\text{--}66^\circ$, kąt natarcia γ , który może być dodatni lub ujemny, miewa $0\text{--}12^\circ$ (rys. 32 b, c), kąt przyłożenia α miewa $27\text{--}37^\circ$.



Rys. 33. Uzębienie piłki: a) falowane, b) rozwiedzione

Żeby piłka łatwiej się przesuwała w wycinanym rowku, uzębienie jej jest falowane (rys. 33 a) lub rozwiedzione (rys. 33 b). Rozwiedzenie piłki polega na odgięciu poszczególnych zębów na boki i dlatego stosuje się je tylko do piłek z dużymi zębami.

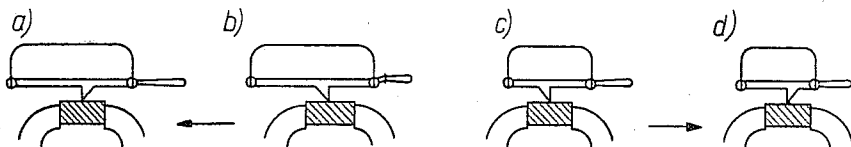
Podczas pracy zęby piłki się zużywają i wskutek tego wycinają coraz węższy rowek. Jeżeli więc zachodzi potrzeba wymiany piłki przed zakończeniem przecinania, to nie należy próbować wtłaczać nowej w rowek utworzony przez starą. Przecięcia należy dokończyć z drugiej strony.

Piłka jednostronna jest węższa, ale do wycinania małych przedmiotów, ograniczonych krzywiznami, nie nadaje się. Zegarmistrz częściej używa piłeczki o bardzo wąskim brzeszczocie (1—2 mm) i drobnych zębach. Oprawia się ją w specjalną, znacznie mniejszą ramkę.

Mocowanie piłki w ramce. Piłkę zakładamy w przecięcia obu uchwytów tak, aby nachylenie zębów było skierowane w przód, czyli od siebie. Piłeczkę zakładamy odwrotnie. Po ustawieniu

otworów piłki i uchwytu na wprost siebie wkładamy w nie kołki i naciągamy piłkę za pomocą nakrętki skrzydełkowej. Mocowanie piłeczki jest bardziej uproszczone, gdyż nie ma w niej otworków, więc wystarczy zacisnąć jej końce. Na rysunkach 34 a, b, c, d widzimy prawidłowe i niewłaściwe zamocowanie piłki i piłeczki w ramce.

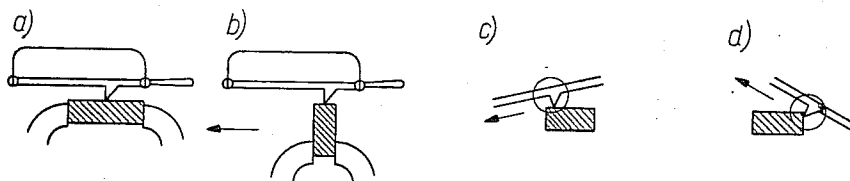
Słabo umocowana lub źle naciągnięta piłka wygina się podczas pracy, może więc pęknąć lub wyskoczyć z oprawki. Za silnie też nie należy jej naciągać, gdyż przy niewielkim skrzywieniu lub zboczeniu jej ruchu również łatwo pęknie.



Rys. 34. Zamocowanie piłki: a) prawidłowe, b) nieprawidłowe, c) zamocowanie piłeczki prawidłowe, d) zamocowanie piłeczki nieprawidłowe

Zasady przecinania piłką. Cięcie piłką polega na skrawaniu wiórów jej zębami. Odcięte wióry zabierane są przez te zęby i wyrzucane na końcu wycinanego rowka.

Najdogodniej jest, gdy podczas przecinania piłka zajmuje położenie poziome. Ruch piłki powinien być płynny, bez szarpnięć, przy czym należy uważać, aby wykorzystywać całą jej długość, a nie tylko część środkową.



Rys. 35. Zamocowanie przedmiotu do cięcia: a) właściwe, b) niewłaściwe, c) właściwe rozpoczęcie cięcia, d) rozpoczęcie niewłaściwe

Naciskamy na piłkę tylko podczas ruchu w przód, gdy zęby skrawają materiał, przy ruchu wstecznym naciskać nie trzeba (przy cięciu piłeczką — odwrotnie). Siła nacisku zależy od twardości materiału i wielkości przecinanego przekroju. Przy cięciu twardszych metali nacisk musi być większy, przy miękkich — słabszy. Zbliżając się do końca przecięcia, należy naciskać słabiej.

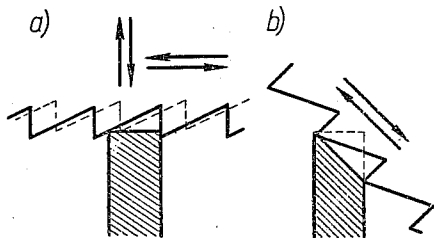
Przecinany przedmiot należy tak zamocowywać, ażeby cięty był wzdłuż powierzchni szerszej (rys. 35 a), a nie węższej

(rys. 35 b). Cięcie rozpoczynamy ukośnie, pochylając w dół przód piłki (rys. 35 c), a nie tył (rys. 35 d). Z tej pozycji, którą przedstawia rys. 35 c, po kilkunastu ruchach przechodzimy stopniowo do właściwego, tj. poziomego położenia piłki.

Przedmiot przecinany trzeba umocować tak, aby nie drgał podczas pracy, przy czym zwracamy uwagę, by nie przechylał piłki na bok. Podczas cięcia ramka powinna się poruszać stale w jednej płaszczyźnie. W razie zbaczania z właściwego kierunku, należy zacząć przecinać z przeciwnej strony nieudanego przecięcia. Próby poprawienia skośnego nacięcia kończą się zwykle złamaniem piłki.

Tempo pracy piłką zależne jest od twardości, grubości i szerokości przecinanego materiału oraz od gatunku i zahartowania stali, z której wykonana jest piłka. Materiały twarde (stal) i grube należy przecinać bardzo wolno. Przy zbyt szybkiej pracy zęby łatwo się grzeją, odpuszczają i piłka staje się niezdadna do dalszego użytku. Aby zapobiec zbytniemu nagrzewaniu się piłki, smarujemy ją i chłodzimy.

Wykruszanie się zębów w piłce zdarza się wtedy, gdy jest ona za twarda (słabo odpuszczona), ale może też nastąpić i u dobrej piłki wskutek zbyt silnego nacisku na nią, zwłaszcza podczas przecinania wąskich przedmiotów, lub wreszcie wskutek zawartości twardych wtrąceń w materiale (tzw. „wilków”). Jeśli się zauważy



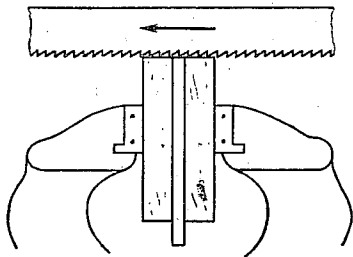
Rys. 36. Przerzynanie blachy: a) niewłaściwe, b) właściwe

wykruszenie choćby jednego zęba, należy przerwać przecinanie, gdyż zaczną się łamać następne. Piłka taka nie nadaje się do dalszej pracy. Naprawić ją można przez zeszlifowanie 2 lub 3 zębów sąsiadujących ze złamanym.

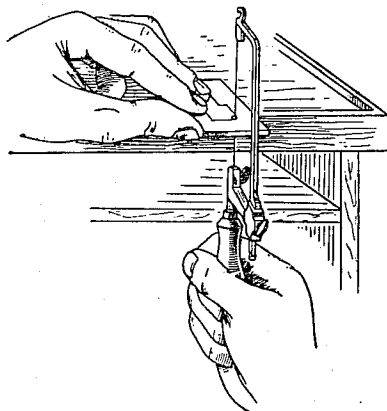
Niektóre sposoby przecinania. Nieraz zachodzi konieczność przecięcia materiału, którego grubość jest mniejsza od odległości pomiędzy sąsiednimi zębami piłki. Zdarza się to często przy cięciu blachy. Wtedy, w miarę jak poszczególne zęby wchodzi na materiał i schodzą z niego, piłka podnosi się i opada. W ten sposób ciąć nie należy, gdyż zęby bardzo szybko się wyłamują (rys. 36 a). Przez przechylenie piłki przedłużamy linię cięcia i unikamy jej podskakiwania i zacinania się zębów (rys. 36 b), chociaż początkowe cięcie też jest bardzo trudne, zanim nie zetnie się wystającej krawędzi.

Cienkie blachy lepiej jest mocować między dwiema drewnianymi nakładkami i przecinać wraz z nimi, przestrzegając ogólnych zasad przecinania (rys. 37).

Do wycinania w cienkich blachach różnych krzywych i kątowych wykrojów używamy piłeczki (rys. 38). Przecinanie prowadzimy do siebie lub też, jeśli blacha leży poziomo, z góry na dół, trzymając piłeczkę za rękojeść, znajdującą się pod blachą. Jeżeli wycinamy wewnętrzne wykroje, to w miejscach, gdzie za-



Rys. 37. Cięcie blachy z drewnianymi nakładkami

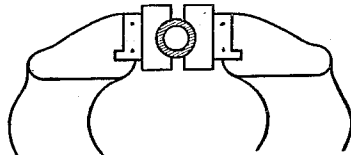


Rys. 38. Cięcie piłeczką

rysy wykroju zbiegają się lub gdzie się zakrzywiają, wiercimy małe otwory i przez nie przekładamy piłeczkę, a następnie mocujemy ją w ramce i rozpoczynamy wycinanie według natrasowanych zarysów.

Wycinanie trasowanych przedmiotów odbywa się albo dokładnie wzdłuż natrasowanych linii, albo też pozostawia się mały naddatek na spiłowanie. Wycinanie wzdłuż natrasowanych linii wymaga dużej uwagi i dokładności.

Do trudniejszych prac należy także przecinanie cienkościennych rur i tulejek. Mocujemy je w imadle między drewnianymi nakładkami (rys. 39).



Rys. 39. Umocowanie rury w imadle

Na początku przecinania trzymamy piłkę poziomo, w miarę jednak zagłębiania się jej we wnętrze rury nachylamy ją do siebie, następnie co chwila obracamy nieco rurę od siebie i przecinamy ją aż do końca.

Jeżeli to jest możliwe, lepiej jest wcisnąć kołek drewniany do otworu rury i razem z nim przeciąć ją bez obracania.

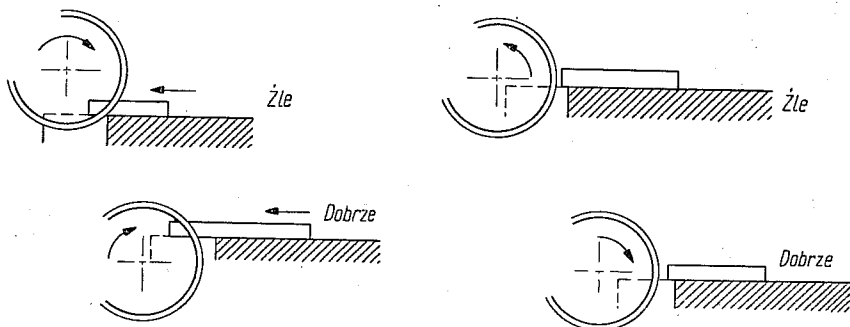
Rowki na łbach wkrętów nacinamy specjalnymi piłeczkami, które tworzą rowek o właściwym kształcie prostokątnym.

CIĘCIE PIŁĄ TARCZOWĄ

W pracy zegarmistrzowskiej przecina się materiały również piłą tarczową, która ma zęby na obwodzie. Piła taka, służąca do przecinania materiału małych wymiarów, jest raczej frezem tarczowym, zwanym piłk o y m.

Istnieją trzy odmiany frezów piłkowych: z uzębieniem grubym, średnim i drobnym. Średnica najmniejszego wynosi 10 mm, a największego 315 mm; średnice te wzrastają według liczb normalnych. Grubości frezów małych wynoszą 0,25—2,5 mm, większych — 0,5—6 mm.

Piłę tarczową do cięcia metalu można umocować bezpośrednio na osi silnika. Jednak do dokładnego cięcia lepiej jest umocować ją na wrzecionie tokarki, gdyż przedmiot przymocowuje się wte-



Rys. 40. Ustawienie stolika i kierunki obrotów piły tarczowej

dy na stoliku (3—128) i następnie przesuwa się on pod piłą¹⁾. Właściwe i niewłaściwe ustawienie stolika oraz kierunki obrotu piły tarczowej przedstawiono na rys. 40. Wielkość zębów należy dobrać zależnie od grubości przecinanego materiału; im cieńszy materiał, tym drobniejsze zęby.

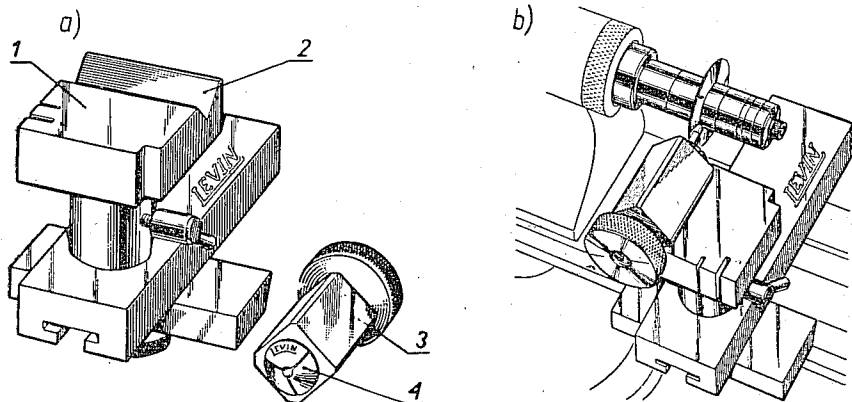
Odcinanie z materiału równych pasków bardzo ułatwia listwa nastawna, którą możemy przymocować na stoliku, nastawiając ją na wymaganą szerokość.

Posługiwanie się piłą tarczową wymaga szczególnej ostrożności. Po założeniu na wrzeciono tokarki trzeba sprawdzić kierunek jej obrotów oraz dokładnie zamocować ją i stolik. Pojedynczą sztukę raczej przecina się piłą ręczną, a piły tarczowej używa się jedynie przy pracach dokładnych lub masowych.

¹⁾ Liczby w nawiasach oznaczają, że to zagadnienie opisane jest również w części 3 „Zegarmistrzostwa” na stronie 128. Podobnych odsyłaczy jest w tej książce więcej. Pierwsza liczba oznacza zawsze część „Zegarmistrzostwa”, a następna stronę.

W celu lepszej konserwacji piły tarczowej i osiągnięcia większej wydajności zaleca się smarowanie jej łożem, parafiną lub stearyną, ale nie olejem.

W wyposażeniu amerykańskiej tokarki marki „Levin” znajduje się urządzenie umożliwiające przecinanie, frezowanie i szlifowanie płaszczyn przedmiotów, które można obracać nie tylko o 90° , jak to najczęściej się zdarza, ale także o 45° (rys. 41 a). W specjalnej podstawie 1 znajduje się rowek 2, w którym umieszcza się ruchomy klocek 3 z uchwytem zaciskowym 4. Jeżeli więc chcemy przefrezować np. wałek wzdłuż na czworobok, mocujemy go tak, jak jest to przedstawione na rys. 41 b.



Rys. 41. Urządzenie do obróbki przedmiotów pod kątem: a) widok ogólny, b) zastosowanie urządzenia

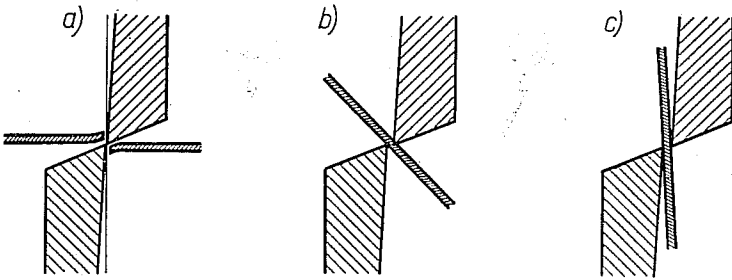
CIECIE SZCZYPCAMI

Do cięcia drutów o średnicy nie przekraczającej 3 mm służą zegarmistrzowi szczypce. Szczypce wykonane są z dobrej stali. Ostrza mają zahartowane i odpuszczone, jednakże przy cięciu twardego drutu mogą one się wykruszyć. Dlatego twardsze druty lepiej jest nadpiłować oselką, włożyć pionowo w imadło do nadpiłowanej kreski, zacisnąć i zginając przelać. Druty nieco grubsze, mimo że są one miększe, lepiej jest przecinać piłką, a jeśli już musimy je ciąć szczypcami, to nie przecinać ich za jednym naciśnięciem, ale kilkakrotnie naciskać, obracając drut stopniowo w palcach.

Do obcinania najcieńszych drutów i kołków służą obcinaki. Czasem jednak niezręcznie jest nimi manipulować, np. przy obcinaniu kołka, którym zamocowuje się włos w pierścieniu. Przed wciśnięciem takiego kołka na stałe, nacina go się wpierw na właściwą długość, a po silnym wciśnięciu wygodnie się go odłamuje.

CIĘCIE NOŻYCAMI RĘCZNYMI

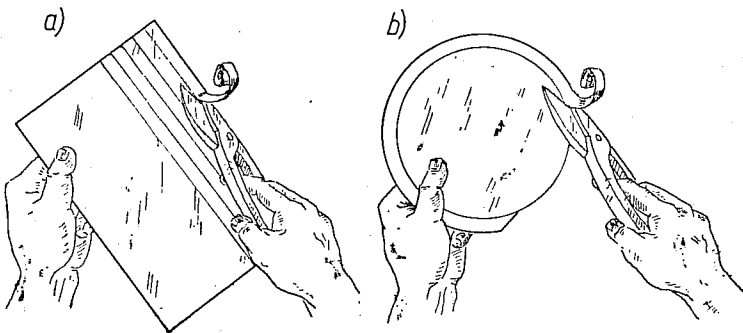
Nożyce ręczne nie mają szerszego zastosowania w warsztacie zegarmistrza, mimo to powinien on umieć posługiwać się nimi, czasem bowiem musi również przecinać kawałki blachy grubości do 1 mm. Używa się ich zasadniczo tylko do odcinania surowca,



Rys. 42. Cięcia: a) prawidłowe, b, c) nieprawidłowe

gdyż wycinanie według dokładnych rysów przeprowadza się piłką. Prawidłowe trzymanie nożyc przedstawiono na rys. 43 a, b.

Przed cięciem znaczymy za pomocą rysika linię, następnie ujmujemy nożyce prawą ręką, a blachę lewą, i wkładamy ją



Rys. 43. Cięcie nożycami ręcznymi: a) kawałka metalu, b) krążka metalowego

między ostrza nożyc, tak by górne ostrze znalazło się dokładnie na naznaczonej linii. Należy przy tym uważać, aby powierzchnie tnące nożyc były prawie prostopadłe do powierzchni przecinanej (rys. 42 a). Podczas prawidłowego cięcia blacha przecinana wygina się jednym brzegiem do góry, a drugim w dół.

Nie należy używać nożyc mających duży luz na sworzniu łączącym obie części, gdyż utrudnia to prawidłowe cięcie. Przy prze-

cinaniu nożyce takie skręcają się nam w rękę i następuje przecięcie blachy lub zaciśnięcie jej między powierzchniami tnącymi (rys. 42 b, c).

Tnąc krążki, należy je jednocześnie obracać (rys. 43 b), przy czym nożyce nie powinny zakrywać linii cięcia.

Jeżeli stwierdzimy, że cięcie wymaga dużego wysiłku, przy którym ostrza nożyc zgniatają się, to należy pracę przerwać, aby ich nie niszczyć. Blacha bowiem jest zbyt twarda i cięcie trzeba wykonać albo innymi nożycami, albo w zupełnie inny sposób.

Zadziory na krawędziach przeciętego materiału formują się wówczas, gdy ostrza nożyc są stępione albo gdy z większym luzem przechodzą obok siebie. W celu zmniejszenia zadziorów, należy ostrza nożyc nie tylko naostrzyć, ale także należy je dociągnąć.

Przy cięciu nożycami nie należy pomagać sobie naciskiem na ostrza, a tym mniej uderzać w nie młotkiem, gdyż łatwo wtedy można je uszkodzić.

CIĘCIE PRZECINAKIEM

Ścinaniem nazywamy ręczną obróbkę powierzchni większego przedmiotu za pomocą przyłożenia do tej powierzchni specjalnego narzędzia, zwanego przecinakiem lub ścinakiem, i odcinania nim włóków przez uderzenia wań młotkiem.

Przecinak powinno się trzymać w lewej dłoni i dociskać do materiału w chwili uderzenia. Przez ścinanie obrabiamy te części powierzchni, które są niedostępne dla obróbki pilnikiem. W naszej pracowni zachodzi ono bardzo rzadko.

Wycinanie różni się od ścinania zastosowaniem innego kształtu narzędzia — *wycinka*, jak również tym, że ścinanie ma na celu wyrównanie powierzchni, a wycinanie — wykonanie na niej rowków.

Przecinaniem nazywamy rozdzielanie materiału na oddzielne części, przy czym narzędzie wgłębia się w materiał pod wpływem siły nacisku lub uderzenia.

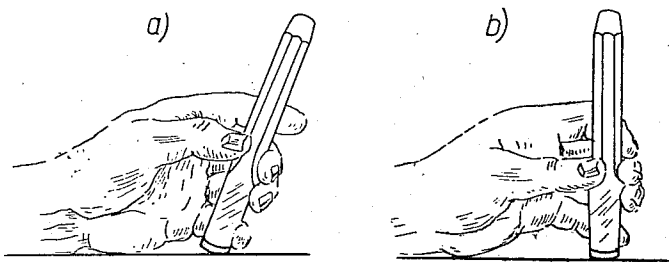
Przecinaka używamy do cięcia wtedy, gdy:

- materiał jest tak twardy, że piłka go nie bierze,
- nie ma odpowiednich nożyc,

— ze względu na kształt linii przecięcia, przecinanie innym narzędziem byłoby utrudnione.

Do przecięcia przecinakiem kładzie się materiał na płycie w ten sposób, aby miejsce, w którym będziemy ciąć, szczelnie do niej przylegało. Przecinak należy dostawić skośnie (rys. 44 a), następnie wyprostować (rys. 44 b) i uderzyć.

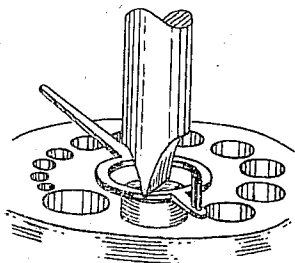
Ostrze przecinaka do głębokiego cięcia może być nieco łukowate. Do zwykłego przecinania cienkich przedmiotów powinno być proste, gdyż łukowate łatwiej zeskoczy przy nieumiejętnym



Rys. 44. Cięcie przecinakiem: a) dostawienie przecinaka, b) wyprostowanie przecinaka do uderzenia

uderzeniu młotkiem. Z początku po każdym uderzeniu należy sprawdzić, czy przecinak nie zeskoczył z naznaczonej linii przecięcia.

Przez uderzanie w przecinak tworzy się w materiale coraz głębsza bruzda i następuje przecięcie. Nie należy przedwcześnie próbować złamać materiał, gdyż możemy go pokrzywić.



Rys. 45. Cięcie przecinakiem w nabijarce

Zdarza się czasem, że dobierana z części zamiennych przesuwka nie jest przecięta. Ponieważ przesuwki są zawsze hartowane, przeto przecinamy je nie pilką, gdyż to byłoby prawie niemożliwe, lecz przecinakiem (rys. 45). Należy jednak wpierw naciąć dane miejsce krawędzią kamienia oliwnego. Wtedy przecinak nie przetnie, lecz przetrąci.

PRZEBIJANIE

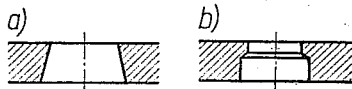
Ręczne przebijanie otworów ma zastosowanie tylko do cienkich blach i taśm w tym przypadku, gdy nie zależy na dokładności i gładkości ścianek otworu, albo gdy ścianki te będą następnie rozwiercane lub wygładzane pilnikami. Grubość materiału przebijanego na zimno rzadko tylko przekracza 2 mm, gdyż przy większych grubościach przebijanie ręczne staje się zbyt uciążliwe.

Przebijania dokonuje zegarmistrz ręcznie za pomocą przebijaków wkładanych do nabijarki. Zahartowane końce prze-

bijaków mają różne przekroje, dlatego należy dobrać przebijak do konturu przebijanego otworu.

Gładki i równy otwór otrzymamy wtedy, gdy przebijak ma ostre krawędzie i jest dokładnie walcowy (nie stożkowy), a otwór w kowadełku jest nieco szerszy u spodu i również ma ostre krawędzie. Zgniecione lub zaokrąglone krawędzie zamiast przecinać materiał, powodują jego wyciąganie i odkształcanie części powierzchni otaczającej miejsce przebijane.

Stożkowatość otworu w kowadełku nie powinna być za duża (rys. 46 a), gdyż wtedy ostra krawędź otworu łatwo się niszczy, a zeszlifowanie płaszczyzny kowadełka w celu naostrzenia krawędzi zmienia jego średnicę. Właściwy kształt otworu widzimy na rys. 46 b.



Rys. 46. Kształt otworu kowadełka: a) niewłaściwy, b) właściwy

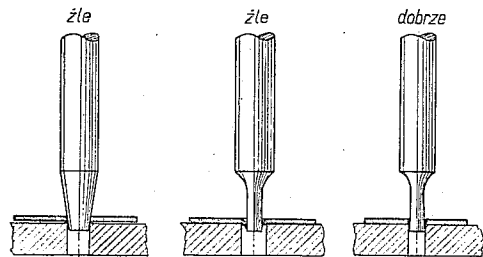
Wiercenie małych otworów w cienkiej blasze, a zwłaszcza stalowej, jest bardzo żmudne i czasochłonne. Pracę tę wykonuje się

o wiele szybciej przebijakami w nabijarce (rys. 47).

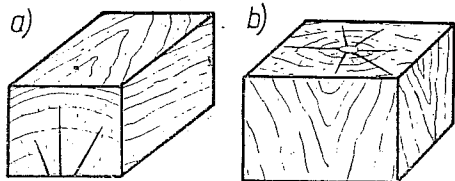
Materiał przebijany kładziemy na kowadełku z otworem, w który wejście wycięty odpadek, a wraz z nim koniec przebijaka.

Miękkie cienkie blachy i taśmy nie wymagają specjalnego mocowania. Układamy je bezpośrednio na płycie ołowianej lub na kawałku drewna, przy czym drewno musi być twarde, równe i ułożone na sztorc (rys. 48 a, b).

Przebijak chwytny w sposób pokazany na rys. 49 a, wtedy bowiem możemy



Rys. 47. Przebijanie otworów w cienkich blachach



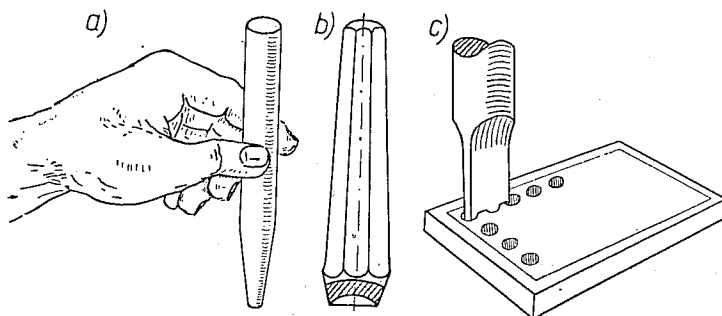
Rys. 48. Pozycja podkładki: a) niewłaściwa, b) właściwa

zobaczyć, czy czoło przebijaka znajduje się w żądanym miejscu. Przebijak należy zawsze trzymać prostopadle do powierzchni przebijanej, gdyż w innym położeniu może odskoczyć lub nawet wypaść z ręki.

Do przebijania otworów w grubszych blachach należy przebijak nasmarować.

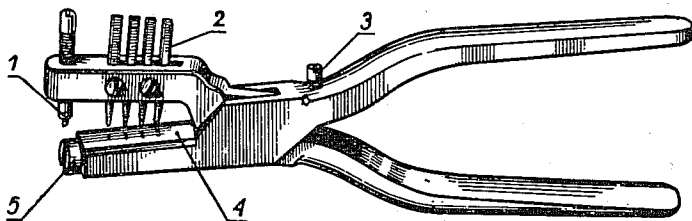
Przebieg skrawania przy przebijaniu jest podobny do przecinania nożycami, gdyż tak tu, jak i tam, dwa ostrza przecinają materiał.

Do miękkich materiałów, jak np. ołów, skóra, oraz do cienkich blach używamy przebijaka wydrążonego, którego powierzchnia czołowa nie jest płaska, lecz wklęsła (rys. 49 b). Powyżej części stożkowej, na zewnętrznej powierzchni przebijaka znajduje się wycięcie, przez które wychodzą na zewnątrz wycięte odpadki materiału.



Rys. 49. Sposób trzymania przebijaka: a) właściwy, b) przebijak do materiałów miękkich, c) przebijanie płytki z wywierconymi otworami

W razie konieczności wybicia większego otworu w grubszych blachach i płaskownikach, wiercimy uprzednio w przebijanym materiale szereg otworów, w celu jego osłabienia i łatwiejszego przebicia (rys. 49 c).



Rys. 50. Dziurkacz sprężyn

1, 2 — przebijaki, 3 — wkręt, 4 — matryca, 5 — wkręt z wycięciem

Wycinając pierścieniowe podkładki lub prężki, należy wpięrw zrobić otwór wewnętrzny, a później dopiero obciąć. W przeciwnym razie (w drugiej fazie przebijania otworu wewnętrznego) wykonywana podkładka może pęknąć.

Często stosowaną operacją w warsztacie zegarmistrzowskim jest przebijanie otworu w wewnętrznym końcu sprężyny napędowej

i zewnętrznym (do zegarów) oraz nadcinięcie haka w bębnie. Pracę tę znacznie ułatwia dziurkacz sprężyn (rys. 50).

Przebijak 1 na końcu dziurkacza służy do nadcinięcia haka w bębnie. Przebijaki 2 dziurkują odpuszczone końce sprężyn, a wkręt 3 ustala głębokość wciśnięcia przebijaków w matrycę 4. Wkręt 5 ma wycięcie o różnej głębokości, które ustawia się zależnie od potrzebnej długości nadcinanego haka przez przebijak 1.

W braku dziurkacza sprężyn można zrobić otwór w cienkiej blasze w ten sposób, że kładziemy ją na kawałku twardego drewna lub ołowiu i płaskim przebijakiem o ostrych krawędziach wycinamy jednym uderzeniem młotka żądany otwór. Jednak tym sposobem trudno jest wykonać dokładny otwór.

3. PIŁOWANIE

Piłowaniem nazywamy obróbkę powierzchni metali za pomocą pilników, którymi zbieramy odpowiednią warstwę metalu w celu nadania przedmiotowi dokładnych wymiarów, prawidłowego kształtu i gładkiej powierzchni.

Rozróżniamy piłowanie zgrubne, wyrównujące i wygładzające. Do każdego z nich używamy innych pilników.

ZASTOSOWANIE PILNIKÓW

Pilniki są to narzędzia skrawające w postaci stalowych listew, o różnych przekrojach i długościach, z ząbkami naciętymi na ich powierzchniach roboczych¹⁾. Tymi ząbkami pilnik skrawa z materiału niewielką warstewkę w postaci wiórków, które nazywamy opiłkami.

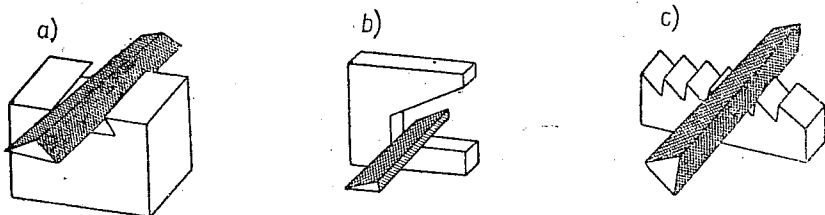
Kształt pilnika dobieramy w zależności od zarysów powierzchni piłowanego przedmiotu.

Pilniki płaskie z tępo i ostro zakończonymi krawędziami stosujemy do piłowania łatwo dostępnych powierzchni płaskich i wypukłych, jak również do piłowania rowków i kanałów.

Pilniki płaskie z owalnymi krawędziami — do piłowania zaokrągleń różnych luków, płaskich rowków z owalnymi przejściami.

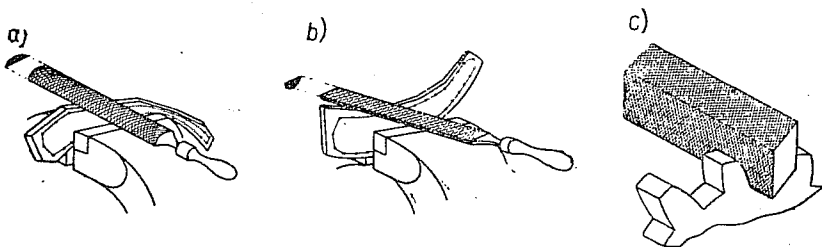
¹⁾ Pilniki opisano w części 3 „Zegarmistrzostwa” na str. 165—174. Podano tam także praktyczne wskazówki co do obchodzenia się z nimi.

Trójkątne — do piłowania kątów wewnętrznych i trójkątnych otworów, jak również do piłowania płaszczyzn w miejscach trudno dostępnych dla zwykłego pilnika (rys. 51).



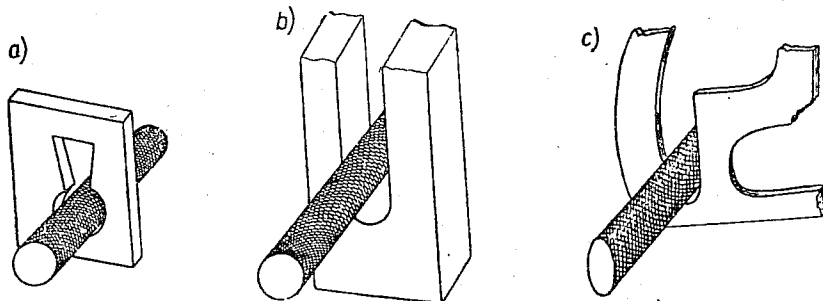
Rys. 51. Zastosowanie pilników trójkątnych i nożowych

Pilniki półokrągłe: strona płaska — do piłowania płaszczyzn, a strona półokrągła — do piłowania wklęsłych powierzchni (półokrągłych wygięć, rys. 52).



Rys. 52. Zastosowanie pilników półokrągłych i kwadratowych

Kwadratowe (czworokątne) — do wypiłowywania kwadratowych i prostokątnych otworów oraz powierzchni płaskich niedostępnych dla szerokiego płaskiego pilnika.



Rys. 53. Zastosowanie pilników okrągłych i owalnych

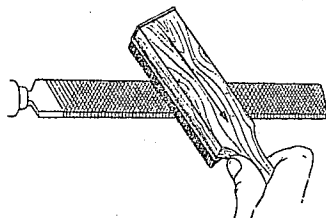
Okrągłe — do piłowania otworów okrągłych i owalnych oraz powierzchni wklęsłych, niedostępnych dla pilnika półokrągłego (rys. 53).

Owalne — do piłowania zewnętrznych i wewnętrznych wklęsłych powierzchni, otworów owalnych, wyokrągleń i zaokrągleń.

Przy doborze pilnika należy mieć też na względzie grubość skrawanej warstwy metalu: do spiłowywania grubszej warstwy używamy pilnika z grubym nacięciem, a do wygładzenia — z drobnym, czyli tzw. *gładzika*.

Podczas obróbki gładzikiem różnych metali, zwłaszcza miękkich, opiłki zalepiają ząbki pilnika i zadzierają oraz drapią piłowaną powierzchnię. Aby temu zapobiec, należy w czasie pracy od czasu do czasu usunąć opiłki blaszką lub szczotką (rys. 54).

Stosuje się też nacieranie pilnika kredą, która zapobiega przywieraniu opiłków miękkich metali (np. miedzi, ołowiu) do jego zębów. Przy piłowaniu wykończającym smaruje się nawet pilnik olejem. Co prawda, takie nasmarowanie pilnika zmniejsza jego wydajność, ale stosuje się je tylko wtedy, gdy chodzi o czyste wykończenie obrabianej powierzchni. Tak nasmarowany pilnik wymaga częstszego czyszczenia szczotką.



Rys. 54. Czyszczenie pilnika szczotką drucianą

Normalnie pilnik zużywa się w trojaki sposób:

1. Odpryskują krawędzie tnące jego ząbków. Aby temu zapobiec, nowym pilnikiem w pierw piłuje się metale miękkie, jak mosiądz, brąz, a później dopiero żelazo i stal.

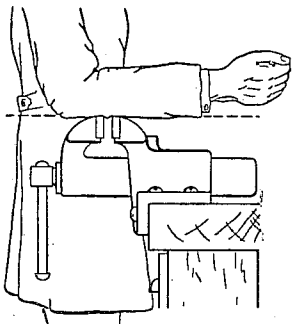
2. Tępią się zęby pilnika, tak jak i inne narzędzia służące do obróbki skrawaniem. Szybkiemu stępieniu się pilnika można zapobiec unikaniem piłowania zbyt twardych materiałów, a zwłaszcza odlewów przed usunięciem „skorupy”.

3. Wyłamują się całe ząbki pilnika, zwłaszcza gdy — piłując twardy materiał — zbyt silnie naciskamy.

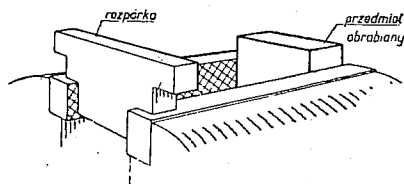
MOCOWANIE PRZEDMIOTÓW DO PIŁOWANIA

Większe przedmioty mocujemy do piłowania w imadle. Przy piłowaniu na stojąco szczęki imadła powinny się znajdować na wysokości łokcia (rys. 55). U ślusarzy wysokość stołu roboczego wynosi 80—85 cm, przeto wysokie stosunkowo imadło ślusarskie sięga mężczyźnie średniego wzrostu pod łokieć. Zegarmistrze wprawdzie mają stoły robocze znacznie wyższe (do 96 cm), ale imadła są niższe, dlatego powinni tak dopasować swoje imadło, ażeby przy grubszej pracy można było stojąc wygodnie przy nim piłować.

Powierzchnia obrabiana przedmiotu powinna się znajdować możliwie nisko nad szczękami imadła, jednak tak, aby przy piłowaniu nie nastąpiło uszkodzenie szczęk imadła. Gdy piłowana płaszczyzna przedmiotu znajdzie się wysoko nad szczękami, wówczas koniec przedmiotu zaczyna drgać. Drgania te utrudniają pracę i powodują hałaśliwe dźwięki.



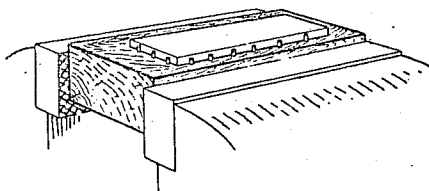
Rys. 55. Właściwa wysokość szczęk imadła ślusarskiego



Rys. 56. Mocowanie przedmiotu na brzegu imadła

Jeżeli jakiś długi przedmiot musimy umocować pionowo na brzegu szczęk imadła, to po przeciwnej stronie należy wstawić rozpórkę (rys. 56) tej samej grubości, co ten przedmiot.

Sposób mocowania blachy, której powierzchnię mamy wyrównać pilnikiem, widzimy na rys. 57. Szczęki imadła chwytają deskę, na której położona jest obrabiana blacha; szereg zaś kołków wbitych w deskę



Rys. 57. Mocowanie blachy

wzdłuż konturów blachy uniemożliwia przesuwanie się jej podczas piłowania. W podobny sposób mocujemy do wygładzenia kątowniki, płaskowniki itp.

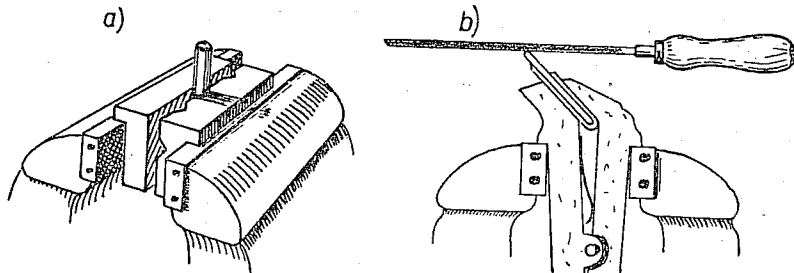
Zegarmistrzowska deseczka do piłowania jest zwykle z drewna lipowego. U spodu ma przybitą listewkę do łatwiejszego umocowania w imadle.

Wkładka z trójkątnymi kanałami (rys. 58 a) pozwala na wygodne i mocne zaciskanie okrągłych prętów — zwłaszcza grubszych, obrabianych od czoła. Bez takiej wkładki pręt pod naporem pilnika łatwo się przechyla.

Najdogodniej piłować, gdy pilnik porusza się w płaszczyźnie poziomej. Zadaniem ukośnego imadła (rys. 58 b) jest ułatwienie zamocowania materiału w taki sposób, aby powierzchnia piłowana była w przybliżeniu pozioma.

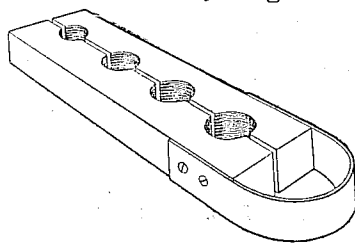
Wkładka z nagwintowanymi otworami (rys. 59) umożliwia mocowanie śruby w imadle za gwint bez uszkodzenia gwintu.

Mocując przedmiot częściowo opiłowany, należy zabezpieczyć go przed porysowaniem przez szczęki imadła. W tym celu owijamy go kawałkiem papieru, tektury albo zakładamy nakładki



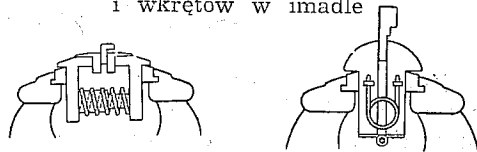
Rys. 58. Mocowanie przedmiotów okrągłych: a) wkładka, b) obróbka w imadle ukośnym

z blachy aluminiowej lub mosiężnej na szczęki imadła. Gdy mamy większą ilość przedmiotów do piłowania, lepiej jest zaopatrzyć się w specjalne nakładki na szczęki z miękkiego metalu (rys. 60 a). Można też wykonać proste nakładki drewniane z dwóch listewek połączonych kawałkiem płótna i płaską sprężyną, powodującą samoczynne ich rozchylanie. Na rys. 60 b widzimy nieco inne nakładki drewniane, które także samoczynnie się rozchylają dzięki sprężynie.



Rys. 59. Wkładka do mocowania śrub i wkrętów w imadle

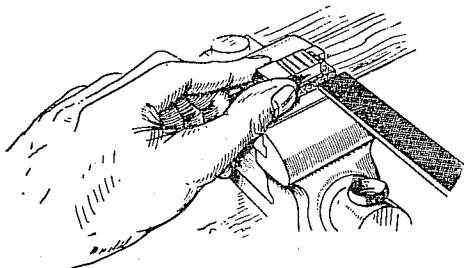
Dosyć często piłujemy przedmioty na korku zakręconym w imadle (rys. 61). Wtedy dzięki elastycznej podkładce lekkie nachylenie pilnika nie powoduje spiłowywania krawędzi, bo przedmiot dostosowuje się do powierzchni pilnika. Pilnik w tym przypadku trzyma się tylko jedną ręką.



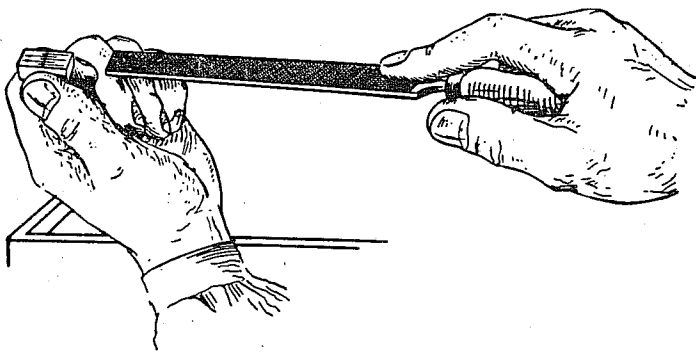
Rys. 60. Nakładki na szczęki: a) cynkowe lub aluminiowe rozsuwane sprężyną śrubową, b) drewniane, rozchylające się samoczynnie

Przy wykończającym piłowaniu części małych łatwiej jest uzyskać właściwą powierzchnię i równą krawędź przedmiotu, jeśli trzymamy go w palcach lewej ręki, opartej o stół roboczy (rys. 62).

Również dla wyrównania krawędzi można trzymać przedmiot w palcach lewej ręki, a pilnik w prawej. Krawędź zostanie należycie wyrównana, gdyż lewa ręka z przedmiotem poddaje się naciskowi pilnika, dostosowując przedmiot do jego powierzchni. Oczywiście, początkującym uczniom nie zaleca się takiego sposobu „mocowania” przedmiotu.



Rys. 61. Piłowanie na korku



Rys. 62. Piłowanie małego przedmiotu w palcach

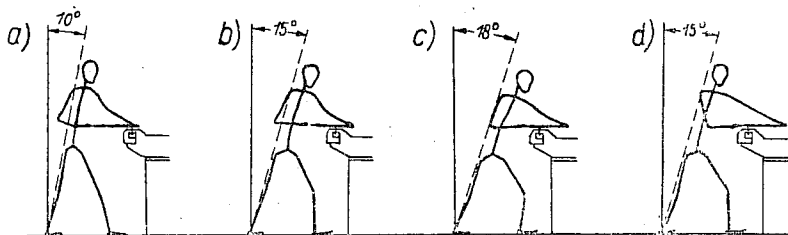
OGÓLNE ZASADY PIŁOWANIA

Zdarza się u niektórych mistrzów, że na początek nauki piłowania uczeń otrzymuje kawałek jakiegoś metalu i stary, zdarty już pilnik i od tego rozpoczyna się jego praca, polegająca na bezmyślnym piłowaniu. Taka metoda jest zła. Uczeń powinien otrzymać dokładne i wyraźne wskazówki, w jaki sposób ma osiągnąć dobry wynik w jak najkrótszym czasie i przy jak najmniejszym zużyciu narzędzia i sił.

Najlepiej od razu ćwiczyć na tym materiale, z którym najczęściej będzie miał do czynienia. A więc dać mu na początek mosiądz lub miękką stal, ale przestrzegać go przed zbyt szybkimi ruchami i zbyt silnym naciskaniem oraz zwracać uwagę na właściwą pozycję ciała i prawidłowe trzymanie pilnika.

Postawa przy piłowaniu

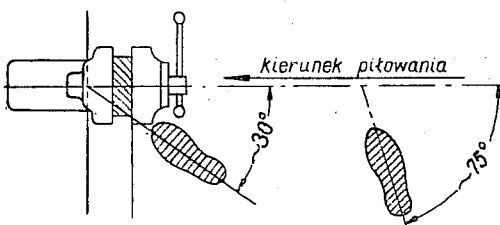
Postawa w pozycji stojącej zależy od wysokości imadła, w którym zamocowany jest przedmiot do piłowania. O właściwej wysokości imadła już mówiliśmy (rys. 55). Jeżeli imadło jest za nisko, to podczas piłowania musimy się schylać, wskutek czego wydajność pracy znacznie się zmniejsza. Przesadne nachylenie tułowia powoduje nierówność piłowanej powierzchni i zaokrąglanie krawędzi. Postawę człowieka podczas piłowania w imadle na właściwej wysokości pokazano schematycznie na rys. 63.



Rys. 63. Postawa przy piłowaniu: a) rozpoczęcie piłowania, b) docisk, c) skrawanie, d) powrót pilnika

Ustawiamy się do piłowania z boku imadła od strony lewej. Lewą nogę wysuwamy w przód w kierunku ruchu pilnika, prawą zaś odsuwamy wstecz o 25—40 cm od lewej, tak aby jej środek znajdował się naprzeciw pięty lewej nogi (rys. 64).

Po przyjęciu właściwej postawy, pilnik trzymany w prawej ręce, kładziemy na powierzchni przedmiotu, lewą rękę opieramy na końcu pilnika, następnie płynnymi ruchami przesuwamy pilnik w przód i w tył, tzn. od siebie i do siebie. Naciskamy pilnikiem tylko podczas ruchu w przód, z powrotem prowadzimy go lekko, bez nacisku. Piłując na stojąco, nachylamy tułów nieco do przodu i mięśnie odprężamy. Prawe ramię zginamy tylko w łokciu, nie zmieniając naturalnego położenia przedramienia.

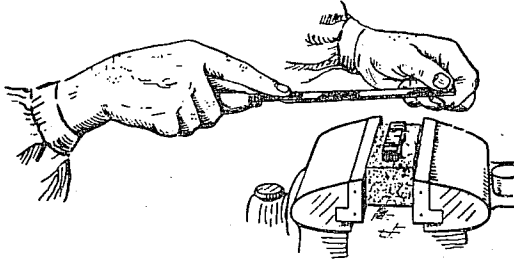


Rys. 64. Rozstawienie stóp podczas piłowania

Początkowe ćwiczenie w piłowaniu powinno być wykonywane tylko w pozycji stojącej. Piłowanie w pozycji siedzącej jest trudniejsze, dlatego zabieramy się do niego po osiągnięciu pewnej wprawy w piłowaniu na stojąco.

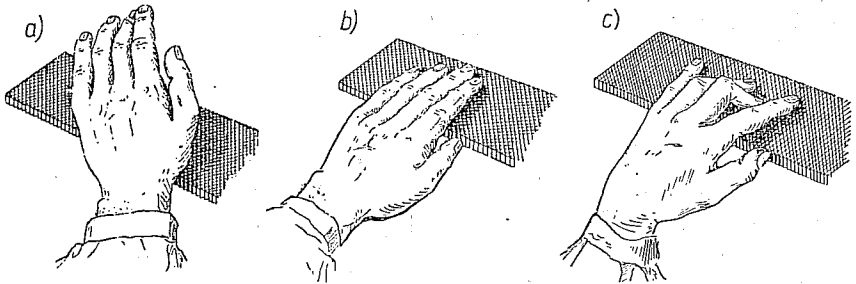
Trzymanie pilników

Do piłowania chwytamy pilnik prawą ręką, tak by koniec trzonka opierał się o dłoń, duży palec znalazł się na wierzchu trzonka, a pozostałe palce objęły go od spodu; przy piłowaniu większych przedmiotów kciuk jest na wierzchu, a przy mniejszych — na wierzchu jest palec wskazujący (rys. 65).



Rys. 65. Właściwe trzymanie pilnika przy obróbce przedmiotów średniej wielkości

Gdy piłujemy zgrubnie dużym pilnikiem, lewa ręka jest swobodnie oparta na jego końcu (rys. 66 a). Pozycję lewej dłoni przy piłowaniu wykończającym dużym pilnikiem pokazują rys. 66 b, c.



Rys. 66. Pozycje rąk przy piłowaniu: a) zgrubnym, b) przy zbliżaniu się do wymiaru, c) przy gładzeniu

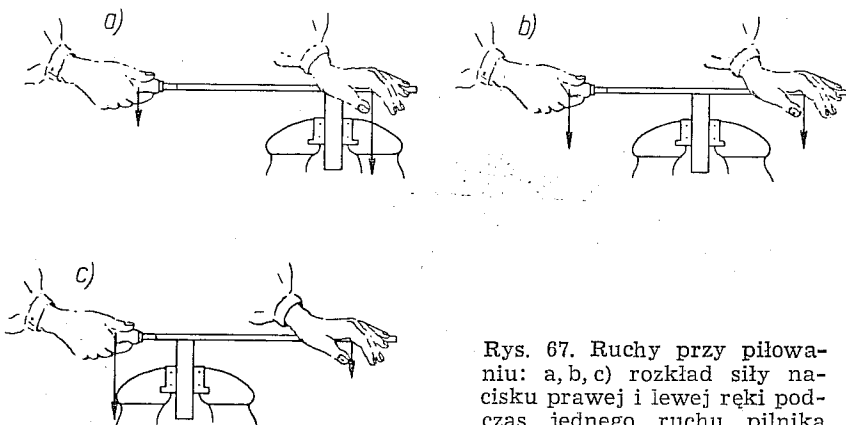
Do obrabiania przedmiotów mniejszych koniec pilnika ujmujemy trzema palcami; palce przy tym powinny być w pół zgięte, a nie ściśnięte pod pilnikiem, gdyż wtedy można się skaleczyć o ostre krawędzie przedmiotu (rys. 65). Prawa dłoń w takiej pozycji działa z odpowiednim naciskiem na tylny koniec pilnika, podczas gdy kciuk lewej ręki ciśnie na jego przedni koniec i nadaje prawej ręce równowagę. W ten sposób można piłować zupełnie równo, gdyż ma się pełną kontrolę nad dociskiem i prowadze-

niem pilnika. Prawa ręka od łokcia do dłoni powinna tworzyć z pilnikiem linię prostą.

Przy piłowaniu w pozycji siedzącej trzymamy pilnik tylko w jednej ręce, obejmując jego trzonek w ten sam sposób, jak na rys. 65, tzn. że palec wskazujący ma być na wierzchu. Gdy zaś piłujemy przedmioty bardzo małe, zwłaszcza obserwując je przy tym przez lupę, trzymamy pilnik w prawej ręce w ten sposób jak ołówek lub pióro, wyczuwając nachylenie pilnika do piłowanej płaszczyzny.

Ruchy robocze przy piłowaniu

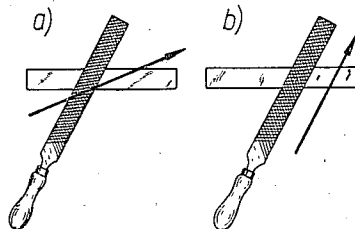
Ruchy przy piłowaniu powinny być spokojne, wykonywane z czuciem i bez pośpiechu. Trudno jest nauczyć się piłowania tylko z książki — praktyczne pokazy i pouczenia mistrza dają znacznie więcej. Główna tajemnica umiejętnego piłowania leży



Rys. 67. Ruchy przy piłowaniu: a, b, c rozkład siły nacisku prawej i lewej ręki podczas jednego ruchu pilnika

w przenoszeniu siły z jednej ręki na drugą. Przy rozpoczęciu ruchu w przód silniej naciska lewa ręka (rys. 67 a nacisk symbolizują strzałki). Podczas przesuwania pilnika zmniejsza się docisk. Gdy środek pilnika nachodzi na przedmiot, wtedy obie ręce naciskają jednakowo (rys. 67 b). Podczas dalszego przesuwania zwiększa nacisk ręka prawa (rys. 67 c).

Zmiana nacisku nie może się odbywać raptownie, lecz stopniowo i ciągle w miarę przesuwania się pilnika. Stałemu, równomiernemu ruchowi rąk towarzyszy lekkie wahanie się tułowia i le-



Rys. 68. Kierunek ruchu pilnika: a) niewłaściwy, b) właściwy

wej nogi, na którą przenosi się ciężar ciała. Niektórzy początkujący okazują skłonność do zbytowego docisku dłuższego końca pilnika. Wskutek tego powstaje ruch kołyszący pilnika, którego wynikiem jest powierzchnia wypukła. Pilniki są przeważnie w środku długości lekko wypukłe, co znacznie ułatwia piłowanie na płasko.

Obrabiając przedmiot zgrubnie, piłujemy go w poprzek albo na ukos. Piłując na ukos, pilnik nie powinien się posuwać bokiem (rys. 68 a), lecz wzdłuż (rys. 68 b). Gdy pilnik posuwa się bokiem, jego ząbki, nie mogąc dobrze skrawać materiału, tworzą tylko rowki. Natomiast przy posuwaniu wzdłużnym odbywa się prawidłowe skrawanie.

SPOSOBY PIŁOWANIA

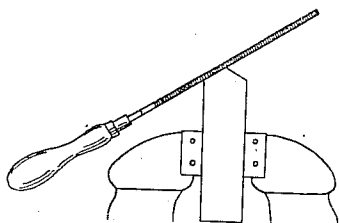
Piłowanie metali miękkich i twardych

Inaczej piłuje się stal, a inaczej mosiądz. Piłowanie stali jest mniej wydajne i wymaga większego wysiłku na docisk niż piłowanie mosiądzu i innych metali miękkich.

Przedmioty stalowe przed piłowaniem należy wyżarzyc. Wyjatek stanowią przedmioty małe lub takie, które wymagają tylko niewiele piłowania; trzeba je jednak odpuścić i użyć do nich pilników dobrej jakości, mających bardzo drobne nacięcia. Przedmiotów zahartowanych i w ogóle nie odpuszczonych nie należy nigdy piłować, bo są one za twarde, więc pilnik nie będzie wcale ich skrawał.

Niektórzy mistrzowie bardzo zalecają, by do stali używać zawsze jednej strony pilnika — np. tej, na której jest znak fabryczny — a do miękkich metali innej, albo też mieć oddzielne pilniki.

Czystą powierzchnię na mosiądzu pozostawia tylko ten pilnik, którego nie używano do stali.



Rys. 69. Szlifowanie większej warstwy materiału

Piłowanie zgrubne

Jeżeli mamy większą warstwę do szlifowania, to nie piłujemy jej zaraz od początku równo, ale skośnie — najpierw z jednej strony, potem z drugiej (rys. 69), a dopiero później wyrównujemy.

Do piłowania zgrubnego używamy pilnika z grubszym nacięciem, którym szybciej osiągamy cel. Zbliżając się do wymaganego wymiaru przedmiotu, lepiej jest użyć pilnika z drobniej-

szym nacięciem, który nie pozostawi na powierzchni zbyt głębokich rys.

Chcąc otrzymać gładką i czystą powierzchnię, należy też uważać, by piłowanie zgrubne nie pozostawiło głębokich zadrapań, które powstają na skutek pozostawiania opiłków w nacięciu pilnika. Aby temu zapobiec, należy, jak już wspomnieliśmy, często oczyszczać pilnik podczas pracy i nacierać go kredą lub węglem drzewnym. To nacieranie jest jednak celowe tylko przy wykonywaniu większych przedmiotów. Te, z którymi zazwyczaj ma do czynienia zegarmistrz, nie wymagają tego zabiegu.

Piłowanie wykończające

Przy wygładzaniu bardzo duże znaczenie ma właściwy dobór pilnika. Należy w tym wypadku stosować pilnik bez przerw w nacięciu i bez wypukłości. Prostoliniowość pilnika i równomierność w zużywaniu się jego naciętej powierzchni odgrywają bardzo dużą rolę.

Wykończając większą powierzchnię, piłujemy raz na skos w lewo, drugi raz na skos w prawo. Dzięki temu usuwamy nierówności i widzimy, w którym miejscu piłowanej powierzchni warstwa już została zdjęta.

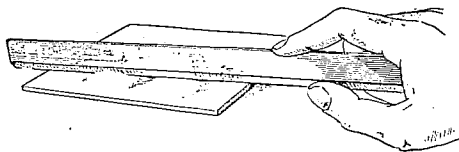
Piłowanie powierzchni kończymy zwykle obróbką drobnym gładzikiem, prowadząc go w kierunku prostym, poprzecznym lub podłużnym oraz zbierając zadziory na krawędziach. Przy ostatecznej obróbce powierzchni gładzikiem lub jedwabnikiem, długość posuwu pilnikiem i nacisk powinny być tym mniejsze, im gładsza ma być powierzchnia przedmiotu.

Zasadniczo piłowane powierzchnie metalu lub pilnika nie powinny być zafluszczone, bo wtedy pilnik gorzej skrawa. Jednak przy piłowaniu wykończającym, jak już wspomnieliśmy, stosuje się lekkie smarowanie pilnika olejem lub naftą, w celu osiągnięcia szczególnie gładkiej powierzchni.

Piłowanie powierzchni płaskich

Pierwsze ćwiczenia w prowadzeniu pilnika — to próby płaskiego piłowania. Sztuka płaskiego piłowania polega na odpowiednim podziale sił nacisku rąk na końcu pilnika w czasie jego ruchu oraz zależy od pilnika. Najodpowiedniejszy jest pilnik mający obydwie powierzchnie robocze lekko wypukłe. Zdarza się jednak, że wśród zakupionych pilników płaskich są i takie, których jedna powierzchnia robocza jest wklęsła, a druga wypukła; łatwo to można zauważyć, patrząc wzdłuż pilnika. Końcowe etapy piłowania, zmierzające do otrzymania gotowej już płaszczyzny, należy wtedy wykonać wypukłą stroną pilnika.

Płaskość piłowanej powierzchni łatwo można sprawdzić przez przykładanie do niej, w różnych kierunkach, liniału krawędziowego (rys. 70). Jeśli patrząc pod światło, między krawędzią liniału a płaszczyzną nie stwierdzamy prześwitu, to znaczy, że



Rys. 70. Sprawdzenie piłowanej płaszczyzny liniałem krawędziowym

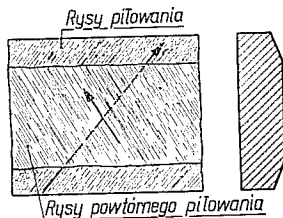
płaszczyzna jest opiłowana prawidłowo; w przeciwnym razie zobaczymy szczeliny świetlne, wskazujące na garbki, które należy spiłować. Płaszczyzna opiłowana zgrubnie powinna dawać równą smugę światła na całej długości liniału. Po dokładnym opiłowaniu smuga świetlna

powinna zniknąć. Warunek powyższy dotyczy różnych położeń liniału, a więc wzdłuż, w poprzek płaszczyzny i po przekątnej.

Nieudanym piłowaniem nie powinniśmy się zrażać. W celu poprawienia powierzchni opiłowanej wypukło, zmieniamy nieco kierunek piłowania, przez co nowe rysy pilnika stają się bardziej widoczne (rys. 71). Teraz staramy się zbierać najbardziej wypukłą część powierzchni.

Gdy zbliżymy się do wymiaru i pozostaje nam już niewiele materiału do spiłowania, w celu lepszego wyczucia ruchów pilnika trzymamy palce lewej ręki tak, jak to wskazuje rys. 66 b. Przy gładzeniu uzyskanej już płaszczyzny szeroko rozsunięte palce kładziemy na środku pilnika (rys. 66 c), w ten sposób można bowiem najlepiej wyczuć, czy pilnik w płaszczyźnie pionowej nie chybocze się i czy nie zniekształca dopiero co uzyskanej płaszczyzny.

Gdy piłujemy małą powierzchnię, lepiej jest przy cofaniu pilnika unosić go nieco, a zaczynając ruch w przód, tak go do przedmiotu przycisnąć, by należycie i równo skrawał.



Rys. 71. Dwukierunkowe piłowanie płaszczyzny

Piłowanie płaszczyzn równoległych

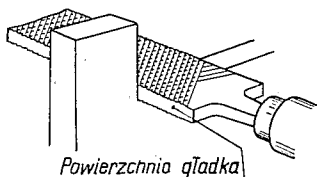
Piłowanie płaszczyzny równoległej do drugiej jest o tyle trudniejsze, że wszystkie punkty jednej płaszczyzny muszą być jednakowo odległe od odpowiednich punktów drugiej płaszczyzny. Pracę zaczynamy od mierzenia w celu zorientowania się, w którym miejscu przedmiotu trzeba zdjąć najwięcej materiału,

a w którym najmniej. Mierzenie można przeprowadzić za pomocą suwmiarki lub macek.

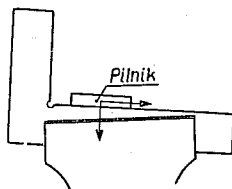
Następnie jedną z płaszczyzn należy dokładnie wyrównać, a potem piłować drugą. Piłowanie na zmianę raz jednej powierzchni, raz drugiej, zwłaszcza gdy nie mamy jeszcze dostatecznej wprawy, powoduje zwykle przekroczenie wymiaru i zniszczenie materiału.

Piłowanie płaszczyzn pod kątem

Piłowanie dwóch płaszczyzn ustawionych względem siebie pod kątem i tworzących wypukłości na przedmiocie obrabianym nie przedstawia większych trudności. Najpierw piłujemy jedną płaszczyznę na gotowo, a dopiero potem zabieramy się do drugiej. Dalsza praca będzie się składała z trzech, na przemian powtarzających się czynności: mierzenia kąta, sprawdzania płaskości powierzchni i piłowania występujących nierówności.



Rys. 72. Piłowanie kąta prostego



Rys. 73. Pochyłe zamocowanie kątownika

Większe trudności napotykamy, piłując płaszczyzny tworzące wklęsłość w przedmiocie obrabianym. Im kąt ich jest mniejszy, tym piłowanie jest trudniejsze, ponieważ łatwo można którąś z nich uszkodzić. Z tego względu części płaszczyzn znajdujące się w pobliżu linii ich przecięcia należy piłować przed końcem pracy, gdy pozostałe części obu powierzchni są prawie dokładnie obrobione. Materiał z kąta wypilowujemy, przedłużając stopniowo w kierunku wierzchołka kąta to jedną, to drugą płaszczyznę. Ostrą krawędź wewnętrzną uzyskujemy za pomocą pilnika trójkątnego lub nożowego.

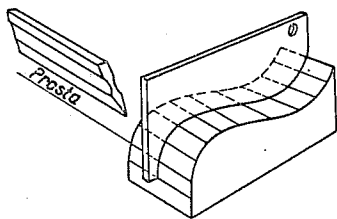
Do piłowania kąta prostego lepszy jest pilnik nie mający nacięć z jednego boku (rys. 72). Jeżeli nie mamy takiego pilnika, to możemy zeszlifować z jednej strony na gładko nacięcia zwykłego pilnika płaskiego, kwadratowego lub trójkątnego.

Przed spiłowaniem sąsiedniej płaszczyzny kątownika zabezpiecza również odpowiednie pochylenie płaszczyzny piłowanej (rys. 73). Wtedy pilnik nie ma tendencji zachodzenia na sąsiednią prostopadłą płaszczyznę.

Pewną odmianą piłowania płaszczyzny pod kątem prostym jest równe spiłowywanie czoła wałka. Zdolność oznaczenia kąta prostego na oko ma w tym przypadku dla zegarmistrza niemałe znaczenie. Dlatego poleca się zwykle uczniowi dla wprawy spiłować koniec okrągłego wałka średnicy 10 mm i długości 150 mm tak równo, żeby wałek postawiony pionowo na gładkiej, poziomej powierzchni nie przewrócił się. Jeśli spiłuje nierówno lub nieprostopadle do długości, wałek się przewróci.

Piłowanie powierzchni krzywych

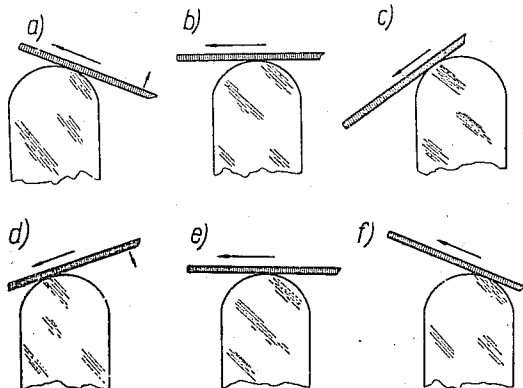
Przed piłowaniem powierzchni krzywych musimy najpierw zapoznać się z piłowaniem powierzchni prostokreślnych, tj. takich, do których w jednym kierunku przylega linia prosta, a w drugim, prostopadłym do pierwszego — wzornik odpowiedniego kształtu (rys. 74). Powierzchnie takie piłujemy wzdłuż prostych zaznaczonych na rysunku.



Rys. 74. Powierzchnia krzywa prostokreślna

Najczęściej zdarza się piłowanie powierzchni krzywych wypukłych, mianowicie przy zakończeniach prostych płaskowników i sztabek.

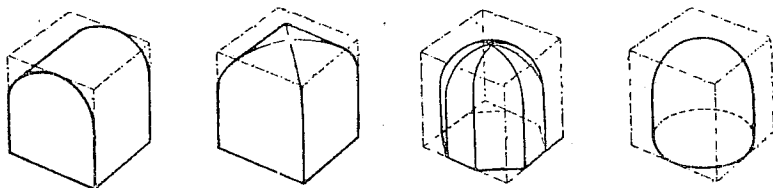
Charakterystyczne jest porównanie, w jaki sposób zaokrągla koniec jakiejś sztabki niewprawny zegarmistrz, a w jaki sposób robi to ślusarz znający dobrze piłowanie. Oczywiście, zgrubne piłowanie wykonują obydwaj jednakowo, tj. w poprzek zaokrąglenia. Natomiast przy wykończaniu — zegarmistrz, prowadząc pilnik w przód, stale podnosi trzonek do góry (rys. 75 a, b, c), ślusarz



Rys. 75. Sposób zaokrąglania: a, b, c) nieprawidłowy; d, e, f) prawidłowy

zaś przykłada koniec pilnika na koniec zaokrąglenia i w czasie ruchu pilnika przechyla coraz bardziej trzonek ku dołowi (rys. 75 d, e, f). Lepiej więc od razu uczyć się właściwych ruchów, które umożliwiają dokładne wykonanie zaokrąglenia w sposób bardzo prosty i łatwy.

Piłowanie powierzchni półkulistej, które występuje przy zaokrąglaniu prętów kwadratowych i okrągłych, wykonujemy etapami. Na rys. 76 widzimy cztery etapy obróbki powierzchni półkulistej na końcu pręta kwadratowego. Czynność tę wykonuje się najwygodniej, gdy pręt umocowany jest w imadle obrotowym. Cienkie druty i kolki zaokrąglamy w imaku.



Rys. 76. Piłowanie powierzchni półkulistej

Piłowanie powierzchni krzywych, których przedłużeniem jest płaszczyzna, wymaga większej ostrożności. Najpierw wypilowujemy część krzywą pilnikiem okrągłym, a następnie część płaską — pilnikiem płaskim. Pozostały nadmiar materiału usuwamy pilnikiem półokrągłym lub soczewkowym.

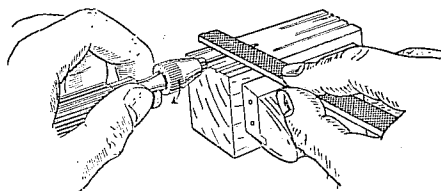
Szczególne trudności przedstawia obróbka powierzchni krzywych wklęsłych. Stosuje się przy tym pilniki obrotowe napędzane mechanicznie, ale w naszych pracach zegarmistrzowskich nigdy ich nie używamy.

Piłowanie powierzchni walcowych

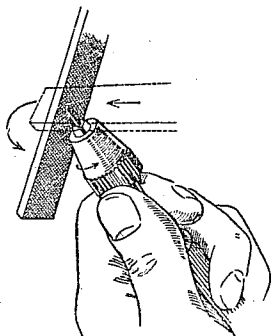
Chcąc opiłować kawałek drutu okrągłego, np. o średnicy 2 mm, zaciskamy go w imaku i wyprostowujemy ostrożnie młotkiem, żeby przy obrocie imaka „nie rzucił”. Następnie kładziemy drut w rowek klocka do piłowania, zamocowanego w imadle, i pilujemy w ten sposób, że lewą ręką obracamy imak z drutem ku sobie, a prawą wykonujemy ruch pilnikiem od siebie, dociskając pilnik do przedmiotu (rys. 77).

Ażeby piłowany drut był rzeczywiście okrągły, lewa ręka powinna wykonywać obroty imakiem wynoszące ponad 360° . Użyskujemy to przez obrót ręki i obrót imaka w palcach. Jednocześnie należy dociskać drut do klocka o tyle, by nie wyskakiwał z rowka. Drut powinien wystawać z rowka mniej więcej do połowy swej grubości, a na całej swej długości równo do niego

przylegać. Rowek nie powinien być zbyt płytki, gdyż drut mógłby łatwo się wysunąć. Powtarzające się podczas pracy skrzywienie jest dowodem, że albo przedmiot nie przylega dokładnie do rowka klocka, albo klocek nie jest dostatecznie zamocowany, czy też sterczy za wysoko pomiędzy szczękami imadła.



Rys. 77. Piłowanie w imadlu

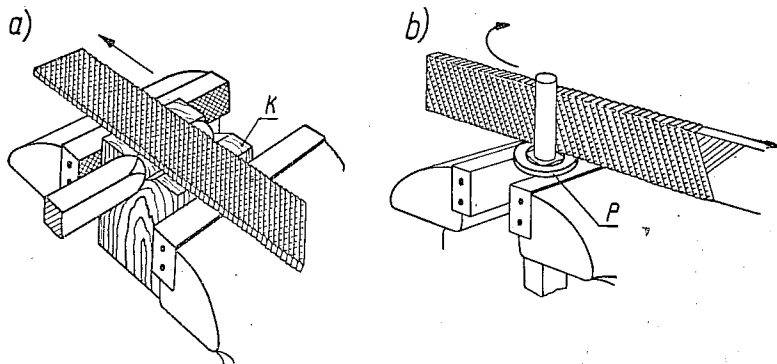


Rys. 78. Zaokrąglanie końca kołka

Jeżeli z piłowanego drutu ma powstać kołek stożkowy, to dociskamy bardziej prawy bok pilnika, aby uzyskać odpowiednią stożkowatość. Po opiłowaniu powierzchni zewnętrznej zaokrąglamy jego koniec (rys. 78), następnie nacinamy krawędzią pilnika i odłamujemy.

Piłowanie na okrągło grubszego graniastosłupa wykonujemy podobnie, ale trzymamy go bezpośrednio w ręce lub, jeśli jest krótki, mocujemy w imadłku ręcznym. Gdy trzymamy go w ręce, koniec piłowany leży w wycięciu klocka K (rys. 79 a) zaciśniętego w imadle. Po

zgrubnym opiłowaniu krawędzi obracamy przedmiot w kierunku przeciwnym względem ruchu pilnika i stopniowo wyrównujemy aż do uzyskania powierzchni walcowej.



Rys. 79. Piłowanie powierzchni walcowej: a) w pozycji poziomej, b) w pozycji pionowej

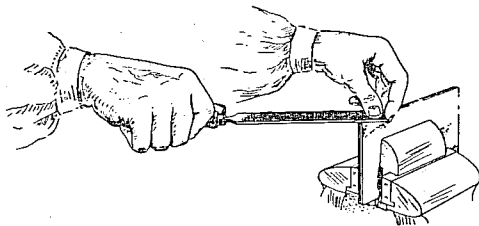
Piłowanie powierzchni walcowej w pozycji pionowej przedstawia rys. 79 b. Ten sposób piłowania stosuje się zwłaszcza wtedy, gdy chodzi o odsadzenie pod kątem prostym. Podkładka P zabezpiecza szczęki imadła przed spiłowaniem.

Spilowywanie krawędzi większego przedmiotu walcowego oraz piłowanie stożka odbywa się podobnie jak piłowanie powierzchni walcowej. Stożek na końcu wałka o małym kącie rozwarcia piłujemy w pozycji poziomej, a stożek o dużym kącie rozwarcia — w pozycji pionowej.

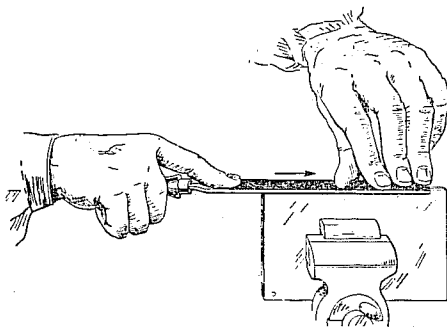
Piłowanie boków i krawędzi

Typowym ćwiczeniem w piłowaniu boków jest obróbka płyt zegarowych. Między dwie równo opiłowane z wierzchu płyty wkładamy papier i skręcamy dwoma ręcznymi imadłami. Następnie wiercimy dwa otwory na przeciwległych narożnikach płyt i skręcamy płyty śrubami z nakrętkami lub nawet znitowujemy. Teraz piłujemy dłuższy bok w sposób przedstawiony na rys. 80, a następnie wyrównujemy go (rys. 81). Z kolei odmierzamy i zaznaczamy potrzebną szerokość, po czym obrabiamy przeciwległe boki, sprawdzając co pewien czas wymiar suwmiarką. Podobnie postępujemy z krótszymi bokami.

Spilowywanie krawędzi pilnikiem jest dość trudne, zwłaszcza gdy chodzi o dokładne ścięcie pod kątem 45° . Zwykle po opiłowaniu powierzchni spilowuje się te krawędzie, które pozostają na wierzchu. Nawet przy piłowaniu mniejszych płaszczyzn i krawędzi należy się starać, by pilnik przylegał do całej płaszczyzny, a przedmiot dostosowywał się do powierzchni pilnika, co przy pewnej wprawie doskonale się wyczuwa. O dokładnym ścinaniu krawędzi i ich wygładzaniu mówimy w dalszych rozdziałach tej książki.



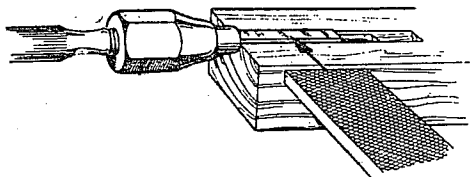
Rys. 80. Zgrubne piłowanie boków płyt



Rys. 81. Wyrównywanie boków płyt

Piłowanie czopów wielobocznych

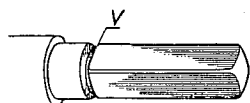
Czopy wieloboczne wykonujemy pilnikiem na tokarce przy użyciu podstawki rolkowej i pierścienia podziałowego (3—127). Jednak wykonywanie jednego tylko czopa kwadratowego, np. u wałka naciągowego, na tokarce trwa dłużej niż piłowanie na imadle, gdyż musimy ustawiać rolki, a później ostrożnie je obniżać. Poza tym przy piłowaniu dłuższego czopa często podcina się wałek, gdyż jego wystający koniec przy mocniejszym nacisku pilnika nieco się ugina.



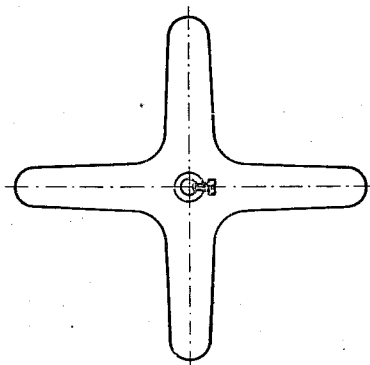
Rys. 82. Piłowanie czopa kwadratowego na klocku

Okrągły drut stalowy zaciskamy w imaku, wysuwamy go tyle, ile potrzeba na żądany czop kwadratowy. Następnie opieramy drut na klocku i górną jego część spiłowujemy, ale nie za szeroko, pilnikiem, którego jeden bok jest bez nacięć (rys. 82). Z kolei odwracamy drut i piłujemy jego przeciwległą stronę, starając się otrzymać płaszczyznę tej samej

Okrągły drut stalowy zaciskamy w imaku, wysuwamy go tyle, ile potrzeba na żądany czop kwadratowy.



Rys. 83. Karb ułatwiający piłowanie czopa kwadratowego



Rys. 84. Gwiazda do piłowania czopów kwadratowych

szerokości, co pierwsza. Wreszcie piłujemy boki: jeden, następnie drugi, lecz oczywiście tak, by kąty były proste. Powinny nam pozostać duże zaokrąglenia krawędzi.

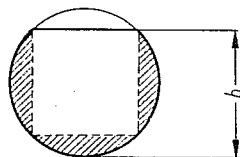
Gdyby się po sprawdzeniu okazało, że któraś z płaszczyzn jest za wąska lub za szeroka, wyrównujemy to kosztem odpowiedniego zaokrąglenia. Jednakową szerokość płaszczyzn wskazują nam zaokrąglenia, które powinny być równej szerokości na całej długości czopa.

Dla ułatwienia piłowania czopa kwadratowego zalecają niektórzy wykonać wpierw karb V (rys. 83) o takiej głębokości, na

jąką mają być piłowane płaszczyzny czopa. Jednak ze względu na wytrzymałość nie jest to pożądane, gdyż w tym miejscu wałek łatwo się złamie.

Wykończanie płaszczyzn czopa kwadratowego przeprowadza się pilnikiem o drobnym nacięciu, a następnie pilnikiem szmerglowym, wykonując ruchy półkoliste.

Pewnym ułatwieniem ręcznego piłowania czopów kwadratowych może być czteroramienna gwiazda z tuleją i wkrętem do ustalania (rys. 84). Gwiazdę tę zamocowuje się na imaku w ten sposób, aby — po położeniu piłowanego przedmiotu na klocku do piłowania — ramię jej opierało się o warsztat lub imadło i ustalało nim piłowaną powierzchnię. Po opiłowaniu pierwszej powierzchni przekręca się imak razem z gwiazdą, tak by jej drugie ramię znowu się oparło w tym samym miejscu. Posługując się tym przyrządem mamy pewność, że kąt każdego przekręcenia imaka wynosi rzeczywiście 90° .



Rys. 85. Wymiar częściowo piłowanego czopa

Czop kwadratowy wałka naciągowego i inne czopy kwadratowe powinny mieć krawędzie zaokrąglone. Czasami jednak może zachodzić potrzeba wykonania czopa kwadratowego z ostrymi krawędziami. Przy piłowaniu czopa kwadratowego z okrągłego wałka aż do ostrych krawędzi może być pomocne obliczenie. Żeby nie piłować za dużo pierwszego boku, średnicę piłowanego wałka mnożymy przez stały współczynnik 0,856. Jeżeli średnica wałka wynosi np. 2 mm, to wymiar b (rys. 85) powinien mieć:

$$0,856 \cdot 2 = 1,712 \text{ mm}$$

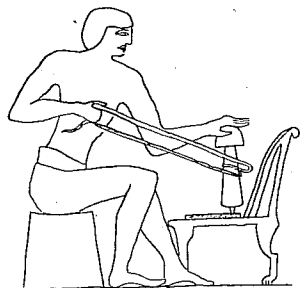
Dzięki temu obliczeniu można pierwszą płaszczyznę piłować od razu do potrzebnej głębokości bez obawy zepsucia wałka, jeżeli, oczywiście chodzi o czop kwadratowy z ostrymi krawędziami i o przekątnej równej średnicy wałka, z którego zostanie on wy piłowany.

4. WIERCENIE

UWAGI OGÓLNE

Wierceniem nazywamy taki rodzaj obróbki metali za pomocą skrawania, podczas której narzędzie skrawające, zwane wiertłem, usuwa część materiału w postaci wiórów, tworząc w tym materiale otwór, zwykle okrągły, przy czym średnica otworu odpowiada średnicy wiertła.

Wiercenie znane było już w starożytności. Na przykład Egipcjanie wiercili wiertłem osadzonym we wrzecionie napędzanym pewnego rodzaju łukiem (smykiem), którego cięciwa była owinięta dookoła tego wrzeciona (rys. 86). Przez poruszanie łuku ruchem posuwisto-zwrotnym, wrzeciono wraz z wiertłem wykonywało ruch również zwrotny, lecz obrotowy. Docisk do przedmiotu wywierany był ręką.

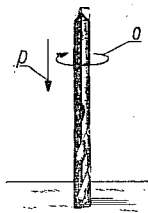


Rys. 86. Wiercenie w starożytnym Egipcie

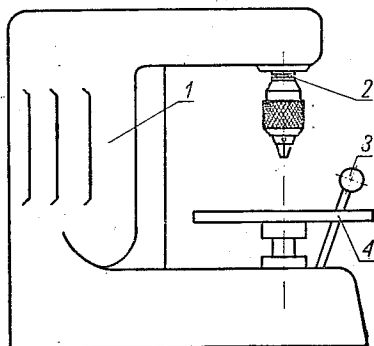
Utrzymywały się dotychczas małe wiertarki do metalu i drewna, tzw. furkadła, pracujące według podobnej zasady. Po wrzecionie zaopatrzonym w rowki śrubowe o dużym skoku przesuwa się specjalna nakrętka poruszana ręką i wprawiająca wrzeciono w ruch obrotowo-zwrotny. Co więcej, egipska metoda bez żadnych zmian zachowała się w warsztatach zegarmistrzowskich.

Niektórzy zegarmistrze jeszcze do dziś wiercą za pomocą smyka takim prymitywnym przyrządem, zwanym wiertliskiem.

Do wiercenia przedmiot mocujemy nieruchomo, a wiertłu nadajemy dwa ruchy: obrotowy ω i postępowy p w kierunku przedłużenia osi wiertła (rys. 87). Ruch obrotowy wiertła jest ru-



Rys. 87. Ruchy wiertła: obrotowy ω i postępowy p



Rys. 88. Elektryczna wiertarka stołowa nowoczesnej konstrukcji

chem roboczym, a ruch postępowy — posuwem. Przy wierceniu na tokarce może występować inny układ ruchów: przedmiot może się obracać, a wiertło wykonywać tylko ruch posuwowy.

Ale nawet i w wiertarce wiertło niekoniecznie musi wykonywać ruch postępowy. Zegarmistrz warszawski Antoni Zybert

skonstruował ulepszoną wiertarkę stołową (rys. 88), której wiertło wykonuje tylko ruch obrotowy. Szybkobieżny silnik elektryczny (10 000 obr/min), jak również pasek przenoszący obroty na wrzeciono 2, mieszczą się w korpusie 1. Dźwignia 3 służy do podnoszenia stolika 4, i nadawania w ten sposób posuwu, gdyż wrzeciono nie ma ruchu postępowego.

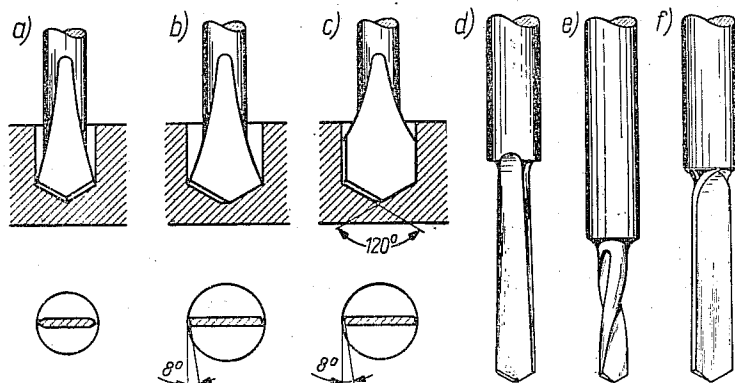
Chociaż wiercenie jest czynnością nieskomplikowaną, to jednak zegarmistrz na ogół za mało posługuje się wiertłami, mimo że niektóre prace szybciej by wykonał nimi aniżeli innymi narzędziami. Wiercenie bardzo małych otworów w mosiądzu, stali i innych materiałach, które częściej się zdarza, wymaga od zegarmistrza pewnej umiejętności i wprawy. Świadczy o tym ilość złamanych wiertel przez uczniów. Aby tego uniknąć, należy dokładnie zaznajomić się z zasadami właściwego kształtowania ostrza wiertel i z techniką wiercenia.

WIERTŁA

Wiertło, podobnie jak inne narzędzia skrawające, ma ściśle obmyślany kształt, gdyż od niego zależy nie tylko prędkość skrawania, ale również opory skrawania oraz gładkość powierzchni wierzonego otworu.

W zegarmistrzostwie używamy wiertel piórkowych, łyżkowych i krętych.

Wiertła piórkowe należą do najstarszych i najprostszych narzędzi do wiercenia. Najcieńszych wiertel piórkowych o średnicy od 0,05 do 0,5 mm (czasami do 0,8 mm) używa się do wiercenia otworów w osiach w celu wstawienia czopów. Ostrze wiertła może być zaostrzone albo dwustronnie (rys. 89 a) (i wtedy wiercimy za pomocą smyka lub furkadia), albo jednostronnie — do wiertarki (rys. 89 b).



Rys. 89. Wiertła piórkowe: a) dwustronnie zaostrzone, b) jednostronnie zaostrzone o rozszerzonym ostrzu, c, d) ostrza nie rozszerzone, e) o skręconym piórze, f) o częściowo skręconym piórze

Kąt wierzchołkowy ostrza wiertła piórkowego — zależy od wierconego materiału — wynosi 80—140°, przy czym mniejszy kąt stosuje się u wiertel do materiałów miękkich, a większy do twardych. Do bardzo twardych materiałów stosuje się nawet ostrze półokrągłe (cz. 3, rys. 243).

Wiertło piórkowe o rozszerzonym ostrzu (rys. 89 b) źle odprowadza wióry oraz samo nie daje się łatwo prowadzić, jest więc mało wydajne. Nadto, jego ostrze łatwo się przy wierceniu odpuszcza, a przy ostrzeniu stale się zmniejsza. Dlatego lepsze są te wiertła piórkowe, które nie mają końca rozszerzonego (rys. 89 c, d). Prowadzenie ich jest pewniejsze, ostrzenie nie zmniejsza ich krawędzi tnącej i, co najważniejsze, mogą one być bardzo cienkie — już od średnicy 0,01 mm.

Na rys. 89 e widzimy wiertło piórkowe o skręconym piórze. Noszą one w Ameryce nazwę wiertel zegarmistrzowskich, a mają tę zaletę, że dzięki skręceniu pióra wióry łatwiej odchodzą i nie potrzeba ich tak często wyjmować w celu oczyszczenia. Jednakże najmniejsza średnica tych wiertel wynosi tylko 0,5 mm. Nieco mniej skręcone wiertło widzimy na rys. 89 f.

Wiertła łyżkowe, nazywane także **działowymi** lub **lufowymi**, są przeznaczone głównie do wiercenia bardzo długich otworów, np. luf, otworów w osi minutowej na oś dla sekundnika. Zegarmistrz bardzo rzadko nimi się posługuje.

Wiertła kręte, nazywane czasem **spiralnymi** albo **amerykańskimi**, nie są jednak ani amerykańskie, ani spiralne. Wynałazł je w 1863 r. Szwajcar Martignoni. Zegarmistrz może z korzyścią ich używać do wszystkich prac. Mają one bowiem wiele zalet, a wydajność ich jest szczególnie duża. Nabyć je również dosyć łatwo, gdyż tak rzemiosło, jak i przemysł przeważnie nimi się posługuje. Najcieńsze wiertła kręte bywają o średnicy 0,25 mm. Chwyty ich nie są hartowane, lecz tylko część kręta, skrawająca.

Małe wiertła kręte stosowane w pracowniach zegarmistrzowskich powinny się obracać bardzo szybko. Wiertło o średnicy 1 mm powinno wykonywać 3000 lub więcej obrotów na minutę, zależnie od wierconego materiału.

Drugim czynnikiem specyficznym jest **głębokość** wiercenia. Im dalej zagłębia się wiertło, tym trudniejsze są warunki odprowadzania wiórów, przez co wzrasta opór skrawania i możliwość ukręcenia wiertła. Przeciwdziała się temu wierceniem z przerwami, podczas których wyjmuje się wiertło z otworu dla usunięcia wiórów. Przy wierceniu głębokim zmniejsza się nieco posuw, ale nie obroty.

Ostrzenie wiertel

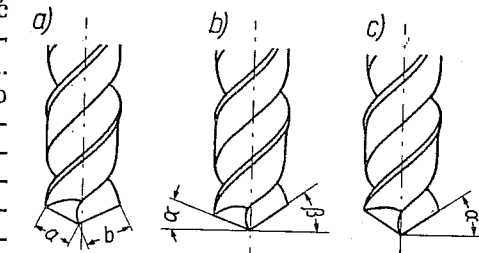
W czasie wiercenia zużywa się głównie czołowa część ostrza. Krawędź boczna wiertła nie tnie, lecz tylko trze się nieznacznie i dlatego praktycznie nie ulega zużyciu. Stępione wiertło łatwiej się łamie i nie daje gładkich otworów. Należy więc wiertła często ostrzyć, zachowując pierwotne kształty ostrza (rys. 90 c). Oznaką stępienia wiertła jest wzrost oporu, zmniejszenie wydajności skrawania oraz silny wzrost temperatury wiertła i wierconego materiału.

Wiertło kręte naostrzyć prawidłowo od ręki jest bardzo trudno. Nawet pomimo dużej wprawy zdarza się nieprawidłowe zaostwienie, powodujące nierówne długości ostrzy wiertła lub nierówne kąty (rys. 90 a, b).

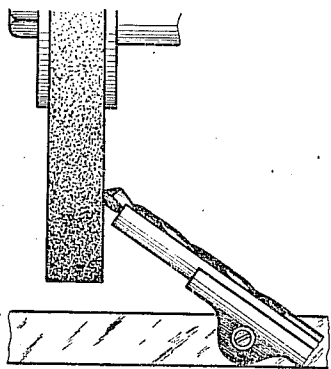
Dużym ułatwieniem w ostrzeniu wiertel krętych jest specjalna podstawa pryzmowa, ustawiona pod kątem do bocznej powierzchni ściernicy (rys. 91). Jeżeli nie ma podstawki, duże wiertło należy trzymać lewą ręką za część roboczą jak najbliższe ostrza, a prawą ręką trzymać chwyt. Małe wiertło trzymamy w palcach prawej ręki.

Podczas ostrzenia lekko przyciskamy wiertło krawędzią tnącą do bocznej powierzchni ściernicy, a następnie, nie odejmując wiertła od tarczy, ciągłymi ruchami prawej ręki obracamy wiertło w jedną i drugą stronę, tak aby powierzchnia przyłożenia otrzymała pra-

widłowe nachylenie. Oprócz tego prawą ręką wykonujemy ruch wahadłowy w stronę ściernicy i z powrotem, wynoszący w przybliżeniu 13° , dzięki czemu ostrze przybiera kształt lekko zaokrąglony. Właściwe nachylenie ostrza większych wiertel sprawdzamy sprawdzianami (3—248).



Rys. 90. Ostrza wiertel: a) nierówne długości ostrzy, b) nierówne kąty, c) wiertło zaostrome prawidłowo



Rys. 91. Ostrzenie wiertła na szlifierce z przyrządem

Inne szczegóły ostrzenia narzędzi na ściernicy podajemy w rozdziale o szlifowaniu.

Przy ostrzeniu wiertel krętych mogą zachodzić następujące błędy:

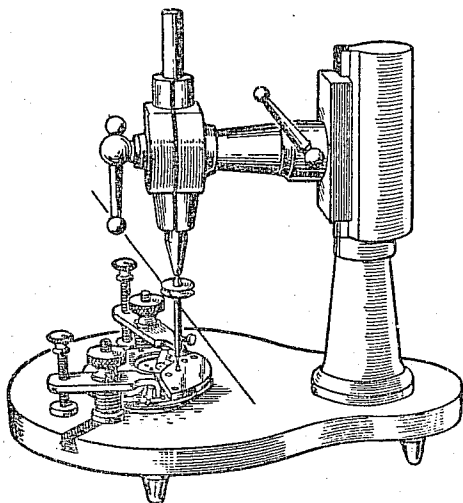
- ścin wiertła nie jest dokładnie na środku, wskutek czego otwór nim wiercony ma większą średnicę,
- szlifując jedno ostrze, można łatwo uszkodzić drugie,
- kąt przyłożenia ostrza może być nieodpowiedni,
- ścin wiertła, chociaż jest w środku, może być za szeroki,
- łysinka prowadząca może być przy ostrzu uszkodzona.

Wyszczególnione błędy mogą się trafić nawet u wiertel wykonanych w fabryce.

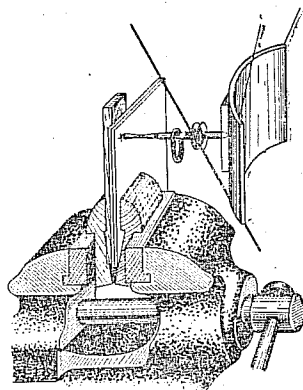
Wiertła piórkowe większe ostrzy się też na ściernicy, a wygładza się na osełce z kamienia oliwionego — mniejsze natomiast ostrzy się od razu na kamieniu oliwionym.

ZASTOSOWANIE PRZYBORÓW WIERTNICZYCH

Znamy wiele urządzeń i maszyn używanych do wiercenia w warsztacie zegarmistrzowskim. Zastosowanie właściwego urządzenia do wiercenia w poszczególnych przypadkach zależy zwykle nie od racjonalnego wyboru, lecz przeważnie od wyposażenia warsztatu. Jeśli zegarmistrz posiada tokarkę z wrzeciennikiem i odpowiednie do niej przybory, to może na niej wykonywać najrozmaitsze wiercenia. W przeciwnym przypadku posługuje się innymi, prymitywnymi urządzeniami.



Rys. 92. Wiercenie wiertliskiem w pionowniku



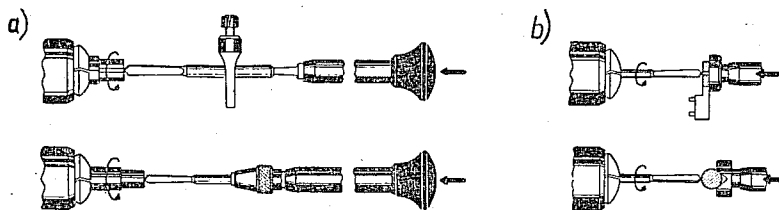
Rys. 93. Wiertlisko z pierścieniem orientacyjnym

Wiertlisko mimo że może być używane w różnych pozycjach, np. w pionowniku (rys. 92), jednak — ze względu na jego napęd smykem — nie jest praktyczne, gdyż nadaje wiertłu za wolne obroty.

Jeżeli wiercimy wiertliskiem pionowo, to łatwiej jest sprawdzić z jednej i z drugiej strony, czy ma ono właściwą pozycję. Gorzej jest, gdy wiertlisko ustawione jest poziomo i przyciskane pierśią. W takim przypadku, owszem, z góry widać, czy wiertlisko nie jest ustawione ukośnie w lewo lub w prawo, ale jak się podczas wiercenia przekonać, czy nie jest podniesione w górę lub obniżone w dół?

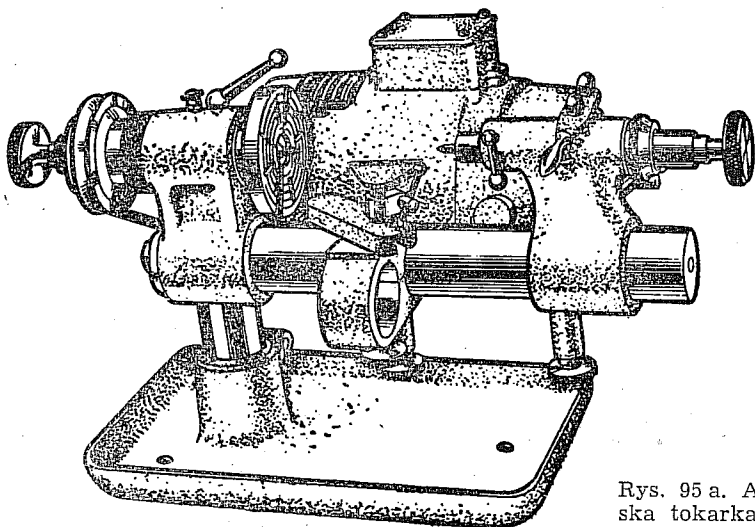
Otóż w takim przypadku angielscy zegarmistrze nakładają na wiertlisko pierścień o średnicy kilkakrotnie większej od średnicy wiertliska (rys. 93). Jeśli wiertlisko ma pozycję dokładnie pozio-

mą, to mimo ruchu obrotowego pierścien pozostaje w niezmienniej odległości od końców wiertlika. Gdy natomiast wiertliko obniży się w dół, pierścien zsuwa się do tyłu, a gdy wiertliko podniesie się za wysoko, pierścien przesuwa się ku przodowi. Sądzymy, że w praktyce warsztatowej — zwłaszcza dla początkujących — takie prymitywne usprawnienie może być wielce pomocne.



Rys. 94. Mocowanie wiertła: a) w koniku tokarki, b) we wrzecionie tokarki

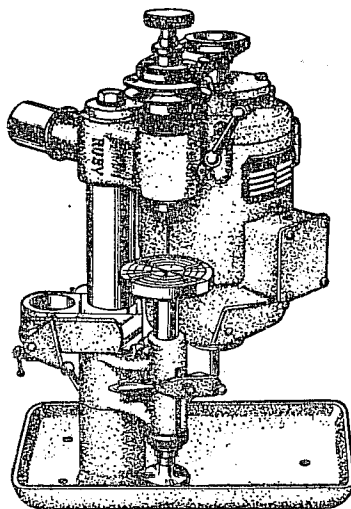
Wiercenie na tokarce. Na rys. 94 widzimy niektóre sposoby wiercenia na tokarce. Okrągłe wałki, filarki itp. mocuje się w uchwycie zaciskowym wrzeciona, a wiertło opiera się o wewnętrzny kieł konika. W celu łatwiejszego utrzymania go ręką zakłada się z a b i e r a k (rys. 94 a). Jeżeli dysponujemy uchwytem zaciskowym wkładanym do konika, to zabierak jest zbyteczny. Wiercony przedmiot obraca się razem z wrzecionem tokarki, a nieruchomą tuleję z wiertłem dociskamy bezpośrednio lub dźwignią wiertniczą konika (3—121).



Rys. 95 a. Angielska tokarka „Ruby”

Jeżeli natomiast wiertło mocujemy we wrzecionie tokarki, to w koniku umieszczamy tarczę wiertniczą, podobną do lakowej (rys. 94 b), albo — przy wierceniu wałków w poprzek osi — tarczę wiertniczą z pryzmą. Oczywiście, że i w tym przypadku konik z dźwignią wiertniczą oddaje najlepsze usługi.

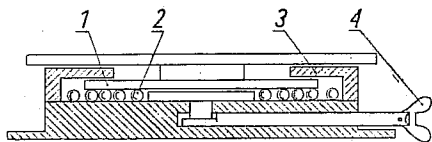
Liczne firmy produkują tokarki (rys. 95 a), które można łatwo przekształcać w wiertarki pionowe (rys. 95 b).



Rys. 95 b. Angielska tokarka „Ruby” przemontowana na wiertarkę

MOCOWANIE PRZEDMIOTÓW

Podczas wiercenia dużych otworów ważne jest nie tylko właściwe zamocowanie wiertła, ale i wierconego przedmiotu. Trzymanie przedmiotu w rękę bez umocowania dopuszczalne jest tylko



Rys. 96. Podkładka do automatycznego centrowania wierconych otworów

przy wierceniu otworów średnicy mniejszej od 10 mm, ale i w tym przypadku, gdy przedmiot jest większy, lepiej jest trzymać go w imadle ręcznym. Ponieważ w naszych pracach zegarmistrzowskich wiercenie dużych otworów należy do rzadkości, dla-

tego o mocowaniu przedmiotów nie będziemy mówić szczegółowo.

Najważniejszą sprawą jest to, aby naznaczone zagłębienie wierconego otworu było ustawione centrycznie z linią osiową wiertła. Nie zawsze łatwo to przychodzi. Przedmiot bowiem przywiera do stolika wiertniczego i wskutek tego bardzo małe przesunięcia przedmiotu są utrudnione. Gdy jeszcze wiertło jest grubsze, np.

powyżej 1 mm, to przy centrowaniu samo przesunie sobie przedmiot przez nacisk ostrza wiertła na zaznaczone zagłębienie. Natomiast przy cienkich wiertłach ta sprawa zawodzi, a również i widoczność jest gorsza.

Szwajcarska wytwórnia narzędzi zegarmistrzowskich „Bergeon” ułatwiła to zadanie przez wykonanie podkładki wiertniczej z automatycznym centrowaniem. Podkładka ta, przedstawiona w przekroju na rys. 96, składa się z okrągłej ruchomej płytki wiertniczej 1 leżącej na kulkach 2, umieszczonych w korpusie 3. Dzięki tej kombinacji centryczne ustawianie przedmiotu odbywa się bardzo łatwo. Przed wierceniem ustala się płytkę przez przekroczenie dźwigni skrzydełkowej 4 o mimośrodowym zakończeniu.

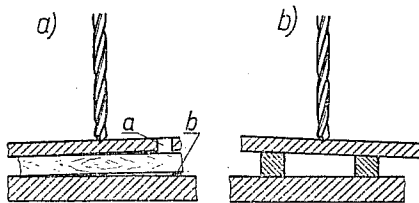
ZASADY WIERCENIA

Niektórzy zegarmistrze uważają wydajne wiercenie za nadzwyczaj tajemniczą umiejętność i myślą, że tylko oni znają receptę na właściwe wiercenie, zwłaszcza twardych wałków i osi. Oto jeden z nich przypuszcza, że kształt jego wiertła jest przyczyną udawania się wiercenia; drugi opiera to na swoistym hartowaniu wiertła; a jeszcze inny na materiale, z którego wykonał wiertło; jeden uważa, że to jego wiertarka jest taka precyzyjna; a drugi, który akurat trzyma wiertło w imaku, sądzi, że w tym właśnie leży cała tajemnica powodzenia itd., itd. W zasadzie wszyscy mają częściowo rację, a zwłaszcza wiedzy, gdy wiertło z dobrej stali jest należycie zahartowane, przepisowo zaostrome i gdy wierci przy odpowiednich obrotach i posuwie.

Przygotowanie do wiercenia wymaga kilku czynności. Do zwykłego wiercenia dobieramy wiertło o średnicy równej wierconemu otworowi. Jeśli zaś chcemy uzyskać dokładny i gładki otwór, a zwłaszcza gdy chodzi o większe otwory, rozkładamy obróbkę na kilka zabiegów — od wstępnego wiercenia cieńszym wiertłem, przez powiercanie, rozwiercanie, aż do kończącego rozwiercania.

Przed wierceniem otworu należy:

- a) zaznaczyć punktakiem zagłębienie tam, gdzie ma być środek otworu,
- b) umocować wiertło,
- c) ustawić i — w razie potrzeby — unieruchomić przedmiot wiercony,
- d) nastawić biegi wiertarki tak, aby osiągnąć właściwą szybkość skrawania.



Rys. 97. Przyczyny pochylenia wierconego otworu

W toku wiercenia należy smarować i chłodzić wiertło oraz materiał wiercony, jeżeli grozi mu nadmierne rozgrzanie.

Znaczenie przed wierceniem nie zawsze wykonywane jest punktacją, bo to nie zawsze jest możliwe. Czasem używa się do tego celu osadzonego w imaku wiertła piórkowego obracanego w palcach.

Wiertło zwykle mocuje się w uchwycie wiertarki lub tokarki. Czynność ta nie następuje w większych trudnościach.

Przy ustawianiu przedmiotu do wiercenia należy zwrócić uwagę, aby zadziory z poprzednio wierconego otworu *a* (rys. 97 a) lub zanieczyszczenia na stole wiertarskim *b* nie przechylały wierconego przedmiotu i również aby podkładki były jednakowej wysokości (rys. 97 b).

Szybkość skrawania przy wierceniu

Prawda, że zegarmistrze, mając do czynienia z wiertłami przeważnie o średnicy około milimetra lub mniej, nie zawsze mogą uzyskać szybkości skrawania wynikające z obliczeń i podawane w tablicach, którymi posługują się ślusarze przy wierceniu na wiertarkach w fabrykach. Jednak i zegarmistrze powinni się starać zachować przynajmniej ogólną zasadę, która mówi: im twardszy jest wiercony materiał, tym wolniejsze muszą być obroty wiertła.

Gdy wiertło obraca się za szybko, łatwo może się odpuścić. Wtedy przestanie skrawać materiał, a zacznie go polerować, co dzieje się głównie przy stosowaniu wiertel piórkowych. Czy wiertło rzeczywiście skrawa materiał, trzeba to wyczuwać w czasie wiercenia. Kręte długie wióry przy wierceniu materiału ciągłego oraz równomiernie sypiące się, drobne, zwijające się wiórki wierconego materiału kruchego, świadczą o normalnym przebiegu wiercenia.

Mniejsze szybkości skrawania stosuje się przy obróbce twardych materiałów zwykłymi wiertłami ze stali narzędziowej. Większe zaś szybkości są dopuszczalne przy miękkich materiałach i wiertłach ze stali szybko tnącej. Oczywiście, szybkość skrawania przy wierceniu zwiększa się proporcjonalnie do zmniejszania średnicy wiertła.

A teraz podamy, jak oblicza się liczbę obrotów wrzeczona wiertarki, aby uzyskać zalecaną szybkość skrawania.

1. Mamy wywiercić otwór średnicy 2 mm w twardym mosiądzu wiertłem krętym ze stali narzędziowej. Średnia szybkość skrawania tego materiału według tablicy 2 wynosi 16 m/min. Liczbę obrotów obliczamy ze wzoru:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 16}{3,14 \cdot 2} \approx 2550 \text{ obr/min}$$

A więc wiertło powinno się obrócić 2550 razy na minutę.

2. Mamy wywiercić otwór o tej samej średnicy (2 mm) w twardej stali. Szybkość skrawania stali według wspomnianej tablicy 2 wynosi 4 m/min. Obliczamy na podstawie tego samego wzoru:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 4}{3,14 \cdot 2} \approx 640 \text{ obr/min}$$

Posuw. W czasie wiercenia, jak już wspomnieliśmy, wiertło nie tylko się obraca dookoła swojej osi, ale również musi wykonywać posuw, czyli zagłębiać się w otwór. Posuwem nazywamy głębokość w milimetrach, na jaką wiertło zagłębia się w materiał podczas jednego obrotu. Posuwy są zwykle obliczane w zależności od ilości obrotów i jakości skrawanego materiału oraz zestawione w odpowiednie tablice. Sprawę posuwu małych wiertel zegarmistrzowskich pozostawia się jednak praktyce i wyczuciu. Rzecz jasna, że przy wierceniu twardych materiałów posuw musi być mniejszy aniżeli przy miękkich.

Chłodzenie i smarowanie

W celu zwiększenia wydajności wiercenia stosuje się chłodzenie wiertła, zwłaszcza przy wierceniu dużych i głębokich otworów. Środki chłodzące nie tylko wiertło chłodzą, ale i smarują; zmniejszając przez to tarcie. Przy wierceniu stali wytwarza się tak dużo ciepła, że bez smarowania wiertło łatwo się odpuszcza i tępi.

Używa się różnych środków chłodzących i smarujących, w zależności od materiału wierconego. Wymieniamy je w tablicy 3. Nie używamy nigdy czystej wody do chłodzenia, gdyż łatwo powoduje ona rdzewienie. Stosując chłodziwo, należy po wierceniu przedmiot wypłukać i wysuszyć, aby zabezpieczyć go przed ewentualną korozją.

Tablica 3

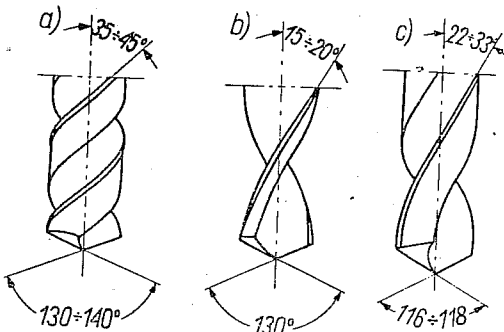
Środki chłodzące i smarujące przy wierceniu

Materiał	Środki chłodzące i smarujące
Stal twarda	Mydliny z olejem lnianym, olej terpentynowy albo spirytus lub emulsja oleju rzepakowego
Stal normalna	Emulsja oleju wiertniczego, mydliny lub emulsja oleju rzepakowego
Żeliwo	Zbędne (na sucho)
Mosiądz i brąz	Olej rzepakowy, olej wiertniczy, roztwór mydła lub lój
Miedź	Terpentyna
Aluminium	Nafta, terpentyna, woda mydlana lub olej
Tworzywa sztuczne	Zbędne (na sucho)

PRAKTYCZNE SPOSOBY WIERCENIA

Wiercenie w tworzywach sztucznych przeprowadza się wiertłem krętym, o kącie ostrza wynoszącym ok. 90° . Ażeby wiertło nie zadziierało materiału, a zwłaszcza przy końcu wiercenia, dociska się je bardzo lekko. Otwory o większej średnicy lepiej jest wiercić w dwóch etapach, przy czym należy często usuwać wióry.

W metalach miękkich, np. w aluminium, miedzi, wiercimy wiertłami o kącie wierzchołkowym ostrza wynoszącym $130\text{--}140^\circ$



Rys. 98. Rodzaje wiertel: a) do metali miękkich, b) do miedzi, brązu itp, c) do stali i żeliwa

(rys. 98 a). Wiertła te różnią się tym od zwykłych, że są jakby bardziej skręcone, tzn. że ich kąt pochylenia linii śrubowej rowka jest większy, bo wynosi $35\text{--}45^\circ$, a u zwykłych wiertel do stali kąt ten ma $22\text{--}33^\circ$.

Natomiast wiertła kręte do miedzi są jakby mniej skręcone, gdyż ich kąt pochylenia linii śrubowej rowka ma $15\text{--}20^\circ$ (rys. 98 b). Ich kąt wierzchołkowy ostrza wynosi ok. 130° .

Wiercenie w miękkiej stali lub w żeliwie nie sprawia większych trudności. Używa się do tego zwykłych wiertel krętych o kącie wierzchołkowym ostrza wynoszącym $116\text{--}118^\circ$ (rys. 98 c) i kącie linii śrubowej rowka $22\text{--}33^\circ$.

Natomiast w twardej stali wywiercić otwór jest bardzo trudno. Zasadniczo w stalowych zahartowanych przedmiotach nigdy wiercić się nie powinno — szkoda wiertła i czasu. Jeżeli jednak zachodzi potrzeba wywiercenia otworu w grubszym przedmiocie zahartowanym, np. w płytce dociskowej, to należy przedmiot całkowicie wyżarzyć, po ostygnięciu otwór wywiercić, a następnie zahartować przedmiot do takiej twardości, jaką miał na początku. Jeżeli nie można przedmiotu odpuścić, to wiercimy albo miedzianą rurką, posypując proszkiem ściernym przy jednoczesnym oliwieniu, albo specjalnym wiertłem z nakładką wykonaną z węglków spiekanych.

Niekiedy się zdarza podczas wiercenia w stali, że wiertło w pewnym momencie przestaje skrawać. Przyczyną tego może być twarde wtrącenie mineralne w stali lub nieco stępione wiertło, które wtedy ślizga się w otworze, polerując jego dno coraz bardziej. Powstała w ten sposób powierzchnia staje się tak twar-

da i gładka, że nawet wiertło z najtwardszej i najlepszej stali nie może jej wiercić. W końcu wiertło zaczyna się samo ścierać, a na dnie wierconego otworu robi się stożkowate wzniesienie.

Przy takich trudnościach można poradzić sobie w ten sposób, że kawałek okrągłej stali, o średnicy otworu, lekko zaokrąglą się od czoła, przystawia się do nowego pilnika o drobnym sieku i przez silne uderzenie w drugi koniec trzpienia uzyskuje się na zaokrąglonym czole trzpienia drobne i ostre nacięcia. Następnie trzpień ten hartuje się i odpuszcza do temperatury 200—250 °C. Powstaje wtedy na stali ledwie dostrzegalna jasnożółta barwa. Otrzymaliśmy więc w ten sposób bardzo twarde i ostre narzędzie, jakby frez, którym prawie zawsze udaje się usunąć z otworu powstały stożek, jak i wypolerowane dno, po czym już każdym ostrym wiertłem można pracę poprowadzić do końca.

Wiercenie otworów w szkłe jest możliwe, jeżeli stosuje się twar- do zahartowane wiertło o zwykłym kształcie (niektórzy zalecają kąt wierzchołkowy ostrza 90°), smarując je terpentyną lub oliwą. Jednakże szybkość obrotów musi być znacznie mniejsza aniżeli przy wierceniu stali. Wiertło należy dociskać z wyczuciem, bo przy zbyt silnym docisku szkło łatwo pęka. W chwili, gdy czubek wiertła przechodzi na drugą stronę płytki, jest największe niebezpieczeństwo jej pęknięcia lub odpryśnięcia krawędzi otworu. Należy więc wiertło ponownie zaostrzyć i wiercić z drugiej strony.

Szlifowanie ostrych krawędzi otworu odbywa się w ten sposób, że zaostrza się okrągły kawałek ołowiu, mocuje się w tokarce i jakby rozwierca się otwór z dwu stron, dodając po trochu proszku szmerglowego zmieszanego z wodą.

Zegarmistrze częściej wykonują otwory w szkłe za pomocą szlifowania. Robią w tym celu z trójkątneho pilnika jakby wiertło, szlifując jego koniec na ostro. Wiertło to smaruje się obficie papką z drobnego proszku szmerglowego, zmieszanego z kamforą i terpentyną (jedna część kamfory z dziesięcioma częściami terpentyny). Ta mieszanina służy także do docierania szklanych korków.

Większe otwory w szkłe wykonuje się rurką (miedzianą, mosiężną lub żelazną), używając przy tym wspomnianej papki z proszku szmerglowego i z terpentyny. Czoło takiej rurki o średnicy żądanego otworu wyrównuje się na tokarce i robi się na nim poprzeczne rowki. Tak przygotowaną rurką wycina się najpierw kawałek tektury, a uzyskany krążek nakleja się na miejsce, gdzie ma być otwór. Następnie wyszlifowuje się tą rurką okrągły rowek naokoło krążka, dodając przygotowanej papki szlifierskiej. Gdy większa część grubości szkła jest wyszlifowana, należy szkło odwrócić i zacząć z drugiej strony. Rozpoczęcie szlifowania bardzo ułatwi rysa wykonana diamentem naokoło tekturowego krążka.

Rolę tekturowego krążka spełnia też pierścień z kitu szklar-
skiego, o otworze równym średnicy wiertła, przyklejony w miej-
scu „wiercenia”. Pierścień ten zapobiega rozplywaniu się papki
szlifierskiej.

Otwór w tarczy emaliowanej można wywiercić wiertłem piór-
kowym lub ułamaną igłą do szycia, zaostrzoną z trzech lub czte-
rech stron. Wiercić najlepiej w tokarce, zwilżając terpentyną.
Tarcza powinna leżeć na podkładce z korka. Otwór szybko się
wywierci, jeżeli igła była centrycznie zaostrzona.

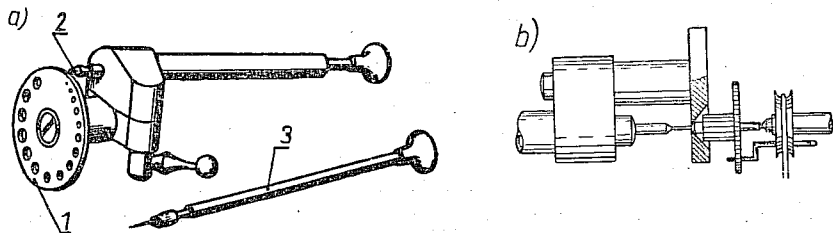
Wiercenie otworów w cienkich blachach jest trudne, gdyż
wiertło łatwo wpada w niedowiercony otwór, kleszczy się, a na-
wet łamie. W cienkich blachach i taśmach stalowych, hartowa-
nych i odpuszczonych, najlepiej jest otwory przebijać lub wyci-
nać, jak to się zwykle praktykuje w sprężynach napędowych.
W tych przypadkach, gdy odpuszczanie jest niepożądane, stosują
zegarmistrze jeszcze inny sposób. Mianowicie, twardym punkta-
kiem robią nieco większe zagłębienie, tak aby na odwrotnej stronie
powstało wzniesienie. Należy to robić nie na twardym kowadle,
lecz na płycie miedzianej lub innej o podobnej twardości. Nastę-
pnie wzniesienie to zeszlifowuje się do tego stopnia, aby ukazał
się otwór. W końcu otwór się rozwierca twardym rozwiertakiem.

Jeżeli blacha nie jest zbyt twarda, to możemy w niej wiercić,
ale wkładamy ją między dwie grubsze blachy, mocujemy razem
w imadle i razem przewiercamy bez większego niebezpieczeństwa
złamania wiertła.

Wiercenie małych otworów — np. w osiach w celu wstawienia
czopa — należy do trudniejszych prac zegarmistrza. Wiercenie
otworów w czołach osi i wałków przeprowadza się dwoma spo-
sobami, a mianowicie:

- 1) wiertło się obraca, a przedmiot jest nieruchomy,
- 2) przedmiot się obraca, a wiertło jest nieruchome.

Jeśli mamy wiercić otwór w większym wałku, a wiertarka do
czopów jest za mała, stosujemy latarkę centrowniczą,
czyli obracalną w stosunku do wrzeczona tarczę mimośrodową,
mającą liczne otwory stożkowe przy obwodzie. Urządzenie to wi-
dzimy na rys. 99 a.



Rys. 99. Latarka centrownicza: a) widok ogólny, b) zasada centrowania

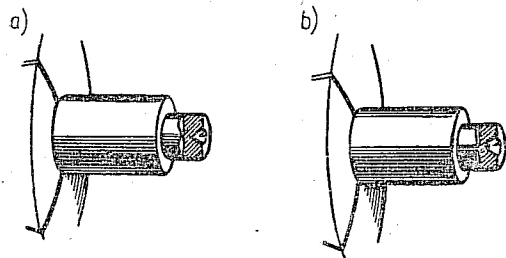
Jeżeli na przykład mamy wiercić otwór na wkręt w wałku sprężyny, to przed opiłowaniem tego końca na kwadrat mocujemy go w uchwycie zaciskowym tokarki i, założywszy latarkę centrowniczą do konika, dobieramy w tarczce dośrodkowej 1 otwór stożkowy takiej wielkości, by koniec wałka opierał się na ukośnych ściankach tego otworu i by wiertło w nim się mieściło.

Zasada centrowania w latarce centrowniczej polega na tym, że obwód wierzonego wałka srodkuje się samoczynnie w stożkowym otworze tarczki (rys. 99 b), a część cylindryczna otworu służy za tulejkę wprowadzającą wiertło zgodnie z osią wierzonego wałka. Na rys. 99 b przedstawiony jest sposób mocowania i wiercenia otworu na czop zębika.

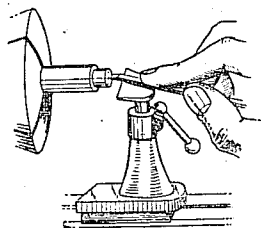
Przed wierceniem należy wybrany otwór nastawić w ten sposób, by trzpień srodkujący 2 (rys. 99 a) wchodził w jego srodek, a po wyjęciu go i dosunięciu konika z latarką centrowniczą do wierzonego wałka, żeby wiertło osadzone w trzpieniu wiertniczym 3, włożone na miejsce trzpienia srodkującego 2, trafiło dokładnie na oś wałka sprężyny. Po ustaleniu konika uruchomiamy wrzeciono, dociskając lekko trzpień wiertniczy 3 z wiertłem.

Czoło wałka obracające się w stożkowym otworze należy smarować, a wiertło stopniowo obracać, gdyż sprzyja to utrzymaniu wierzonego otworu w osi przedmiotu. W czasie wiercenia należy wiertło od czasu do czasu wyjmować, w celu usunięcia wiórów i sprawdzenia jego ostrości oraz dodania smaru.

Rys. 101. Zagłębienia: a) właściwe, b) niewłaściwe



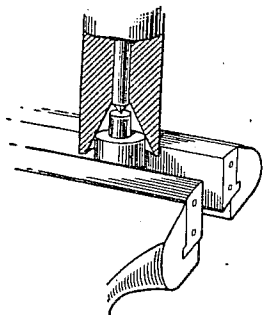
Jeżeli przy jakiejś tokarce nie ma latarki centrowniczej, to można do wiercenia zamocować wałek w uchwycie zaciskowym i wiercić wiertłem zamocowanym w imaku ręcznym. W miejscu wiercenia trzeba w pierw naznaczyć nożem tokarskim małe zagłębienie (rys. 100). W czasie znaczenia należy uważać, by zagłębienie miało kształt stożka wewnętrznego ostrego (rys. 101 a), a nie ściętego, lub, co gorsza, stożka z występem na dnie (rys. 101 b). Jeżeli czoło wałka jest równe, a wałek dokładnie okrągły, to lepiej jest znaczyć srodkownikiem (rys. 102). Nie ma przy tym obawy wykonania nieodpowiedniego zagłębienia.



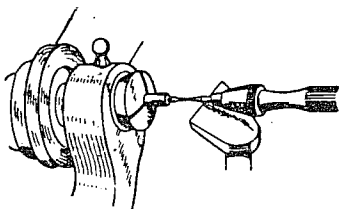
Rys. 100. Znaczenie miejsca wiercenia

Teraz dopiero trzymany w ręku imak z zamocowanym wiertłem opieramy na podstawie tokarki (rys. 103), powoli obracamy wrzecionem, lekko dociskając wiertło, i wiercimy do potrzebnej, niezbyt dużej głębokości. Jest to jednak sposób dość ryzykowny i nadaje się tylko do bardzo płytkich wierceń. Oczywiście, stosujemy go tylko wtedy, gdy nie mamy koników wiertniczych (3—121).

Wiercenie otworów w wałkach prostopadle do ich osi jest trudne wtedy, gdy nie mamy tarczy wiertniczej z pryzmą, wkładanej do konika (rys. 94 b). Jeżeli ją posiadamy, wystarczy wycentrować wiertło do dna rowka w pryzmie, a po ustawieniu wierconego przedmiotu, wiercenie zwykle się udaje, tzn. że otwór przechodzi przez oś wałka. Jednak i w tym przypadku należy miejsce na otwór naznaczyć (napunktować). Dobrze też jest przed rozpoczęciem punktowania i wiercenia wykonać na wałku lekkie spłaszczenie (jednak nie większe od wierconego otworu), dzięki czemu wiertło nie będzie miało tendencji do schodzenia z osi w początkowej fazie wiercenia.



Rys. 102. Znaczenie środkownikami



Rys. 103. Wiercenie wiertłem zamocowanym w imaku ręcznym

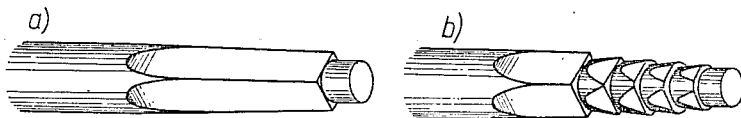
Wiercenie otworów w wałkach prostopadle do ich osi jest trudne wtedy, gdy nie mamy tarczy wiertniczej z pryzmą, wkładanej do konika (rys. 94 b). Jeżeli ją posiadamy, wystarczy wycentrować wiertło do dna rowka w pryzmie, a po ustawieniu wierconego przedmiotu, wiercenie zwykle się udaje, tzn. że otwór przechodzi przez oś wałka. Jednak i w tym przypadku należy miejsce na otwór naznaczyć (napunktować). Dobrze też jest przed rozpoczęciem punktowania i wiercenia wykonać na wałku lekkie spłaszczenie (jednak nie większe od wierconego otworu), dzięki czemu wiertło nie będzie miało tendencji do schodzenia z osi w początkowej fazie wiercenia.

Wykonywanie otworów kwadratowych (wielobocznych) przeprowadza się w ten sposób, że wierci się otwór okrągły o takiej średnicy, jaka ma być bok kwadratu. Otwór ten przebija się później przebijakiem przedstawionym na rys. 104 a.

A oto inny sposób, częściej stosowany, ale mniej dokładny: wiercimy otwór o średnicy trochę mniejszej niż przekątna przyszłego kwadratu. Następnie wkładamy w ten otwór przebijak podobny do pokazanego na rys. 104 a i uderzeniami młotka po boku przedmiotu z włożonym przebijakiem uzyskujemy otwór prawie czteroboczny. W ten sposób można wykonywać otwory, jeżeli przedmiot podlega późniejszej obróbce z zewnątrz, która usunie ślady uderzeń. Po przebicciu trzeba zrównać pilnikiem zadziory przy otworze. Tym sposobem wykonuje się otwory kwadratowe wtedy, gdy są one niegłębokie.

Do otworów głębszych stosuje się przeciągacze, z których jeden przedstawiony jest na rys. 104 b. W tym przypadku wiercony otwór jest znacznie mniejszy aniżeli późniejszy otwór

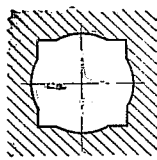
kwadratowy, który powiększa i kształtuje na kwadrat wspomniany przeciągacz. Dobrze wykonany przeciągacz pozwala na uzyskanie otworów bardzo dokładnych i gładkich.



Rys. 104. Narzędzia do wykonywania otworów kwadratowych: a) przebijak, b) przeciągacz

W takich przypadkach, gdy otwór nie musi być całkowicie kwadratowy, poleca się stosować otwory o przekroju uwidocznionym na rys. 105. Wiercimy wtedy otwór większy niż bok kwadratu, lecz mniejszy od jego przekątnej, a następnie przebijamy podobnie, jak opisaliśmy wyżej.

Są również odpowiednie narzędzia i przyrządy, którymi można wiercić otwory kwadratowe lub sześciokątne. Interesujących się bliżej tymi przyrządami nie stosowanymi w pracy zegarmistrzowskiej, odsyłamy do miesięcznika „Mechanik” z roku 1951, w którym na str. 521—523, znajdują się szczegółowe wyjaśnienia.



Rys. 105. Otwór dla czopa kwadratowego

Usuwanie ułamanych wiertel

W literaturze zegarmistrzowskiej spotykamy różne sposoby usuwania urwanych wiertel (wkrętów, gwintowników). Jedni autorzy radzą wytrawianie nasyconym roztworem alunu, drudzy kwasem siarkowym, jeszcze inni polecają wyciąganie woskiem lub poklepywanie, gdy wiertło urwało się w wałku stalowym. Oczywiście, wytrawianie dotyczy tylko ułamków pozostałych w przedmiocie niestalowym, a gdyby w przedmiocie tym były jeszcze jakieś inne części stalowe, np. wkręty, należy je usunąć.

W praktyce okazuje się, że jeśli po usunięciu wiórów z wierconego otworu za pomocą cienkiego rysika, ułomek nie da się „wystukać” lub wyciągnąć magnesem, to inne wymienione tu sposoby też niewiele pomogą.

Alun (siarczan potasowo-glinowy) jest solą, a nie kwasem, więc jego roztwór nie trawi stali, natomiast do trawienia stali można używać kwasu siarkowego. Najlepszy jest 5—15-procentowy roztwór wodny tego kwasu, podgrzany do temperatury 40—80 °C. Roztwór ten działa jednak powoli. Prócz tego, do tak małych otworów, jakie zwykle wiercimy, nie dopuszcza go powietrze. Nadaje się więc on zasadniczo tylko do trawienia w dużych otworach, zwłaszcza przelotowych.

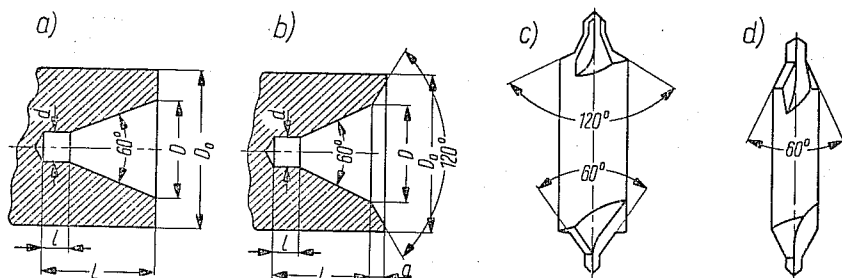
Gdy chodzi o poklepywanie, to jeśli lekkie postukanie po wałku nie przyniesie skutku, silniejsze klepanie uszkodzi wałek; taki więc sposób też nie zawsze można stosować.

Najlepszym obecnie znanym sposobem usuwania ułamków wiertła — to drażnienie elektroerozyjne, omówione dalej w tej książce.

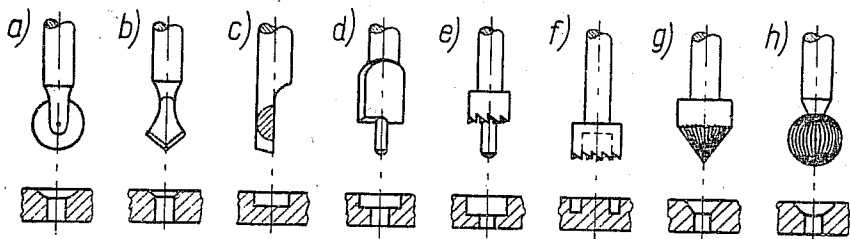
NAWIERCANIE, POGŁĘBIANIE I OWIERCANIE

Nawiercanie stosuje się przy robieniu tzw. **nakielków**, które służą do mocowania części obrabianej między kłami tokarki, a także do zapoczątkowania większych otworów wykonywanych na tokarce.

Nakielki bywają dwu rodzajów: zwykłe (rys. 106 a) i chronione (rys. 106 b). Wymiary są znormalizowane. Narzędzie stosowane do wykonania nakielków nazywa się **nawiertakiem** (rys. 106 c, d). Wymiary nawiertaków są też znormalizowane.



Rys. 106. Nakielki: a) zwykły, b) chroniony, c, d) nawiertaki do nakielków



Rys. 107. Pogłębiacze: a) krawkowy, b) stożkowy, c) płaski o przekroju półokrągłym, d) płaski czopowy, e) czołowy z czopem, f) frezowy, g) „dentystryczny” stożkowy, h) „dentystryczny” kulisty

Pogłębianie jest operacją wykonywaną za pomocą **pogłębiaczy** w celu utworzenia wgłębień na pomieszczenie łbów wkrętów, śrub itp.

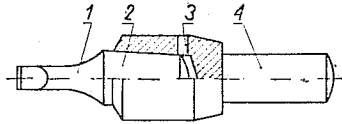
Do pogłębiania zegarmistrz używa różnych pogłębiaczy, uwidocznionych na rys. 107. Rysunki dolne przedstawiają kształty pogłępień wykonanych poszczególnymi pogłębiaczami.

Pogłębiacz krążkowy (rys. 107 a) przykłada się do krawędzi wywierconego otworu i obraca się nim palcami kilka razy, lekko dociskając, wskutek czego powstaje kuliste zagłębienie z gładką i jakby polerowaną powierzchnią. Zagłębienie nie uzyska gładkości ani połysku, jeśli krawędzie krążka nie są dosyć ostre.

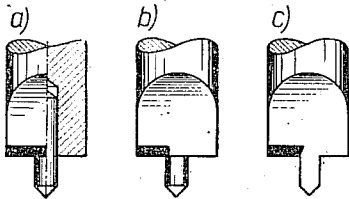
Chcąc taki krążek nastrzyżć, szlifuje się jego boki proszkiem szmerglowym na płycie szklanej i poleruje diamentyną. Pogłębiacze krążkowe trzeba chronić przed wilgocią i rdzewieniem a ich krążki zabezpieczać futerałami przed stykaniem się z innymi narzędziami.

Zagłębienie smarowe wykonuje się pewniej i bezpieczniej, jeżeli pogłębiacz krążkowy zamocujemy w trzpieniu prowadzonym w nabijarce.

Pogłębiacze płaskie można także stosować i w tokarce. Są one praktyczne i oszczędzają wiele czasu, przede wszystkim dlatego, że nie potrzeba już mierzyć średnicy otworu lub zagłębienia, a jedynie kontrolować głębokość pogłębiania. Pogłębiacze te osadzone są na stożek w uchwycie (rys. 108) mocowanym w koniku tokarki, a pogłębiany przedmiot mocuje się we wrzecionie lub na tarczy kleszczowej.



Rys. 108. Pogłębiacz płaski w uchwycie

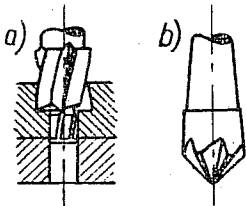


Rys. 109. Pogłębiacze: a) płaski z czopem wkładanym, b) płaski z czopem wypilowanym, c) narzędzie złożone z wypilowanym czopem w kształcie wiertła

Niekiedy jednak przedmiot jest nieruchomy, a obraca się pogłębiacz. Uchwyt 4 (rys. 108) służy do mocowania pogłębiacza 1, który stożkową częścią 2 osadzony jest w uchwycie. Boczny otwór 3 ułatwia wyjęcie pogłębiacza.

Pogłębiacze płaskie czopowe (rys. 107 d) służą do wykonywania zagłębień na łby wkrętów. Należy przedtem wywiercić wiertłem otwór na czop prowadzący, a potem dopiero dowiercić pogłębiaczem odpowiednią średnicę.

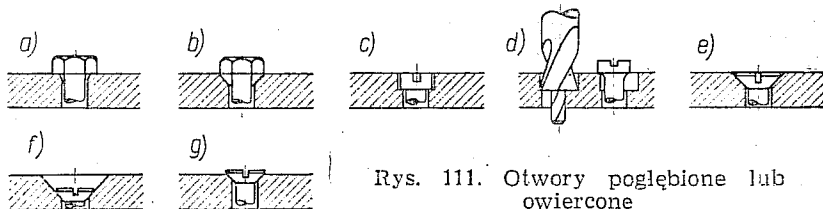
Klasyczny kształt pogłębiaczy czopowych — to cztery ostrza na czole trzpienia ułożone do siebie pod kątem prostym. Na ich skrzyżowaniu znajduje się otwór, w który wkłada się czop o potrzebnej średnicy. Niestety, taki pogłębiacz jest dosyć trudno wykonać, dlatego częściej spotyka się pogłębiacze z dwoma ostrzami i wstawianym czopem (rys. 109 a), albo też z czopem wypilowanym (rys. 109 b). Jeszcze łatwiejsze do wykonania jest narzędzie kombinowane, będące właściwie połączeniem wiertła piórkowego z pogłębiaczem (rys. 109 c). Ma ono również tę zaletę, że niekonieczny jest otwór prowadzący, lecz tylko zwykle napunktowanie jak do wiertła, ponieważ jednocześnie wierci się nim otwór prowadzący i właściwe zagłębienie.



Rys. 110. Pogłębiacze maszynowe: a) z czopem prowadzącym, b) stożkowym

W przemyśle używa się różnych pogłębiaczy z czopami prowadzącymi (pilotami, rys. 110 a), które zapewniają centryczne pogłębianie, jak i pogłębiaczy stożkowych do pogłębiania, np. otworów na wkręty o łbach stożkowych (rys. 110 b). W pracowniach zegarmistrzowskich nie mają one zastosowania.

Owiercanie. Te same narzędzia jak do pogłębiania, są też używane do owiercania, tj. do usuwania zadziorów i do przytępienia lub fazowania krawędzi otworów. Małe owiercanie krawędzi otworów przeprowadza zegarmistrz ręcznie. Przykłady właściwego pogłębiania lub owiercania oraz różne błędy popełnione przy pogłębianiu lub owiercaniu obrazują rys. 111.



Rys. 111. Otwory pogłębione lub owiercone

Na rys. 111 a przedstawiono otwór owiercony właściwie; na rys. 111 c i 111 e przedstawiono otwory pogłębione właściwie. Natomiast na rys. 111 b — otwór owiercony przesadnie, rys. 111 d — otwór pogłębiony niecentrycznie (wskutek czego łeb wkrętu wcale się nie zagłębił, a trzyma tylko bokiem); na rys. 111 f — pogłębienie za duże, a na rys. 111 g — owiercanie.

Wywiercony otwór powinien być przed gwintowaniem go owiercony również i z tego względu, żeby później początek nitki gwintu nie podnosił się i nie tworzył niebezpiecznego zadzioru.

ROZWIERCANIE I WYGŁADZANIE OTWORÓW

Otwory wykonane wiertłami mają szorstką powierzchnię, częstokroć nie mają dokładnych wymiarów, nie są ani okrągłe ani prostoliniowe. W celu usunięcia tych usterek należy je rozwiertać *r o z w i e r t a k a m i*.

W pracowniach zegarmistrzowskich używa się zwykle rozwiertaków o przekroju przedstawiającym pięciokąt foremny, którego wierzchołki rozwartokątne tworzą ostrza (3—152). Rzecz jasna, że kąt skrawania ostrza jest ujemny. Rozwiertaki te są lekko zbieżne, zwykle 1 : 70, tzn. że rozwiertak długości np. 70 mm w czołowym końcu jest o milimetr cieńszy, wskutek czego rozwiertane otwory są lekko stożkowe.

Przed rozwiertaniem poleca się pociągnąć rozwiertak wzdłuż jego ostrzy kawałkiem miękkiego metalu lub grubą irchą, w celu usunięcia wszelkich resztek i opiłków, które przy rozwiertaniu mogą kaleczyć otwór. Nie należy używać większych rozwiertaków bez trzonek, mniejsze zaś lepiej mocować w imaku.

Najczęstszym, chociaż najprymitywniejszym sposobem sprawdzania, czy rozwiertak ustawiony jest pod kątem prostym do roz-

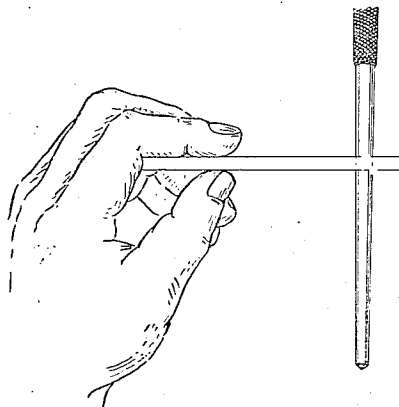
wiercanej płaszczyzny, jest sprawdzanie na oko: wprost i z boku. Sposób ten widzimy na rys. 112.

Jest jeszcze inny sposób prostopadłego trzymania rozwiertaka w czasie rozwiercania: należy obtoczyć na tokarce większy korek, przez zagłębienia powstałe od kłów tokarki przebić rozwiertak i następnie sprawdzić przez obracanie, czy czoło korka zawsze całą powierzchnią przylega do płaszczyzny, w której znajduje się rozwiercany otwór; jeżeli tak, rozwiertak ustawiony jest pionowo.

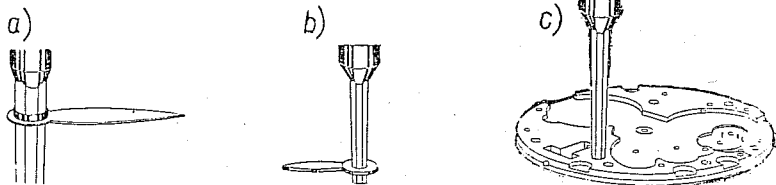
Rozwiertak zamocowany w uchwycie nabijarki owierca i rozwierca otwory dokładnie pionowo. Szczegóły tych zabiegów widzimy na rys. 113.

Rozwiercanie wskazówki bez posługiwania się uchwytem prowadzi zwykle do urwania jej piasty. Pożądane jest stosowanie specjalnego rodzaju kleszczy zaciskających piastę od strony płaskiej (cz. 3 rys. 678, str. 301).

Do rozwiercania gładkiego posługujemy się rozwiertakami o jednym, dwóch lub trzech bokach (rys. 114 a, b, c). Zbierają one, co prawda, mniej materiału, ale po nich otwory są jakby opolerowane.



Rys. 112. Sprawdzanie pionowości rozwiertaka



Rys. 113. Rozwiercanie wskazówek: a) godzinowej, b) minutowej, c) otworu w płycie na kolki ustalające

Rozwiertak według rys. 114 b szczególnie się nadaje do otworów poniżej 0,3 mm. Wykonanie go, nawet precyzyjne, jest łatwe. Wystarczy doszlifować go na obwodzie niezbyt dużej ściernicy, aby uzyskać żądaną wklęsłość.

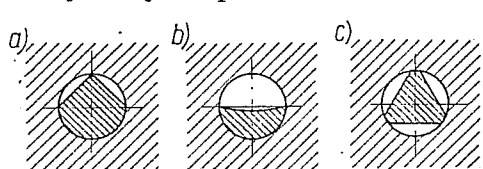
Rozwiertak tego typu, tylko walcowy, służy do ścisłego kalibrowania długich otworów, np. w osi minutowej. Ma on tzw.

na krójkę, tj. stożkową część wprowadzającą, która zbiera nadmiar materiału. Część walcowa (gładziak) służy do ostatecznego wygładzenia i prowadzenia.

Przy rozwiercaniu wytwarza się mniej ciepła niż przy wierceniu, gdyż rozwiercaniem usuwa się bardzo mało materiału. Dlatego stosuje się tu raczej środki smarujące, a nie chłodzące i tylko do twardych materiałów (stal) oraz przy rozwiercaniu dużych otworów.

Rozwiercając na tokarce, należy obracać wrzeciono ręcznie i stosować bardzo mały posuw.

Otwory łożyskowe w płytach zegarowych rozwierca się tylko na tyle, by czop wchodził w otwór ciasno-obrotowo. Następnie

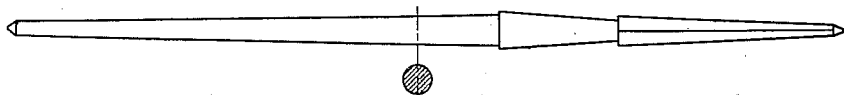


Rys. 114. Przekrój rozwiertaków do gładkiego rozwiercania: a) o dwóch bokach, b) o jednym boku, c) o trzech bokach

stosuje się gładziaki (3—153). Jak przy każdej naprawie i czyszczeniu zegarka powinno się polerować czopy, tak samo można polerować metalowe łożyska za pomocą gładziaków. Są one właściwie okrągłymi polerownikami wykonanymi ze stali sto-

powej chromowo-wanadowej, które wygładzają oraz ugniatają powierzchnię otworu. Rezultatem tego zabiegu jest dostateczny luz czopa w łożysku i znaczne zmniejszenie tarcia.

Działająca część gładziaka, gładko opolerowana, przedstawia w przekroju koło (rys. 115). Powierzchnia w czasie gładzenia nie



Rys. 115. Gładziak zegarmistrzowski

powinna być sucha, ale smarowana olejem lub wodą mydlaną oraz często wycierana, ażeby resztki opiłków nie kaleczyły powierzchni otworu.

5. TOCZENIE

UWAGI OGÓLNE

Odmiany toczenia

Toczeniem nazywamy nadawanie kształtu obracającym się przedmiotom przez obróbkę skrawaniem za pomocą narzędzia zwanego nożem. Geometrię ostrza noża tokarskiego, czyli jego

kąty, powierzchnie i krawędzie, oraz inne wiadomości podstawowe podaliśmy już na początku rozdziału o obróbce skrawaniem (rys. 24).

Podczas toczenia na tokarce przedmiot obrabiany wykonuje ruch roboczy główny (obrotowy), a nóż — ruch roboczy posuwowy. Rozróżniamy dwa rodzaje ruchów roboczych noża: *wzdłużny* i *poprzeczny*. Odpowiednio do tego mamy:

— *toczenie wzdłużne*, podczas którego nóż przesuwają się równoległe do osi toczzonego przedmiotu;

— *toczenie poprzeczne*, podczas którego nóż przesuwają się prostopadle do osi przedmiotu.

W obydwu wspomnianych przypadkach ruch posuwowy noża jest ruchem prostoliniowym. Natomiast gdy nóż posuwają się ruchem krzywoliniowym, zwykle za pomocą krzywki, takie toczenie nazywamy *kształtowym*. Ta odmiana toczenia ma również czasami zastosowanie w warsztacie zegarmistrzowskim, ale bez pomocy krzywki.

Toczenie poprzeczne stosuje się przy toczeniu tarcz i krążków oraz wytoczeń i zagłębień, a także przy odcinaniu gotowej części od pręta; daje ono powierzchnię płaską.

Toczenie wzdłużne jest najczęściej stosowaną odmianą toczenia i daje w wyniku powierzchnię walcową. Gdy zaś nóż przesuwają się skośnie do osi toczzonego przedmiotu, wtedy powstaje powierzchnia stożkowa.

Toczenie wzdłużne może być *zewnątrzne* — toczenie wałków (obtaczanie) — lub *wewnętrzne* — toczenie otworów (roztaczanie).

Możemy jeszcze odróżnić ściśle zegarmistrzowskie odmiany toczenia, np. pod względem uchwycenia noża:

1) *toczenie suportowe*, gdy nóż umocowany jest w imaku suportu,

2) *toczenie ręczne*, gdy nóż trzymamy w ręku.

Pod względem sposobu nadawania ruchu obrotowego toczonemu przedmiotowi rozróżniamy:

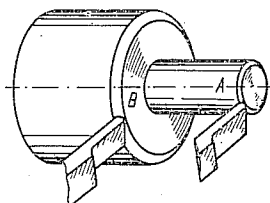
1) *toczenie z wrzecionem ruchomym*, gdy ruch obrotowy nadawany jest przedmiotowi przez wrzeciono za pomocą uchwytu lub zabieraka,

2) *toczenie z wrzecionem nieruchomym*, gdy ruch nadawany jest przedmiotowi za pośrednictwem krążka zabiernego (rolki) z palcem zabiernym.

Dalej omówimy szczegółowo sposoby umocowania noża oraz toczzonego przedmiotu przy wspomnianych odmianach toczenia, a następnie podamy sposoby samego toczenia.

Szybkość skrawania przy toczeniu

Szybkość skrawania przy toczeniu zależy od średnicy obrabianego wałka. Wyjaśnia to rys. 116. Punkt *B* znajdujący się na powierzchni obracającego się walca o większej średnicy ma większą szybkość obwodową aniżeli punkt *A* leżący na powierzchni walca o mniejszej średnicy, chociaż wykonują one taką samą ilość obrotów na jednostkę czasu. Jeżeli więc powierzchnię walcową, na której leży punkt *A*, chcemy toczyć przy tej samej szybkości skrawania, co powierzchnię, na której leży punkt *B*, to musimy zwiększyć liczbę obrotów wrzeczona tokarki.



Rys. 116. Szybkość skrawania zależy od średnicy przedmiotu

Najważniejszym jednak zagadnieniem jest ustalenie optymalnej szybkości skrawania, aby przy niej narzędzie zachowało swą ostrość przez pewien czas nieprzerwanej pracy. Zagadnienie to można rozwiązać doświadczalnie, przy czym dochodzi się do wniosku, że wobec żądanego czasu trwałości ostrza optymalna szybkość zależy od wielu różnorodnych czynników, m. in. od:

- rodzaju materiału, z którego wykonane zostało ostrze narzędzia,
- kształtu (geometrycznej budowy) ostrza noża,
- wielkości i kształtu przekroju wióra (stosunek głębokości do posuwu),
- warunków chłodzenia.

Największy wpływ mają trzy pierwsze czynniki. Pozostałe zaś w pracach zegarmistrzowskich można pominąć. Ponieważ toczymy zwykle nożem ze stali narzędziowej, dlatego możemy stosować średnie szybkości skrawania, podane w tablicy 2, odpowiednio dla rodzaju obrabianego metalu.

Nie ma potrzeby do skrawania tych metali stosować noży z węglików spiekanych, które by pozwoliły zwiększyć wielokrotnie szybkość skrawania, gdyż wielkości te są dla zegarmistrza i tak na ogół za duże. Przy małych średnicach toczonych przedmiotów i zwykłych napędach tokarki zegarmistrz nie może osiągnąć takich szybkości. A gdyby nawet mógł je znacznie przekroczyć za pomocą dodatkowej przekładni, to nie powinien tego czynić ze względu na wytrzymałość tokarki.

Nie znaczy to jednak, że noży z węglików spiekanych nigdy nie powinniśmy używać. Owszem, są one i powinny być stosowane ale nie ze względu na zwiększenie szybkości skrawania, lecz do obróbki bardzo twardych materiałów, jak stal hartowana, szkło, których innym nożem nie da się skrawać.

Dla ułatwienia podajemy w tablicy 4 ilości obrotów na minutę wrzeczona tokarki przy toczeniu nożem ze stali narzędziowej, w zależności od średnicy toczzonego przedmiotu, potrzebnych do uzyskania szybkości skrawania wymaganej dla danego metalu. Z tablicy tej widzimy, że w miarę zmniejszania się średnicy toczzonego przedmiotu, zwiększa się proporcjonalnie ilość obrotów.

Tablica 4

Ilości obrotów wrzeczona przy toczeniu nożem ze stali narzędziowej

Materiał	Stal twarda	Stal miękka	Mosiądz twardy	Mosiądz miękki i miedź	Metale lekkie
Przeciętna szybkość skrawania m/min	4	8	16	32	64
Średnica przedmiotu mm	obroty na minutę				
5	255	510	1020	2040	4080
4	320	640	1280	2560	5120
3	425	850	1700	3400	6800
2	640	1280	2560	5120	10240
1	1280	2560	5120	10240	
0,5	2550	5100	10200		
0,4	3200	6400			
0,3	4250	8500			
0,2	6400	12800			
0,1	12800				

Przytoczona tablica ilości obrotów jest obliczona dla toczenia zgrubnego bez chłodzenia materiału. Gdy przeprowadzamy toczenie wykończające, liczba obrotów powinna być zwiększona o około 50%.

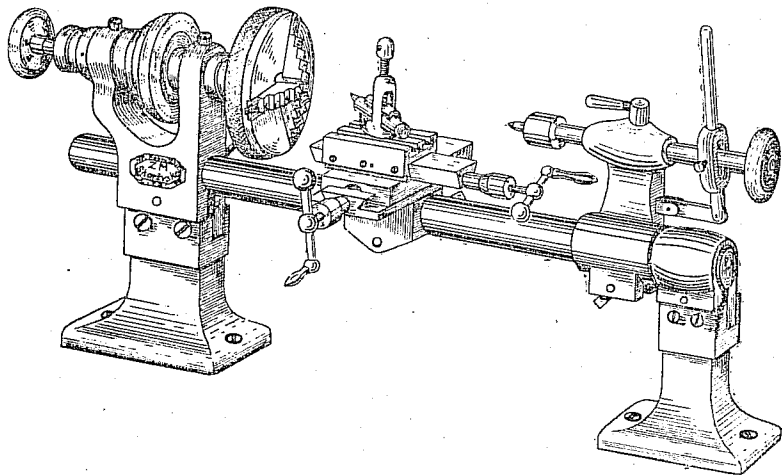
Gdy tokarkę napędza zwykły silnik elektryczny, wykonujący 1450 obr/min bez dodatkowej przekładni, wówczas wrzeczono może wykonywać ok. 900, 1450 lub 2000 obrotów. Do toczenia grubszych wałków stalowych o średnicy 5—2 mm obroty te będą za szybkie. Dlatego pożądane jest zastosowanie wyłącznika z opornikiem, wskutek czego można uzyskać zwalnianie obrotów wrzeczona. Ten sposób napędu jest bardzo korzystny.

Natomiast przy toczeniu cienkich wałków, zwłaszcza czopów o średnicy 0,4—0,1 mm oraz metali lekkich, obroty te będą za wolne. Konieczne więc jest użycie dodatkowej przekładni przyspieszającej, czyli tzw. przystawki tokarskiej, która pozwala zwiększyć liczbę obrotów wrzeczona.

Widzimy więc, że napęd elektryczny tokarki daje możliwości uzyskania odpowiednich szybkości skrawania. Gorzej jednak przedstawia się ta sprawa przy nożnym lub ręcznym napędzie tokarki. Na przykład korbą można wykonać najwyżej 100 obrotów na minutę. Jeżeli więc średnica koła napędowego będzie mieć 200 mm, a średnica najmniejszego krążka na wrzecionie 20 mm, to na jeden obrót korby wrzeczono obróci się 10 razy, czyli na minutę 1000 razy. Jak widzimy z tablicy 4, ta liczba obrotów jest o wiele za mała do toczenia przedmiotów stalowych cieńszych od 1 mm, aby uzyskać pożądaną szybkość skrawania.

Polska tokarka zegarmistrzowska

O tokarce zegarmistrzowskiej i sposobie jej użycia pisaliśmy już w części 3 „Zegarmistrzostwa” na str. 94—146. Ponieważ obecnie produkuje się także w Polsce tokarki zegarmistrzowskie (wzorowane na szwajcarskich), nie ustępujące jakością zagranicznym, a od nich znacznie tańsze¹⁾, mówiąc o toczeniu wypada choć pokrótce o nich wspomnieć.



Rys. 117. Polska tokarka zegarmistrzowska

Tokarki zegarmistrzowskie typu TZ-40 (rys. 117) produkują Zakłady Metalowe w Skarżysku-Kamiennej. Tokarka tego typu przeznaczona jest dla warsztatów zegarmistrzowskich i precyzyjno-mechanicznych. Bogate wyposażenie tokarki, normalne i spe-

¹⁾ Jesienią 1959 r. tokarka zegarmistrzowska, produkowana w Skarżysku-Kamiennej, z normalnym wyposażeniem kosztowała 10 820 zł, a z wyposażeniem specjalnym — 16 380 zł. Natomiast tokarka sprowadzona z Niemiec kosztowała 20 450 zł (według „Rzemieślnika” z 13.8.59).

cialne, pozwala wykonywać na niej toczenie nożem umocowanym w suporcie, toczenie nożem trzymanym w ręce, wiercenie otworów w walkach i płytach, cięcie piłką, piłowanie graniastosłupów foremnych, szlifowanie i polerowanie.

Tokarka składa się z szeregu zespołów i części, które można montować w różnych układach. Ma to na celu umożliwienie zastosowania tokarki do różnych robót, często występujących w warsztacie zegarmistrzowskim. Można na niej toczyć nawet najmniejsze części zegarowe.

Oto niektóre charakterystyczne dane tej tokarki:	
Wznios kłów nad łożem (prowadnicą)	40 mm
Długość łoża	350 "
Największa średnica toczenia nad łożem	75 "
Największa średnica toczenia nad suportem	45 "
Największy rozstaw kłów	200 "
Średnica otworu we wrzecionie	8 "
Prędkości wrzeciona 900, 1450, 2000 obr/min	
Ciężar całej tokarki	10 kg
Silnik napędowy elektryczny jednofazowy 220 V, 0,2 kW	
Prędkość silnika	1450 obr/min
Średnica paska	6 mm

NOŻE TOKARSKIE

Materiały na noże

O doborze materiałów na narzędzia skrawające już pisaliśmy. Sprawność zegarmistrzowskiego noża tokarskiego przy toczeniu materiałów niezbyt twardych zależy więcej od kształtu i ostrości jego krawędzi tnącej aniżeli od materiału, z którego jest wykonany. Odpowiednio ukształtowany i ostry nóż ze zwykłej stali narzędziowej, węglowej lub stopowej, lepiej skrawa aniżeli nóż ze stali szybko tnącej, ale niewłaściwie zastrzony.

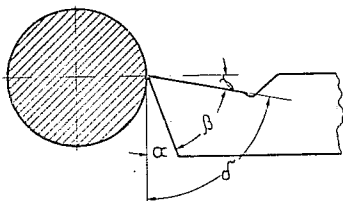
Noży ze stali szybko tnącej używa się zwykle tylko do toczenia osi balansów, zębników itp. części zahartowanych i bardzo słabo odpuszczonych. Stal szybko tnąca, która, nawiasem mówiąc, jest bardzo droga, nadaje się raczej do toczenia materiałów średniej twardości przy dużych szybkościach skrawania, a tym samym i znacznie podwyższonej temperaturze, co nie zachodzi przy toczeniu zegarmistrzowskim. Natomiast do toczenia stali nie hartowanej oraz hartowanej, lecz znacznie odpuszczonej (na niebiesko), wystarczy nóż ze stali narzędziowej dobrze zahartowanej i lekko odpuszczony (na słomkowo). Do toczenia stali hartowanej, ale tylko słabo odpuszczonej, lepiej jest używać noży z nakładkami z węglików spiekanych, które zachowują swą ostrość znacznie dłużej.

Gotowe zegarmistrzowskie noże tokarskie, jakie nabywamy w sklepach, są już hartowane i odpuszczone na całej swej dłu-

gości, oczywiście z wyjątkiem chwytu. Czasami jednak brak nam jakiegoś noża. Wówczas wykonujemy go ze stali narzędziowej i hartujemy w sposób podany przy opisywaniu hartowania narzędzi skrawających.

Rodzaje i kształty noży

Rozróżniamy noże tokarskie suportowe i ręczne („sztychle”). Ponieważ noże suportowe umocowywane są w suportie tokarki, a noże ręczne trzymane w ręce, różnią się one znacznie kształtem, chociaż zasada skrawania jest zawsze ta sama.



Rys. 118. Kąty noża suportowego: α — kąt przyłożenia, β — kąt ostrza, γ — kąt natarcia

W wiadomościach ogólnych o obróbce skrawaniem wspomnieliśmy, jaki kształt powinno mieć ostrze narzędzia, żeby skrawanie było najekonomiczniejsze. Kształt ten zależy od materiału skrawanego, a także i od materiału, z którego wykonane jest narzędzie. Tablica 5 daje nam ogólny przegląd kątów noży tokarskich, w zależności od materiałów użytych na noże oraz od materiałów toczonech. Rys. 118 przypomina nam poszczególne kąty noża. Z podanych wartości kątów

ostrza β mniejsze wartości należy stosować przy toczeniu małych średnic i przy wykończaniu, a to ze względu na konieczność możliwie najwydajniejszego zmniejszenia oporów skrawania w tych warunkach. Przy zdzieraniu i toczeniu większych średnic zaleca się stosować większe z podanych wartości kąta β .

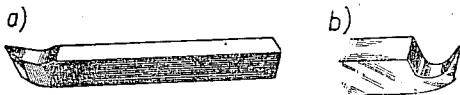
Tablica 5

Zalecane kąty noży tokarskich

Materiał noży	Kąty	Materiał toczoney					
		żeliwo i stal twarda	stal miękka	mosiądz twardy	mosiądz miękki	metale lekkie	tworzywa sztuczne
Stal narzędziowa	α	5—7	6—12	4—6	6—8	6—10	8—12
	β	65—80	55—70	75—85	60—65	35—45	60—70
	γ	5—12	12—25	0—5	20—25	35—50	12—20
Stal szybko tnąca	α	6	8	8	8	10	10
	β	76	68	74	68	40	55
	γ	8	14	8	14	40	25
Węglik spiekane	α	—	—	—	—	—	—
	β	90	—	—	—	—	—
	γ	5	—	—	—	—	—

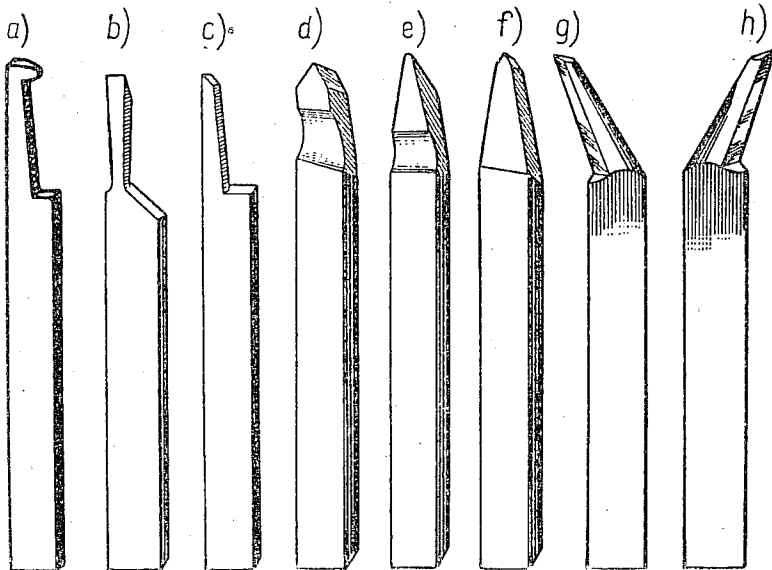
Właściwy kształt ostrza noża suportowego, używanego przez zegarmistrzów do toczenia stali i mosiądzu, widzimy na rys. 119 a. Do toczenia metali miękkich, np. aluminium, używa się noża o kształcie ostrza pokazanego na rys. 119 b.

Różne są kształty ostrzy noży suportowych. W zależności od przeznaczenia i charakteru pracy noża, możemy je podzielić na cztery typy: zdzieraki zwykłe, różne i wytaczaki. Zdzieraki służą do zgrubnego toczenia, zwykle — do równego toczenia bez podtoczeń, różne — do cięcia, podtoczeń i innych prac specjalnych, wytaczaki — do wytaczania i rozciągania otworów. Niektóre z nich, używane w zegarmistrzostwie, widzimy na rys. 120.



Rys. 119. Ostrze zegarmistrzowskiego noża suportowego: a) do stali i mosiądzu, b) do toczenia materiałów miękkich

Nóż do rozciągania otworów (wytaczak — rys. 120 a) ma długie wąskie zakrzywione ostrze, którym wygładza się lub powiększa otwory. Ostrze noża do wytaczania rowków (np. na paletę w kotwicy Grahama) ma kształt taki, jak na rys. 120 b (przecinak). Powinno jednak być nieco węższe niż planowany rowek, wówczas bowiem łatwo jest wytoczony rowek odpowiednio poszerzyć, przesuwając suportem w jedną i drugą stronę.



Rys. 120. Kształty noży suportowych: a) wytaczak, b) przecinak, c) boczny lewy nieodsadzony, d) zdzierak, e) zdzierak z zaokrąglonym wierzchołkiem, f) nóż z ostrym wierzchołkiem, g) boczny lewy, h) boczny prawy

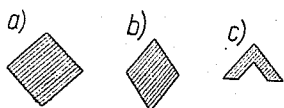
Nóż pokazany na rys. 120 c (boczny lewy, nieodsadzony) służy do podciągania powierzchni oporowych. Nóż do grubszego toczenia (zdzierak) widzimy na rys. 120 d. Na rys. 120 e mamy zdzierak, którego wierzchołek zaokrąglono, żeby się za szybko nie tępił. Służą on do równego toczenia wałków bez podtoczeń lub powierzchni płaskich przy bocznym zamoco-

waniu. Rys. 120 f pokazuje nóż z ostrym wierzchołkiem, ściętym z obydwu stron; służy on do zwykłego toczenia. Nóż boczny może być lewy (rys. 120 g) lub prawy (rys. 120 h); używamy go do różnego rodzaju podtoczeń i toczenia powierzchni płaskich (planowania).

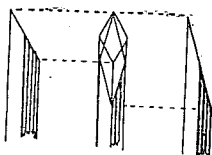
Chwyty noży suportowych mają przekrój okrągły lub kwadratowy.

Zdarza się nieraz, że zegarmistrz ostrzy nóż suportowy z obydwu końców, a wówczas jeden koniec służy do toczenia w lewą stronę, a drugi — w prawą. Sposobu tego należy raczej unikać, gdyż ostrzem zwróconym ku sobie można się skaleczyć.

Oprócz noży suportowych używamy także noży ręcznych. Przekrój ręcznego noża tokarskiego najczęściej jest kwadratowy (rys. 121 a), rzadziej rombowy (rys. 121 b) lub prostokątny. Ostrze powstaje przez skośne ścięcie jednego końca.



Rys. 121. Przekroje ręcznych noży tokarskich: a) kwadratowy, b) rombowy, c) reformowany



Rys. 122. Ścięcia noża ręcznego

może być mniejsze lub większe, w zależności od toczonego materiału oraz od rodzaju toczenia. Waha się ono w granicach $25-45^\circ$. Do toczenia zgrubnego i grubszych wałków pochylenie ścięcia wynosi ok. 45° , a do toczenia wykończającego i innych prac delikatniejszych — ok. 25° (rys. 122). Chodzi bowiem o to, by kąt ostrza w przybliżeniu odpowiadał wymaganiom tablicy 5.

Ostrzenie ręcznego noża tokarskiego o pełnym przekroju trwa stosunkowo długo. Z tego względu zastosowano tzw. noże reformowane o przekroju trójkątnym z wyfrezowanym rowkiem (rys. 121 c). Nóż taki łatwiej doostrzyć i wygodniej trzymać.

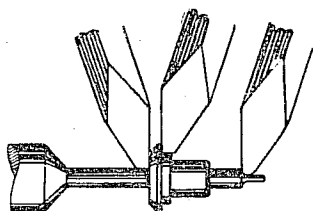
Oprócz zwykłego zakończenia spiczastego, ręczne noże tokarskie mają także końce nieco ścięte (rys. 123). Takim ściętym nożem łatwiej jest wykonać podtoczenia. Krawędź ścięcia bocznego z krawędzią ostrza powinna tworzyć kąt nieco mniejszy niż 90° , żeby nóż nie obrabiał jednocześnie obydwóch powierzchni.

Na rys. 123 widzimy, że do podtoczeń potrzebne są dwa noże ścięte: jeden prawy, drugi lewy. Jednocześnie przedstawione jest zastosowanie noża z zaokrąglonym końcem do podtaczania czopów lejkowych. Zaokrąglenie takiego noża powinno odpowiadać zaokrągleniu polerownika, którym czop będzie wykończany.

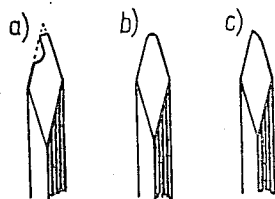
Na rys. 124 a widzimy nóż do wytaczania rowków. Dwa dalsze noże (rys. 124 b, c) służą do wytaczania opraw kamieni oprawianych (saterowanych). Obecnie używa się tylko kamieni wciskanych, dlatego noże te wychodzą już z użycia.

Niektórzy zegarmistrze przypuszczają, że im delikatniejszy jest toczony przedmiot, tym cieńszy ma być nóż. Tymczasem doświadczenie wykazuje, że ręczne noże tokarskie nie powinny być cieńsze niż 3 mm, w przeciwnym bowiem razie sprężynują.

Ponieważ noże ręczne trzymane są bezpośrednio w ręce, dlatego powinny mieć wygodne chwyt. Noże wykonane fabrycznie,



Rys. 123. Stosowanie ściętych noży tokarskich do podtoczeń



Rys. 124. Ręczne noże tokarskie do wytaczania: a) rowków, b, c) opraw kamieni

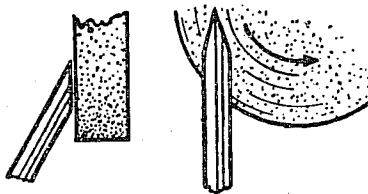
zwłaszcza o przekroju prostokątnym, mają chwyt metalowe okrągłe radełkowane. Inne noże bywają zaopatrzone w drewniane trzonki. Nie należy toczyć nożami bez trzonków. Do dłuższych i grubszych noży lepsze są trzonki „gruszkowate”. Taki trzonek ręka mocniej trzyma i nie męczy się.

Ostrzenie noży

Mimo że nóż tokarski jest zawsze twardszy niż skrawany materiał, to jednak powinniśmy go co pewien czas ostrzyć. Nie należy toczyć nożem stępionym, gdyż wtedy opory toczenia są znacznie większe. Właściwe doostrzenie noża ręcznego polega nie tylko na wyostrzeniu samych krawędzi tnących, ale także na wyrównaniu powierzchni tworzących te krawędzie.

W części 3 „Zegarmistrzostwa” na str. 142—144 opisano ręczne ostrzenie noży. Ponieważ ręczne ostrzenie noża trwałoby dłużej aniżeli samo toczenie, dlatego lepiej jest ostrzyć noże na szlifierce napędzanej silnikiem (rys. 125), o czym piszemy w rozdziale o szlifowaniu.

Po doszlifowaniu na szlifierce należy noże, tak suportowe jak i ręczne, doostrzyć ręcznie kamieniem oliwionym (rys. 126). Przede

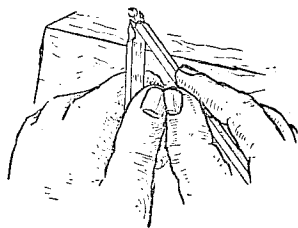


Rys. 125. Ostrzenie noża na szlifierce

wszystkim chodzi tu o usunięcie zadziorów i dokładne dostrzeżenie krawędzi tnących.

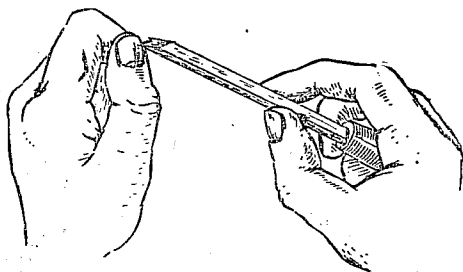
Prymitywne sprawdzenie ostrości noża ręcznego odbywa się przez lekkie dotknięcie nim paznokcia (rys. 127). Ostry nóż nie ślizga się po paznokciu.

Ostry koniec noża ręcznego należy lekko ścierać kamieniem oliwionym, w przeciwnym bowiem razie toczony przedmiot nie będzie gładki. Dla dokonania tego zabiegu zamocowuje się nóż w imaku suportu i lekko pociąga kamieniem najwyżej dwa razy po wierzchołku noża, równoległe z łożem (prowadnicą) tokarki. Podobnie należy dogładzić koniec noża ze ściętym wierzchołkiem. Wykonuje się to na płasko położonym kamieniu (rys. 128 a). Można też oprzeć nóż o bok stołu roboczego (rys. 128 b) i wystający jego wierzchołek lekko pociągnąć kamieniem.

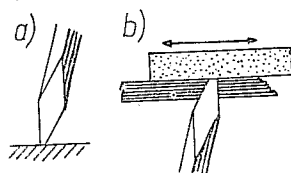


Rys. 126. Dogładzanie ostrza noża po szlifowaniu

Do toczenia wykończającego, zwłaszcza przedmiotów mosiężnych, poleca się oprócz dokładnego wyostrzenia jeszcze wypolerowanie powierzchni ostrza noża diamentyną. Tak przygotowanym nożem uzyskuje się na toczonej powierzchni mosiężnej tęczyowy refleks.



Rys. 127. Sprawdzenie ostrości noża ręcznego



Rys. 128. Dogładzanie wierzchołka noża

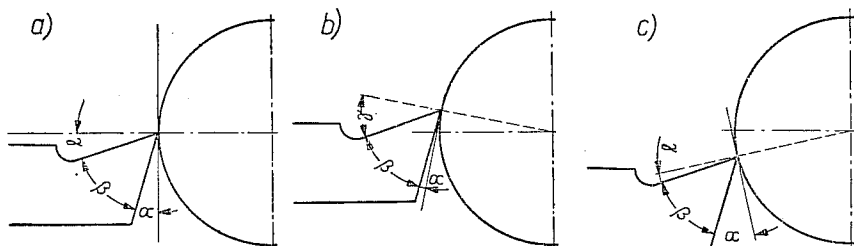
MOCOWANIE NOŻY

Ustawienie noża

Wysokościowe ustawienie noża suportowego lub ręcznego w stosunku do toczonego przedmiotu, ma większy wpływ na jakość skrawania niż kształt samego ostrza. Obrazuje to rys. 129, na którym widzimy, że kąt przyłożenia α i kąt natarcia γ zmieniają

się zależnie od tego, czy nóż znajduje się na linii osiowej tocznego przedmiotu, czy też powyżej lub poniżej niej.

Zasadniczo należy ustawić wierzchołek ostrza ściśle w osi przedmiotu. Jeśli go obniżamy, zmniejsza się kąt γ , wzrastają więc opory skrawania, ostrze jest odpychane,

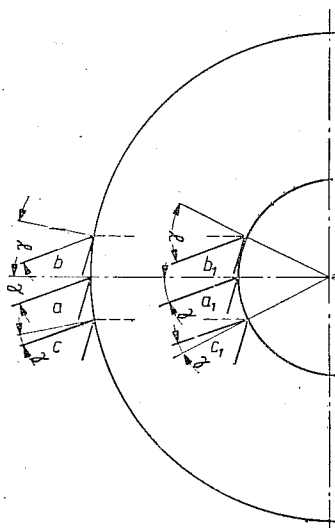


Rys. 129. Wpływ wysokościowego ustawienia noża względem osi tocznego przedmiotu

wskutek czego powierzchnia toczenia jest chropowata. Ten sposób ustawienia nie powinien być w żadnym wypadku stosowany. Natomiast ustawienie wierzchołka ostrza powyżej osi (rys. 129 b) zwiększa kąt γ , zmniejsza więc opory skrawania i jest zasadniczo korzystne, ale tylko przy toczeniu zgrubnym, gdyż nawet nieznaczne sprężynowanie noża zagłębia jego ostrze w przedmiot i w wyniku daje powierzchnię niekładką. To przesunięcie wierzchołka ostrza ponad oś nie powinno przekraczać $1/50$ średnicy tocznego przedmiotu, czyli ok. $2,5^\circ$.

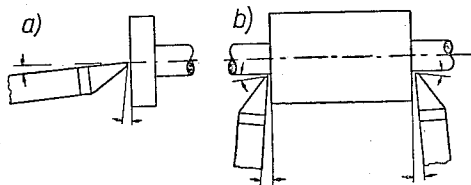
Przy toczeniu wewnętrznym przesunięcia wierzchołka ostrza dają skutek odwrotny: obniżenie noża powiększa kąt γ . Obniżenie noża stosuje się czasami do zgrubnego wytaczania otworów.

Przesunięcie wierzchołka ostrza względem osi powoduje dalsze zmiany kątów przyłożenia i natarcia, w miarę zmniejszającej się średnicy tocznego przedmiotu. Zmiany te tym bardziej rosną, im cieńszy jest przedmiot toczony (rys. 130 b, c). Natomiast nie ma żadnych zmian kątów, gdy ostrze znajduje się dokładnie na osi (rys. 130 a).



Rys. 130. Wpływ ustawienia noża na zmiany kątów przyłożenia i natarcia, w zależności od średnicy przedmiotu

Podnoszenie lub obniżanie noża pozwala w niektórych okolicznościach na wydajniejsze skrawanie, dlatego stosują je doświadczeni tokarze na dużych tokarkach. Również i niektóre podręczniki zegarmistrzowskie zalecają te sposoby. Jednakże w warunkach pracy na tokarkach zegarmistrzowskich są one praktycznie bez znaczenia. Sprawdźmy to na konkretnym przykładzie. Gdy toczony przedmiot ma 5 mm średnicy, a podniesienie



Rys. 131. Boczne odchylenie noża: a) przy toczeniu powierzchni czołowej, b) przy podtaczaniu

noża przy zgrubnym toczeniu może wówczas wynosić 0,1 mm, to na tyle możemy jeszcze z pewną dokładnością nóż podnieść. Ale gdy toczony wałek ma średnicę 1 mm, a podniesienie noża nie może wówczas przekraczać 0,02 mm, to czy możemy to łatwo osiągnąć? Praktyczna zasada dla zegarmistrza —

to starać się zawsze mocować nóż dokładnie na wysokości osi toczonego przedmiotu.

Oprócz dokładnego ustawienia wysokościowego należy także zwracać uwagę na właściwe *boczne ustawienie noża*. Wielkość bocznego odchylenia noża przy toczeniu powierzchni czołowej przedstawia w widoku z góry rys. 131 a, a przy podtaczaniu — rys. 131 b.

Mocowanie noża w imaku

Ażeby umożliwić odpowiednie ustawienie noża w wymaganej pozycji na suporcie, stosuje się różne rodzaje imaków i podkładek do nich. Niektórzy stosują podkładki kuliste (rys. 132 a), między którymi można wysokość noża łatwo regulować. Podkładka dolna leży nieruchomo, a nóż wraz z podkładkami górnymi — po odkręceniu śruby imaka — przechyla się do dowolnej pozycji.

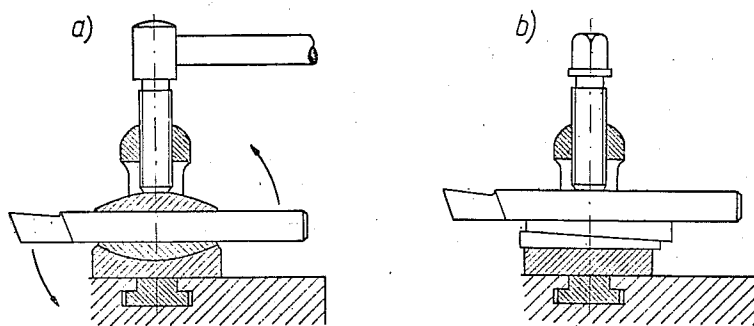
Zamocowując nóż musimy pamiętać, że chodzi tu nie tylko o ustawienie jego ostrza na właściwej wysokości, ale także o prawidłowe położenie całego noża. Przechylenie bowiem noża z położenia poziomego zmienia wszystkie kąty, oprócz kąta ostrza, wskutek czego zmieniają się także warunki skrawania. Dlatego gdy podczas regulowania wysokości ostrza noża w imaku nie chcemy zmieniać poziomego położenia noża, stosujemy dwie podkładki *klinowe* (rys. 132 b).

Bywają także podkładki okrągłe, radełkowane na obrzeżu, o zmiennej grubości, tak że obracając podkładkę, otrzymujemy

odpowiednią wysokość ostrza, ale zarazem i zmianę położenia całego noża, a więc i kątów.

Noże suportowe z okrągłymi chwytami mocuje się w tulei o ekscentrycznym otworze, dzięki czemu można je ustawiać na różnej wysokości.

Oprócz dokładnego ustawienia ostrza noża na wysokości osi toczzonego przedmiotu, należy się jeszcze starać o to, by wystający koniec noża był jak najkrótszy, w przeciwnym bowiem razie



Rys. 132. Mocowanie noża w imaku: a) podkładki kuliste, b) podkładki klinowe

nóż będzie drgał, wskutek czego toczona powierzchnia nie będzie gładka. Trzeba też zwrócić uwagę, aby podkładka dociskała nóż całą powierzchnią, bo i to przyczynia się do jego sztywnego zamocowania.

Mocując nóż w imaku, należy uważać, aby nie uszkodzić suportu, który zwykle wykonany jest z żeliwa. Silne nadwężenie poszczególnych części suportu powoduje później stałe luzy.

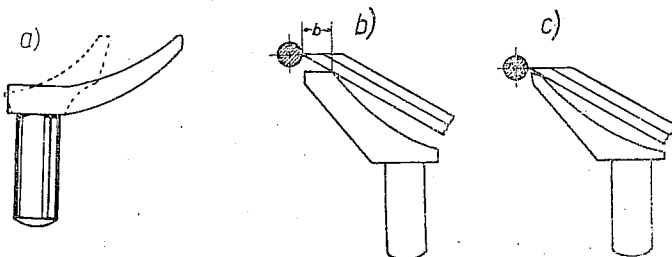
Trzymanie noża ręcznego

Nóż ręczny podczas toczenia trzymamy w ręce, wspierając go na podstawie, i staramy się utrzymać jego ostrze na wysokości osi przedmiotu. Podstawki wykonane są z miękkiej stali, żeby nóż wcinał się w nie krawędzią i nie ślizgał się. Gdy podstawka z biegiem czasu zbyt szybko się pokaleczy, zrównujemy ją pilnikiem, lecz nie za często, aby się nie zużyła zbyt szybko.

Oprócz normalnej podstawki należy mieć jeszcze podstawkę węższą, aby przy toczeniu małych i krótkich części można było dosunąć ją do toczzonego przedmiotu między zbliżone kły tokarki.

Potrzebna jest także podstawka wydłużona (rys. 133 a) do toczenia na tarczy kleszczowej, na której musimy ominąć zaciski i sięgnąć podstawką wraz z nożem bliżej toczzonego przedmiotu.

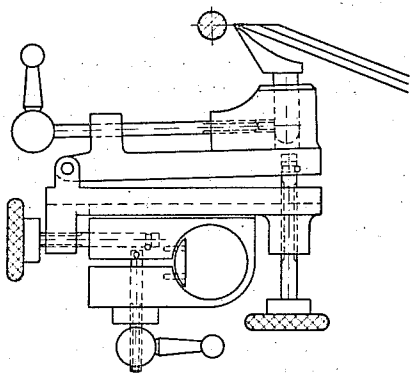
Podstawki wychodzące z fabryki mają czasem niewłaściwy kształt wierzchołka (rys. 133 b). Odległość b jest w tym przypadku o wiele za duża i dlatego poruszenie nożem łatwo zmienia właściwą pozycję skrawania. Przy większym poruszeniu nóż może wyważyć przedmiot z kłów.



Rys. 133. Podstawki do wspierania noża: a) wydłużona, b) z niewłaściwym wierzchołkiem, c) z właściwym wierzchołkiem

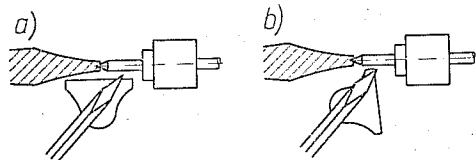
Właściwe zakończenie podstawki widzimy na rys. 133 c. Podstawka jest ostra i dosunięta blisko do toczonego wałka, dzięki czemu wystający koniec noża jest bardzo krótki. Mimowolny

ruch ręki trzymającej nóż nie powoduje większego przesunięcia jego wierzchołka, co jest tak niebezpieczne, zwłaszcza przy wykończaniu cienkich czopów.



Rys. 134. Podstawka z precyzyjną regulacją

Podstawka wymaga dokładnego ustawienia względem przedmiotu, dlatego powinna się lekko przesuwac w kierunku poziomym i pionowym. Jeżeli nie przesuwają się łatwo, czasami wystarczy nasmarowanie, a gdy to nie pomoże, trzeba czop podstawki doszlifować.

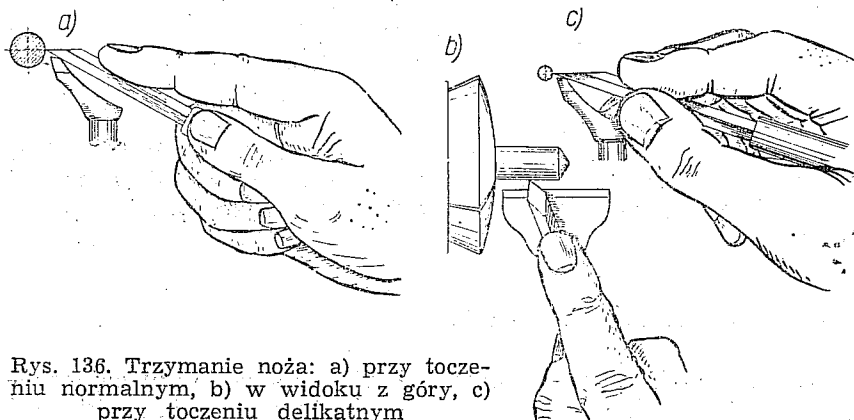


Rys. 135. Ustawienie podstawki do podtoczeń: a) niewygodne, b) wygodne

Nowoczesne tokarki zegarmistrzowskie mają podstawki z precyzyjną regulacją (rys. 134), dzięki czemu można pod-

stawkę doregulować z dużą dokładnością, podkręcając odpowiednie śruby regulacyjne.

Sposób ustawienia podstawki zależy także od rodzaju toczenia. Na przykład do podtoczeń należy ją tak ustawić, jak na rys. 135 b, a nie jak na rys. 135 a.

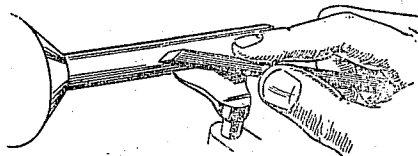


Rys. 136. Trzymanie noża: a) przy toczeniu normalnym, b) w widoku z góry, c) przy toczeniu delikatnym

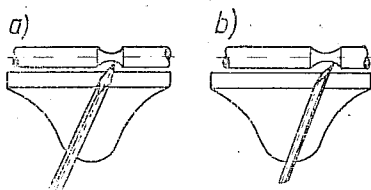
Zasadniczo nóż ręczny przy normalnym toczeniu trzyma się całą dłoń, palec wskazujący kładzie się na wierzchu noża, a kciuk z boku. Nóż powinien z przedramieniem tworzyć linię prostą, a powierzchnia natarcia, po której spływa wiór, ma być ustawiona poziomo (rys. 136 a). Nóż o tyle dosuwamy do przedmiotu, aby bez zbytniego dociskania skrawał materiał. Ten sam sposób trzymania w widoku z góry pokazuje rys. 136 b.

Podtacząc trzymany nóż tak samo, zwracamy tylko uwagę na boczne odchylenie.

Natomiast przy delikatnym i precyzyjnym toczeniu, nóż należy trzymać tak, jak pióro do pisania (rys. 136 c); a nadto, gdy toczymy np. bardzo cienkie wałki, trzymamy go tak blisko końca, że palce spoczywają na podstawce. Takie „pisarskie” trzymanie noża nie zmusza do przekręcania tułowia, byleby krzesło było tak wysokie, żeby przedmiot toczone był na wysokości podbródka.



Rys. 137. Wygładzanie wałka boczna krawędzią noża



Rys. 138. Trzymanie noża przy toczeniu powierzchni wklęsłej: a) prawidłowe, b) nieprawidłowe

Jeśli nóż ręczny jest normalnie zastrzony, można toczyć całą jego krawędzią boczną (rys. 137). Wygładzając, np. wałek zgrubnie obtoczony, używa się wówczas całego bocznego ostrza. Trzymając nóż w tej pozycji, należy unikać zbierania dużych wiórów, gdyż można wtedy powierzchnię łatwo skałeczyć. Całą bocznej krawędzi noża używa się tylko do gładzenia wałków.

Rys. 138 a przedstawia pozycję noża przy toczeniu powierzchni wklęsłej. Nóż używany do tej pracy ma koniec ostrza zaokrąglony. Nie należy trzymać noża bokiem (rys. 138 b), gdyż w tej pozycji ma on niewłaściwy kąt skrawania.

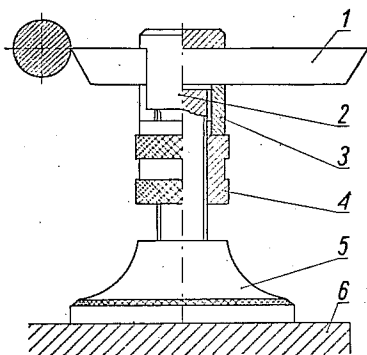
Sposobów trzymania noża może być wiele. Ważne jest bowiem nie tyle samo uchwycenie, ile ustawienie na właściwej wysokości i nadanie mu takiej pozycji, żeby uzyskać najkorzystniejszy kąt skrawania.

Mocowanie noża na wsporniku tokarskim

Trzymając nóż w ręce, mamy możliwość nadawania mu najkorzystniejszej pozycji. Jest to dogodne, ale tylko dla tego, kto już nabrał wprawy w posługiwaniu się nożem ręcznym. Natomiast mniej wprawni nie łatwo mogą właściwą pozycję wyszukać, a tym trudniej ją utrzymać. Przeciwnie, nóż zamocowany w suporcie, raz doregulowany, utrzymuje już stałą pozycję; jedynie operowanie nim jest powolniejsze.

Sposobem pośrednim, pozwalającym uniknąć niedogodności, które występują, gdy nóż jest trzymany w ręku lub zamocowany w suporcie, jest mocowanie noża w tzw. wsporniku (rys. 139). Nóż 1 wkłada się do otworu imaka 2 i dociska się go od dołu radełkowaną nakrętką 4 za pośrednictwem podkładki 3 i wystających z niej w górę dwóch pod-
pórek. Wysokość noża łatwo doregulować wkręcaniem nagwintowanej części imaka w podstawę 5. Ruch posuwowy nadajemy nożowi palcami przez posuwanie całego wspornika, spoczywającego szeroko i gładką podstawą 5 na równym korpusie tokarki 6.

Ten sposób zamocowania noża zastosowano za granicą do nowoczesnych tokarek ze specjalnym korpusem. Do naszych tokarek trzeba by dorobić osobną podstawę, umocowaną na łożu (przewodnicy), po której można by posuwać wspornik.



Rys. 139. Wspornik tokarski

MOCOWANIE PRZEDMIOTÓW NA TOKARCE

Od właściwego umocowania przedmiotu na tokarce zależy w znacznej mierze jakość toczenia. Żeby to umocowanie było dobre, musi odpowiadać kilku zasadniczym warunkom:

- 1) przedmiot powinien być sztywno i pewnie połączony z tokarką oraz zachować niezmiennosć położenia w czasie obróbki,
- 2) zamocowanie nie powinno uszkodzić przedmiotu,
- 3) przedmiot powinien być łatwo dostępny dla dokonania pomiarów,
- 4) zamocowanie powinno być poręczne, żeby nie zabierało zbyt wiele czasu.

Odpowiednio do powyższych wymagań oraz w zależności od kształtu przedmiotu, sposobu obróbki, a także od rodzaju i wyposażenia tokarki, stosuje się różne sposoby mocowania:

- w kłach,
- w uchwytach,
- na tarczy kleszczowej,
- na tarczy lakowej.

Oprócz tych wszystkich sposobów mocowania stosuje się także niektóre ich kombinacje.

Mocowanie w kłach

Kły są to trzpienie walcowe, zakończone stożkami o kącie 60° , wykonane ze stali narzędziowej, hartowane i gładko szlifowane. Rozróżniamy kły zewnętrzne („stożki”) i kły wewnętrzne („lejki”).

W czołach wałka, który chcemy ująć w kły zewnętrzne tokarki, trzeba wykonać nawiercenia, czyli nakiełki z wykłosem (rys. 106 a). Głębszy otworek cylindryczny w nakiełku służy za zagłębienie smarowe oraz ułatwia lepsze centrowanie. U dużych przedmiotów krawędzie nakiełka o kącie 60° ścina się pod kątem 120° , w celu usunięcia z nich zadziorów. Wynikiem tego są tzw. nakiełki chronione (rys. 106 b).

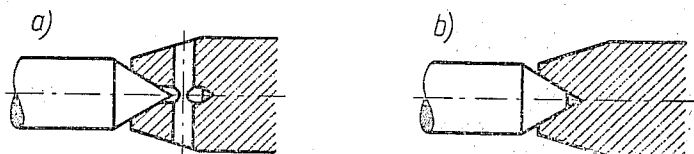
Przed umieszczeniem przedmiotu w kłach, trzeba zbliżyć je do siebie i sprawdzić, czy osie ich ściśle się pokrywają. Jeżeli kły choćby tylko niewiele się mijają, toczony wałek będzie stożkowy, i to tym bardziej, im jest krótszy.

Większość prac tokarskich w warsztacie zegarmistrzowskim polega na toczeniu osi, wałków i zębników zegarkowych, których średnica wynosi czasem mniej niż 1 mm. Stąd też wykonanie właściwego nakiełka na czole takiego wałka jest prawie niemożliwe. A jeśliby nawet udało się go wykonać i pogłębić jeszcze wiertłem średnicy, np. 0,5 mm, to i tak nakiełek taki szybko się wypracuje, a wtedy toczenie samych końców będzie bardzo utrud-

nione. Również w czasie szlifowania materiały szlifierskie łatwo przenikają do nakiełków i zwiększają ich wycieranie. Z tych więc powodów częściej używamy kłów wewnętrznych.

Kieł wewnętrzny podobny jest do nakiełka; widzimy go w przekroju na rys. 140 a. Kąt nawiercenia kła wewnętrznego wynosi również 60° . Ponieważ tutaj jest sprawa odwrócona — bo nakiełek znajduje się w kłe — wobec tego na końcach mocowanego przedmiotu trzeba wykonać stożki o takim samym kącie.

Sam wierzchołek stożka wykonanego na przedmiocie powinien obracać się swobodnie, żeby się szybko nie zniszczył i nie spowodował zatarcia. Dlatego stosuje się tu także zagłębienie smarowe, a jeśli kieł wewnętrzny nie ma zagłębienia smarowego,



Rys. 140. Kieł wewnętrzny: a) z zagłębieniem smarowym, b) bez zagłębienia smarowego

to należy ściąć nieco wierzchołki stożków u przedmiotu przygotowanego do toczenia (rys. 140 b). W solidnie wykonanym kłe wewnętrznym znajduje się jeszcze otwór poprzeczny, ułatwiający dobre oczyszczenie jego wnętrza (rys. 140 a).

Powierzchnia kła wewnętrznego powinna być gładka, a krawędź niewyszczerbiona. Wielkość kła należy dobierać odpowiednio do wielkości przedmiotu. Nie powinno się używać za małych kłów wewnętrznych, gdyż szybko się wypracowują, zwłaszcza jeśli przedmiot jest duży.

Bardzo małe przedmioty mocuje się między tzw. kiełkami i (3—114 i 117). Kiełki mają taki sam kształt jak kły zewnętrzne i wewnętrzne, lecz są bardzo małych rozmiarów. Część chwytowa kiełka jest znormalizowanym chwytem stożkowym. Kiełki osadza się w specjalnych tulejach, które umocowuje się we wrzecionie, podobnie jak uchwyty zaciskowe, oraz w koniku w miejsce kła zwykłego.

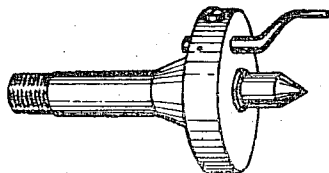
Bywają także kły i kiełki wewnętrzne z ochroniaczami czopów. Służą one do mocowania na tokarce osi z gotowymi już czopami, u których trzeba jeszcze wykonać podtoczenia zębników lub inne jakies prace tokarskie. W takich kłach czop obraca się swobodnie w otworze kła i chroniony jest przed uszkodzeniem, a oś opiera się swym podtoczeniem o kieł. Również i w tych kłach jest poprzeczny otwór, ułatwiający oczyszczenie.

Rozróżniamy dwa główne sposoby toczenia w kłach na tokarkach zegarmistrzowskich:

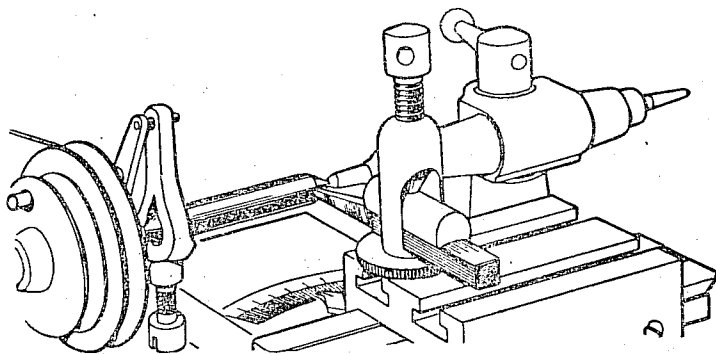
1. Jeden kiel osadzony jest we wrzecionie i obraca się razem z nim, drugi — osadzony w koniku — jest nieruchomy.

2. Obydwa kły są nieruchome, wrzeciono zatrzymane, napęd odbywa się za pomocą krążka zabiernego (rolki) z palcem zabiernym.

Sposób pierwszy stosuje się do toczenia większych przedmiotów. Czasem kiel osadzony jest nie bezpośrednio we wrzecionie, ale w tarczy zabiernej (rys. 141), którą mocuje się ściągaczem we wrzecionie. Napęd wrzeciona odbywa się normalnie przez silnik i pasek napędowy oraz koła pasowe rowkowe, osadzone na wrzecionie. Kły wprowadzają ściskają przedmiot, lecz powstałe stąd tarcie jest zbyt małe, by przedmiot się obracał wraz z wrzecionem. Służy do tego palec zabierny, osadzony w tarczy zabiernej, który przez zabierak, umocowany na toczonego przedmiocie, obraca ten przedmiot. Sposób umocowania przedmiotu między kłami i napędzania go zabierakiem i palcem zabiernym ilustruje rys. 142 (jest tu tylko inny napęd).



Rys. 141. Tarcza zabierna

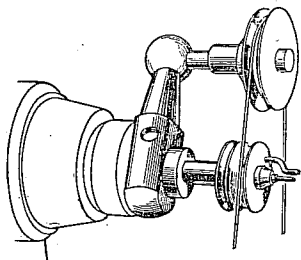


Rys. 142. Toczenie w kłach nożem suportowym

Sposób drugi stosuje się do dokładnego toczenia mniejszych przedmiotów. We wrzecionie zamocowuje się kiel składany (3—114), na którym osadzony jest obrotowo krążek zabierny z palcem zabiernym. Koło stopniowe zatrzymuje się zastawką i w ten sposób unieruchamia się wrzeciono, a pasek napędowy zakłada się na krążek zabierny, który przez palec zabierny i za-

bierak obraca toczony przedmiot (rys. 142). Ten sposób napędu można także stosować u tokarki bez wrzeciennika, czyli u tzw. „szpicówki”.

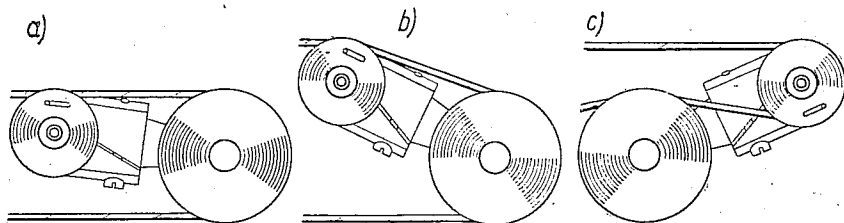
Przy bardzo delikatnych i dokładnych pracach używa się do napędu podwójnego krążka zabiernego (krążka napinającego), który mocuje się we wrzecionie, podobnie jak i krążek pojedynczy (rys. 143). Różnica polega na tym,



Rys. 143. Podwójny krążek zabierny we wrzecionie

że pasek napędowy (strunę) zakłada się nie bezpośrednio na krążek zabierny, lecz na krążek dodatkowy napinający, ułożyskowany na osobnym ramieniu w celu osłabienia nacisku paska. Zasadę działania takiego krążka wyjaśnia rys. 144.

Gdy ustawimy krążki tak, jak na rys. 144 a, to nacisk na krążek zabierny będzie bardzo słaby. Jeśliby przy tym ustawieniu pasek nie nadawał obrotu krążkowi zabiernemu podczas skrawania materiału, to trzeba wzmocnić nacisk paska i ustawić krążki w takiej pozycji, jak na rys. 144 b. Natomiast taka pozycja, jak na rys. 144 c, jest już „nadużyciem” krążka napinającego.



Rys. 144. Użycie podwójnego krążka zabiernego: a) bardzo słaby nacisk, b) silniejszy nacisk, c) wzmocnienie momentu obracającego

Zabieraki służą do nadawania ruchu obrotowego wałkom toczonym w łożach. Znamy ich wiele odmian. Najczęściej stosowanymi zabierakami przy tokarkach zegarmistrzowskich są tzw. „sercówki” (rys. 145). Mocując zabierak na wałku, trzeba uważać na kierunek, w którym wałek będzie się obracał. Gdy zamocowanie jest niewłaściwe, albo gdy zabierak jest za duży, może się zdarzyć taki błąd, że kołek zabierny dociska zabierak po ukośnej płaszczyźnie (rys. 145), a wskutek tego toczony wałek wygina się w kierunku wskazanym krótką strzałką. Palec zabierny powinien dotykać promieniowej części zabieraka lub znajdować się

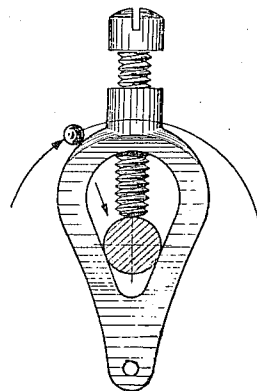
w końcowym jego otworze. Zabierak należy mocować możliwie najbliżej końca toczonego wałka.

Oprócz „sercówek” stosuje się zabieraki obejmujące wałek z dwóch stron (rys. 146 a, b). Szczególnie wygodne są zabieraki zaciskowe (z — rys. 146 c), gdyż zajmują mało miejsca na wałku i mogą być stosowane przy toczeniu nawet najmniejszych przedmiotów. Pewnym minusem jest konieczność używania przyrządu rozwierającego przy ich zakładaniu na wałek.

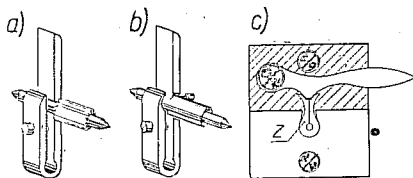
Zwykle zabieraki są czasami za małe. Zegarmistrz może sobie sam wykonać jeden lub dwa zabieraki nadające się do większych przedmiotów. W kawałku rurki odpowiedniej średnicy wywierca się z boku i gwintuje otwór, w który wkręca się nagwintowany trzpień służący za oparcie dla palca zabiernego (rys. 147).

Jeżeli nakielki (lub stożki) wykonano poprawnie i kły założono należycie, to samo zamocowanie przedmiotu ograniczy się do następujących czynności:

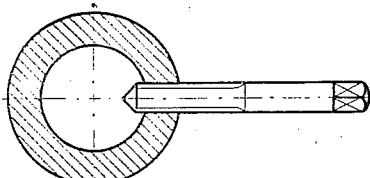
- 1) założenie zabieraka na przedmiot;
- 2) nałożenie smaru do kielka, który będzie osadzony na kle nieobrotowym, lub do obydwu, jeśli obydwie kły będą unieruchomione (przy toczeniu w kłach wewnętrznych smarujemy kły, a nie stożki przedmiotu);



Rys. 145. Wadliwie założony lub zbyt duży zabierak



Rys. 146. Zabieraki: a, b) obejmujące wałek z dwóch stron, c) zaciskowy z w przyrządzie do rozwierania



Rys. 147. Zabierak do większych przedmiotów

- 3) ustawienie i unieruchomienie konika na łożu (prowadnicy) tokarki;

4) nasunięcie jednego końca przedmiotu na kiel osadzony we wrzecionie i dosunięcie kła konika tak, aby przytrzymał drugi koniec;

- 5) sprawdzenie, czy kły prawidłowo trzymają przedmiot;
- 6) unieruchomienie kła będącego w koniku.

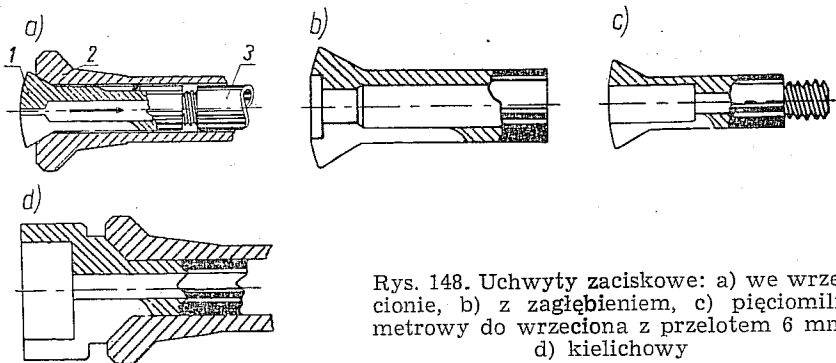
Przedmiot należy zacisnąć kłami umiarkowanie. Zbyt silne zaciśnięcie powoduje szybkie wycieranie się materiału na nieruchomym kle lub samego kła, a tym samym tworzenie się luzu. Natomiast zbyt słabe zaciśnięcie stwarza niebezpieczeństwo wypadnięcia przedmiotu z kłów podczas obróbki.

Po zamocowaniu przedmiotu w kłach należy sprawdzić, czy konik nie będzie przeszkadzał przy toczeniu. W razie potrzeby odsunąć go nieco, a wysunąć kiel. Należy się jednak starać, żeby kiel był jak najmniej wysunięty. Zbyt wysunięty wygina się i drga, wskutek czego toczona powierzchnia będzie nieładka.

Przedmioty walcowe mające pośrodku otwór, np. pierścienie, koła, tulejki, osadzamy wpierv na trzpieniach tokarskich (3—115), a następnie normalnie mocujemy w kłach.

Mocowanie w uchwytach

Umocowanie przedmiotu w kłach, chociaż jest sztywne i pewne, to jednak w pewnym stopniu uszkadza przedmiot mocowany. Trzeba bowiem wykonać w nim nakiełki (lub stożki), a w odniesieniu do niektórych przedmiotów trzeba by to nazwać uszkodzeniem. A gdyby nawet nakiełki nie były czymś ujemnym dla przedmiotu, to samo ich wykonanie zabiera sporo czasu. Z tych więc względów częściej stosuje się mocowanie w uchwytach.



Rys. 148. Uchwyt zaciskowy: a) we wrzecionie, b) z zagłębieniem, c) pięćmilimetrowy do wrzeciona z przelotem 6 mm, d) kielichowy

Jest w użyciu wiele różnych rodzajów uchwytów i ich odmian, lecz najczęściej stosuje się uchwyt zaciskowy i samocentrujący.

Uchwyt zaciskowy, zwany także zaciskiem, jest stalową tulejką przeciętą wzdłuż w trzech miejscach przynajmniej do połowy długości, wskutek czego powstają trzy jakby szczęki. Ponieważ uchwyt jest hartowany, więc szczęki sprężynują. Uchwyt 1 (rys. 148 a), włożony do wrzeciona 2, opiera się skośnymi powierz-

chniami o wrzeciono, a wciągany ściągaczem 3, jak wskazuje strzałka, zaciska przedmiot włożony do jego otworu.

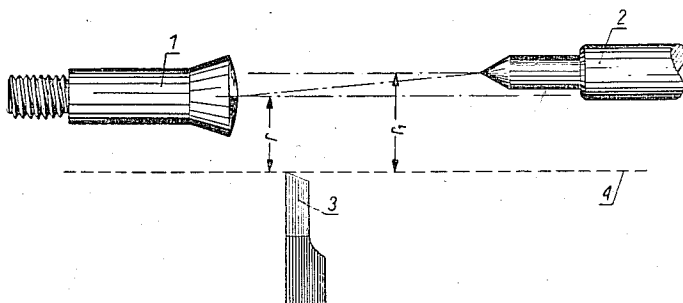
W bogatym wyposażeniu tokarki znajduje się około 50 uchwytów zaciskowych. Liczba wybita na czole uchwytu — to wymiar średnicy otworu danego uchwytu w dziesiątych częściach milimetra, więc 2 oznacza 0,2 mm, 10—1,0 mm, 15—1,5 mm itd.

Oprócz zwykłych uchwytów zaciskowych są także *uchwyty z zagłębieniem* (rys. 148 b). Służą one do szybkiego mocowania i toczenia małych krążków, płytek nakrywkowych, kół naciągowych, zmianowych itp. Ich średnica jest zawsze większa od otworu uchwytu. Wielkość tego otworu ogranicza przede wszystkim gwintowana część uchwytu, która jednak nie powinna być za słaba. Dlatego największy otwór uchwytu do wrzeciona z przelotem 6 mm może mieć ok. 3 mm średnicy, a do wrzeciona z przelotem 8 mm — 4—5 mm średnicy.

Istnieją również uchwyt, które dopasowane są do wrzeciona z przelotem 6 mm i mają otwór średnicy 5 mm, ale tylko przez część swej długości (rys. 148 c), dlatego przedmiot w takim uchwycie nie może przejść przez całą jego długość. Podobny uchwyt do wrzeciona z przelotem 8 mm ma otwór o średnicy 7 mm.

Spotyka się czasem duże uchwyt zaciskowe, tzw. *kielichowe*, w których można mocować przedmioty o średnicy do 14 mm, a głębokość takiego otworu wynosi do 11 mm (rys. 148 d).

W uchwytach zaciskowych nie powinno się mocować przedmiotów stożkowych i owalnych, natomiast można wieloboczne, zwłaszcza takie, w których liczba krawędzi dzieli się przez liczbę szczyk. Przedmiot długi, mocowany jednym końcem w uchwycie zaciskowym, powinien mieć drugi koniec podparty kłem. W przeciwnym razie pod naciskiem noża lekko się ugina, wskutek czego przez toczenie stanie się stożkowaty.



Rys. 149. Niecentryczność kła z uchwytem przyczyną stożkowatego toczenia
1 — uchwyt, 2 — kiel konika, 3 — nóż suportowy, 4 — droga noża, r — odległość osi uchwytu od drogi noża, r_1 — odległość osi kła od drogi noża

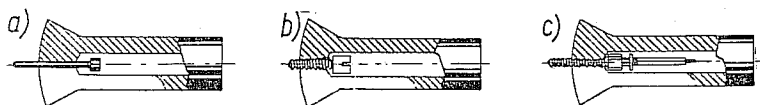
Przed zamocowaniem przedmiotu w uchwycie zaciskowym i podparciem go kłem konika należy sprawdzić, czy kiel trafia w środek uchwyty. Gdyby nie trafiał, nacisk przedmiotu na kiel konika znacznie się zwiększy, a przedmiot będzie toczony stożkowato (rys. 149).



Rys. 150. Uchwyty: a) za duży, b) za mały

Średnicę uchwyty należy dobierać do średnicy przedmiotu. Za duży uchwyt trzyma przedmiot tylko końcami szczęk, wskutek czego przy toczeniu przedmiot może się odchyłać w coraz to inną stronę (rys. 150 a). Natomiast w uchwycie za małym przedmiot jest dociskany tylko z końca i również może się w czasie pracy odchyłać (rys. 150 b). Aby uniknąć tych błędów, nie powinno się dobierać uchwyty przez próbowanie przedmiotu w otworze, lecz przez zmierzenie średnicy przedmiotu, np. suwmiarką lub mackami dziesiętnymi.

Uchwyty przedstawione na rys. 150 a, b mają długie powierzchnie zaciskające, dlatego błędy zamocowania bardziej u nich się uwidaczniają. Większość uchwyty ma jednak krótkie powierzchnie zaciskające. Mają one tę zaletę, że można wkładać w nie niektóre przedmioty od tyłu (rys. 151), dzięki temu czoła tych przedmiotów mogą być równo odcinane, co na przykład przy wałku naciągowym jest gwarancją należytego osadzenia główki.



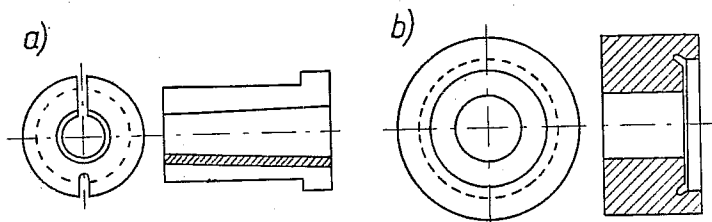
Rys. 151. Uchwyty zaciskowe z przedmiotami wkładanymi od tyłu

Uchwyty zaciskowe wymagają delikatnego obchodzenia się z nimi i troskliwej konserwacji, gdyż nawet małe zanieczyszczenie lub zadziory na krótkiej stosunkowo powierzchni ściskającej szczęki stają się przyczyną niedokładności mocowania. Przed włożeniem przedmiotu do uchwyty, nie należy go ściągać dociskać, gdyż wskutek tego szczęki się męczą, a nawet mogą pęknąć.

Zdarza się, że toczenie w uchwycach zaciskowych jest niedokładne. Jeśli wrzeciono tokarki nie ma luzów, to przyczyny tego mogą być następujące:

- 1) uchwyt niewłaściwie dobrany do średnicy toczonego przedmiotu,
- 2) uchwyt wadliwy lub uszkodzony,
- 3) uchwyt zabrudzony,
- 4) przedmiot nierówny lub brudny i nie dolegający na całej powierzchni do otworu uchwytu.

Błędy toczenia w uchwycie zaciskowym częściej się trafiają przy poprawianiu lub wykończaniu przedmiotów częściowo już obrabianych i drugi raz w uchwycie zamocowanych. Jeżeli chcemy przedmiot kilkakrotnie mocować w uchwycie lub obracać drugi koniec do toczenia, a obtoczony umocować w uchwycie, to możemy to czynić tylko na bardzo dokładnej tokarce, w dokładnych i czystych uchwytach. Gdy zaś umocujemy kawałek metalu



Rys. 152. Tuleje: a) zbieżna do mocowania stożków w uchwycie zaciskowym, b) do mocowania kół wychwytywych w uchwycie zaciskowym

w uchwycie i, bez wyjmowania, utoczmy z niego np. oś balansı, to nie powinna ona wykazywać żadnych niecentryczności, jeśli tylko materiał w czasie toczenia się nie obluzował lub jeśli nie skrzywiliśmy jej podczas pracy.

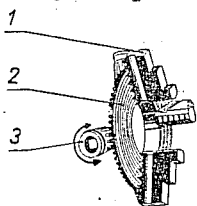
Do mocowania w uchwycie zaciskowym przedmiotów stożkowych, np. podtoczenia na przerzutnik u osi balansı, stosuje się tuleje o zbieżnych otworach, jednostronnie wzdłuż przecięte (rys. 152 a). Lepiej jednak jest poprawiać oś balansı w kłach z ochraniaczami czopów.

Do zamocowania delikatnych kół wychwytywych stosuje się nieprzecięte tuleje aluminiowe z wytoczonym zagłębieniem, którego średnicę dopasowuje się do koła na wcisk (rys. 152 b). Zwykle chodzi o centrowanie otworu na oś, więc nawet lekkie wciśnięcie w tuleję utrzymuje koło dość silnie, by mały otwór bezpiecznie poprawić. W koniecznym razie kropla szelaku mocuje koło dostatecznie. W podobny sposób można poprawić niecentryczne bębny sprężyn.

Uchwyt samocentrujący (uniwersalny) umożliwi zamocowanie i wycentrowanie większych przedmiotów o umiarowym kształcie,

zaoszczędzając osobnego centrowania. Istnieje kilka konstrukcji uchwytów samocentrujących. Działanie ich zasadniczo polega na jednoczesnym przesuwaniu szczęk wskutek pokręcania jednego zębniaka, śruby albo też radełkowanego pierścienia.

Pokręcając kluczem zębniak stożkowy 3 (rys. 153), wprawiamy w ruch koronowe koło zębate 2, na którego odwrotnej stronie nacięty jest płaski gwint spiralny o prostokątnym zarysie zwoju. Szczęki 1, prowadzone w wyfrezowaniach korpusu, mają na spo-



Rys. 153. Działanie uchwytu samocentrującego

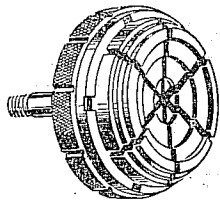
1 — szczęki, 2 — koło zębate, 3 — zębniak

dzie zęby łukowe współpracujące ze spiralą. W ten sposób, obracając jeden zębniak, wprawiamy w ruch wszystkie szczęki. Szczęk jest zwykle trzy. Uchwyt taki służy do mocowania okrągłych i wielobocznych przedmiotów, których liczba boków jest podzielna przez 3.

Uchwyty 4-szczękowe zwykle nie są samocentrujące — ruchy ich szczęk są niezależne. Służą do mocowania mimośrodków oraz przedmiotów o chwycie prostokątnym.

Jeżeli uchwyt samocentrujący rozbierze się do naprawy lub oczyszczenia, to składając go z powrotem należy szczęki wstawić do tych samych rowków, zaznaczonych numerami, a następnie pokręcać równomiernie zębniakiem 3. Do uchwytu należą dwa komplety szczęk: jeden do zaciskania przedmiotów od wewnątrz, a drugi — od zewnątrz. U niektórych uchwytów jest tylko jeden komplet szczęk, które się odwraca, zależnie od uchwycenia przedmiotu od zewnątrz czy od wewnątrz.

Na rys. 154 widzimy uchwyt samocentrujący, który zaciska się radełkowanym pierścieniem, znajdującym się na jego obwodzie. Uchwyt ten ma sześć szczęk ze stopniami wewnętrznymi i zewnętrznymi, dlatego można nim mocować pierścienie od wewnątrz i krążki z zewnątrz bez odwracania szczęk. Oprócz tego niebezpieczeństwo zniekształcenia przedmiotu jest tu mniejsze gdyż jest większa ilość szczęk. W czasie pokręcania radełkowanego pierścienia zatrzymuje się uchwyt trzpieniem wkładanym do otworu znajdującego się w boku korpusu.

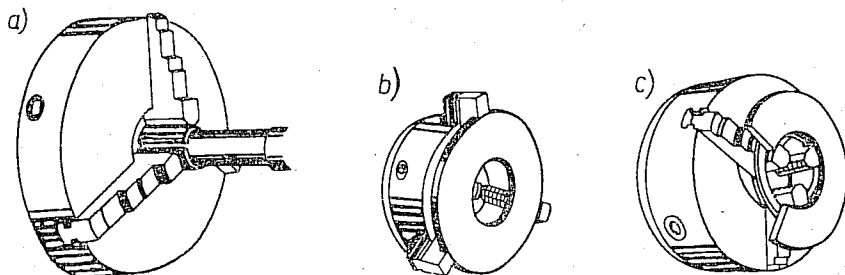


Rys. 154. Uchwyt samocentrujący z radełkowanym pierścieniem

Ciężkie i długie przedmioty zamiast mocować w kłach i obracać za pomocą zabieraka, lepiej jest zamocowywać w uchwycie samocentrującym i podeprzeć w drugim końcu kłem konika. Zaciskając obrobione już wałki, należy je zabezpieczyć tulejami mośięznymi (rys. 155 a) od skaleczeń.

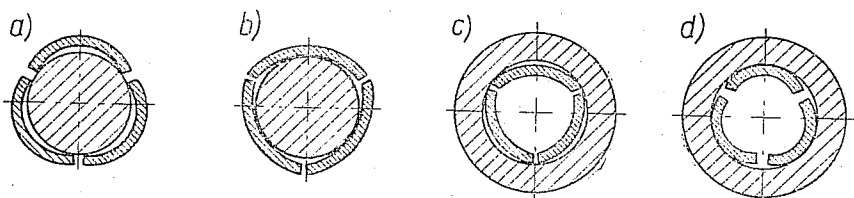
Do zewnętrznego mocowania przedmiotów powierzchnie dociskowe szczęk powinny być wklęsłe (rys. 155 b), a do wewnętrznego — wypukłe (rys. 155 c).

Centryczne mocowanie w uchwycie samocentryującym udaje się tylko wówczas, gdy uchwyt jest czysty, bez zadziorów i uszkodzeń (np. od uderzeń młotka).



Rys. 155. Mocowanie w uchwycie: a) zabezpieczenie wałka mosiężną tuleją, b) mocowanie pierścienia z zewnątrz, c) mocowanie pierścienia od wewnątrz

Uchwyty stopniowe sprężyste zewnętrzne (lejkowe) i wewnętrzne (stożkowe) używane są do mocowania przedmiotów toczonych wymagających pewnych poprawek (3—106). Właściwe dobieranie tych uchwytów jest również bardzo ważne, gdyż każdy ich pierścień wtedy tylko trzyma całą swoją powierzchnią, gdy średnica



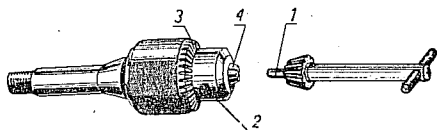
Rys. 156. Uchwyty stopniowe: a) uchwyt zewnętrzny za mały, b) uchwyt zewnętrzny za duży, c) uchwyt wewnętrzny za duży, d) uchwyt wewnętrzny za mały

zaciskanego przedmiotu niewiele się różni od średnicy pierścienia. Jeśli uchwyt zewnętrzny jest za mały, trzyma przedmiot tylko w sześciu punktach (rys. 156 a), a jeśli za duży — tylko w trzech (rys. 156 b). Podobna sprawa jest i z uchwytami wewnętrznymi; obrazują to rys. 156 c, d.

Uchwyt wiertarski bywa także czasem używany na tokarce ze względu na wygodne zaciskanie od przodu i znaczny zakres rozchyłania się szczęk. Nie jest on, co prawda, zbyt dokładny, ale

do zwykłych prac bardzo praktyczny, tym bardziej że można go zamocować we wrzecionie i w koniku.

W tym uchwycie przedmiot zamocowuje się kluczem 1 (rys. 157) wkładanym do otworu 2. Zębnik mieszczący się na kluczu zazębia się z pierścieniem zębatym 3, który zaciska szczęki 4.



Rys. 157. Uchwyt wiertarski osadzany we wrzecionie

1 — klucz, 2 — otwór, 3 — pierścień zębasty, 4 — szczęki

Uchwyt taki, osadzany w koniku, nie ma na końcu gwintu, ale przedłużony trzpień.

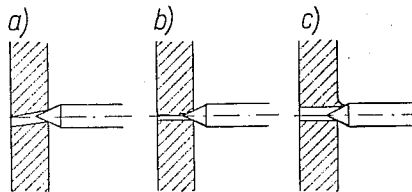
Uchwyt ośmiowkrętowy stosuje się przede wszystkim do mocowania przedmiotów mimośrodkowych (rys. 185). Mocowanie w tym uchwycie jest bardzo zmusne i zajmuje wiele czasu. Najpierw

mocuje się i centruje przedmiot w czterech przednich wkrętach, a potem dopiero dokręca się tylne wkręty, tak by wystający koniec przedmiotu obracał się centrycznie.

Mocowanie na tarczy kleszczowej

Przedmioty grube a krótkie oraz nieforemne mocujemy na tarczy tokarskiej, zwanej kleszczową, za pomocą płytek dociskowych, czyli zacisków (3—109). Tarcza ta jest przyrządem uniwersalnym, lecz mocowanie na niej wymaga stosunkowo długiej manipulacji, gdyż w celu wycentrowania przedmiotu trzeba każdą szczękę i każdy zacisk osobno ustawiać.

Mocując przedmiot na tarczy kleszczowej, przykładamy go do niej czystą powierzchnią, dociągamy zaciski tylko o tyle by przedmiot sam się nie wysunął, centrujemy go za pomocą centrownika i wreszcie dokręcamy na dobre.



Rys. 158. Przyczyny uniemożliwiającej wycentrowanie przedmiotu na tarczy kleszczowej: a) otwór ukośny, b) otwór wyszczerbiony, c) otwór z zadziorem

Otwór do centrowania w przedmiocie powinien być pionowy, gładki i tak owiercony, żeby nie miał zadziorów. Centrownik bowiem nie wycentruje przedmiotu, jeżeli otwór jest ukośny (rys. 158 a), jednostronnie ścięty lub wyszczerbiony (rys. 158 b), albo też ma z jednej strony nie usunięty zadziór (rys. 158 c).

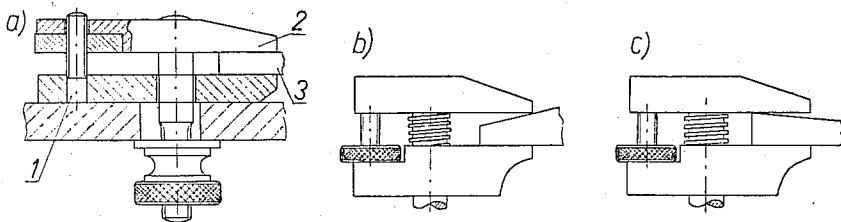
Czasami do należytego wycentrowania wystarczy zagłębienie wybite punktakiem; w tym przypadku centrownik powinien być mniej spiczasty. Oczywiście, przedmiot musi być tak lekko do-

ciągnięty zaciskami kleszczowymi, by pod wpływem docisku centrownika sam się centrował.

W czasie centrowania przedmiot i koniec centrownika obserwuje się przez otwory kontrolne.

Gdy za oparcie dla centrownika służy łożysko kamienne, trzeba uważać, by centrownik nie wymknął się z ręki i nie uszkodził kamienia.

Po podkręceniu śrub 1 (rys. 159 a) i zupełnym wycentrowaniu dociska się zaciski kleszczowe tak silnie, by przedmiot w czasie toczenia się nie przesunął. Dobrze jest, jeżeli szczęka 2 zacisku kleszczowego trzyma przedmiot 3 całą swoją płaszczyzną. Jeżeli



Rys. 159. Mocowanie przedmiotu na tarczy kleszczowej: a) prawidłowe umocowanie przedmiotu równoległego, b) niewłaściwe umocowanie przedmiotu zbieżnego, c) dopuszczalny sposób umocowania przedmiotu zbieżnego

przy nierównym przedmiocie jest to niemożliwe, nie należy chwycić przedmiotu końcami szczęk (rys. 159 b) lub bokami, bo wtedy przedmiot łatwo się obluzuje, ale raczej umocować tak, by szczęka swoim środkiem uchwyciła przedmiot (rys. 159 c). Tym sposobem zabezpieczamy przedmiot przed obluzowaniem.

Jeżeli przedmiot jest niekształtny i dość ciężki, należy tarczę razem z nim wyważyć dodatkowym ciężarkiem.

Tarcza kleszczowa może również zastąpić pionownik. W takim przypadku centrownik dotyka otworu, a kiel z przeciwnej strony znaczy lub wierci otwór, np. w dorabianym mostku.

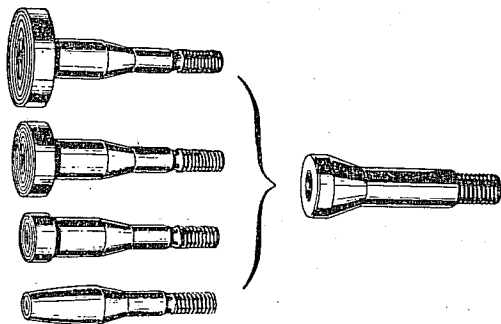
Mocowanie na tarczy łukowej

Musimy czasem toczyć przedmioty bardzo małe i tak delikatne, że nie można ich umocować na tarczy kleszczowej. Wtedy mocujemy je na tarczy łukowej (rys. 160). Jednakże mocowanie przedmiotów na tarczy łukowej jest niewygodne i wymaga sporo czasu, dlatego stosujemy ten sposób tylko wtedy, gdy innych zastosować nie można, np. gdy przedmiot jest tak cienki, że na tarczy kleszczowej by się wyginał.

Tarcze łukowe bywają różnej wielkości. Kilka tarcz o średnicach od 5 do 80 mm stanowi komplet. Większe tarcze mocuje się

bezpośrednio we wrzecionie, a mniejsze (rys. 160) wkręca się do tulei pośredniej. Gwint tarczy lakowej do tokarki prawej jest prawy, a do lewej — lewy, żeby się nie odkręciła podczas pracy.

Zdarza się czasem, że zegarmistrz chce zmienić tokarkę lewą na prawą, wówczas u tarczy lakowej powinien także zmienić gwint. Nie jest to jednak takie łatwe. Aby więc uniknąć tej niedogodności, nowsze tarcze lakowe mają chwytły stożkowe, które



Rys. 160. Mniejsze tarcze lakowe

mocuje się na wcisk z zabezpieczeniem kółkowym. Mocowanie na tarczy lakowej polega na przyklejeniu przedmiotu roztopionym szelakiem lub lakiem. Szelak nabywa się w postaci wałków zwiniętych z cienkich pasków w gorącej wodzie.

W braku szelaku lub laku niektórzy zegarmistrze sporządzają kit woskowo-terpentynowy, roztopiając wosk i domieszając białej

terpentyny w takim stosunku, by po ostudzeniu mieszanina była dosyć twarda. Gdy jest za miękka, rozpuszcza się ją znowu i dodaje nieco wosku.

Jeszcze inni sporządzają kit woskowo-kalafoniowy, składający się z równych części wosku i kalafonii. Roztopiają więc wpięrow trudniej rozpuszczalną kalafonię, dodając wosku przy stałym mieszaniu. Gdyby było więcej wosku, kit byłby za miękki.

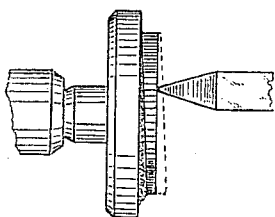
Przyklejanie odbywa się w ten sposób, że ogrzewamy nie szelak, lecz tarczę, a czasami także i przedmiot, gdy jest większy. Następnie ogrzane powierzchnie tarczy i przedmiotu smarujemy szelakiem, składamy i silnie dociskamy jedną do drugiej. Jeśli szelak nie jest przegrzany, to przedmiot trzyma się na tyle, że można go swobodnie toczyć.

Tarczę lakową, osadzoną we wrzecionie, tak się ogrzewa, by płomień nie dotykał powierzchni, na której mamy lakować, gdyż sadze osłabiają siłę przyłakowania. Tarczę i przedmiot przed nagrzewaniem odtłuszcza się dokładnie spirytusem. Jeżeli powierzchnia przedmiotu była świeżo piłowana lub toczona, to odtłuszczenie jest niekonieczne. Nie zaleca się odtłuszczenia benzyną, gdyż resztki tłuszczu w niej zawarte utrudniają połączenie przedmiotu z tarczą.

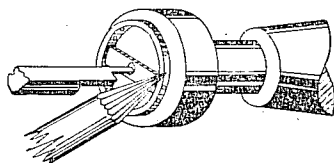
Warstwa szelaku na całej powierzchni tarczy powinna być jednakowa. Dlatego szelak trzeba dobrze rozpuścić, a przedmiot dociskać tak długo, aż wyczuje się, że metal dotyka metalu.

W przeciwnym razie przedmiot po obtoczeniu może mieć niejednakową grubość (rys. 161).

Dopóki szelak jest jeszcze tak ciepły, że przedmiot można na tarczy przesuwac, dopóty obracamy wrzecionem powoli i centrujemy przedmiot. Używamy do tego czyszczaka, trzymając go na podstawie i dotykając nim przedmiotu w środkowym otworze lub na obwodzie (rys. 162). To dotykanie przesuwa przedmiot ku



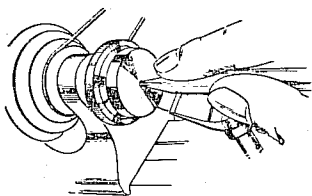
Rys. 161. Skutki błędnego przyślakowania



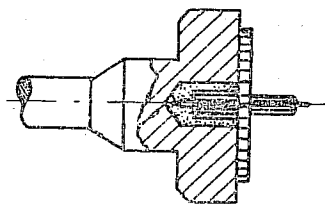
Rys. 162. Centrowanie nalażkowanego balansu

środkowi, dopóki lak nie zastygnie. Przy szybkich obrotach toczarki uderzenie przedmiotu o czyszczak przesunąłoby go za daleko, a nadto siła odśrodkowa przedmiotu zmieniałaby jego pozycję.

Pewnym ułatwieniem w centrowaniu okrągłych przedmiotów są rowki centrycznie rozmieszczone na tarczy lakowej. W nie-



Rys. 163. Centrowanie nalażkowanego bębna



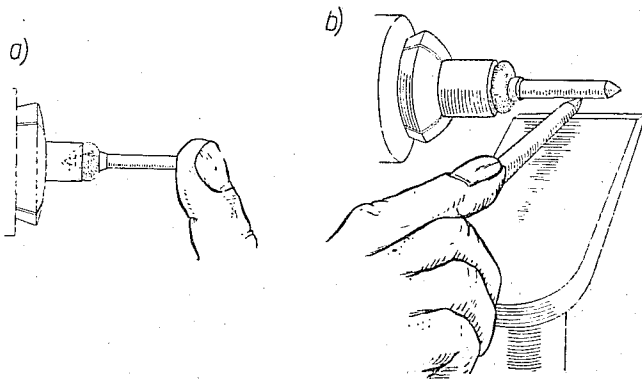
Rys. 164. Koło z zębniakiem na tarczy lakowej z nawiercieniem

których przypadkach, np. przy centrowaniu płyty zegarka, możemy się posłużyć centrownikiem osadzonym w koniku.

Jeżeli przedmiot ma większe rozmiary, ale jest tak cienki, że na tarczy kleszczowej nie można go mocować, a ma niewielki otwór lub w ogóle go nie ma, to nie jest tak łatwo go wycentrować i utrzymać na tarczy, dopóki szelak nie stwardnieje. Kto nie

ma w tym dostatecznej wprawy, lepiej zrobi, jeżeli ten przedmiot wpierw nalakuje na równą i gładką z obydwu stron płytkę i zamocuje razem na tarczy kleszczowej.

Chcąc sprawdzić grubość toczzonego przedmiotu, mierzy się go razem z tarczą, a później odejmuje się jej grubość. Nie jest to jednak mierzenie dokładne. Lepiej jest, gdy tarcza ma wycięcie (3—112), wówczas mierzy się bezpośrednio grubość przedmiotu.



Rys. 165. Mocowanie na tarczy lakowej: a) osi balansu, b) centrowanie końcowe osi balansu

Koło wraz z osią i zębnikiem można również mocować na tarczy lakowej, ale tarcza musi mieć dość głębokie nawiercenie (rys. 164).

W nawierceniu tarczy lakowej, lub nawet w nawierceniu czołowym wałka, mocuje się również osie balansów, zwłaszcza te,

które wymagają poprawek tylko z jednego końca. Centrowanie takiej osi jest o tyle ułatwione, że nawiercenie w tarczy zakończone jest stożkowo. Dzięki temu dosunięta oś sama się centruje, a docentrowuje się tylko część wystająca.

Rys. 166. Mocowanie przedmiotów łukowych na tarczach: a) z występem, b) z wytoczeniem

Oczywiście, najpierw ogrzewa się tę jakby tarczę z nawierceniem, osadzoną już w uchwycie zaciskowym tokarki, a następnie wypełnia się zagłębienie szelakiem. Gdy szelak zmięknie, wkłada się oś balansu w ten sposób, jak to pokazano na rys. 165 a. Wreszcie uruchamia się wrzeciono i palcem przytrzymuje przedmiot, dopóki oś nie zacznie się równo obracać, a szelak nie zastygnie.

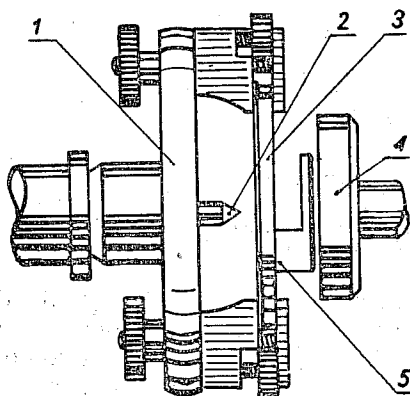
Jeżeli oś nie obraca się zupełnie centrycznie, należy tarczę lakową jeszcze nieco podgrzać, aby szelak zmiękł, i dokoń-

czyć centrowania za pomocą czyszczaka opartego na podstawie (rys. 165 b).

Nawiercenie w tarczy lakowej jest potrzebne i wtedy, gdy w nalakowanym przedmiocie chcemy wywiercić otwór. Wówczas zadziory przy tym występujące, nie odepchną przedmiotu od tarczy.

Przedmioty nie mające otworu lub punktu centrycznego nie jest łatwo wycentrować na tarczy lakowej. Do mocowania przedmiotów łukowych można stosować tarcze lakowe z występem w środku, o który opiera się nalakowany przedmiot (rys. 166 a). To samo zadanie spełnia tarcza z wytoczeniem (rys. 166 b).

Wytoczenie półmostka, zanim jeszcze ustalono otwór na łożysko, jest dość trudne. Racjonalny sposób przeprowadzenia tej pracy jest następujący: Płytę zegarkową 3 (rys. 167) przymocowujemy do tarczy kleszczowej 1 i wycentrowujemy centrownikiem 2. Półmostek 5 przytwierdzamy do



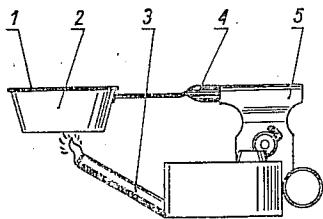
Rys. 167. Centrowanie półmostka na tarczy lakowej za pomocą tarczy kleszczowej

1 — tarcza kleszczowa, 2 — centrownik, 3 — płyta zegarkowa, 4 — tarcza lakowa, 5 — półmostek

płyty 3 za pomocą kołków ustalających. Następnie do tarczy kleszczowej z zamocowaną płytą i półmostkiem dosuwamy konika wraz z osadzoną w nim ogrzaną i naszelakowaną tarczą lakową 4, do której półmostek 5 się przykleja. Po ostygnięciu tarczy odejmujemy płytę 3 i wtedy półmostek możemy swobodnie wytoczyć. W podobny sposób można przeprowadzać na tarczy lakowej i inne niecentryczne wytoczenia.

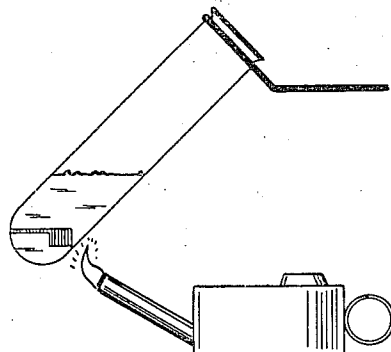
Odlakowywanie przedmiotów od tarczy przeprowadza się przez ogrzewanie jej za pomocą lampki spirytusowej, dopóki szelak się nie rozpuści i dopóki przedmiot łatwo sam nie odejdzie. Przedmioty o prostych krawędziach można odjąć od tarczy po oskrobaniu szelaku. Bardziej skomplikowane przedmioty, zwłaszcza z otworami, trzeba wygotować w spirytusie denaturowanym.

Przylakowane przedmioty wygotowują zegarmistrze w miedzianych naczyniach trzymanyh w ręku nad płomieniem. Gdy spirytus zaczyna parować, płomień dostaje się do naczynia, wskutek czego łatwo się poparzyć lub spowodować pożar. Celem uniknięcia takiego niebezpieczeństwa zaleca się do naczynia 2 (rys. 168) przynitować rączkę 4 oraz przygotować płaską pokrywkę 1. Następnie płonącą lampkę spirytusową 3 umieszcza się pod naczyniem 2, zamocowanym w imadle 5. Skoro na spirytusie powstają



Rys. 168. Bezpieczne naczynie do wygotowania

1 — pokrywka, 2 — naczynie, 3 — lampka spirytusowa, 4 — rączka, 5 — imadło



Rys. 169. Wygotowanie małych przedmiotów w próbówce

małe pęcherzyki, odsuwa się lampkę, aby nie dopuścić do jego wrzenia. Gdyby spirytus się zapalił, przykrywa się naczynie pokrywką, co powoduje natychmiastowe ugaszenie płomienia.

Małe części można wygotowywać w próbówce (rys. 169). Jest to bezpieczniejszy sposób, gdyż gaz uchodzący z wrzącego spirytusu jest bardziej oddalony od płomienia.

SPOSOBY TOCZENIA

Pierwsze próby

Niektórzy mistrzowie rozpoczynają ze swoimi uczniami naukę toczenia (a zwłaszcza zapilowywania stożków) na wałku drewnianym. Nie jest to właściwe, gdyż zegarmistrz ma do czynienia przeważnie z metalami, mającymi inną strukturę i właściwości niż drewno. Naukę toczenia należy zaczynać od ćwiczeń na mosiądzu i na stali. Pierwszą próbę toczenia zaleca się wykonać na odcinku okrągłego pręta, np. 150 mm długości i ok. 5 mm grubości.

Przy początkowych ćwiczeniach tokarskich chodzi nie tylko o zaznajomienie się z obrabiarką, ale również o „wytrobienie oka”,

tak potrzebne w dalszych pracach zegarmistrzowskich. Stąd też wydaje się niesłuszne twierdzenie, jakoby w pierwszych próbach toczenia należało posługiwać się nożem ręcznym — bez suportu, a dopiero po opanowaniu toczenia nożem ręcznym można było przystąpić do toczenia suportowego. Przecież toczenie nożem ręcznym jest znacznie trudniejsze, gdyż trudno jest utrzymać właściwą pozycję noża. Natomiast nóż umocowany w suportie zachowuje dokładnie ustawioną pozycję, toteż uczeń może tym łatwiej nie tylko wyćwiczyć oko, ale i nauczyć się toczyć. A gdy opanuje toczenie suportowe, to i nożem ręcznym łatwiej mu będzie się posługiwać.

Toczenie nożem suportowym

Zegarmistrze na ogół za mało korzystają z suportu. Trzeba przyjąć zasadę, że wszystkie toczenia nowych przedmiotów toczy my zawsze nożem suportowym, a już bezwzględnie korzystamy z suportu wtedy, gdy mamy do toczenia dużą czołową powierzchnię albo długi równy wałek. Suport poprowadzi nam nóż z większą dokładnością, aniżeli moglibyśmy to uczynić ręcznie.

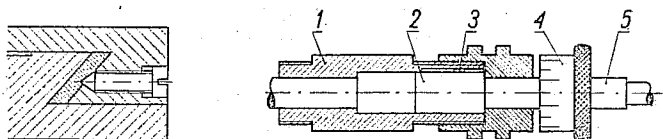
Stosowanie suportu z jego sztywnym umocowaniem noża daje wiele korzyści. Nie tylko wałki naciągowe, ale i osie balansów można toczyć nożem suportowym, byleby był ostry. Również wytoczenia w tarczy lub w innych przedmiotach zamocowanych na tarczy kleszczowej, łatwiej jest wykonać nożem suportowym. Szczególna korzyść z toczenia suportowego polega na tym, że każde podtoczenie, a zwłaszcza podtoczenie zębników, jest dokładnie prostopadłe do osi, co na ogół trudno jest osiągnąć nożem ręcznym.

Podziałka na tulejach korb pozwala toczyć bez częstego używania przyrządów pomiarowych. Jeśli chcemy, by toczony przedmiot walcowy był cieńszy, np. o 0,2 mm, to — po dosunięciu noża do jego powierzchni — ustawiamy tuleję korby suportu na zero. Przy rozpoczynaniu toczenia pokręcamy korbą tylko o jedną kreskę, gdyż będzie się zbierać 0,1 mm materiału wkoło, więc na średnicy uczyni to razem 0,2 mm.

Użyteczność suportu zależy od dokładności zmontowania poszczególnych jego części — bez zbytecznych luzów i bez zacięć. Ponieważ przy tokarce zegarmistrzowskiej nie ma śruby pociągowej, suport mocuje się na stałe, a ruch saniom wzdłużnym i poprzecznym nadaje się dwoma korbami. Bardzo ważne jest to, żeby sanie wzdłużne i poprzeczne były w stosunku do siebie prostopadłe, a sanie wzdłużne dokładnie równoległe do łoża (prowadnicy). Jeżeli nie mamy pewności, że tak jest istotnie, to powinniśmy sprawdzić.

W celu sprawdzenia suportu należy wytoczyć dużą tarczę umocowaną na tarczy kleszczowej i sprawdzić liniałem krawędziowym jej płaskość. Jeżeli okaże się, że nie jest dokładnie płaska, należy nieco zwolnić pionową śrubę łączącą obydwie suporty i — po nieznacznym przekręceniu górnego suportu — znowu przeprowadzić próbę aż do uzyskania dokładnej płaskości. Sprawdzając zaś dokładność prostokątnego ustawienia sań wzdluznych, należy wytoczyć w kłach tokarki długi wałek i zmierzyć mikrometrem, czy nie jest stożkowy.

Z biegiem czasu, szczególnie w razie niedbałej konserwacji, każdy suport zaczyna wykazywać wady w działaniu, tak śrub przesuwających sanie, jak i samych sań, oraz w umocowaniu na łożu. Luz sań suportowych można łatwo zmniejszyć: wystarczy każdy boczny wkręt silnie dokręcić, a następnie nieco zluźnić (rys. 170 a).



Rys. 170. Sanie suportowe: a) uszczelnienie, b) szczegóły wrzeciona korby suportu

1 — część mosiężna, 2 — tulejka, 3 — kołek, 4 — tuleja, 5 — wrzeciono korby

Sań suportowych należy używać w różnych miejscach łoża, ażeby je uchronić od wypracowywania się na jednym tylko odcinku. Składając po oczyszczeniu tuleje korb, trzeba być pewnym, że kołek 3 (rys. 170 b) osadzony sztywno w tulejce 2 trafił w wyżłobienie mosiężnej części 1, w której ułożyskowane jest wrzeciono korby 5. Tuleja 4 osadzona jest tylko z lekkim tarciem i może być w każdej chwili przestawiona na zero.

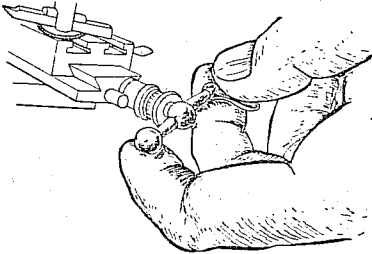
Pokręcanie korbami suportu wymaga pewnej wprawy, która z biegiem czasu łatwo przychodzi. Nie należy szarpać tylko jednym ramieniem korby, bo wówczas nóż wraz z suportem przegina się nieco na boki, wskutek czego na przedmiocie powstają rysy. Należy pokręcać korbą, trzymając ją za obydwie ramiona równocześnie, dzięki czemu nacisk na wrzeciono korby rozkłada się równomiernie (rys. 171).

Tocząc za pomocą suportu, należy skrawać w tym kierunku, gdy nóż swoją skośną powierzchnią idzie ku przodowi (rys. 172). Gdyby nóż skrawał w przeciwnym kierunku, wtedy by drgał, wskutek czego na obrabianej powierzchni powstałyby faliste nierówności.

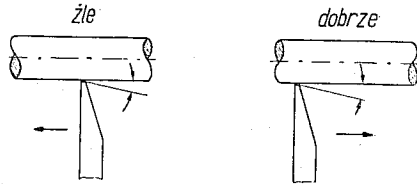
Najlepszym sposobem uniknięcia drgań, oprócz wspomnianego skrawania skośną powierzchnią noża ku przodowi, jest sztywne umocowanie noża i przedmiotu, jak również usunięcie wszelkich

luzów oraz zastosowanie jak najsztywniejszych uchwytów i kłów, a nadto zmniejszenie wysięgu tulei konika i wysięgu noża.

Przy toczeniu suportowym bardzo cienkich wałków istnieje niebezpieczeństwo ich złamania lub skrzywienia, zwłaszcza gdy nie ma się jeszcze dostatecznej wprawy. Aby temu zapobiec, stosuje się dwa przeciwległe noże, umocowane w specjalnym suporcie. Toczy się tu z dwóch stron, a więc szybciej i bezpieczniej. Tym sposobem można toczyć czopy lejkowe, wałki zbieżne, całe



Rys. 171. Sposób pokręcania korbami suportu



Rys. 172. Kierunek skrawania przy toczeniu

osie balansów oraz wytaczać rowki. U nas takiego suportu jeszcze nie ma w sprzedaży, a wykonanie go jest dość trudne. Urządzenie to jest szczegółowo opisane w niemieckim dwutygodniku „*Neue Uhrmacher-Zeitung*” z 1950 r. na str. 93—96 oraz 133—134.

Toczenie nożem ręcznym

Zegarmistrz musi także umieć toczyć nożem ręcznym. Używamy go zasadniczo do drobnych poprawek i przeróbek części gotowych, gdyż wówczas mocowanie i zmiana noża zajęłyby więcej czasu niż samo toczenie.

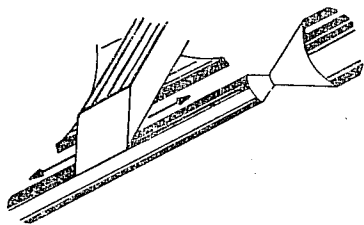
Do pierwszych ćwiczeń tokarskich używamy noża ręcznego z zaokrąglonym wierzchołkiem. Pierwsze próby toczenia polegają na toczeniu powierzchni walcowych. Zaczynamy tę pracę od wolnego końca przedmiotu (gdy zamocowany jest w uchwycie zaciskowym) i stopniowo przesuwamy nóż po podstawce wzdłuż przedmiotu, tak by cały wałek miał jedną średnicę.

Jako następne ćwiczenia w toczeniu powierzchni walcowej zaleca się wykonywanie podtoczeń. W tym celu znowu zaczynamy zbieranie pierwszego wióra od końca do miejsca zamocowania. Drugiego wióra nie skrawamy aż do uchwytu, a z trzecim zatrzymujemy się jeszcze bliżej.

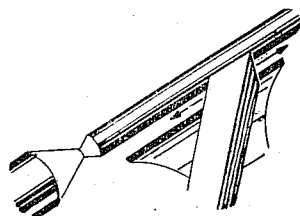
Przy tych pierwszych próbach nie należy rozpraszać się toczeniem na miarę. Chodzi głównie o to, by nabrać wprawy w prowadzeniu noża (i jednoczesnym obracaniu kołem napędowym, jeśli napęd jest ręczny) oraz uzyskać równą i gładką powierzchnię przedmiotu.

Wyrównuje się toczony wałek całą długością krawędzi ostrza, trzymając nóż ręczny tak, że powierzchnia przyłożenia jest zwrócona do góry (rys. 173), albo też w dół (rys. 174). Obydwa sposoby wyrównywania wymagają, żeby nóż był ostry. Dlatego wyglądza się kamieniem oliwionym także boczne ostrza noża.

Trudniej jest toczyć przedmioty niecentryczne i nieokrągłe, np. zębiki, zwłaszcza z początku, przy zbieraniu pierwszego wióra. Zasadnicza umiejętność toczenia przedmiotów obracających się niecentrycznie polega na tym, by nóż silnie osadzony



Rys. 173. Przesuwanie noża przy wygładzaniu



Rys. 174. Wygładzanie nożem odwróconym

w trzonku oprzeć na podstawce, nadać przedmiotowi obrabianemu szybkie obroty i skrawać bardzo cienkie wióry. Żeby to uzyskać, należy nóż tylko nieznacznie zbliżyć do przedmiotu, w przeciwnym razie czubek noża od razu się złamie.

Toczenie nożem ręcznym wymaga ogromnego wyczucia, by nachyleniem ręki wyszukać najodpowiedniejszy kąt dla noża i nadać mu wymagany nacisk. Żeby to osiągnąć, nie wystarczy znać zasady, ale trzeba koniecznie ćwiczyć.

Toczenie długich wałków

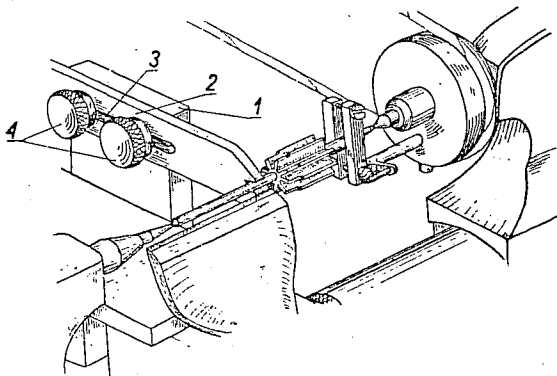
Toczenie długich a cienkich wałków trafia się często i w pracowni zegarmistrzowskiej, np. gdy mamy toczyć zębik minutowy o długich a cienkich czopach, z których jeden wystaje ponad tarczę. Po sprawdzeniu i ewentualnym poprawieniu centryczności czopów mocujemy wałek między kłami tokarki. Gdy taki wałek ugina się pod nożem, należy posłużyć się *podtrzymką*. Niestety, takiego urządzenia przy tokarkach zegarmistrzowskich zwykle nie ma. Można jednak je łatwo dorobić.

Przymocowujemy do sań podstawki słupek 1 (rys. 175), a do niego — przez podłużny otwór 3 — przykręcamy radełkowanymi śrubami 4 właściwą podtrzymkę 2. Dzięki tym śrubom i podłużnemu otworowi podtrzymkę można doregulować, zależnie od grubości toczzonego wałka.

Samo wycięcie podtrzymki, dotykające wałka, jest lekko zaokrąglone i niesymetryczne, tzn. że górna płaszczyzna wycięcia

jest bardziej pozioma, aby pewniej przejmowała nacisk noża. Ten koniec podtrzymki powinien być zahartowany i odpuszczony, a wycięcie dobrze wypolerowane. Przed rozpoczęciem toczenia należy miejsce styku podtrzymki z wałkiem posmarować.

Oczywiście, przedstawioną tu podtrzymkę można różnie udoskonalić, ulepszając np. nastawianie boczne i wprowadzając nastawianie wysokościowe.



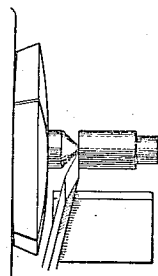
Rys. 175. Podtrzymka przy tokarce zegarmistrzowskiej
1 — słupek, 2 — podtrzymka, 3 — otwór, 4 — śruby

Toczenie powierzchni czołowych

Powierzchnię czołową (rys. 131 a, b), podobnie jak powierzchnię walcową, toczy się różnymi nożami, zależnie od tego, z jakiego materiału jest przedmiot, jaki jest dostęp do tej powierzchni oraz jaki kształt ma mieć toczonego przedmiot między powierzchnią czołową a sąsiadującą z nią powierzchnią — np. walcową.

Na ogół trzeba się starać toczyć najpierw te miejsca, w których jest do zebrania najwięcej wystających nierówności. Jeżeli powierzchnia czołowa jest stosunkowo niewielka, to zwykle toczymy ją tym samym nożem, co powierzchnię walcową, i wtedy sposób obróbki uzależniony jest od kształtu noża. Przedmioty osadzone na trzpieniu tokarskim trzeba tak zamocować, żeby pod wpływem toczenia ich powierzchni czołowych nie przesuwały się po trzpieniu.

Noż jak zwykle, powinien być ustawiany dokładnie na linii osiowej toczonego przedmiotu. Niedokładność ustawienia noża suportowego okaże się tu po obtoczeniu, bo na środku pozostanie „resztką”.



Rys. 176. Odcinanie wałka w tokarce

Jeżeli zamierzamy stoczyć czoło, na przykład o 0,5 mm, to podsunieciu do niego noża ustawiamy tuleję przy korbie na zero, a następnie korbą pokręcamy o 5 kresek; oznacza to, że będzie zdjęty wiór grubości 0,5 mm.

Odcinanie obtoczonego wałka jest także toczeniem czołowym. Czoło wałka powinno być równe, natomiast koniec odcinanej reszty może być stożkowy (rys. 176).

Wytaczanie rowków

Toczenie rowków (kanałów) nożem suportowym, posuwającym się w kierunku prostopadłym do osi obrotu tokarki, zbliżone jest do cięcia. Jest jednak trudniejsze, gdyż ze względu na wąskość rowków nóż nie ma ruchu bocznego. Początkującym tokarzom sprawia to duże trudności i często kończy się urwaniem noża.

Wąskie rowki toczymy nożem o szerokości równej szerokości rowka. Rowki szersze obrabiamy stopniowo. Najpierw toczymy je nożem wąskim, a później rozszerzamy tym samym nożem lub innym.

Przy toczeniu rowków szczególnie ważną rzeczą jest dobór noża o odpowiednim kącie skrawania i kącie natarcia; nóż musi być dostosowany do rodzaju materiału toczzonego.

Podczas toczenia rowka ostrze noża jest otoczone z obu stron metalem i nagrzewa się silniej. Rozgrzany nóż rozszerza się i łatwo może się zaklinować w wytoczonym rowku, co właśnie bywa przyczyną urwania noża.

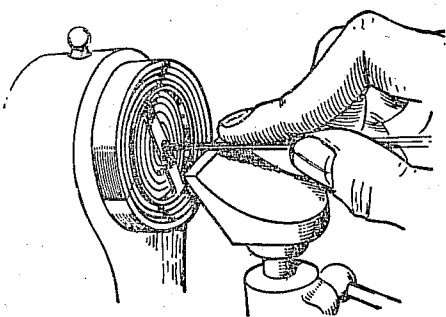
Trudniej jest poprawić istniejący już rowek, np. w ramkach szkieł zegarkowych. Ramkę trzeba oczywiście umocować właściwie. Jeżeli zamocuje się ją niecentrycznie, to podczas wytaczania zniekształca się rowek, a zwłaszcza gdyby się toczyło nożem suportowym przy szybkich obrotach. Wobec tego lepiej jest ramki nie przetaczać, lecz — po jej zamocowaniu w uchwycie stopniowym lub samocentrującym — zbliżyć podstawkę do przeciwległej jej strony od środka i — nastawiwszy tak wrzeciono, by najbardziej odległą część rowka była przy podstawie — przystawić nóż ręczny, po czym pokręcając ręcznie wrzecionem, wykonać jeden lub dwa obroty. W ten sposób rowek należy się pogłębić, bez zniekształcenia lub przesunięcia bocznego.

Roztaczanie otworów

Centryczne roztoczenie otworu zależy w dużej mierze od odpowiedniego zamocowania przedmiotu. Roztoczenie to najdokładniej wykonamy nożem zagiętym suportowym. Drobnych poprawek można też dokonać nożem ręcznym. Szczególnie dogodnie

jest pracować, gdy wrzeciono tokarki obraca się w kierunku odwrotnym do normalnego. Oczywiście skrawanie odbywa się wtedy po przeciwnej stronie osi obrotu.

Roztoczenia otworu w ramieniu balansu możemy dokonać nożem ręcznym. Dobieramy odpowiedni uchwyt stopniowy, mocujemy w nim balans oczywiście, po wykręceniu wkrętów, i zakładamy do tokarki. Podstawkę ustawiamy na wprost miejsca toczenia (rys. 177). Nóż dociskamy do niej silnie i wytaczamy otwór, uważając, by krawędź ostrza była dokładnie na linii osiowej.

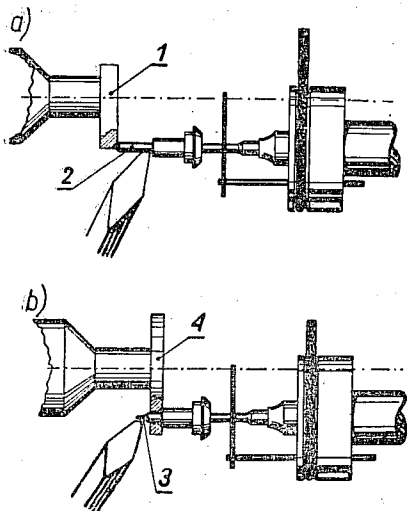


Rys. 177. Roztaczanie otworu w ramieniu balansu

Toczenie i podtaczanie czopów

Jakkolwiek na ogół unika się skrawania stali hartowanej (z wyjątkiem szlifowania), to jednak zaleca się zegarmistrzom cienkie wałki i czopy toczyć ze stali ulepszonej cieplnie przez hartowanie i dość silne odpuszczenie. Zapobiega to skrzywieniu się wałka.

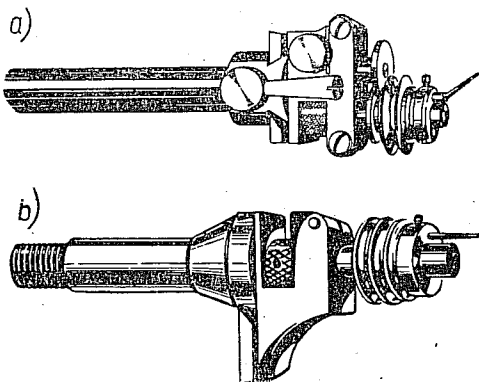
Małe poprawki drobnych stalowych przedmiotów (osie balansów, wałki kotwic) są dość trudne. Np. przy poprawianiu osi balansu bardzo często czop się łamie. Jaka jest tego przyczyna? Otóż nóż ze stali narzędziowej na twardej osi szybko się tępi. A tępy nóż wymaga silniejszego docisku, wskutek czego opory skrawania znacznie wzrastają aż wreszcie przekraczają wytrzymałość czopa i dlatego czop się łamie. Stąd też drobne poprawki takich przedmiotów, zamiast toczeniem lepiej jest wykonać szlifowaniem na tokarce, np. pilnikiem szafirowym lub rubinowym. Trze-



Rys. 178. Toczenie czopa lejkowego: a) w tarczy trójkątnej, b) wykończenie końca czopa w tarczy dośrodkowej

ba przy tym pilnik zwilżać nie zwykłym olejem, ale roztworem składającym się z dwóch części nafty i jednej części oliwy (ostatecznie oleju).

Do toczenia bardzo cienkich i twardych czopów mamy różne urządzenia, które zmniejszają niebezpieczeństwo złamania czopa



Rys. 179. Nastawialny krążek zabierny:
a) do konika, b) do wrzeciona

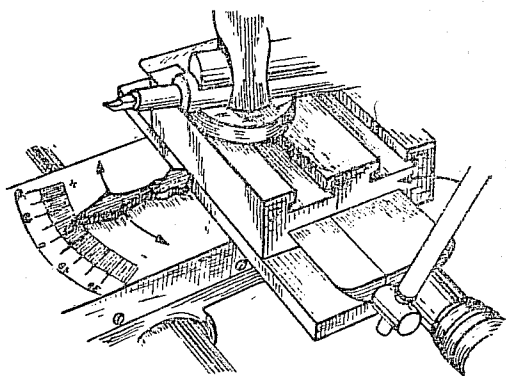
starają się ułatwić dostęp do toczonej części, zwłaszcza do bardzo cienkich czopów. W tym celu konstruowano nastawialny krążek zabierny, wkładany do konika (rys. 179 a) lub do wrzeciona (rys. 179 b). Jednak na takich kombinacjach cierpi nieco dokładność toczenia, wskutek mniejszej sztywności skomplikowanych krążków i kłów.

Toczenie stożków

Na tokarce zegarmistrzowskiej można toczyć stożki trzema sposobami:

1) przesuając nóż ręcznym posuwem suportu górnego; uprzednio ten suport trzeba obrócić o połowę kąta rozwarcia stożka — służy do tego podziałka i strzałka (rys. 180).

2) tocząc powierzchnię nożem kształtowym o krawędzi tnącej, ustawionej pod określonym kątem (rys. 181);



Rys. 180. Podziałka kąтова do ustawiania górnych sań suportu

3) tocząc przy zastosowaniu suportu dolnego i górnego (sposób niedokładny).

Umiejętność toczenia stożków, zwłaszcza za pomocą suportu, jest ważna dla zegarmistrzów i z tego względu, że często dopasowuje się do otworów wygładzanych zbieżnymi rozwiertakami czopy lub inne elementy, które powinny być toczone na tę samą zbieżność.

Toczenie powierzchni kształtowych

Wszystkie powierzchnie toczone na tokarce są powierzchniami obrotowymi, a bryły stąd powstałe są bryłami obrotowymi. Bryłę obrotową można uzyskać przez obracanie linii (prostej lub krzywej) dookoła dowolnej osi. Powierzchnię boczną bryły, utworzoną przez obrót dowolnej krzywej, nazywamy powierzchnią kształtową lub profilową, a linię tworzącą tę powierzchnię — po prostu tworzącą lub profilem bryły.

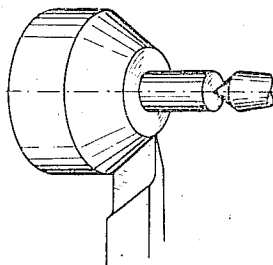
Bryły, których tworzącą ma być ściśle określona krzywa, zegarmistrz toczy jednym z trzech sposobów:

- 1) nadaje ruch obu śrubom pociągowym suportu jednocześnie (ręcznie),
- 2) stosuje noże kształtowe (profilowe),
- 3) odpowiednio prowadzi nóż ręczny.

Sposób pierwszy jest dość trudny i mało dokładny, jednak w celu dorobienia pojedynczych przedmiotów często przez zegarmistrzów stosowany. Natomiast sposób drugi — bardzo dokładny — stosuje się raczej przy produkcji seryjnej. Stosunkowo najlepsze wyniki daje kolejne zastosowanie sposobu pierwszego i trzeciego. Wówczas zgrubnie nadaje się kształt nożem suportowym, a wykończa się i koryguje nożem ręcznym.

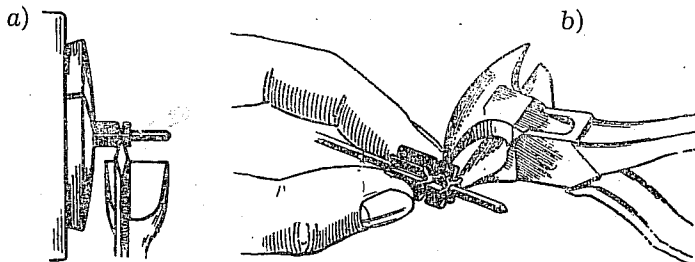
Podtaczanie zębników

Do dosyć trudnych prac tokarskich należy podtaczanie zębniaka na czopy oraz w celu osadzenia na nim koła. Surowy zębniak mocuje się w uchwycie zaciskowym tokarki. Przy należytych dobraniu uchwytu i ostrożnym zaciśnięciu zęby zębniaka się nie uszkodzą. Małe zębniaki — podobnie zresztą jak i inne delikatne przedmioty — lepiej jest zaciskać w mosiężnych wkładkach zaciskowych, które się zamocowuje w uchwycie zaciskowym średnicy 5 mm.



Rys. 181 Toczenie powierzchni stożkowej nożem kształtowym

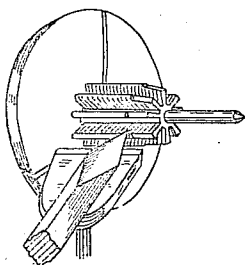
Przede wszystkim skraca się zęby na odpowiednią, wymiarem określoną długość. W tym celu wykonuje się wtoczenie, trzymając nóż tak, jak to widzimy na rys. 182 a, przyciskając go silnie do podstawki i dosuwając bardzo ostrożnie, aby nie ułamać zaraz na wstępie czubka noża. Gdy wtoczenie osiągnie dna wrębów,



Rys. 182. Podtaczanie zębników: a) skrącanie, b) odłamywanie górnej części zębów

czasem można sobie zaoszczędzić dalszego toczenia i ścinania zbędnej części zębów, odłamując ją szczypcami (rys. 182 b), aby później dopiero miejsca te wyrównać nożem.

Ten sposób toczenia wymaga bardzo szybkich obrotów wrzeciona tokarki oraz stwarza niebezpieczeństwo wyłamania zębów zębownika. E. Litwin radzi sobie w ten sposób, że mocuje zębnik w uchwycie zaciskowym na potrzebną długość i spiłowuje zęby pilnikiem, napędzając normalnie tokarkę. Po spiłowaniu zębów toczy dalej, aż do uzyskania potrzebnego wymiaru. Postępuje on tak samo, gdy koło ma być osadzone na zębniku: z grubsza piluje, a wykończa nożem.



Rys. 183. Podtaczanie zębów zębownika dla koła

Jeżeli na zębniku ma być zanitowane koło, to nie można odłamywać zębów, lecz tylko toczyć, trzymając nóż podobnie jak poprzednio, lub piłować. Podtoczenie dla koła robi się nieco stożkowe, by resztki zębów lepiej wcisnęły się w jego piastę (rys. 183).

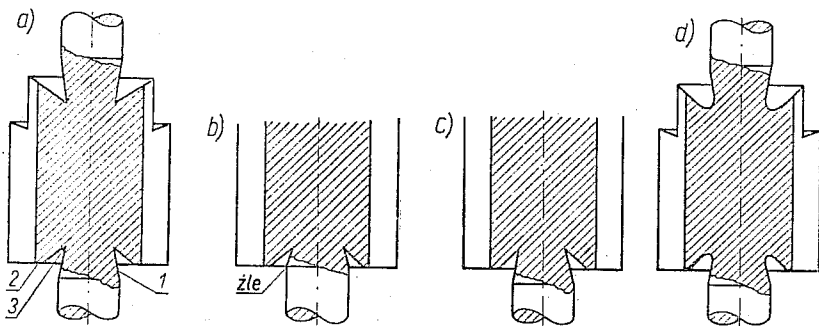
Oprócz tego trzeba jeszcze wykonać wtoczenie w czole zębownika, w celu zanitowania koła. W jednym końcu zębownika jest ono konieczne, w drugim zaś — ze względu na symetrię i ograniczenie rozpiływania się oliwy z czopów — potrzebne.

Gdy trzeba nieco skrócić zębnik, także stacza się go od czola. Jednak toczenie od czola nie jest tak trudne i niebezpieczne jak staczanie zębów po obwodzie zębownika.

Rys. 184 a pokazuje wtoczenia. Zauważamy tu stożkową część osi 1, która ułatwia polerowanie czola 2. Stożkowatość ta nie

powinna być tak wielka, by narażała oś na złamanie się w miejscu 3. Jeżeli jednak jest ona tak mała, że nie odróżnia się od walcowej części osi, albo jeżeli granica między częścią walcową a stożkową leży na wysokości czoła (rys. 184 b), to nie można dobrze go wypolerować. Stożek powinien ponad koniecznie wystawać czoło.

Również nieodpowiednie byłoby wtoczenie, gdyby sięgało aż do dna wrębów (rys. 184 c). Wtedy bowiem zniknąłby całkowicie pierścień u stóp zębów. Wtoczenie powinno być jak najstaranniej opolerowane, a dno jego — według dotychczasowej zasady — jak najostrzejsze. Używamy tu noża tak spiczastego, aby podczas pra-



Rys. 184. Wtoczenia zębniaka: a) właściwe, b) niewłaściwe, c) granice wtoczenia, d) zaokrąglone dna wtoczeń

cy tylko jedna strona jego ostrza była czynna, w przeciwnym bowiem razie ostrze się wyłamuje. Z początku można użyć noża z zaokrąglonym czubkiem, a potem, gdy już głębokość wtoczenia jest dostateczna, wytacza się samo dno nożem mocno spiczastym. Tak postępując i zachowując przy tym należyłą ostrożność, nie naraża się czubka noża na ukruszenie.

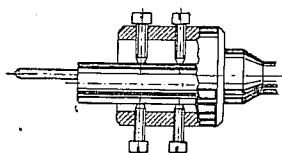
Wydaje się jednak, że wielka ostrość dna wtoczenia, praktykowana tradycyjnie, jest z punktu widzenia ogólnotechnicznego błędem, stwarza bowiem niebezpieczeństwo złamania zębniaka. Z tego więc względu odpowiedniejsze jest łagodne wtoczenie, pokazane na rys. 184 d. Za jego wprowadzeniem przemawia wiele względów: większa łatwość i szybkość wykonania oraz nienarazanie narzędzi na uszkodzenie.

Jakiegokolwiek będzie wtoczenie, początkujący zegarmistrz powinien zwracać pilną uwagę, by nie było za głębokie.

Oś szlifuje się i poleruje przed wykonaniem wtoczenia, w przeciwnym razie mogłaby w czasie tych czynności złamać się w najcieńszym miejscu.

Toczenie mimośrodków

Toczenie mimośrodowe (ekscentryczne tulejki łożyskowe i inne większe przedmioty) można wykonać w uchwycie ośmiowkrętowym. Tę część przedmiotu, która ma pozostać centryczna, przesuujemy wkrętami tak daleko od linii osiowej, by część ekscentryczna była dokładnie w środku, wówczas wystająca część toczymy, polerujemy lub też gwintujemy (rys. 185).



Rys. 185. Toczenie mimośrodu w uchwycie ośmiowkrętowym

Chcąc wygładzić przedmiot okrągły, toczymy go całą długością krawędzi ostrza (rys. 173), potem — jeśli jest stalowy — szlifujemy i polerujemy, zależnie od potrzeby. Polerować można również samym nożem, byleby jego krawędź tnąca była bardzo ostra i wypolerowana i byleby tokarka miała szybkie obroty, a chłodzenie było wystarczające.

Przy polerowaniu toczeniem najważniejszą rzeczą jest ostrze noża. Jakie ostrze, taki połysk: jeśli ostrze jest pięknie wypolerowane, również przedmiot będzie miał ładny połysk. Wynika z tego, że skoro tylko ostrze zaczyna tracić połysk, trzeba je wypolerować. Często można pominąć zwykle polerowanie polewnikiem stopowym i diamentyną, wystarczy pociągnąć ostrze irchą posypaną diamentyną.

Drugim nieodzownym warunkiem powodzenia jest jak najcieńszy wiór. Nóż musi dosłownie tylko muskać przedmiot. Przy tym nie można go zatrzymywać w jednym miejscu, lecz stale, bardzo lekko i równomiernie go prowadzić. Nawet najdokładniej wypolerowane ostrze ma mikroskopijne szczybki. Jeśli zatrzymujemy nóż na jednym miejscu, to szczybki pozostawiają po sobie wypukłe pierścienie, jeśli zaś nóż przesuujemy, wystające jego części ustawicznie ścinają tworzące się pierścienie.

Wypolerowaną toczeniem powierzchnię można doprowadzić do pięknego połysku, polerując ją rdzeniem bzu zwilżonym spirytusem i lekko posypanym „rubinozą”, czyli czerwoną diamentyną. Żadnych innych środków stosować nie potrzeba. A gdyby polerowanie toczeniem wyszło nieszczególnie, to nic zgoła nie pomoże. Środki polerownicze tylko pogłębią rysy i powierzchnia stanie się matowa.

Polerowanie toczeniem daje świetne wyniki i wcale nie jest tak trudne, jakby to mogło z naszego opisu wynikać.

Toczenie diamentem

Noże diamentowe mają zastosowanie w przemyśle zegarowym przy obróbce kamieni oraz toczeniu wkrętów balansowych, balansów i kopert ze stali nierdzewnej. Nóż taki, przy należyтым obchodzeniu się z nim, jest bardzo długotrwały. Dopiero po obróbeniu kilkudziesięciu a nawet kilkuset tysięcy przedmiotów, wymaga on ponownego naostrzenia, które się przeprowadza proszkiem diamentowym.

Cechą charakterystyczną obróbki diamentem jest stosowanie dużej szybkości skrawania, a małego posuwu (10—20 mikronów) i cienkiego wióra (poniżej 0,15 mm), wskutek czego otrzymuje się powierzchnie błyszczące, jakby polerowane, o dużej dokładności wymiarów. Przy większych posuwach lub większej grubości wióra wyniki toczenia mogą być gorsze niż zwykłym nożem.

Zetknięcie ostrza z przedmiotem powinno następować łagodnie, gdyż przy uderzeniu diament może pęknąć z powodu swej kruchości.

Przedmiot powinien mieć powierzchnię gładką i jednorodną. Występy i szczyby narażają diament na pęknięcie.

BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY PRZY TOCZENIU

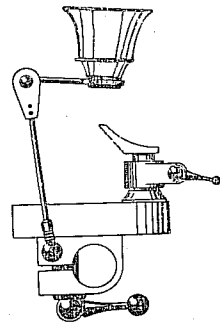
Przy toczeniu trzeba przede wszystkim chronić oczy. Ochroną tą podczas toczenia małych przedmiotów będzie lupa, której używamy w celu polepszenia widoczności. Gdy lupa nie jest konieczna, trzeba założyć okulary ochronne.

Proste urządzenie do umocowania lupy przy tokarce, jakie widzimy na rys. 186, można łatwo samemu wykonać. Jest ono bardzo korzystne, bo podczas dłuższego trzymania lupy przy oku mięśnie się męczą.

Oprócz lupy przymocowanej do tokarki można jednocześnie używać lupy zwykłej, aby przez dwa szkła uzyskać silniejsze powiększenie drobnych części.

Bardzo pożyteczna jest lupa dwuocznna: pozwala na utrzymanie stereoskopowości widzenia, nie męczy wzroku i stanowi doskonałą ochronę oczu.

Ważne jest również dobre oświetlenie toczonego przedmiotu. Oświetlenie miejsca toczenia i umocowanie lupy jest w niektórych tokarkach zmontowane razem. Kawałek białego papieru położony za toczoneym przedmiotem polepsza jego widoczność.



Rys. 186. Umocowanie lupy przy tokarce

Można też na saniach podstawki położyć pudełeczko z białego celuloidu, które jest zarazem zabezpieczeniem przed upadkiem toczzonego przedmiotu na podłogę.

Trzeba także dbać o należyłą pozycję ciała podczas toczenia. Nie wykrzywiać kręgosłupa ani zbyt nie nachylać. Niektórzy zegarmistrze mają zwyczaj w czasie toczenia wspierać podbródek na łożu (prowadnicy). Nie należy tak czynić, i to nie tylko dlatego, że oddycha się na części tokarki, a osiadająca para powoduje ich rdzewienie, ale i dlatego, że dociskając podbródkiem łożo, lekko się je wygina, co powoduje błędy w toczeniu.

6. FREZOWANIE

UWAGI OGÓLNE

Frezowanie jest to rodzaj obróbki mechanicznej polegającej na zdejmowaniu wiórów z powierzchni przesuwanego się przedmiotu za pomocą wirującego narzędzia wielostrzowego, czyli freza. Frez i przedmiot zamocowane są na obrabiarce zwanej frezarką.

Frezowanie stosujemy zasadniczo do obróbki:

- 1) powierzchni płaskich (płaszczyzn),
- 2) powierzchni kształtowych (zakrzywionych).

Powierzchnie kształtowe uzyskuje się przez zastosowanie złożonego ruchu przedmiotu frezowanego albo freza kształtowego („profilowego”). W niektórych przypadkach stosuje się też obydwie metody jednocześnie.

W szczególności metodą frezowania wykonuje się:

- wieloboki (np. łyby sześciokątne śrub),
- rowki na wpusty,
- prowadnice w obrabiarkach,
- koła zębate i zębatki,
- gwinty zewnętrzne, wewnętrzne itp.

Zalety frezowania

Zegarmistrz jest przyzwyczajony wiele prac możliwych do wykonania na frezarce wykonywać ręcznie za pomocą pilnika albo przez stosowanie skomplikowanych operacji tokarskich. Rzadziej stosuje on suport, mimo że wiele prac łatwiej jest wykonać za pomocą takiego urządzenia. Natomiast mechanicy pracujący w zakładach przemysłowych, a nadto zegarmistrze w krajach bardziej uprzemysłowionych, już od dawna frezują wiele przed-

miotów, które przedtem toczyli, i osiągają w krótszym czasie lepsze wyniki. A więc i polscy zegarmistrze mogą i powinni w większym stopniu posługiwać się frezem.

Przyznać jednak trzeba, że np. nafrezowanie jednego tylko koła jest rzeczą żmudną i mało opłacalną. Jeśli chodzi o zwykły budzik lub chodziki, to bardziej się opłaca wbudować nowy mechanizm albo kupić cały zegar.

Inna rzecz, gdy wchodzi w grę szczególnie wartościowy mechanizm lub antyk, a zwłaszcza gdy właściciel jest zbieraczem lub gdy zegar jest drogocenną pamiątką; w takim przypadku warto się zdobyć na trud wykonania brakujących części na frezarce, gdyż o koszty naprawy zapewne nie będzie właścicielowi chodziło.

Za posiadaniem frezarki przemawia jeszcze i to, że uczniowie mogą się wprawiać nie tylko w wykonywaniu poszczególnych kół, ale i całych modeli, jako sztuk czeladniczych lub mistrzowskich. Można też wykonać własny zegar wzorcowy, co jest ważnym czynnikiem reklamowym, a zwłaszcza gdy taki dobrze chodzący zegar umieści się na wystawie z napisem: „zegar wykonany na miejscu”.

Niestety, uniwersalna frezarka stołowa, nadająca się do prac zegarmistrzowskich, jest maszyną kosztowną¹⁾, dlatego na jej nabycie mogą sobie pozwolić tylko duże i bogate zakłady. Jednak i przeciętny zegarmistrz może uzyskać możliwość frezowania przez odpowiednie wyposażenie tokarki zegarmistrzowskiej.

URZĄDZENIA DO FREZOWANIA

Frezowanie na tokarce

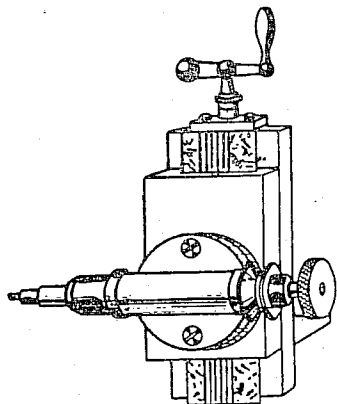
Zegarmistrz, który przy swej tokarce ma urządzenie do frezowania i który przełamie pierwsze trudności, wkrótce będzie na niej wykonywał nawet bardziej skomplikowane prace frezarskie. Niejednokrotnie więc żmudne piłowanie lub toczenie zastąpi frezowaniem.

Za minimum wyposażenia tokarki umożliwiającego frezowanie uważamy suport pionowy do tokarki łącznie z podzielnicą i odpowiednią ilością frezów. Bardzo jednak korzystne i wygodne jest stosowanie specjalnego suportu z wrzecionem frezarskim (rys. 187).

Zamożniejsi zegarmistrze, oprócz małej tokarki z napędem ręcznym, używanej do drobniejszych i prostszych prac tokar-

¹⁾ Frezarka pozioma produkowana przez Zakłady Metalowe w Skarżysku, w 1959 r. kosztowała 14 100 zł, a frezarka pionowa — 19 500 zł.

skich, mają drugą tokarkę o napędzie elektrycznym i z dużym kompletem urządzeń pomocniczych, dających możliwość wykonania nawet bardzo skomplikowanych robót z dużą dokładnością i w stosunkowo krótkim czasie. Jeżeli jednak ktoś jest posiadaczem tylko suportu krzyżowego i pionowego, to może je stosować z dużą korzyścią do wielu prac, a zwłaszcza przy wykonywaniu nowych części.



Rys. 187. Suport pionowy z wrzecionem frezarskim

Suport pionowy zmontowany jest na suportie krzyżowym, dlatego też można go przesuwając nie tylko w górę i w dół, ale również przesuwając wzdłuż i w poprzek łoża tokarki oraz obracać w lewo lub w prawo do 90°. Dzięki temu można na takim urządzeniu frezować:

- koła i zębniaki z uzębieniem czołowym,
- koła i zębniaki z uzębieniem koronowym,
- koła i zębniaki stożkowe,
- koła zapadkowe i sprzęgelniki.

Natomiast kół i zębniaków z uzębieniem śrubowym („skośnym”), jakże na przykład stosowane są przy mikroskopach, frezować już nie można, gdyż do tego uzębienia potrzebne są specjalne maszyny.

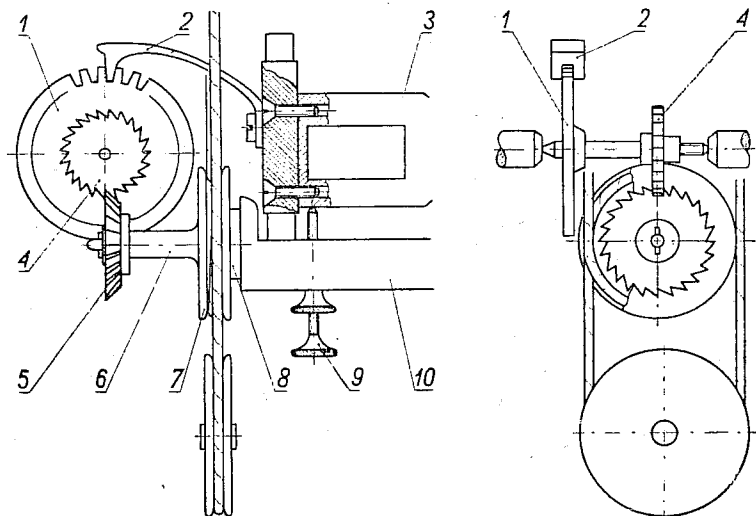
Proste urządzenie do frezowania zębów

Jeżeli zegarmistrz nie ma frezarki ani suportu pionowego u tokarki, a zachodzi potrzeba nafrezowania zwykłego koła zębatego, to może sobie sam wykonać prymitywne urządzenie do tego celu i zmontować je nawet przy tokarce kłowej. Takim urządzeniem można frezować koła zębate, zapadkowe, a nawet zębniaki.

Urządzenie to widzimy na rys. 188. Część 10 z czopem 8, umocowana jest przesuwnie na dwóch równoległych trzpieniach, osadzonych w części 3 i przymocowanych razem do podstawki tokarskiej. Tuleja 6, na której osadzone jest koło pasowe 7, i frez 5 obracają się na czopie 8 prawie bez luzu. Pasek silnika porusza koło pasowe 7.

Koło 4, które ma być frezowane, umieszczone jest na trzpieniu między dwoma kłami wewnętrznymi, łącznie z tarczą podziałową 1. Tarczą podziałową, ustalaną zastawką 2, może być stare koło z tyłu zębami, ile mamy w nowym nacinać.

Przystępując do frezowania, zblizamy frez z całym urządzeniem do koła 4, na którym mamy wyrobić zęby. Głębokość wrębu ustala śruba 9. Po nafrezowaniu jednego wrębu odsuwamy frez, przestawiamy tarczę podziałową i frezowanie prowadzimy dalej.



.Rys. 188. Prymitywne urządzenie do frezowania zębów kół

FREZY

Frezy są to narzędzia obrotowe o wielu ostrzach (zębach), na obwodzie lub na czole, a czasem i na obwodzie i na czole. Ruchy przy frezowaniu najczęściej są rozłożone, tzn. frez się obraca ruchem głównym, a przedmiot wykonywa ruch posuwowy; lecz zdarza się, że frez wykonywa oba ruchy.

Frezy — to narzędzia najbardziej zróżnicowane, o największej różnorodności kształtów.

Średnica freza jest to średnica koła opisanego na zębach freza. Do małych obrabiarek, jakich używają zegarmistrze, nie stosuje się frezów większych niż średnicy 20 mm, gdyż w miarę wzrostu średnicy frezów zwiększa się moment siły potrzebnej do skrawania, wskutek czego obrabiarka zbyt szybko się zużywa.

Ilość ostrzy tnących u frezów jest różna. Rośnie ona przede wszystkim ze średnicą freza; większa jest też u freza do obróbki wykończającej niż u freza stosowanego przy obróbce zgrubnej. Ilość tych ostrzy zależy również od ilości obrotów freza: im więcej obrotów, tym mniejsza może być ilość ostrzy. Szybkość

skrawania frezem wynosi 100—1000 m/min, zależnie od materiału frezowanego i freza.

W zależności od rodzaju wykonywanych prac, stosuje się w mechanice ogólnej frezy o różnych kształtach i dzieli się je pod względem kształtu na wiele grup.

Zegarmistrz używa na ogół tylko frezów tarczowych (walcowych i profilowych o uzębieniu jednościnnowym lub trójścinnowym).

Frez do frezowania zębów. Szczególną i ważną grupę frezów profilowych tworzą frezy modułowe do nacinania kół zębatach o zarysie cykloidalnym korygowanym (zegarowym), rzadziej o ewolwentowym.

Frez tarczowy może pracować zarówno obwodem, jak i obu czołami. Służy on do obróbki powierzchni płaskich, a także do wykonywania rowków. Natomiast frez tarczowy modułowy (rys. 197), służący do obróbki kół zębatach, nie ma wyróżnionego czoła lub obwodu, gdyż jego profil składa się z linii krzywych.

Ponieważ kształt wrębu zależy od liczby zębów obrabianego koła oraz od modułu, przeto dla każdej liczby zębów (gdy ta liczba jest mała, np. 20) o tym samym module powinien być inny frez. Zegarmistrze jednak nie mają tak wielu frezów, więc tym samym frezem krążkowym frezują zęby w kołach o zbliżonej liczbie zębów.

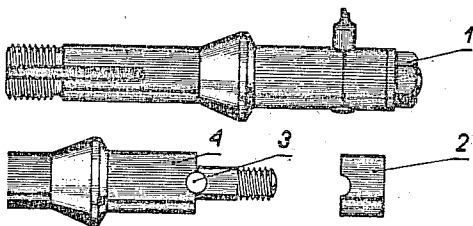
Frez do nacinania kół zębatach mechanizmów zegarowych można podzielić na 3 odrębne rodzaje:

1) *frezy składane*, które na obwodzie głowicy mają jeden lub kilka wstawianych noży-zębów;

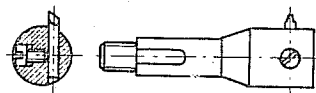
2) *frezy tarczowe*, stosowane najczęściej przez zegarmistrzów oraz w przemyśle do frezowania zębników, kół wychwytowych i zapadkowych;

3) *frezy do frezowania obwiedniowego*, stosowane w przemyśle do frezowania kół zębatach przekładni.

Głowice frezarskie profilowe jednozębne w pracowniach zegarmistrzowskich znajdują częste zastosowanie, gdyż są łatwe do



Rys. 189. Mocowanie zęba w głowicy



Rys. 190. Głowica do małych zębów

wykonania i przy dość dużych obrotach frezują zadowalająco przedmioty mosiężne.

Noże-zęby do głowicy należy robić z okrągłej stali jednego wymiaru, ściśle dopasowanego do otworu głowicy. Sam ząb powinien wystawać jak najmniej, aby uniknąć drgań.

Najczęściej stosowana głowica przedstawiona jest na rys. 189. Ponieważ po włożeniu zęba w otwór 3, część głowicy 2 nie zupełnie dochodzi do części 4, dlatego po dokręceniu nakrętki 1 ząb tkwi mocno i pewnie.

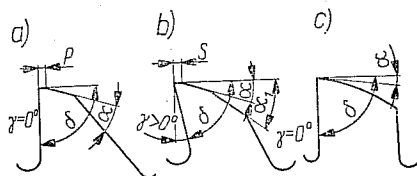
Bywają także jeszcze inne konstrukcje głowic, w których ząb umocowany jest wkrętem (rys. 190).

Geometria zębów freza. Krawędź skrawająca freza ma takie same kąty główne jak nóż tokarski, a więc kąt przyłożenia α , kąt skrawania δ i kąt natarcia γ (rys. 191). Wielkość tych kątów zależy od rodzaju materiału obrabianego. Ze względu na kształt rozróżnia się zęby: jednościenne, dwuścienne i zataczane.

Zęby jednościenne (rys. 191 a), jako słabsze, są obecnie używane tylko w mechanice precyzyjnej i zegarmistrzostwie.

Zęby dwuścienne (rys. 191 b), których tylną powierzchnię kształtuje kąt przyłożenia α' i dodatkowy kąt α'' , mają zęby silniejsze i umożliwiają skrawanie grubych wiórów.

Zęby zataczane (rys. 191 c) mają powierzchnię tylną (przyłożenia) ukształtowaną według spirali logarytmicznej. Czoło zęba (powierzchnia natarcia) jest płaszczyzną promieniową lub nachyloną w stosunku do promienia.



Rys. 191. Zęby freza: a) jednościenne, b) dwuścienne, c) zataczany

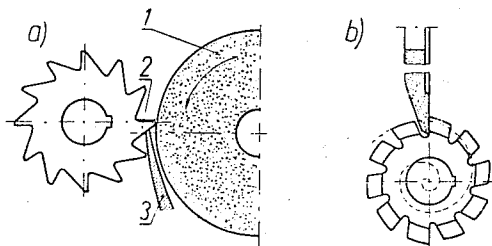
Materiały do wyrobu frezów

Do wyrobu części tnących freza używamy stali narzędziowych. Są to stale wysokowęglowe (0,5—1,2% węgla) lub stopowe, w których głównym składnikiem stopowym jest zwykle wolfram lub chrom. W porównaniu ze stalami narzędziowymi węglowymi stale stopowe, a zwłaszcza tzw. szybko tnące, są bardziej odporne na wysoką temperaturę. Zachowują one swą twardość w temperaturze dochodzącej nawet do 600°. Poza tym stale szybko tnące wykazują dużą odporność na ścieranie, co przyczynia się do tego, że ostrze narzędzia skrawającego wolniej się tępi.

Trwałość ostrza narzędzia skrawającego zależy nie tylko od materiału, z którego jest ono wykonane, lecz również jeszcze od wielu innych czynników, takich jak np. rodzaj materiału skrawanego, szybkość skrawania, warunki chłodzenia narzędzia, średnica freza, szerokość i głębokość frezowania, posuw.

Ostrzenie i konserwacja frezów

Ostrzenie frezów ścinowych odbywa się w sposób przedstawiony na rys. 192 a. Przy ostrzeniu takich frezów niepotrzebna jest podzielnica, gdyż każdy zęb freza 2 opiera się o podstawkę 3, a ściernica 1 zamocowana jest razem z podstawką w suporcju i ostrzy każdy zęb freza oddzielnie. Ostrzenie zębów jedno i dwu-ścinowych przeprowadza się w ten sam sposób. Ściernica powinna być umieszczona o kilka stopni niżej od osi freza. Chodzi bowiem o to, by uzyskać odpowiedni kąt przyłożenia zęba freza.



Rys. 192. Ostrzenie freza: a) ścinowego
b) zataczanego

Frezy z zębami zataczanymi ostrzy się inaczej, gdyż ściernica wchodzi we wręb i szlifuje tylko powierzchnię natarcia (rys. 192 b). U frezów zataczanych profilowych nie powinno się zmieniać kąta nachylenia powierzchni czołowej zęba, gdyż powoduje to zmianę pierwotnego profilu.

Konserwacja frezów. Frezy — to narzędzia bardzo drogie, dlatego trzeba się z nimi obchodzić szczególnie pieczołowicie. Żadną miarą nie należy używać frezów stępionych, nawet gdy stępione są tylko niektóre zęby.

Krawędzie tnące freza ścierają się w czasie frezowania, na skutek czego powstaje przy nich tzw. „łysinka”, tj. wąski pasek powierzchni walcowej. Po wielkości tej „łysinki” rozpoznaje się więc stopień stępienia freza. Szybkie tępienie się freza powodują między innymi drgania maszyny w czasie frezowania, „bicie” freza i wyginanie się trzpienia frezarskiego. Do przechowywania frezy trzeba tak ułożyć, by się nie stykały zębami. Najlepiej jest każdy z nich owinać szmatą.

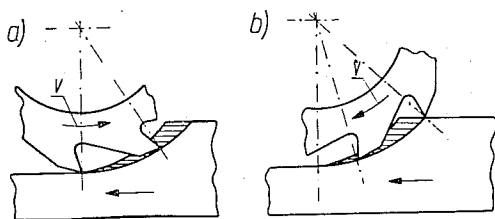
Frezy, które przez dłuższy czas nie będą używane, należy powlec warstewką smaru dla ochrony przed zardzewieniem.

WARUNKI FREZOWANIA

Podstawowe warunki skrawania, a więc twardość i kształt narzędzia skrawającego oraz ruch narzędzia lub materiału obrabianego, obowiązują także i przy frezowaniu.

Ruchy podstawowe przy frezowaniu mogą być rozdzielone między narzędzie i przedmiot obrabiany, jednak frez wykonuje zawsze ruch obrotowy. Ruch główny skrawający wykonuje narzędzie, ruch posuwowy przedmiot obrabiany, czasem frez — ale zawsze w kierunku prostopadłym do osi swego obrotu.

Kierunek ruchu posuwowego przedmiotu może być przeciwny względem kierunku obrotu freza (rys. 193 a — frezowanie prze-



Rys. 193. Frezowanie: a) przeciwbieżne, b) współbieżne

ciwbieżne) lub zgodny z nim (rys. 193 b — frezowanie współbieżne). Ten drugi sposób frezowania jest jednak rzadko stosowany, gdyż wymaga specjalnych frezarek i frezów.

Powierzchnia frezowana jest tym gładsza, im większa jest średnica freza, mniejszy posuw, większa szybkość skrawania i większa ilość zębów na jednostkę obwodu.

Szybkość skrawania przy frezowaniu. Szybkości obrotowej freza, mierzonej ilością wykonanych obrotów w ciągu jednej minuty, odpowiada określona szybkość obwodowa krawędzi tnących freza, która nazywa się szybkością skrawania przy frezowaniu.

Szybkość skrawania v przy frezowaniu określa się w metrach na minutę według wzoru:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ m/min}$$

gdzie:

D — średnica freza w milimetrach,

n — liczba obrotów freza na minutę.

Przy frezowaniu pracuje jednocześnie kilka zębów, jednak każdy ząb pracuje przez krótki okres obrotu freza, a podczas reszty obrotu nie styka się wcale z przedmiotem obrabianym.

Im mniejsza liczba zębów freza, tym większy przekrój każdego zęba i jednocześnie tym lepsze warunki odprowadzania wiórów.

Wpływa to również na pewne zwiększenie dopuszczalnej szybkości skrawania.

Jeżeli freza używamy do frezowania przedmiotów stalowych, to musi on mieć mniejszą szybkość obwodową aniżeli np. przy frezowaniu mosiądzu. Przy stałych obrotach osiąga się to wtedy, gdy średnica freza do stali jest mniejsza niż freza do mosiądzu i innych materiałów o małej twardości (do 15 mm średnicy). Oprócz innych racji dochodzi i ta, że mniejsze frezy łatwiej jest wykonać i zahartować oraz że mniej się one psują.

FREZOWANIE PŁASZCZYZN

Powierzchnie płaskie można frezować albo obwodem freza walcowego, albo czołem freza walcowo-czołowego, albo wreszcie głowicą frezarską.

Frezowanie walcowe. Do frezowania płaszczyzn należy stosować małe szybkości, a duże posuwy oraz frezy o małej ilości zębów, natomiast podczas gładzenia stosuje się duże szybkości, a małe posuwy.

Przy frezowaniu walcowym przeciwbieżnym (rys. 193 a) warunki zużycia frezów są szczególnie niekorzystne, gdyż w chwili wcinania się grubość warstwy skrawanej jest teoretycznie równa zeru, co powoduje tendencję do poślizgu.

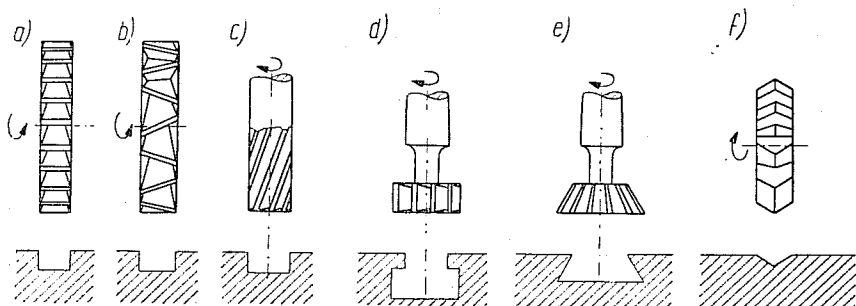
Dla uniknięcia niepożądanego ślizgania się ostrza po powierzchni materiału przy frezowaniu walcowym można by stosować metodę frezowania współbieżnego (rys. 193 b), przy którym kierunki obrotu freza i posuwu przedmiotu są zgodne, dzięki czemu ząb wcina się od razu w pełną grubość warstwy (później ona stopniowo się zmniejsza). Zużycie powierzchni przyłożenia maleje dzięki frezowaniu współbieżnemu o 30—40%. Metoda ta wymaga specjalnych frezarek o wyjątkowej sztywności, dlatego stosowana jest tylko do zdzierania grubych warstw materiału z bardzo wielkich elementów maszynowych.

Frezowanie czołowe, jako wydajniejsze przy obróbce powierzchni, wypiera stopniowo frezowanie walcowe. Warunki skrawania są tu korzystniejsze, grubość warstwy skrawanej pozostaje niezmienna bez względu na średnicę freza; głębokość frezowania jest szerokością warstwy skrawanej (jak przy toczeniu) i ma mniejszy wpływ na szybkość skrawania.

Jeśli więc powierzchnia obrabiana ma być gładka oraz jeśli warunki na to pozwalają, obróbkę powierzchni płaskich należy przeprowadzać przez frezowanie czołowe.

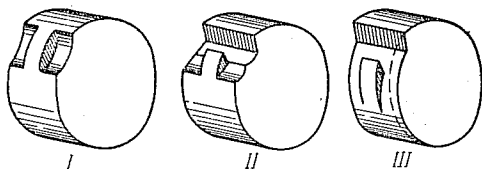
FREZOWANIE ROWKÓW I WIELOBOKÓW

Za pomocą frezowania można wykonywać rowki o różnych przekrojach. Rowki o przekroju prostokątnym mogą być wykonywane frezami tarczowymi lub palcowymi (rys. 194 a, b, c).



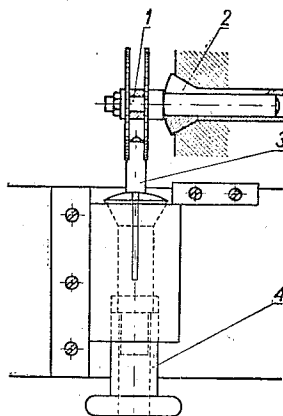
Rys. 194. Frezy i kształty rowków frezowanych: a, b, c) prostokątne, d) teowy, e) trapezowy, f) kątowny

Rowki teowe wykonujemy specjalnymi frezami trzpieniowymi (rys. 194 d). Rowki trapezowe wykonujemy również frezami trzpieniowymi (rys. 194 e), a rowki kątowe — frezami tarczowymi (rys. 194 f).



Rys. 195. Trzy fazy wykonywania haka wałka sprężyny

Rys. 196. Frezowanie czopa kwadratowego wałka naciągowego



Aby wykonać hak w wałku sprężyny, najpierw frezujemy dwa wgłębienia, jak na rys. 195 I, a następnie rowek, jak na rysunku 195 II. Dalsza obróbka takiego haka odbędzie się raczej pilnikiem; fazę tę widzimy na rys. 195 III.

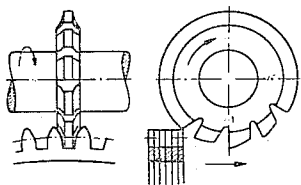
Sposób frezowania czopa kwadratowego pokazuje rys. 196. Pręt stalowy 3, przeznaczony na wałek naciągowy, mocujemy

w imaku suportu, którym w tym przypadku jest uchwyt zaciskowy, osadzony w kwadratowym klocku 4. Dwa jednakowe frezy piłkowe zamocowane są na trzpieniu 1 tkwiącym w uchwycie zaciskowym 2 wrzeciona tokarki.

Po uruchomieniu wrzeciona dosuwamy ręcznie suport z wałkiem, a — po ofrezowaniu w pierwszej operacji dwóch boków wałka — obracamy go o 90° i frezujemy drugie dwa boki. Tym sposobem czop kwadratowy wałka wykonamy szybko i dokładnie. W podobny sposób możemy też łatwo kształtować inne wieloboki, robić rowki na łożach wkrętów itp.

FREZOWANIE UZĘBIEN

Gdy nie znano jeszcze frezowania zębów, koła zębate obrabiano w ten sposób, że najpierw wstępnie strugano zęby, a następnie wykończano je ręcznie pilnikami. Takie wykończanie zębów zabierało bardzo dużo czasu i nie dawało możności otrzymania dokładnego kształtu zarysu zęba.



Rys. 197. Nacinanie zębów metodą kształtową

Obecnie obróbka kół zębatych może być przeprowadzana różnymi metodami; zależy to nie tylko od kształtu obrabianego koła, lecz również od stopnia wymaganej dokładności. Znane są dwie metody frezowania kół zębatych: kształtowa (podziałowa) i obwiedniowa¹⁾.

Metoda kształtowa (podziałowa) charakteryzuje się tym, że krawędzie tnące freza mają kształty zarysów wrębu nacinanego koła. Jako przykład tej metody podajemy frezowanie kół zębatych za pomocą freza kształtowego (rys. 197).

Metoda ta może być stosowana jedynie do nacinania walcowych kół zębatych, w których zarys zęba nie zmienia się wzdłuż całej szerokości wieńca zębatego. Można więc tym samym narzędziem obrobić ząb na całej jego długości.

Metoda obwiedniowa frezowania zębów kół zębatych walcowych — w porównaniu z metodą kształtową — odznacza się szeregiem zalet, do których należy przede wszystkim możliwość uzyskania dokładniejszego zarysu zęba, równomierniejszej podziałki oraz frezowania tym samym frezem ślimakowym kół zębatych o dowolnej liczbie zębów.

¹⁾ Szczegółowe opisy wykonywania kół zębatych różnymi metodami można znaleźć w książce opracowanej przez prof. inż. K. Ochęduszkę pt. „Koła zębate”, t. II.

O wykonywaniu kół i zębników zegarowych pisze mgr inż. E. Suchocki w artykułach zamieszczonych w czasopiśmie „Pomiary, Automatyka, Kontrola”, rok 1956, nr 7, 9, 10.

Istnieje kilka odmian frezowania obwiedniowego, zestawionych w trzy główne grupy, w zależności od narzędzia użytego do obróbki. Stosuje się bowiem:

1) narzędzie o kształcie koła zębatego, obracające się jednocześnie z nacinanym kołem, niejako zazębiające się z nim (jest to tzw. metoda *Fellowsa*);

2) narzędzie w postaci zębatki (należy tutaj metoda *Maaga* i *Sunderlanda*);

3) frez ślimakowy (nazywany tak niezupełnie słusznie, gdyż w istocie ma on kształt śruby), który nacina koło, zazębiając się z nim podobnie jak zespół „ślimak-ślimacznica”. Mimo normalnego zazębienia, frez-ślimak i koło-ślimacznica mają odrębne obroty przymusowe o odpowiednio dobranych szybkościach. Frez ślimakowy w przekroju wzdłużosiowym ma kształt zębatki.

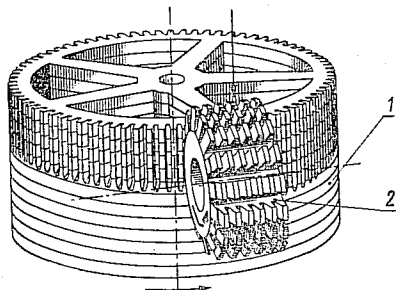
Rys. 198 przedstawia najpopularniejszy sposób frezowania obwiedniowego. Widzimy tu pakiet kół 1 ułożonych jedno na drugim, które stopniowo się obracają w kierunku wskazanym strzałką, a frez ślimakowy 2 jednocześnie wykonuje obroty, podczas których ostrza, znajdujące się na jego obwodzie, wycinają wręby w kołach. W miarę obrotów frez się stopniowo obniża, tak że zęby powstają w coraz to nowych kołach.

Przy obróbce obwiedniowej istnieje możliwość samoczynnego usuwania zadziórów przez specjalnie do tego celu przystosowany nóż, którego ostrze jest dociskane sprężyną do czołowej powierzchni obracającego się koła. Metoda ta jest bardzo wydajna i dokładna, lecz wymaga użycia skomplikowanej obrabiarki oraz kosztownych narzędzi. Dlatego nie może być stosowana w warsztacie zegarmistrzowskim. Powszechnie natomiast stosuje się ją w przemyśle zegarowym i w pokrewnych.

Zegarmistrz mający przy swej tokarce urządzenie do frezowania lub używający prostego urządzenia do frezowania, może frezować zęby kół i zębników tylko metodą kształtową (podziałową).

Podzielnica

Do frezowania kół i zębników metodą kształtową (podziałową) konieczna jest podzielnica. Zwykła podzielnica składa się z *tarczy podziałowej* i *zastawki*. Tarcza podziałowa osadzona jest



Rys. 198. Obwiedniowe nacinanie zębów frezem ślimakowym

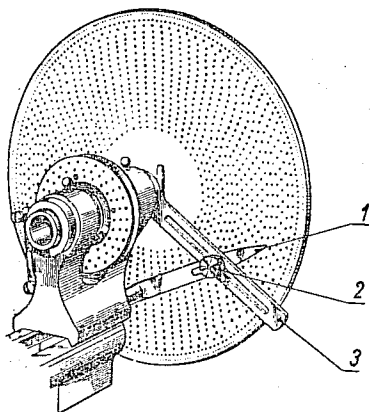
zwykle z tyłu na wrzecionie tokarki, zastawka zaś przymocowana jest obrotowo do korpusu wrzeciennika i, sięgając swym trzpieniem w otwory tarczy podziałowej, ustala ją w ten sposób.

Rys. 199 przedstawia podzielnicę z ulepszoną zastawką. Ulepszenie to polega na tym, że zastawka 1 ma dodatkową listwę 3, którą ustala wkręt 2, ażeby przez cały czas frezowania mogła trafiać w ten sam krąg otworów tarczy.

Po obu stronach tarczy podziałowej jest kilka, a nawet kilkanaście kregów, z których każdy ma od 30 do 400 otworów. Tarcza jest przymocowana do wrzeciona wkrętami w ten sposób, by można było ją odwrócić.

Jeżeli w kregach otworów jest 58, 96, 140, 184, 186, 216, 224, 260, 264, 300, 320, 340, 360, 380, 400, to możemy nacinać następującą ilość zębów: od dwóch do 36 — każdą liczbę; potem liczby parzyste od 38 do 72 i jedną nieparzystą, mianowicie 45, a następnie 75, 76, 80, 85, 88, 90, 92, 93, 95, 100, 108, 112, 120, 130, 132, 150, 160, 170, 180, 184, 186, 190, 200, 224, 260, 264, 300, 320, 340, 360, 380 i 400 zębów.

Przed umocowaniem tarczy podziałowej zaznacza się na niej, do których otworów ma być wkładana zastawka. Jeżeli np. mamy naciąć koło o 36 zębach, to wybieramy krąg z możliwie największą ilością otworów; w tym przypadku będzie 360. Chodzi bowiem o to, by usunąć lub przynajmniej zmniejszyć, o ile się da, luzu w urządzeniu, a tym samym zwiększyć dokładność odstępów podziałki. Zaznaczamy więc, najlepiej kolorowym ołówkiem, otwór O, a następ-



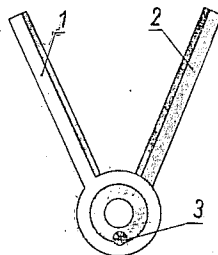
Rys. 199. Podzielnica z ulepszoną zastawką

nie każdy z kolei dziesiąty. Odliczając otwory cyrkiem, zaoszczędza się sporo czasu.

Ażeby ułatwić sobie bezbłędne przestawianie zastawki, stosuje się przy niej, oprócz opisanego już ulepszenia tzw. kątownik (rys. 200). Lecz taki kątownik mają zwykle tylko frezarki mechaniczne. Zegarmistrz musi więc sam to ulepszenie wykonać, gdyż fabryki tokarek zegarmistrzowskich jeszcze go nie produkują.

Osadzony na wrzecionie kątownik ustawiamy w ten sposób, aby wewnętrzna rozwartość jego ramion obejmowała taką ilość otworów, jaka wypada z ilości podziałek frezowanego koła. W początku frezowania ramię 1 kątownika ma dotykać trzpienia zastawki, a po wyfrezowaniu danego wrębu trzpień zastawki przesuwają się do ramienia 2. Po ustawieniu zastawki w otworze przechyla się kątownik tak, aby ramię 1 znowu dotykało trzpienia, a ramię 2 było gotowe do następnego przestawienia zastawki.

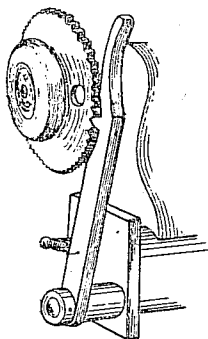
Bywają też i małe tarcze podziałowe bez otworów, a tylko z użebieniem na obwodzie (rys. 201). Chociaż taka mała tarcza podziałowa jest wygodniejsza, to, niestety, za jej pomocą można uzyskać tylko te podziałki, których liczba mieści się bez reszty w liczbie nacięć tejże tarczy. Na takiej małej



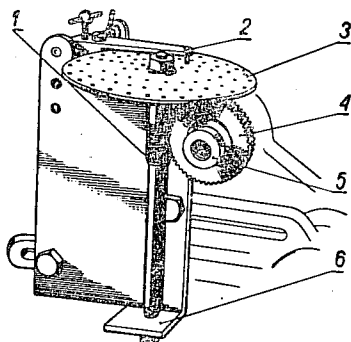
Rys. 200. Kątownik ułatwiający przestawienie zastawki tarczy podziałowej

tarczy również łatwo można się pomylić podczas przestawiania zastawki.

Oprócz zwykłych podzielnic z małą lub dużą tarczą podziałową używana jest także *podzielnica ślimakowa* (uniwersalna). Podzielnicę taką, przystosowaną do urządzenia frezarskiego tokarki zegarmistrzowskiej, widzimy na rys. 202. Na górnym przedłużeniu wałka 1 znajduje się tarcza podziałowa 3, którą ustala zastawka 2. Tarcza taka ma zwykle pięć kręgów z 7, 8, 9, 10 i 11 otworami rozmieszczonymi w jednakowych odstępach. Ramię 6 przymocowane jest do wrzecionnika w ten sposób, że ślimak, stanowiący całość z wałkiem 1, zazębia się ze ślimacznicą 4 osadzoną na wrzecionie tokarki 5.



Rys. 201. Mała tarcza podziałowa



Rys. 202. Podzielnica ślimakowa

Podzielnica ślimakowa nie należy do wyposażenia tokarek zegarmistrzowskich. Nie jest ona jednak na tyle skomplikowana, żeby jej zegarmistrz sam nie wykonał. Jej zaletą jest to, że umożliwia dzielenie koła i frezowanie na nim takich ilości zębów, jakie u kół zegarowych najczęściej występują.

Przy podzielnicy ślimakowej są zwykle dwie ślimacznice: jedna z nich ma 70 zębów, a druga 72. Koło nacinane mocujemy we wrzecionie, na którego drugim końcu osadzona jest jedna ze ślimacznic.

Posługując się podzielnicą ślimakową przy nacinaniu uzębienia, musimy obliczyć, o ile trzeba obrócić tarczę podziałową, osadzoną na wałku ślimakowym, za każdym wyfrezowanym zębem. Do tego obliczenia posłużą nam prosty wzór:

$$n = \frac{z_s}{z_n}$$

gdzie:

n — liczba obrotów tarczy podziałowej,

z_s — liczba zębów ślimacznicy,

z_n — liczba zębów koła nacinanego.

Obliczenie to jest bardzo łatwe, gdy liczba obrotów tarczy podziałowej wypadnie całkowita. Nieco trudniej będzie, gdy wypadnie ułamkowa, dlatego podajemy przykłady i wyjaśnienia.

Przykład 1. Koło nacinane ma mieć 84 zęby. Posługujemy się ślimaczną o 72 zębach. Obliczamy liczbę obrotów tarczy podziałowej dla każdego frezowanego zęba.

$$n = \frac{z_s}{z_n} = \frac{72}{84} = \frac{6}{7}$$

W wyniku otrzymaliśmy liczbę ułamkową $\frac{6}{7}$, o jaką trzeba obrócić tarczę podziałową za każdym zębem. Praktycznie, wykonujemy to w ten sposób, że wybieramy na tarczy krąg z siedmiu otworami i za każdym zębem przedstawiamy zastawkę o 6 otworów dalej na tym samym kręgu.

Przy tym obliczaniu trzeba się starać, aby wynik wypadł w postaci ułamka zwykłego, którego mianownik byłby liczbą otworów znajdujących się w jednym z kręgów tarczy, a więc: 7, 8, 9, 10, 11. Jeśli wypadnie inna liczba, a ułamek dalej uprościć ani przekształcić się nie da, to bierzemy do obliczenia liczbę zębów drugiej ślimacznicy. A jeżeli i teraz wypadnie w mianowniku liczba inna niż wymienione, to takiej ilości zębów za pomocą tego urządzenia nafrezować się nie da.

Przykład 2. Obliczyć liczbę obrotów tarczy podziałowej na jeden ząb, gdy koło nacinane ma mieć 75 zębów. Zakładamy, że ślimacznica ma 72 zęby:

$$n = \frac{z_s}{z_n} = \frac{72}{75} = \frac{24}{25}$$

Ponieważ w żadnym kręgu na tarczy nie ma 25 otworów, dlatego takiego koła zrobić się nie da. A jaki wynik da ślimacznica o 70 zębach?

$$n = \frac{z_s}{z_n} = \frac{70}{75} = \frac{14}{15}$$

Również kręgu z 15 otworami nie ma na tarczy podziałowej, dlatego i takiego koła nafrezować nie możemy.

Wprawdzie rzadko, ale zdarza się w zegarkach koło z 75 zębami. Żeby więc można było i takie koło nafrezować, dobrze byłoby na tarczy podziałowej wykonać jeszcze jeden krąg 25 otworów. Dlatego 25 a nie 15, bo to umożliwi nam także wykonanie koła ze 125 zębami, jakie czasami znajdują się w zegarkach roskopfowych. Oprócz tego, do wykonania jeszcze innych kół wspomnianych zegarków byłby potrzebny krąg z 16 otworami. Gdybyśmy więc mieli podzielnice ślimakową z kręgami o 7, 8, 9, 10, 11, 16 i 25 otworach, wówczas moglibyśmy za jej pomocą frezować koła i zębniiki zegarowe z najczęściej występującymi liczbami zębów.

Dokładność koła frezowanego za pomocą podzielnicy ślimakowej zależy w dużej mierze od tego, czy ślimak zazębia się z ślimaczną bez luzu i czy trzpień zastawki jest dobrze dopasowany do otworów w tarczy podziałowej. Ponadto, dla uzyskania dokładnego podziału należy tarczę obracać zawsze w tym samym kierunku bez cofania. Znosi się w ten sposób wpływ ewentualnych luzów i niektórych drobnych błędów podzielnicy.

Frezowanie kół

Możliwość nacinania zębów na tokarce zegarmistrzowskiej za pomocą suportu pionowego jest ograniczona; nie można bowiem frezować kół o dowolnej ilości zębów, nie mając uniwersalnej podzielnicy lub odpowiedniej ilości tarcz podziałowych.

Na zegarmistrzowskich urządzeniach nie można też wyrabiać kół dużych i bardzo małych, np. do zegarków narecznych; jedne bowiem są za wielkie, a drugie tak małe, że w warsztacie trudno je wykonać z należytą dokładnością. Co innego w fabrykach, gdzie wykonują to automaty sposobem obwiedniowym, z dokładnością do 0,0001 mm.

W sprzedaży nie ma kół surowych, czyli bez naciętych zębów, dlatego należy je samemu wykonać. Do celów zegarmistrzowskich najlepiej nadaje się mosiądz walcowany o zawartości cynku 39—40%, z domieszką ołowiu (PN/M-54690), produkowany w blachach o różnej grubości.

Jeżeli jednak koła i zębniiki mają być stalowe, to stosuje się stal węglową, rzadziej stopową (srebrzanke). Zębniiki do zwykłych zegarów domowych wykonuje się ze stali automatowej, która nie daje się hartować.

Przed obtoczeniem koła przeznaczonego do frezowania należy sprawdzić, czy średnica starego koła, które służy nam za wzór, jest właściwa. W razie wątpliwości należy tę średnicę obliczyć.

Ilość zębów zązębiającego się koła i zębniika oraz odległość ich osi są podstawą do obliczania reszty przekładni¹⁾. Od tych danych należy wyjść tak przy wykonywaniu nowych kół, jak również przy wymianie kół uszkodzonych, które nie zawsze są dokładnym wzorem.

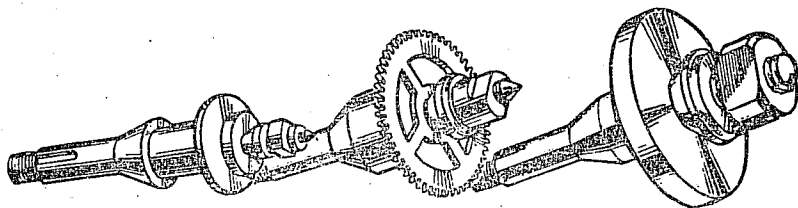
Praktycznie, odległość osi można wystarczająco dokładnie zmierzyć w ten sposób, że w obydwu łożyska wstawiamy np. dwa gładziaki, mierzymy suwmiarką ich odległości z zewnętrznych stron, tuż przy łożyskach. Od otrzymanego wymiaru odejmujemy połowę sumy średnic gładziaków i wówczas otrzymujemy odległość środków osi koła i zębniika.

Po obliczeniu toczymy koło o średnicy o 0,2—0,5 mm większej od średnicy wierzchołkowej i mocujemy je na trzpieniu między podkładkami o średnicy mniejszej niż będzie wynosić średnica dna wrębów po nacięciu zębów.

Do mocowania kół frezowanych służy także specjalne uchwyty, które są przedstawione na rysunku 203. Uchwyty te mają trzpienie mocujące o średnicy od 2 do 6 mm, czyli że koła w nich mocowane mogą mieć w piastach otwory o takich samych średnicach. Pierścieni uchwytu służy za podstawkę. Jest ona tak duża, że poza krawędzie wystają tylko zęby, dzięki czemu frezowane koło nie drga. W takim uchwycie można mocować jednocześnie więcej kół.

¹⁾ Obliczanie zązębień opisano w części 6 „Zegarmistrzostwa” na str. 291—303.

Przy frezowaniu kół z cienkiej blachy daje się grubsze podkładki o tej samej średnicy i wykonane z tego samego materiału, co frezowane koło. Są one frezowane razem z kołem i ulegają przez to zniszczeniu, lecz chronią zęby koła od wyginania się pod naciskiem freza.

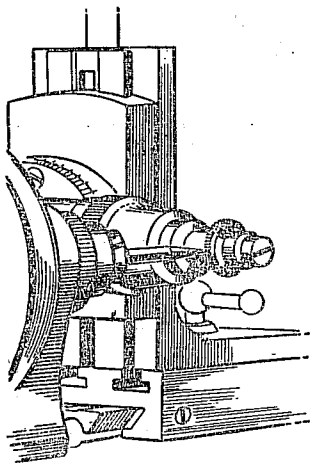


Rys. 203. Uchwyty do mocowania frezowanych kół osadzone we wrzecionie tokarki

Zasadniczo istnieją dwa sposoby osadzania kół do frezowania:

- 1) koło we wrzecionie tokarki, a frez w suporcie pionowym,
- 2) koło w suporcie pionowym, a frez we wrzecionie tokarki.

Zaletą sposobu drugiego jest to, że napęd z silnika na tokarkę pozostaje bez zmiany; wadą zaś to, że na suporcie pionowym trudno zmieścić większe koło, oraz to, że w czasie frezowania słabszy stosunkowo suport pionowy łatwiej drga, wskutek czego powierzchnie frezowane nie zawsze wychodzą dostatecznie gładkie.



Rys. 204. Sprawdzenie ustawionego freza kłem ostrym, umieszczonym we wrzecionie

Do umocowania freza w uchwycie suportu pionowego stosuje się uchwyt zaciskowy o pełnym stożku i podtoczeniu. Frez nakłada się na to podtoczenie i dociska wkrętem przez podkładkę. Dokładne wyrównanie freza w płaszczyźnie jest bezwzględnie konieczne, natomiast lekkie odchylenie mimosrodowe nie robi tak dużej różnicy.

Kieł ostry w koniku umożliwia dokładne wycentrowanie freza. Można go umieścić również we wrzecionie, jak to widzimy na rys. 204 i w ten sposób z drugiej strony sprawdzić ustawienie freza.

Dokładne ustawienie freza wymaga pewnej wprawy, gdyż bezpośredniemu sprawdzeniu przeszkadza suport. Jak przy toczeniu, tak i tutaj pomocna być może kartka białego papieru, umieszczona za suportem.

Aby frezowanie należycie się odbywało, tak frez, jak i koło powinny być bardzo sztywno i silnie zamocowane. Zegarmistrze-praktycy w niektórych przypadkach frezowane koła nawet przy-lutowują lub przylakowują do tarcz lakowych. Ma to tę zaletę, że po nafrezowaniu zębów można też zupełnie centrycznie wyko-nać otwór w piaście koła. Sposób ten stosuje się tylko do dużych kół, których zęby będą wystawały poza tarczę lakową i będą tak silne, że się nie skrzywią podczas frezowania.

Gdy już wszystko mamy przygotowane do frezowania, tj. koło i frez należycie osadzone, trzpień zastawki tkwi w otworze tarczy podziałowej, wówczas zakładamy pasek od silnika na wrzeciono podziałowej, wówczas zakładamy pasek od silnika na wrzeciono freza i uruchomiamy obrabiarkę. Frez przysuwamy powoli do nacinanego koła — na początek najlepiej próbnego — i naci-namy wrąb. Po nacięciu odsuwamy frez tak daleko, aby podczas przestawiania tarczy podziałowej nie uszkodzić wierzchołka na-stępnego zęba lub freza.

Zadziory, które podczas nacinania zębów tworzą się na odwrotnej stronie koła, usuwa się w ten sposób: jeśli koło w czasie fre-zowania było nasadzone na wrzeciono tokarki, to zdejmujemy tarczę podziałową, odstawiamy urządzenie frezarskie, dosuwamy do koła podstawkę i ostrym nożem, lekko i ostrożnie dotykając chropowatej strony koła, ścinamy te zadziory; przy szybkich obrotach tokarki zwykle dobrze się to udaje. Dobre wyniki daje późniejsze wygładzenie tej strony płaskim kamieniem oliwionym. Można też usunąć zadziory po frezowaniu szczotką mosiężną lub szklaną. Jednakże sposób ten stosujemy tylko wtedy, gdy już nie mamy innego.

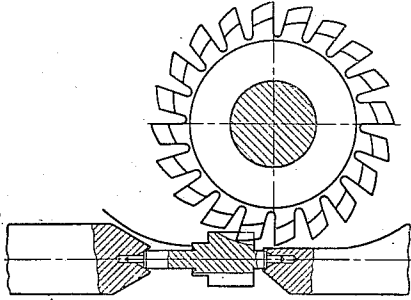
Frezowanie zębników

Zębniki przekładni zegarowej wykonuje się ze stali węglowych. Do zegarów domowych większych i średnich (budzików) stosuje się najczęściej stal automatową o zawartości węgla ok. 0,15%, a do zegarów mniejszych i zegarków dość powszechnie używa się stali o zawartości około 0,4% węgla. Jednak i inne gatunki stali zarówno niskowęglowej, jak i wysokowęglowej są stosowane przy uwzględnieniu odpowiedniej obróbki chemiczno-ciepłnej. Natomiast użycie na zębniki stali stopowych jest raczej wyjątkiem. Przyczyną tego jest przede wszystkim ich znacznie gorsza obra-bialność i związane z tym trudności w uzyskaniu powierzchni o odpowiedniej gładkości.

Do niedawna, gdy zegarmistrze dorabiali nawet bardzo trudne do wykonania części zegarkowe, była w użyciu tzw. stal zębni-kowa, z której wykonywano osie wraz z zębnikami. Były to pręty przeciągane o przekroju zarysu zębника z odpowiednią ilością

zębów, spotykaną w zegarkach. Z takiego pręta toczyło się oś i czopy, pozostawiając we właściwym miejscu gotowy już zębniķ.

Obecnie takiego materiału nie mamy, gdy więc znajdzie potrzeba dorobienia osi wraz z zębniķem, musimy zęby frezować. Najpierw więc toczymy z okrągłego pręta całą oś, pozostawiając zgrubienie na zębniķ, a następnie na jej końcach toczymy czopy. Umocowanie tak wytoczonej osi do frezowania przedstawia rys. 205. Czopy, zupełnie swobodne, znajdują się w pogłębieniach kłów wewnętrznych. Natomiast stożkowe powierzchnie kłów wewnętrznych dociskają do sfazowania powierzchni oporowej osi.



Rys. 205. Zębniķ z czopami walcowymi, zamocowany do frezowania

Inne szczegóły frezowania takie same jak przy frezowaniu kół.

WELCOWANIE ZĘBÓW

W wielu tanich i dawniejszych zegarach i zegarkach zęby u kół i zębniķów wykonane były prymitywnie, dlatego nie były gładkie i miały zadziory. Zdarzały się także koła niecentrycznie narefrowane. Dlatego zegarmistrze musieli często zęby welcować, a u zębniķów także polerować.

Welcowanie jest pewną odmianą frezowania. Celem tej operacji jest usuwanie bicia osiowego koła (centrowanie), zmniejszenie średnicy oraz poprawianie i wygładzanie zębó¹⁾. Welcowanie przeprowadza się na specjalnej obrabiarence, zwanej welcarką (kalibrownicą, poprawiarką zazębienia). Dawniej była ona oddzielną obrabiarką. W ostatnich jednak czasach urządzenie to często produkowane jest jako dodatek do tokarki zegarmistrzowskiej. Narzędziem pracującym welcarki jest specjalny frez, który nadaje kształt zębowi koła.

¹⁾ Niektóre starsze podręczniki zegarmistrzowskie mówią także o „nachylaniu” zębó¹⁾ welcowaniem, w celu usuwania pewnych wad zazębienia.

O poprawianiu wadliwego zazębienia powiemy w następnej części „Zegarmistrzostwa”, traktującej o naprawie. Ale już tutaj ostrzegamy przed zbyt pochopnym „poprawianiem” zarysów zębó¹⁾ w zegarkach produkowanych fabrycznie, zwłaszcza dobrych firm. Istnieje tendencja do przypisywania wielu wad zegarka „zbyt małym luzom”. Przez niepotrzebne welcowanie niszczy się bezpowrotnie przekładnię.

W części 3 „Zegarmistrzostwa” (str. 188—191) przedstawiliśmy na kilku rysunkach welcarki i urządzenie do welcowania na tokarce oraz podaliśmy sposoby welcowania.

Niektórzy zegarmistrze poprawiają zęby pilnikiem. Jednak trzeba stwierdzić, że do dokładnego poprawienia (welcowania) zębów konieczna jest zawsze welcarka, gdyż nawet zegarmistrze obzajomieni z konstrukcją ząbów, a więc wiedzący, jaki kształt powinny mieć zarysy zębów, mogą łatwo zniszczyć ich cenne właściwości przez niewłaściwe ich dopiłowanie. Dokładność wykonania prawidłowego zarysu jest bowiem stosunkowo bardzo wysoka, a ręczne uzyskanie należytego kształtu i wymiaru, bez korzystania ze specjalnych projektorów, jest w istocie niemożliwe.

Obecnie potrzeba stosowania welcarki zachodzi bardzo rzadko, gdyż koła zębate, nawet szablonowe, są zwykle wykonane z wielką dokładnością. Dlatego przestrzegamy przed zbyt pochopnym stosowaniem operacji welcowania, zwłaszcza we współczesnych zegarkach, nawet średniej jakości.

7. GWINTOWANIE

UWAGI OGÓLNE

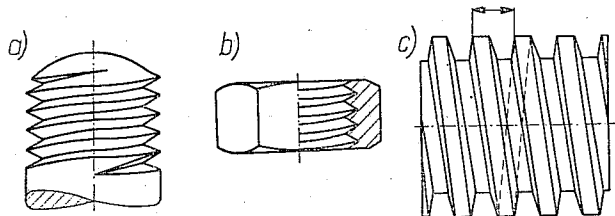
Gwintowaniem nazywamy wycinanie na walcowych przedmiotach bruzd (rowków) biegnących wzdłuż linii śrubowej. Gwintowanie zewnętrzne jest wtedy, gdy bruzdy wycinamy po obwodzie przedmiotu, a gwintowanie wewnętrzne — gdy bruzdy wycinamy po obwodzie otworu.

Jeszcze w XVIII w. gwinty wykonywano tylko ręcznie. Robiono to w ten sposób, że najpierw nakreślano wzdłuż walcowego przedmiotu kilka linii. Następnie cyrklem odmierzano na tych liniach podziałki odpowiadające skokowi gwintu. Według tych znaków owijano przedmiot giętką taśmą i wykreślano linię śrubową, przy której wycinano bruzdę trójkątnym pilnikiem. Łatwo sobie wyobrazić, ile trudu wymagało nacięcie możliwego gwintu.

Oczywiście wtedy nie było jeszcze ustalonych wielkości gwintów. Każdy kraj, każda wytwórnia stosowały gwinty dowolne. Pierwszym, który opracował wielkości gwintów, był Anglik, Józef Whitworth (1803—1887). Po wprowadzeniu metrycznego systemu miar opracowano w 1898 r. nowe gwinty, tzw. gwinty metryczne.

Gwinty i ich elementy

Złącze gwintowe składa się z gwintu zewnętrznego, wykonanego na wkręcie lub śrubie (rys. 206 a), i wewnętrznego, wykonanego w nakrętce (rys. 206 b). Według kierunku skrętu rozróżnia się gwinty *prawe* i *lewe*; według kształtu zarysu — gwinty *trójkątne*, *trapezowe*, *prostokątne*, *okrągłe*; według ilości bruzd gwint-

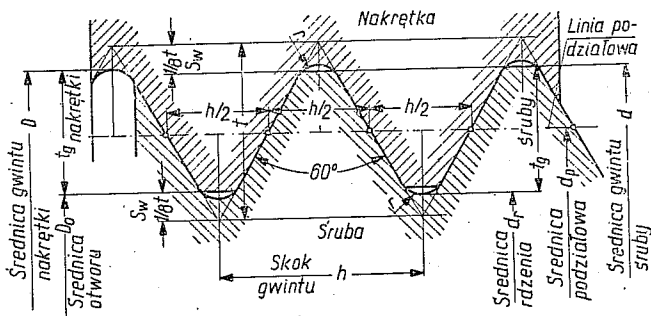


Rys. 206. Gwinty: a) zewnętrzny, b) wewnętrzny, c) jednozwojny

towych — gwinty *jednozwojne* (rys. 206 c), *dwuzwojne* i *wielozwojne*.

Najczęściej stosuje się do łączenia gwinty trójkątne jednozwojne.

Zegarmistrz spotyka się w swej pracy najczęściej z gwintami trójkątnymi metrycznymi (rys. 207), a czasami także z gwintami

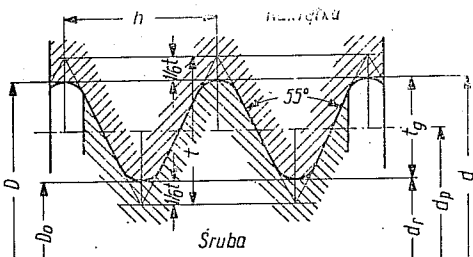


Rys. 207. Zarys gwintu metrycznego

Whitwortha (rys. 208). Różnią się one między sobą kątem zarysu i skokiem. Kąt zarysu gwintu metrycznego wynosi 60° , a gwintu Whitwortha — 55° .

Gwint metryczny jest znormalizowany. Ujmują to Polskie Normy PN/M-02001—02006. Gwint metryczny oznaczamy literą M, dodając przy niej wymiar jego średnicy zewnętrznej d . Na przykład M3 oznacza gwint metryczny zwykły o średnicy $d = 3$ mm.

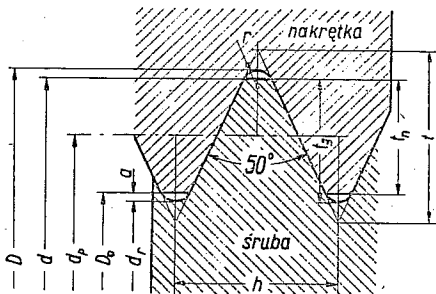
W zegarmistrzostwie niemal wyłącznie stosuje się gwinty metryczne. Ponieważ jednak wkręty do zegarków mają bardzo małe średnice, przeto kąt zarysu ich gwintu powinien być raczej ostrzejszy. Szwajcarski przemysł zegarowy stosuje gwint znormalizowany o kącie zarysu 50° i 60° (norma NHS 56 100). Dla gwintów o średnicy mniejszej od 1 mm kąt zarysu wynosi 50° , a dla gwintów o średnicy 1 mm i większych kąt ten wynosi 60° (tablice 6, 7, 8). Jednak niektóre fabryki szwajcarskie stosują i do małych średnic gwinty metryczne o kącie zarysu 60° . Ponieważ stwarza to pewne niedogodności, Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna (ISO) uznała za potrzebne, zająć się uporządkowaniem tej sprawy.



Rys. 208. Zarys gwintu Whitwortha

Na rys. 209 przedstawiony jest zarys gwintu szwajcarskiego dla średnic mniejszych od 1 mm. Tablice 6, 7 i 8 zawierają wszystkie wielkości potrzebne do wykonania gwintów zewnętrznych i wewnętrznych.

Średnica d oznacza zewnętrzną średnicę gwintu śruby, którą można zmierzyć suwmiarką lub mikrometrem. Natomiast średnicy rdzenia d_r nie można zmierzyć zwykłym przyrządem warsztatowym. Średnicę gwintu nakrętki oznaczamy literą D , a średnicę otworu — D_o . Litera h oznacza skok gwintu, czyli odległość jednej nitki gwintu od drugiej. O tę właśnie odległość zagłębia się lub wychodzi śruba przy pełnym jej obrocie. Całkowitą głębokość gwintu oznaczamy t_g , a głębokość nośną gwintu, na której zwoje gwintu nawzajem się ząbają, oznaczamy t_n .



Rys. 209. Zarys szwajcarskiego gwintu zegarowego

Między średnicami śrub a średnicami otworów pod gwint, które należy wywiercić do gwintowania, istnieje pewna zależność, sprecyzowana międzynarodową umową. Średnice te są zwykle podawane w tablicach gwintów.

Średnica otworu pod gwint powinna być nieco większa od średnicy otworu nakrętki D_o , gdyż po nagwintowaniu otwór się nieco powiększa. Jeśli nie mamy tablic, to możemy średnicę otworu pod gwint obliczyć według wzoru.

$$d_g = \frac{d \cdot 8}{10}$$

gdzie:

- d — zewnętrzna średnica gwintu śruby,
- d_g — średnica otworu pod gwint.

Tablica 6

Szwajcarskie gwinty zegarowe o średnicy od 0,3 do 0,9 mm

Śruba		Nakrętka		Średnica podziałowa d_p	Skok h	Średnica otworu pod gwint d_g
średnica gwintu d	średnica rdzenia d_r	średnica gwintu D	średnica otworu D_o			
0,3	0,194	0,308	0,202	0,251	0,075	0,22
0,35	0,244	0,358	0,252	0,301	0,075	0,27
0,4	0,260	0,410	0,270	0,335	0,100	0,29
0,45	0,310	0,460	0,320	0,385	0,100	0,34
0,5	0,324	0,512	0,336	0,419	0,125	0,36
(0,55)	0,374	0,562	0,386	0,469	0,125	0,41
0,6	0,390	0,616	0,406	0,502	0,150	0,43
0,7	0,454	0,718	0,472	0,586	0,175	0,50
0,8	0,520	0,820	0,540	0,670	0,200	0,57
0,9	0,584	0,922	0,606	0,754	0,225	0,64

Luz rdzeniowy $a = 0,05 \cdot h$
Promień zaokrąglenia $r = 0,12 \cdot h$
Głębokość gwintu $t_g = 0,7 \cdot h$
Teoretyczna wysokość zarysu $t = 1,07225 \cdot h$
Głębokość nośna gwintu $t_n = 0,6495 \cdot h$
Kąt zarysu $\alpha = 50^\circ$

Tablica 7

Szwajcarskie gwinty zegarowe o średnicy od 1,0 do 2,0 mm

Śruba		Nakrętka		Średnica podziałowa d_p	Skok h	Średnica otworu pod gwint d_g
średnica gwintu d	średnica rdzenia d_r	średnica gwintu D	średnica otworu D_o			
1,0	0,65	1,025	0,675	0,838	0,25	0,80
(1,1)	0,75	1,125	0,775	0,938	0,25	0,88
1,2	0,85	1,225	0,875	1,038	0,25	0,96
(1,3)	0,88	1,330	0,910	1,105	0,30	1,04
1,4	0,98	1,430	1,010	1,205	0,30	1,12
1,5	1,08	1,530	1,110	1,305	0,30	1,20
(1,6)	1,11	1,635	1,145	1,373	0,35	1,28
1,7	1,21	1,735	1,245	1,473	0,35	1,36
(1,8)	1,31	1,835	1,345	1,573	0,35	1,44
2,0	1,44	2,040	1,480	1,740	0,40	1,60

Luz rdzeniowy $a = 0,05 \cdot h$
Promień zaokrąglenia $r = 0,058 \cdot h$
Głębokość gwintu $t_g = 0,7 \cdot h$
Teoretyczna wysokość zarysu $t = 0,866 \cdot h$
Głębokość nośna gwintu $t_n = 0,6495 \cdot h$
Kąt zarysu $\alpha = 60^\circ$

Tablica 8

Szwajcarskie gwinty zegarowe o średnicy od 2,0 do 6,0 mm

Śruba		Nakrętka		Średnica podziałowa d_p	Skok h	Średnica otworu pod gwint d_g
średnica gwintu d	średnica rdzenia d_r	średnica gwintu D	średnica otworu D_o			
2,0	1,444	2,036	1,480	1,740	0,4	1,60
(2,3)	1,744	2,336	1,780	2,040	0,4	1,84
2,6	1,974	2,642	2,016	2,308	0,45	2,08
3,0	2,306	3,044	2,350	2,675	0,5	2,40
(3,5)	2,666	3,554	2,720	3,110	0,6	2,80
4,0	3,028	4,062	3,090	3,545	0,7	3,20
4,5	3,458	4,568	3,526	4,013	0,75	3,60
5,0	3,888	5,072	3,960	4,480	0,8	4,00
5,5	4,250	5,580	4,330	4,915	0,9	4,40
6,0	4,610	6,090	4,700	5,350	1,0	4,80

Kąt zarysu $\alpha = 60^\circ$

Jeżeli więc mamy gwintować nakrętkę do śruby M3, to średnica otworu pod gwint będzie:

$$d_g = \frac{3 \cdot 8}{10} = 2,4 \text{ mm}$$

A więc otwór w nakrętce przed gwintowaniem powinien mieć 2,4 mm. Jeśliby ten otwór był większy, to nakrętka byłaby za luźna lub chwytalaby gwint śruby tylko końcami swego gwintu, jeżeli zaś byłby mniejszy, to przy gwintowaniu mógłby się urwać gwintownik.

Sposoby gwintowania

Ogólnie biorąc, rozróżniamy gwintowanie ręczne i maszynowe. Szczegółowe sposoby wykonania gwintów mogą być następujące:

- 1) gwintownikiem i narzynką,
- 2) nożem na tokarce,
- 3) głowicą gwinciarzką,
- 4) frezem na frezarce,
- 5) frezem na tokarce,
- 6) ściernicą na szlifierce,
- 7) specjalnym narzędziem (płaskim lub obrotowym) na walcuarce do gwintów.

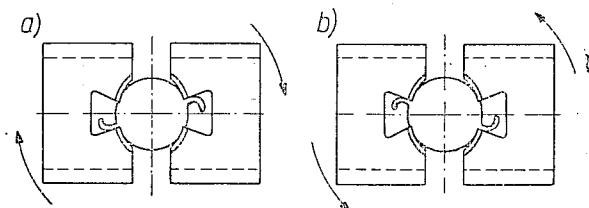
W pracowniach zegarmistrzowskich stosowany jest zasadniczo tylko pierwszy sposób, a wyjątkowo także drugi z wymienionych.

NARZĘDZIA DO GWINTOWANIA

Narzynki

Do wykonywania gwintów zewnętrznych na śrubach, wkrętach itp. walcowych przedmiotach służą narzynki. Rozróżniamy narzynki dzielone i okrągłe.

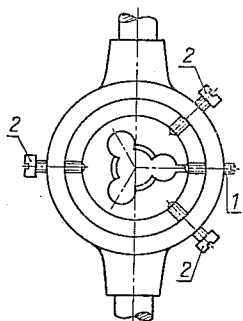
Narzynka dzielona składa się z dwóch części. W każdej z nich gwint podzielony jest rowkiem, który tworzy ostrza nacinające gwint śruby. Średnica otworu w narzynce przed przecięciem jest równa średnicy zewnętrznej przedmiotu, na którym ma być nacięty gwint. Po przecięciu obie części narzynki przesuwają się o wielkość równą głębokości gwintu, wskutek czego uzyskujemy ustawienie takie, jak na rys. 210. Dzięki temu ostrza narzynek nie przylegają całą powierzchnią do gwintowanego przedmiotu,



Rys. 210. Gwintowanie: a) przez wkręcanie narzynki, b) przez wykręcanie narzynki

co powoduje zmniejszenie tarcia i lżejszą pracę. Poza tym wtedy zawsze pracuje tylko jedna para ostrzy: jedna przy wkręcaniu, a druga przy wykręcaniu.

Zaletą narzynek dzielonych jest możliwość wykonywania nimi śrub o średnicy większej lub mniejszej od normalnej dla danej narzynki przy zachowaniu niezmiennych wymiarów skoku i głębokości gwintu. Jest to szczególnie ważne w przypadku gdy śruba ma być wkręcana do otworu z gwintem częściowo zniekształconym lub wytartym wskutek wielokrotnego wkręcania i wykręcania śruby. Także w przypadku gdy wymagany jest większy luz, między gwintami śruby i nakrętki, łatwo to osiągnąć, gwintując śrubę za pomocą narzynki dzielonej.



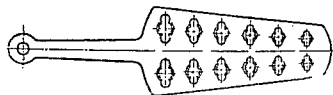
Rys. 211 Narzynka okrągła w gwintownicy

Wadami narzynek dzielonych jest mała wydajność spowodowana koniecznością kilku jej przejść przy gwintowaniu oraz znaczny koszt wykonania narzynek i gwintownic.

Obecnie coraz bardziej wchodzi w użycie narzynki okrągłe (rys. 211). Wykonuje się je w postaci płaskich krążków, które się umieszcza w okrągłych gniazdach gwintownic (oprawek). Wkręty 2 rozmieszczone na obwodzie gniazda służą do zamocowania narzynki. Wkręty te zakończone są stożkami, którym odpowiadają stożkowe gniazdzka, nawierzone na obwodzie narzynki. Natomiast wkręt 1 służy do regulacji narzynki: gdy go wkręca-

my, wchodzi on w szczelinę i nieco rozsuwa przeciętą narzynkę. W takim stanie następuje pierwsza faza gwintowania.

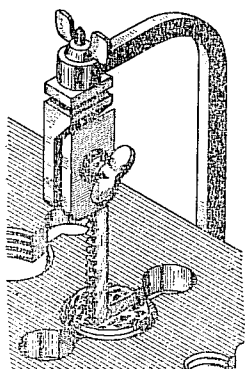
Gwint w narzynce podzielony jest otworami wiórowymi na trzy lub więcej części, wskutek czego w narzynce tworzą się ostrza. Im więcej ostrzy na obwodzie ma narzynka, tym nacinanie gwintu odbywa się równomierniej i sprawniej. Do gwintów małych i drobnozwojnych używa się narzynek trójostrowych, zwykle nieprzeciętych, a więc wykonujących gwint za jednym przejściem; natomiast gwinty zwykle, wielkości ponad 1 mm, dokładnie i czysto nacina narzynka o czterech lub pięciu ostrzach.



Rys. 212. Gwincidło

Każda narzynka ma od strony wejściowej stożkowate rozszerzenie otworu, czyli tzw. *nakrój*, który ułatwia zapoczątkowanie gwintowania.

Narzynki stałe, zwane *gwincidlami*, nie mają regulacji rozstawienia ostrzy (rys. 212). Służą one do wykonywania mało dokładnych niedużych śrub i wkrętów. Dla każdej średnicy znajdują się zwykle w gwincidle dwa otwory: jeden do wstępnego, a drugi do końcowego gwintowania.



Rys. 213. Wyjmowanie urwanej śruby z gwincidla

Pierwotnie gwincidła miały tylko gwintowany otwór, wskutek czego gwint nimi się tylko wygniatało. Później zastosowano otwory wiórowe, dzięki czemu powstały krawędzie skrawające.

Nieraz się zdarza, że gwintowana śruba urwie się w gwincidle i trudno ją z niego wykręcić. Jeżeli gwincidło ma otwory wiórowe, to można ułamek przeciąć piłeczką do metali (rys. 213), po czym kawałki łatwo jest usunąć.

Gwintowniki

Podstawowymi narzędziami do gwintowania otworów są gwintowniki. Mają one gwint zaopatrzone w proste lub śrubowe rowki, które tworzą krawędzie tnące. Gwintownik składa się z części roboczej i chwytu (rys. 214).

Chwyt służy do umocowania gwintownika w uchwycie lub do założenia pokrętki podczas wykonywania pracy. U ręcznych gwintowników koniec chwytu jest kwadratowy, a u małych gwintowników zegarmistrzowskich — okrągły. Średnica chwytu większego gwintownika jest najczęściej mniejsza od średnicy otworu

nakrętki, co pozwala na wyjmowanie gwintownika z drugiej strony otworu bez wykręcania go.

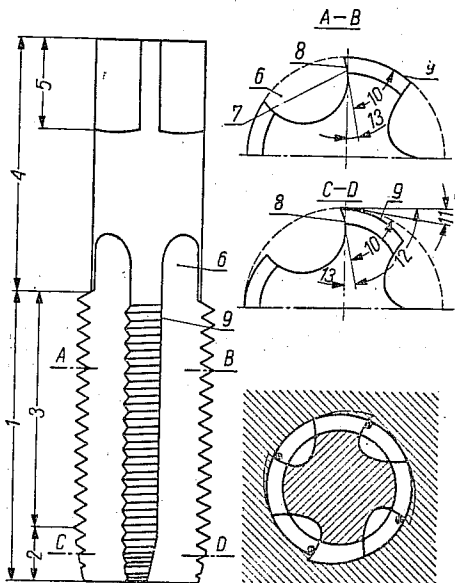
Część roboczą gwintownika stanowi cała część nacięta, bezpośrednio uczestnicząca w nacinaniu i zawierająca elementy skrawający i wykończający.

Ponieważ ostrza gwintownika są bardzo delikatne, a rdzeń osłabiony głębokimi rowkami wiórowymi, szczególnie w tym miejscu, gdzie część nacinająca graniczy z walcową częścią chwytu, przeto nie można nacinąć od razu pełnego gwintu w większej nakrętce, bo grozi to złamaniem gwintownika. Dlatego też do gwintowania otworów średnicy ponad 1 mm zwykle stosuje się komplet złożony z trzech gwintowników: jeden z nich wybiera $\frac{2}{5}$, materiału, drugi dalsze $\frac{2}{5}$, a trzeci, wykończający, wybiera resztę i gwint wygładza.

Aby gwintownikowi ułatwić rozpoczęcie pracy, koniec jego zaszlifowuje się stożkowo, tworząc tak zwany nakrój.

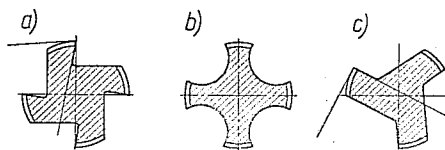
Kształty rowków u gwintowników są różne. Jedne z nich przystosowane są do skrawania wiórów zarówno przy wkręcaniu, jak i przy wykręcaniu (rys. 215 b), inne zbierają materiał tylko przy wkręcaniu (rys. 215 a i 215 c).

Wytwornie przypisują kształtom rowków swoich gwintowników decydujący wpływ na skrawanie. W rzeczywistości jest to nieistotne. Chodzi bowiem tylko o zachowanie następujących warunków: dobry kąt skrawania, rdzeń wystarczająco mocny i rowki tak obszerne, aby starczyło miejsca na wióry; rowków bywa zwykle trzy lub cztery.



Rys. 214. Elementy gwintownika

1 — część robocza, 2 — część skrawająca, 3 — część wykończająca, 4 — chwyt, 5 — leń (kwadratowy), 6 — rowki, 7 — krawędź tnąca, 8 — powierzchnia natarcia, 9 — powierzchnia przyłożenia, 10 — kąt ostrza, 11 — kąt przyłożenia, 12 — kąt skrawania, 13 — kąt natarcia



Rys. 215. Przekroje gwintowników: b) do gwintowania przy wkręcaniu i wykręcaniu, a, c) do gwintowania przy wkręcaniu

Warunków: dobry kąt skrawania, rdzeń wystarczająco mocny i rowki tak obszerne, aby starczyło miejsca na wióry; rowków bywa zwykle trzy lub cztery.

Konserwacja narzędzi. Narzędzia do gwintowania, a więc gwintownice, narzynki i gwintowniki oraz pokrętki, wykonane są ze stali węglowej, która łatwo rdzewieje. Może to spowodować przedwczesne zniszczenie tych narzędzi. Zabezpieczyć je można przed tym przez należytą konserwację.

Po pracy narzynki bądź gwintowniki należy oczyścić pędzelnikiem z pozostałości wiórów i posmarować je cienko wazeliną. W żadnym wypadku nie myć naftą, gdyż po takim zabiegu łatwiej rdza występuje. Gwintownice i pokrętki do gwintowników należy starannie wytrzeć szmatką. Gdyby dłuższy czas miały pozostać nie używane, należy także posmarować je wazeliną.

ZASADY I PRZYKŁADY GWINTOWANIA

Zanim przystąpimy do gwintowania, musimy dobrać odpowiednie narzędzie. Jeśli mamy do nagwintowania śrubę i nakrętkę, albo też wkręt i otwór, do którego będzie wkręcony, to wystarczy zmierzyć średnicę i dobranym według tablic gwintownikiem o takiej średnicy gwintujemy wpierw nakrętkę lub otwór, a następnie narzynką o takim samym gwincie gwintujemy śrubę lub wkręt.

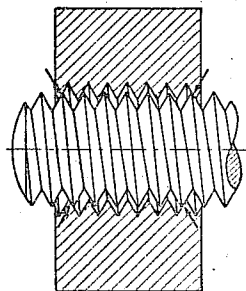
Jeżeli zaś mamy dorobić wkręt do otworu już nagwintowanego (lub odwrotnie), to musimy wpierw sprawdzić, jaki to jest gwint. Najlepiej to uczynimy sprawdzianami do gwintów, ale w razie ich braku można się posłużyć gwintownikiem lub wkrętem o znanym gwincie. Byłoby dużym błędem, gdybyśmy w otwór wkręcili gwintownik o dwa, trzy zwoje i już na tej podstawie wykonywali wkręt.

Wiemy bowiem, że przy jednakowej średnicy gwintu może być różny skok, a więc różna ilość zwojów na tej samej długości śruby. Różnica ta daje się łatwiej wykryć na większej długości.

Może się również zdarzyć, że z początku próbnego wkręcania wkrętu jest duży luz, a po dalszym wkręceniu luz zginie i wkręt tkwi sztywno. Wyjaśnienie tego błędu widzimy na rys. 216. Strzałki wskazują miejsca, gdzie zwoje się stykają i pozornie usztywniają wkręt, którego gwint ma inny skok niż skok gwintu w otworze.

Gwint właściwie dobrany, a więc o jednakowej średnicy i jednakowym skoku, poznajemy po tym, że zaraz od początku wkręcania wkręt ma nie za duży luz i że przy dalszym wkręcaniu luz ten nagle się nie zmienia, ani wkręt się nie zacina.

Przed gwintowaniem sprawdzamy pilnikiem, czy materiał nie jest tak twardy, że mógłby uszkodzić gwintownik lub narzynkę.



Rys. 216. Gwint dobrany niewłaściwie

Gwintowanie narzynkami

Po dobraniu narzynki z właściwym gwintem sprawdzamy, czy średnica gwintowanego przedmiotu nie jest za mała lub za duża. Jeśli średnicę narzynki dobraliśmy prawidłowo, to gwint będzie pełny i czysty. Gdyby średnica przedmiotu była większa niż potrzebna, narzynka nie wejdzie na niego, a jeśli przemocą będziemy gwintować; to albo zepsujemy przedmiot, albo zerwiemy gwint w narzynce. Gdyby znów średnica przedmiotu była mniejsza od normalnej, otrzymamy gwint niepełny.

Na początek rozsuwamy nieco ostrza narzynki za pomocą wkrętu nastawczego, jednak nie za dużo, by za pierwszym przejściem nacięły więcej niż połowę głębokości gwintu.

Niektórzy są zdania, że przy gwintowaniu narzynką dzieloną trzeba tak rozsunać jej części, aby objęły przedmiot gwintowany na samym końcu, następnie ścisnąć je lekko wkrętem nastawczym. Wprawdzie umożliwiałoby to równe wprowadzenie narzynki, ale jest sprzeczne z zasadami skrawania i może narazić gwint narzynki na uszkodzenie. Nie należy więc tego stosować.

Sfazowanie końca przedmiotu ułatwia zapoczątkowanie gwintowania. Wkręcając narzynkę, trzeba uważać, aby jej nie przechylić na bok.

Początkowo, pokręcając narzynkę, jednocześnie wciskamy ją na przedmiot, dopóki nie zostaną na nim nacięte pierwsze zwoje gwintu. Praktycznie postępujemy tak, że lewą dłonią przyciskamy narzynkę, a prawą jednocześnie pokręcamy rękojeść gwintownicy. Po nacięciu trzech lub czterech zwojów dalsze wciskanie staje się zbędne, gdyż one już prowadzą narzynkę.

Gwintowanie narzynkami okrągłymi jest wydajniejsze od gwintowania narzynkami dzielonymi, lecz wymaga dużej uwagi i umiejętności przy wprowadzaniu narzynki na przedmiot. Nieprawidłowe ustawienie narzynki na początku gwintowania powoduje zniekształcenie lub nawet zupełne zniszczenie śruby. Podczas gwintowania po każdym lub po co drugim obrocie narzynki cofamy ją nieco, aby połamać wióry. W ten sposób przekręcamy narzynkę przez całą długość przewidzianego gwintu.

Lekkie smarowanie przedmiotu ułatwia skrawanie.

Po wkręceniu narzynki do końca zaciskamy ją nieco wkrętem nastawczym i wykręcamy, cofając podobnie jak poprzednio. Przy wkręcaniu pracuje jedna para ostrzy, przy wykręcaniu — druga. Jeżeli głębokość gwintu po dwu przejściach jeszcze nie jest wystarczająca, to znowu zaciskamy narzynkę i gwintujemy aż do otrzymania gwintu właściwego.

Mocniejsze zaciśnięcie narzynki powoduje skrawanie większych wiórów i tym samym zwiększa wydajność pracy. Zbyt mocny zacisk powoduje jednak wyrwanie dużych pasm materiału, a na-

wet zrywanie gwintu lub uszkodzenie narzynki. Jakkolwiek następstwem zbyt słabego zacisku jest zwiększenie liczby przejść, to jednak przy ostatnich dwóch przejściach zacisk narzynki powinien być nieznaczny.

Po gwintowaniu należy sprawdzić gwint za pomocą sprawdzianu lub nakrętki.

Gwintowanie gwintownikami

Najpierw trzeba obliczyć lub sprawdzić według tablic średnicę otworu pod gwint. Ma to duże znaczenie. Jeżeli bowiem średnica otworu jest większa od właściwej, to gwint w otworze będzie niepełny; jeżeli zaś średnica otworu jest za mała, to albo gwint się zerwie, albo złamie się gwintownik.

Otwór nieprzelotowy (ślepy) powinien być głębszy od swej części gwintowanej, gdyż przy samym końcu dokładnego gwintu się nie osiągnie.

Każdy otwór przed gwintowaniem trzeba z wierzchu owiercić aż do zewnętrznej średnicy gwintu.

Po sprawdzeniu otworu i dobraniu odpowiedniego gwintownika, który powinien mieć gwint ostry i nieposzczerbany, wstawiamy pierwszy gwintownik do otworu, smarujemy go lekko i zaczynamy gwintowanie.

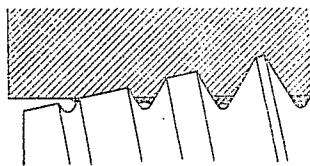
Gwintownik należy ustawiać w otworze tak, żeby jego oś leżała na jednej prostej z osią otworu; ustawienie gwintownika sprawdzamy zwykle na oko.

Gdy gwintownik wchodzi w otwór, wówczas, dzięki swemu stożkowatemu końcowi, powoduje nie tylko skrawanie, ale i zgniatanie wierzchołków gwintu (rys. 217). W otworze o średnicy za małej gwintownik zakleszcza się i łamie¹⁾.

Dopóki gwintownik sam nie zacznie wchodzić po gwincie, trzeba nań lekko naciskać ku dołowi.

Obracanie gwintownika pokrętką odbywa się podobnie jak gwintowanie narzynką, tzn. że po jednym lub dwu obrotach należy go nieco cofnąć, aby rozkruszyć wióry i ułatwić skrawanie.

Gwintujemy z należytym wycuciem: jeżeli gwintownik obraca się ciężko, nie należy przewycięzać oporu siłą, gdyż można go



Rys. 217. Kształtowanie wierzchołków gwintu przez zgniot

¹⁾ O usuwaniu z otworu złamanego gwintownika można by prawie to samo powiedzieć, cośmy mówili o usuwaniu złamanych wierteł w rozdziale o wierceniu. Różnica jest tylko ta, że gwintownik zwykle silniej w otworze się zaciska i dlatego usunięcie go jest jeszcze trudniejsze.

urwać. Lepiej wcześniej go wykręcić z otworu i ustalić przyczynę utrudnienia obrotu. Przyczyny te mogą być różne: zbyt mała średnica otworu, stępiony gwintownik, zanieczyszczenie otworu wiórami itp.

Gwintując otwory głębokie, a zwłaszcza w metalach ciągliwych, od czasu do czasu wykręcamy gwintownik i oczyszczamy otwór oraz gwintownik z wiórów.

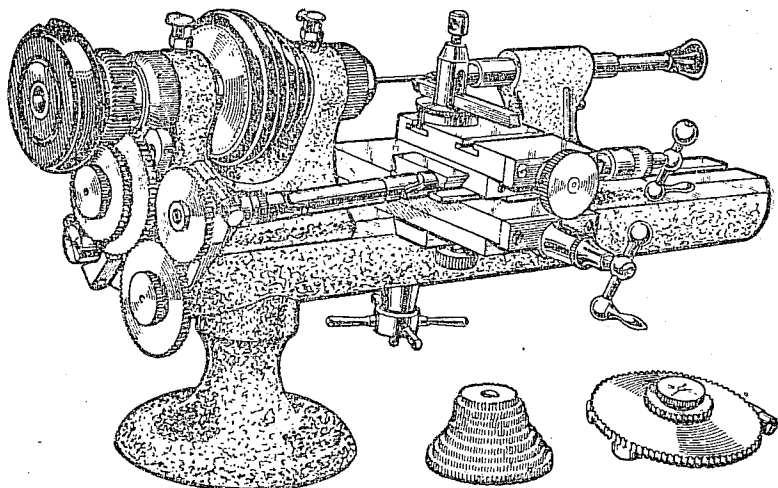
Po ukończeniu pierwszej fazy gwintowania wykręcamy gwintownik z otworu lub przekreślamy go na wylot, a następnie wstawiamy do otworu drugi (średni) gwintownik, który tak samo wstępnie lekko smarujemy, i gwintujemy nim jak poprzednio.

Gwintownik drugi należy wprowadzać bardzo ostrożnie, ażeby nie zniszczyć naciętego już w otworze gwintu. Najlepiej jest wkręcać go bezpośrednio palcami, bez pokrętki, aż do odczucia silnego oporu, a następnie dopiero nasadzić pokrętkę i — naciskając jednocześnie bardzo lekko z góry — pokręcać nią powoli. Podobnie postępuje się przy gwintowaniu trzecim gwintownikiem.

Po skończeniu gwintowania trzecim gwintownikiem sprawdzamy gwint sprawdzianem, śrubą lub wkrętem.

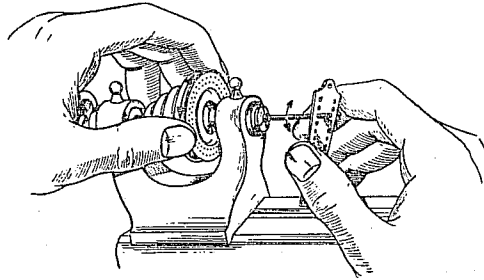
Gwintowanie na tokarce

Ponieważ rzadko spotyka się tokarki zegarmistrzowskie z urządzeniem do gwintowania za pomocą śruby pociągowej (rys. 218), nie będziemy tego sposobu opisywali.



Rys. 218. Tokarka zegarmistrzowska z urządzeniem do gwintowania

Częściej natomiast stosuje się u nas sposób przedstawiony na rys. 219. Oto umieszczamy przedmiot w uchwycie zaciskowym tokarki, a narzynkę w oprawce lub gwincidło trzymane w prawej ręce nasadzamy na koniec przedmiotu. Dociskając gwincidło do przedmiotu, pokręcamy lewą ręką koło stopniowe w lewą stronę, a po każdym obrocie cofamy nieco jak przy zwykłym gwintowaniu. Jednocześnie wykonujemy podobne ruchy gwincidłem, lecz w odwrotnych kierunkach.



Rys. 219. Gwintowanie na tokarce

Podobnie jak gwintowanie przedmiotu, można też wykonywać na tokarce zegarmistrzowskiej gwintowanie otworu, umieściwszy w uchwycie przedmiot z otworem, a w trzymanym w rękę imaku — gwintownik. Można też gwintownik dosuwać kłem z konika, w celu zachowania prostopadłości. Zasady gwintowania są te same.

Nacinanie lewych gwintów. W pracowniach zegarmistrzowskich powinny się znajdować gwintowniki i narzynki o lewym gwincie, gdyż gwinty takie są też stosowane w zegarach i zegarkach, a czasem zachodzi potrzeba ich wykonania. Niektórzy autorzy niemieccy i radzieccy radzą, żeby sobie samemu wykonać gwintownik zastępczy do lewego gwintu z gwintownika prawego, spilo-wując go na całej długości z dwóch stron. Ale wydaje się, że w obecnych warunkach szkoda byłoby czasu na to, tym bardziej że takim gwintownikiem łatwiej byłoby popsuć resztki gwintu w otworze aniżeli poprawić.

„Docieranie” gwintów przeprowadza się prymitywnie w pracowni zegarmistrzowskiej w ten sposób, że w szczelinę małego kawałka drewna wkładamy trochę papki z proszku szmerglowego i oleju. Umieszczamy tam nagwintowany przedmiot i kilka razy wkręcamy go i wykręcamy. Gdy gwint jest już „oszlifowany”, czyścimy go w benzynie z resztek oleju i proszku, a w razie potrzeby polerujemy w ten sam sposób diamentyną.

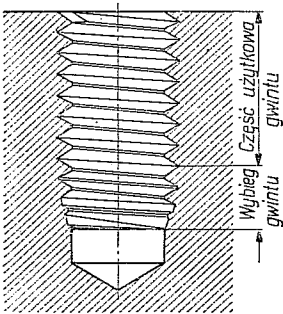
Przyczyny uszkodzeń przy gwintowaniu. Uszkodzenia gwintu zdarzają się najczęściej na skutek niedopatrzenia i braku uwagi oraz niewystarczającej znajomości narzędzi i przebiegu pracy. Przyczyny najczęściej zdarzających się uszkodzeń podajemy w tabelicy 9.

Często łamiemy gwintowniki w otworach nieprzelotowych. Dlatego też taki otwór, jeśli jest to możliwe ze względów konstruk-

Uszkodzenia przy gwintowaniu

Rodzaj uszkodzenia	Przyczyna uszkodzenia
Naderwanie gwintu	gwintowanie bez smarowania stępone albo nieprawidłowe zaszlifowane gwintowniki lub narzynki uwzięcie opiłki między narzędziem a przed- miotem nieprawidłowe ustawienie narzędzia
Stępienie gwintu	nieprawidłowy zarys gwintu średnica przedmiotu większa niż należy średnica mniejsza niż należy niewłaściwe wstawienie II lub III gwintow- nika
Złamanie gwintownika w otworze	brak uwagi i wyczucia tępy gwintownik za silnie zahartowany gwintownik zapchanie otworu i rowków gwintownika wiórami zbyt energiczne wkręcanie gwintownika wielka twardość gwintowanego materiału

cyjnych, powinien być głębszy od długości śruby, która ma się w nim znajdować (rys. 220). W ten sposób łatwiej unikamy niebezpieczeństwa złamania gwintownika lub zerwania gwintu.



Rys. 220. Nagwintowany otwór nieprzelotowy

Smarowanie trzeba stosować zarówno przy gwintowaniu wewnętrznym, jak i zewnętrznym. Jednak przy gwintowaniu otworów smarowanie jest potrzebniejsze niż przy gwintowaniu śrub i wkrętów, gdyż część gwintownika nacinająca gwint jest znacznie dłuższa niż u narzynki, a wąskie rowki wiórowe utrudniają odprowadzanie wiórów na zewnątrz. Złe odprowadzanie wiórów grozi zakleszczeniem gwintownika w otworze. Staje się to najczęściej powodem złamania tego kosztownego narzędzia.

Dobre smarowanie przy gwintowaniu zmniejsza niebezpieczeństwo uszkodzenia narzędzia i wykonywanego gwintu, polepsza warunki pracy narzędzia oraz zmniejsza wysiłek.

Przy gwintowaniu otworów w stali smarujemy gwintownik olejem, w twardym żelazie i lanym mosiądzu — łożem z woskiem,

różnią się między sobą tym, że na oprawie kompletu do gwintów Whitwortha znajduje się symbol 55° , a na oprawie do gwintów metrycznych — 60° oraz litery *S. I.*

Chcąc sprawdzić gwint o nie znanym dla nas skoku, należy dopóty przymierzać sąsiednie blaszki z kompletu przymiaru, dopóki jedna z nich nie będzie dokładnie przylegać. Potem patrzymy jeszcze pod światło. Promień światła przenika nawet wówczas, gdy szczelina między badanym gwintem a przymiarem ma 0,001 mm szerokości. To proste narzędzie jest bardzo wygodne do sprawdzania gwintu zewnętrznego, ale dość trudne do wewnętrznego, np. w otworze lub nakrętcie.

Do mierzenia skoku gwintu wewnętrznego stosujemy inny sposób — dość prymitywny. Gładki wałek owijamy papierem, wsuwamy do nagwintowanego otworu i dociskamy go do jednej strony gwintu. W ten sposób otrzymujemy na papierze ślady wierzchołków gwintu i z nich mierzymy skok w milimetrach lub ilość zwojów na jeden cal angielski. Wady w skoku gwintu występują wówczas, gdy jest źle wykonany.

Oczywiście, ten sposób można zastosować tylko do gwintów dużych.

III. NOWOCZESNE RODZAJE OBRÓBKI

Szybki postęp oraz olbrzymi rozwój wielu dziedzin technicznych w ostatnich dziesiątkach lat doprowadziły także do wynalezienia nowych rodzajów obróbki. Niektóre z nich są już stosowane w produkcji fabrycznej zegarów, a inne można z pożytkiem zastosować nawet w warsztatach zegarmistrzowskich. Mamy tu głównie na myśli obróbkę elektroerozyjną i ultradźwięki.

Chociaż metody te nie są jeszcze ogólnie znane w naszej branży, to jednak w przyszłości mogą mieć ogromne znaczenie. Stąd też warto się z nimi zapoznać. Nie będziemy tu szczegółowo omawiać tych zagadnień, gdyż w polskiej literaturze technicznej są już z tego zakresu dość obszerne opracowania¹⁾. Odsyłamy więc do nich tych Czytelników, którzy chcieliby gruntowniej zaznajomić się z tymi dziedzinami. Podamy tu tylko zasady działania oraz wykażemy możliwości wykorzystania tych wynalazków w warsztacie zegarmistrzowskim.

1. OBRÓBKA ELEKTROEROZYJNA

Jedną z nowych metod obróbki metali jest obróbka elektroerozyjna, zwana także elektroiskrową. Oprócz wielu książek omawiających ten temat, poświęcono mu również osobne artykuły w prasie technicznej i codziennej. Natomiast praktyczne jej zastosowanie można było oglądać na Wrocławskiej Wystawie Wynalazczości i Postępu Technicznego w 1954 r. oraz na Wystawie Postępu Technicznego w Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie w 1955 r.

Obrabiarka elektroerozyjna jest najprostszą i najtańszą ze wszystkich obrabiarek do metali. Nie ma tu żadnych napędów, przekładni, przewodnic, wałków i wielu innych kosztownych elementów ruchowych, zużywających się, psujących i odkształcających pod wpływem dużych sił dynamicznych, które towarzyszą zwykle obróbce mechanicznej, co w rezultacie obniża dokładność obróbki.

¹⁾ Albiński K.: Elektroerozyjna obróbka metali. PWT 1954, Różycki M.: Ultradźwięki. PWT 1955.

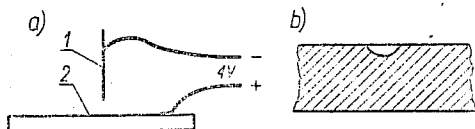
Obróbka elektroerozyjna polega na bezpośrednim działaniu prądu elektrycznego. W zależności od przebiegu procesu obróbki dzieli się ją na:

- elektroiskrową,
- termoelektrolityczną (anodowo-mechaniczną),
- oporową (nazwaną również kontaktową lub stykową).

Metody te stosuje się przede wszystkim do obróbki stopów twardych i stali hartowanych. Dzięki nim można obecnie przeprowadzić wiele niewykonalnych dotychczas albo bardzo trudnych operacji lub przynajmniej skrócić czas obróbki.

OPIS METODY

Obróbka elektroiskrowa polega na wykorzystaniu efektów termicznych, wywołanych iskrą elektryczną. Jeżeli mianowicie zbliżymy do siebie na bardzo krótką chwilę dwie elektrody, np. płytkę stalową 2 (rys. 223 a) i drucik miedziany 1, włączone w obwód elektryczny o napięciu kilku do kilkunastu woltów, to powstałe



Rys. 223. Zjawisko elektroerozji: a) elektrody, b) wytopiona miseczka

wskutek tego wyładowanie pozostawi na płytce wyraźny ślad w postaci wytopienia metalu, doskonale widoczny przez lupe.

Wyładowania elektryczne mogą się odbywać w gazach, np. w powietrzu, albo w dielektrykach płynnych (olejach). Wyładowania iskrowe w dielektryku płynnym pozostawiają znacznie większy ślad wytopienia niż wyładowania iskrowe w powietrzu.

Jeżeli więc poprzednie doświadczenie powtórzymy po uprzednim zanurzeniu elektrod w nafcie, to obserwując powstały ślad zauważymy, że jest on dość znacznym zagłębieniem w postaci miseczki (rys. 223 b). Oznacza to, że w pierwszym wypadku roztopiony metal płytki zakrzepił z powrotem na własnym podłożu, w drugim zaś rozplynał się w płynnym dielektryku.

Istota tego zjawiska, nazwanego elektroerozją¹⁾, polega na wybuchowym przebiegu wyładowania elektrycznego w płynnym ośrodku, spowodowanym w głównej mierze różnicą temperatur stopionego metalu i płynu. W czasie przeskoku iskry elektrycznej powstają na powierzchni elektrod punktowe źródła ciepła o bardzo wysokiej temperaturze. W miejscach tych następuje topnienie i częściowe parowanie metalu. Czas nagrzewania jest bardzo krótki i w przybliżeniu równy czasowi wyładowania, wskutek czego ciepło nie jest przewodzone w głębsze warstwy metalu,

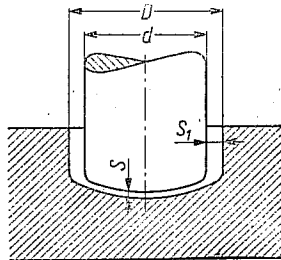
¹⁾ Erozja — wymywanie, wyraz pochodzenia greckiego.

lecz powoduje jego częściowe stopienie. Wskutek nagłej rozszerzalności cieplnej stopiony metal zostaje wyrwany i wyrzucony w otaczający dielektryk, w którym krzepnie w postaci mikroskopijnych kuleczek. Na powierzchni elektrody tworzy się charakterystyczna miseczka.

Jeżeli więc wyładowania będą się odbywać wiele razy po sobie, to w płaskiej elektrodzie, będącej przedmiotem obrabianym, nastąpi drażnienie otworu o takim kształcie, jaki ma druga elektroda, będąca narzędziem. Należy tu zauważyć, że zużyciu ulegają obydwie elektrody, ale nie w jednakowym stopniu. Zależy ono bowiem od rodzaju materiału. Aby więc zużycie elektrody-narzędzia było jak najmniejsze, materiał, z którego jest wykonana, powinien mieć dużą przewodność elektryczną, dużą przewodność i pojemność cieplną oraz możliwie wysoką temperaturę topnienia. Dlatego na elektrody robocze używa się przeważnie miedzi i jej stopów, gdyż ma ona w znacznym stopniu wymagane własności, a przy tym jest łatwo obrabialna.

Między powierzchnią elektrody roboczej a powierzchnią drażnionego otworu musi być pewna odległość, zwana szczeliną iskrową, przez którą wyrzucane są cząsteczki wrywanego metalu. Wielkość tej szczeliny dla określonych materiałów elektrody roboczej i przedmiotu obrabianego zależy od napięcia, rodzaju dielektryku, wielkości cząsteczek wrywanych i intensywności przepływu dielektryku przez szczelinę. Wyładowania iskrowe zwracają się przede wszystkim w kierunku podstawy otworu, gdzie szczelina s (rys. 224) wskutek posuwu elektrody jest zawsze mniejsza, niż szczelina s_1 między bocznymi ścianami otworu i elektrody.

W celu otrzymania wymiaru otworu D o określonych tolerancjach, należy wymiar elektrody roboczej d zmniejszyć o podwójną wielkość szczeliny iskrowej s_1 , którą średnio można przyjąć w granicach 0,05—0,1 mm na stronę dla drażenia dokładnego. Wielkość szczeliny zależy również od materiału elektrod, przeto dla dokładnego określenia wymiarów szczeliny iskrowej należy uwzględnić materiały elektrod, warunki elektryczne i rodzaj dielektryku.



Rys. 224. Szczeliny iskrowe

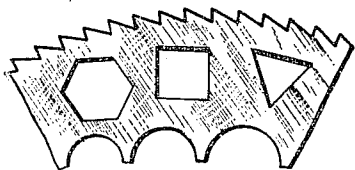
ZASTOSOWANIE W PRAKTYCE

Obróbka elektroerozyjna w przemyśle ogólnomaszynowym jest już dość szeroko stosowana. Sposób elektroiskrowy — oprócz drażnienia i wycinania — stosuje się również do utwardzania po-

wierzchni ostrzy narzędzi skrawających i części maszynowych ścieraających się, do grawerowania oraz do szlifowania i ostrzenia narzędzi skrawających.

Tym sposobem można obrabiać wszystkie materiały przewodzące normalnie prąd elektryczny. Ze względu jednak na stosunkowo małą wydajność obróbki w porównaniu z obróbką skrawaniem, sposób elektroiskrowy stosuje się raczej do obróbki materiałów twardych, jak węgliki spiekane, stopy twarde, stale hartowane, których obróbka skrawaniem jest utrudniona lub niemożliwa.

W materiałach tych można zasadniczo wykonywać otwory o dowolnych kształtach (rys. 225). Kształt otworu zależy jest od kształtu elektrody roboczej.



Rys. 225. Otwory wydrążone metodą elektroiskrową w stali szybko hartowanej

Powierzchnia otworu wykonanego drążarką iskrową nie jest jednak idealnie gładka. Dlatego w niektórych przypadkach, gdzie chodzi o gładkie powierzchnie otworu, są one wygładzane proszkiem diamentowym.

Oprócz otworów można też uzyskać dowolne kształty wgłębień w stalach hartowanych i węglkach spiekanych. Również i tu kształt wgłębienia będzie dokładną kopią kształtu elektrody roboczej. Dlatego sposób elektroiskrowy stosuje się do wykonywania tłoczników i matryc o złożonych kształtach, a nawet do grawerowania.

Obróbkę termoelektrolityczną stosuje się przede wszystkim do ostrzenia narzędzi z płytkami z węglików spiekanych oraz do przecinania metali. Dotychczas najbardziej rozpowszechniło się termoelektrolityczne ostrzenie noży tokarskich. Dlatego też najczęściej buduje się ostrzarki termoelektrolityczne do noży.

Ostrzenie termoelektrolityczne odbywa się na tarczy metalowej w elektrolicie. Do tarczy metalowej doprowadza się jeden biegun prądu stałego, do narzędzia drugi. Tarcza może być wykonana z miedzi, stali lub żeliwa. Tarcza na powierzchni roboczej — najczęściej czołowej — powinna mieć rowki, które służą do rozprowadzenia elektrolitu po całej powierzchni szlifowanej.

Przecinanie termoelektrolityczne odbywa się za pomocą tarcz metalowych w elektrolitach. Do tarczy metalowej doprowadza się jeden biegun prądu stałego, do przedmiotu przecinanego drugi biegun. Tarcze robocze wykonuje się najczęściej z blachy stalowej.

Wspomniane wyżej metody obróbki elektroerozyjnej stosuje się m. in. w fabrycznej wytwórczości zegarów i zegarków. Natomiast w warsztacie zegarmistrzowskim najbardziej pożądana jest drą-

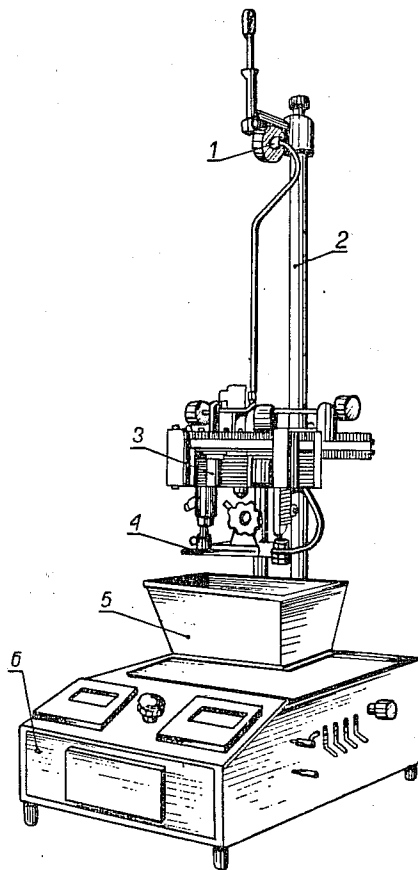
żarka do małych otworów, na której można także wykonywać wykrawanie, cięcie i wiele innych prac.

Drażarki do małych otworów są nieduże i zajmują niewiele miejsca. Drażarkę taką, radzieckiej konstrukcji, przedstawia rys. 226. Zasadniczymi jej elementami są: korpus 6, kolumna 2, urządzenie do prostowania elektrody roboczej 1, głowica z wibratorem elektromagnetycznym 3 i ze stolikiem 4 oraz wanna 5.

Drażarki do małych otworów pracują najczęściej metodą stykową. Elektroda robocza ma więc ruch drgający, który nadają jej przeważnie wibratory elektromagnetyczne, oraz ruch posuwowy w kierunku przedmiotu obrabianego. Urządzenia te zasilane są z prostowników selenowych i lampowych o niedużej mocy (od kilkunastu do 300 watów). Napięcie zasilania stosuje się niższe niż 220 woltów.

Przy drażnieniu małych otworów sposobem elektroiskrowym używa się jako elektrod roboczych cienkich drutów miedzianych, mosiężnych lub wolframowych. Żeby jednak elektroda tak cienka, np. średnicy 0,1 mm, nie krzywiła się, muszą ją prowadzić kapilary szklane lub specjalne przewodnice metalowe. Posuw elektrody roboczej uzyskuje się za pomocą rolek napędzanych ręcznie poprzez przekładnię mechaniczną albo za pomocą silnika elektrycznego, którego obroty regulowane są automatycznie. Drażnienie małych otworów odbywa się w nafcie lub wodzie destylowanej.

Takich drażarek jeszcze na razie u nas nie ma w sprzedaży i nie wiadomo, jak prędko się ukażą. Ale i własnym sposobem podobną, znacznie uproszczoną drażarkę można wykonać. Sposób wykonania opisany jest w numerze 10 „Horyzontów Techniki”.



Rys. 226. Drażarka elektroiskrowa

z 1955 r. na str. 461 i w numerze 3 z 1956 r. na str. 139. Samo wykonanie nie jest trudne, a koszty na materiały niezręczne. Trud włożony zawsze się opłaca, wiadomo bowiem, jak nieraz uciążliwe jest wiercenie małych otworów w twardych stalowych częściach. Oprócz tego drążarką taką można wycinać różnego rodzaju części stalowe.

Szczególnie wielkie usługi oddaje taka drążarka przy wyjmowaniu z otworów złamanym narzędzi, jak wiertła, gwintowniki i inne. Dotychczas w wielu przypadkach, gdy narzędzie zostało złamane w czasie obróbki otworu, wyjęcie go powodowało duże trudności, a często stawało się niemożliwe, wskutek czego trzeba było wykonywać nową część. Taką drążarką usunięcie złamanego narzędzia nie przedstawia trudności. Usuwanie polega na wydrażeniu rdzenia narzędzia za pomocą elektrody drucikowej, a następnie usunięcie odłamków ostrzy. W ten sposób można w wielu przypadkach uratować drogi nieraz przedmiot, przy obróbce którego złamało się narzędzie w otworze.

Pary nafty lub oleju oraz tlenek węgla, wydzielające się podczas drażenia elektroiskrowego, są łatwopalne i tworzą z powietrzem mieszanek wybuchową.

Obróbka elektroiskrowa wymaga więc przestrzegania zasad ochrony pracy i bezpieczeństwa. Odnoszą się one jednak tylko do większych obrabiarek tego typu. W naszych warunkach wystarczy zachować taką ostrożność, jakiej wymaga obchodzenie się z benzyną podczas czyszczenia.

UNIWERSALNA OBRABIARKA ELEKTROISKROWA

Szwajcarska prasa zegarmistrzowska ogłaszała, że zbudowano tam elektroiskrową obrabiarkę uniwersalną, która może zastąpić niemal wszystkie prace obróbki mechanicznej, a więc cięcie, przebijanie, wiercenie, rozwiercanie, walcowanie, frezowanie, toczenie, szlifowanie i dogładzanie (honing). Fabryczna jej nazwa brzmi „Agiatron”. Działa ona na tej samej zasadzie, co poprzednio opisane obrabiarki elektroiskrowe. Można więc na niej wykonywać dowolne otwory i zagłębienia, wystarczy tylko założyć elektrodę odpowiedniego kształtu.

Powierzchnia obrabianego miejsca może być różna: chropawa, aksamitno-matowa, idealnie gładka — zależnie od potrzeby. Lecz — co najważniejsze — jest ona wolna od mikroskopijnych rys.

Obrabiarka „Agiatron” wyposażona jest w uchwyty i urządzenia pomocne przy obróbce oraz urządzenia pomiarowe. Podczas pracy dielektryk jest stale przepompowywany i filtrowany. Obrabiarka ta pracuje na prądzie zmiennym.

2. ULTRADŹWIĘKI

OBRABIARKI ULTRADŹWIĘKOWE

Na początku roku 1955 jedna ze szwajcarskich gazet zegarmistrzowskich donosiła, że w USA skonstruowano obrabiarkę ultradźwiękową¹⁾, która obrabia nawet najtwardszą stal, szkło i szlachetne kamienie, nie wyłączając szafiru.

Obecnie i u nas, oprócz innych zastosowań ultradźwięków, pracują obrabiarki ultradźwiękowe, a zwłaszcza drążarki, podamy więc choć w skrócie sposób ich działania.

Ultradźwiękowe drążenie otworów o dowolnych kształtach jest procesem technologicznym, który polega na przenoszeniu intensywnych drgań mechanicznych o częstotliwości ponaddźwiękowej na ośrodek ciekły lub półciekły, jakim jest płyn lub pasta ścierna. Warstewka zawiesiny ścierniej, znajdująca się między drgającym narzędziem a obrabianym przedmiotem, zdziera z niego materiał odpowiednio do kształtu narzędzia.

Metoda ultradźwiękowa obróbki daje wyniki podobne jak obróbka elektroerozyjna (elektroiskrowa), nie wymaga jednak przepływu prądu elektrycznego między narzędziem a obrabianym przedmiotem ani skomplikowanych urządzeń do utrzymywania stałej odległości między narzędziem a obrabianą powierzchnią. Za pomocą drgań ultradźwiękowych można obrabiać materiały twarde, nie przewodzące prądu, jak szkło, wyroby ceramiczne, syntetyczne kamienie szlachetne itp.

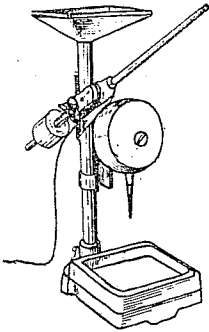
Drgania ultradźwiękowe o bardzo wysokiej częstotliwości, wytwarzane w generatorze magnetostrykcyjnym, przekazuje do odpowiedniego narzędzia specjalny uchwyt, którego wymiary i kształt są tak dobrane, że drgania rdzenia magnetostryktora zostają wzmocnione przy przekazywaniu ich do ośrodka ciekłego.

Narzędzie drgające lekko tyko dotyka obrabianego przedmiotu i nie musi być z twardego materiału. Wystarczy do tego celu miękka stal lub inny niezbyt twardy metal. Przy obróbce ultradźwiękowej nie jest potrzebny mechanizm nadający narzędziu posuw (w celu zagłębiania się w drążonym przedmiocie), ponieważ siła ciężenia głowicy zbliża narzędzie do obrabianej powierzchni. Niekiedy stosuje się również docisk pneumatyczny.

Ciecz ścierna, przenosząca drgania i powodująca obróbkę przez ściernie, stanowi zawiesinę węglika krzemu lub węglika boru w wodzie. Sam proces drążenia polega więc na stałym zdzieraniu

¹⁾ *Ultradźwiękami* nazywamy drgania akustyczne (mechaniczne) o częstotliwościach przewyższających 20 000 okresów na sek., czyli takie, które już nie są słyszalne dla człowieka.

cząstek obrabianego przedmiotu w ośrodku cieczy ścierniej. Tą metodą uzyskuje się gładszą powierzchnię otworu niż metodą elektroerozyjną. Szybkość obróbki, stopień gładkości oraz dokładność wykonania uzależnione są od stosowanych częstotliwości drgań, wielkości cząstek ściernych w cieczy lub paście ścierniej oraz od samej techniki posługiwania się urządzeniem. W niektó-



Rys. 227. Drażarka ultradźwiękowa

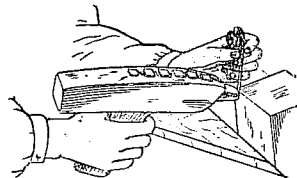
rych typach obrabiarek ultradźwiękowych przewidziane jest urządzenie podające ciecz ścierną drgającemu narzędziu automatycznie w czasie pracy obrabiarki.

Nie będziemy tu opisywali różnych typów drażarek ultradźwiękowych, które obecnie są już produkowane. Podajemy tylko krótką charakterystykę jednej z nich, przedstawionej na rys. 227, która nadaje się do celów warsztatowych. Jest to drażarka typu Mullarda o mocy 50 watów, przystosowana do umocowania na stole warsztatowym. Można nią drążyć otwory o wymiarach 0,09—12,5 mm, na głębokość do 12,5 mm.

Ponieważ obrabiarką ultradźwiękową można obrabiać wszystkie twarde materiały, nawet takie, które nie przewodzą prądu, dlatego jej zastosowanie w zegarmistrzostwie wydaje się celowe, i to nie tylko przy fabrycznej produkcji kamieni zegarkowych, ale i w warsztatach zegarmistrzowskich do obróbki szkła itp. materiałów.

LUTOWNICA ULTRADŹWIEKOWA

Lutowanie metali lekkich, głównie aluminium, przedstawiało od dawna poważne trudności. Tworzenie się warstewki tlenku na powierzchni aluminium, przy nieznacznym nawet nagraniu przedmiotu, utrudniało dotychczas lutowanie tego metalu. Chemiczne usuwanie tlenku nie daje zadowalających wyników. Zagadnienie to zostało rozwiązane w sposób pomyślny przez zastosowanie ultradźwięków.



Rys. 228. Lutowanie lutownicą ultradźwiękową

Zauważono, że fale ultradźwiękowe rozrywają powierzchnię roztopionego aluminium na najdrobniejsze cząstki i wbijają je w głębsze warstwy metalu. Spostrzeżenie to doprowadziło do skonstruowania lutownicy ultradźwiękowej (rys. 228), za pomocą której można łatwo i bez żadnych topników lutować nie tylko aluminium, ale i inne metale lekkie, do których używa się lutów miękkich. Do aluminium i jego

stopów stosuje się tylko luty, których podstawowym składnikiem jest cyna lub cynk, jednakże bez domieszek ołowiu, który stwarza niebezpieczeństwo elektrolitycznej korozji.

Całe urządzenie składa się z przenośnej lutownicy i generatora magnetostrycyjnego. Miedziane ostrze lutownicy połączone jest mosiężnym prętem z niklowym rdzeniem magnetostryktora i wraz z nim wprowadzane jest w drgania o częstotliwości ponadakustycznej. Wytworzone drgania powodują kruszenie tlenku, przy czym zastosowanie kalafonii i innych płynów czyszczących jest zbędne.

Lutownicą tą posługujemy się podobnie jak lutownicą elektryczną. Najpierw rozgrzewa się ją do odpowiedniej temperatury, a następnie włącza dodatkowo wibrator ultradźwiękowy. W czasie zabiegu lutownica powinna być stale połączona z miejscem lutowanym za pośrednictwem ciekłego lutu, gdyż tylko w takim przypadku ultradźwięki działają w pełni i zapewniają równomierność lutowania.

INNE ZASTOSOWANIA ULTRADŹWIĘKÓW

Do podobnych technicznych zastosowań ultradźwięków należy cynowanie drutów aluminiowych przed ich lutowaniem. Pocynowanie przeprowadza się przez zanurzenie drutu aluminiowego w roztopionym lucie i zetknięcie go z zanurzonym przedłużaczem magnetostryktora. Po kilku sekundach część zanurzona drutu aluminiowego zostaje pocynowana.

Ultradźwięki zastosowano także do czyszczenia części zegarkowych i zegarowych. Tą metodą czyści się dokładniej i szybciej niż w czyszczarkach wirujących.

IV. OBRÓBKA CIEPLNA

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

Zegarmistrz, jak każdy inny metalowiec, wymaga od stali twardości, ciągliwości, sprężystości. Czasami potrzeba, żeby przedmiot stalowy był jednocześnie twardy i sprężysty. Innym razem chodzi znów o pewną ciągliwość przy dość znacznej twardości. Podczas wykonywania przedmiotu stalowego pożądana jest zmiana jego własności. Własności te można nadawać stali przez odpowiednie zabiegi zwane ogólnie obróbką cieplną.

Prawie wszystkie zabiegi obróbki cieplnej stosuje się do stopów metali, a nie do metali czystych. Największe jednak zastosowanie mają one do stali, która jest właśnie stopem żelaza z węglem, czasami z dodatkami innych składników. Stąd też mówimy ogólnie, że obróbka cieplna metali jest to zabieg lub połączenie zabiegów cieplnych wywołujących pożądane trwałe zmiany struktury stopu, powstające przez nagrzanie go do określonej temperatury i odpowiednie ostudzenie.

Rozróżniamy trzy zasadnicze rodzaje obróbki cieplnej: 1) hartowanie, 2) odpuszczanie, 3) wyżarzanie.

Hartowanie stali znane jest od tak dawna, jak dawno wyrabiano z niej broń. Jednak aż do ostatnich lat ubiegłego stulecia wszystkie zabiegi cieplne były wykonywane wyłącznie na podstawie prób doświadczalnych, bez zrozumienia istoty zjawisk zachodzących w stali przy grzaniu czy chłodzeniu. Prowadziło to do wszelkiego rodzaju przesądów i dziwactw.

Dopiero badania naukowe struktury metali (metalografia) doprowadziły do wyjaśnienia zmian zachodzących w stali podczas hartowania. Obecnie są już liczne opracowania z tej dziedziny¹⁾, chociaż poszczególne pojęcia i nazwy zabiegów ulegają jeszcze zmianom, gdyż w dalszym ciągu jest tu jeszcze rozwój.

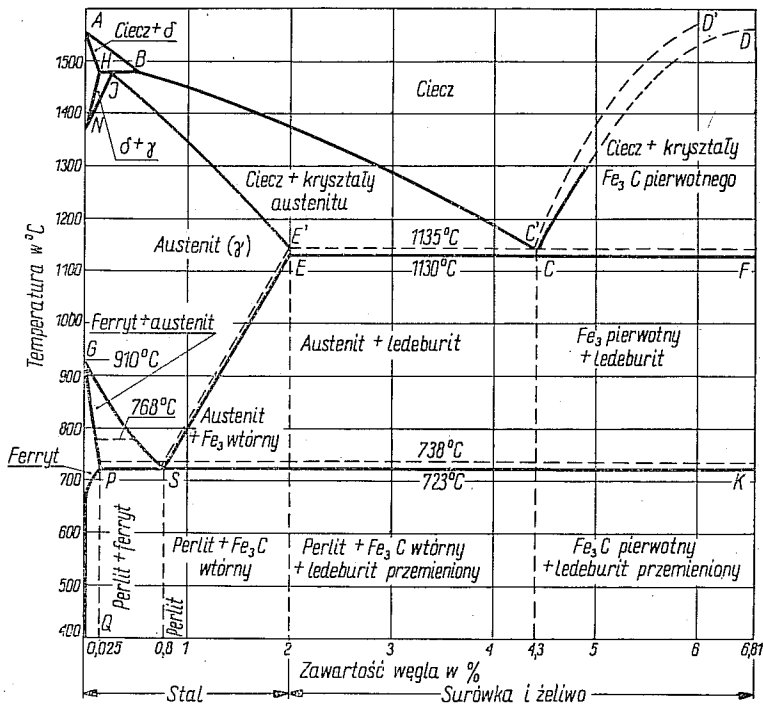
STRUKTURY METALI I STOPÓW

Wszystkie metale i stopy mają budowę krystaliczną. Wielkość i kształt kryształów, które nazywane są także ziarnami, zależą od składu chemicznego stopu i od tego, w jakiej temperaturze

¹⁾ W naszej książce ograniczamy się do fragmentarycznego i prostego ujęcia zagadnień metalografii i obróbki cieplnej. Zainteresowanym polecamy dzieło inż. Pawła Kosieradzkiego pt. „Obróbka cieplna metali”, wyd. II PWT, Warszawa 1955.

odbywa się jego krzepnięcie (krystalizacja pierwotna) oraz od obróbki plastycznej, gdyż np. podczas walcowania ziarna się zniekształcają.

Jeżeli skład chemiczny ulega zmianie, tzn. gdy jednego ze składników ubywa lub przybywa, to atomy składników wchodzących do stopu przesuwają się i lokują wewnątrz kryształów w odmienny sposób.



Rys. 229. Wykres przebiegu zmian struktury w stopie żelaza z węglem, w zależności od zawartości węgla i od temperatury

Jeżeli zmienia się temperatura, atomy tylko się przegrupowują, lecz skład stopu nie ulega przy tym zmianie. Roztopiony stop przechodząc ze stanu ciekłego w stały krystalizuje się. Jeżeli oziębianie przedłuża się, to nawet po skrzepnięciu wewnątrz stopu jeszcze zachodzą zmiany (krystalizacja wtórna).

Nas szczególnie interesuje stop żelaza z węglem, czyli stal, dlatego rozpatrzmy szczegółowiej to zagadnienie. Wykres na rys. 229 wyjaśnia strukturę stali i ujmuje zmiany, jakie zachodzą przy powolnym grzaniu i studzeniu między dwoma głównymi składnikami stali, tj. żelazem i węglem.

Węgiel w stopie może stanowić związek chemiczny z żelazem i wtedy nazywa się *cementytem* (węglikiem żelaza Fe_3C), albo też może występować w postaci grafitu i stanowić roztwór z żelazem. Linie ciągłe na rys. 229 dotyczą układu żelazo-cementyt, a linie kreskowe — układu żelazo-grafit.

Na osi odciętych odmierzona jest procentowa zawartość węgla, a na osi rzędnych temperatura: odbywających się przemian. Stop z zawartością węgla do 2% jest stałą, a o większej zawartości węgla (do 6,67%) stanowi żeliwo i surówkę.

Część górna wykresu do linii *AHJECF* przedstawia stop w stanie ciekłym; do linii *ABCD* znajdują się w nim stałe kryształy zmieszane z cieczą, a od tej linii wyżej już tylko sama ciecz. W dolnej części wykresu przedstawione są przemiany w stanie stałym.

Na przykład stal o zawartości 1% węgla zaczyna krzepnąć w temperaturze ok. 1450 °C. Przy obniżeniu temperatury powstaje coraz więcej kryształów zmieszanych z cieczą, aż przy temperaturze ok. 1350 °C nastąpi całkowite skrzepnięcie. Dalsze przemiany następują w stanie stałym.

Kryształy, czyli ziarna wyżarzonej stali węglowej (nie stopowej), składają się z dwóch składników: *ferrytu* i *cementytu*.

Ferryt (od łacińskiego słowa ferrum = żelazo) jest to prawie czyste żelazo, miękkie, nie wiele twardsze od miedzi. Natomiast cementyt, stanowiący, jak już mówiliśmy, związek chemiczny żelaza z węglem, jest bardzo twardy, prawie taki jak diament. Dlatego stal nie hartowana jest tym twardsza, im więcej zawiera cementytu, czyli im większy jest w niej procent węgla.

Jednak zwiększenie ilości węgla w stali ponad 2% jest właściwie niemożliwe, gdyż węgiel tylko w ograniczonej ilości wchodzi w związek chemiczny z żelazem; nadmiar jego pozostaje w postaci grafitu, który powoduje kruchość stopu. Zresztą i sam cementyt jest również bardzo kruchy. Stąd też stop żelaza z zawartością węgla większą niż 2% nie jest już stałą, lecz żeliwem.

W stalach o zbyt małej zawartości węgla (do 0,025%) cementytu nie ma wcale, gdyż nieznaczny procent węgla jest rozpuszczony w żelazie w sposób niewidoczny i w strukturze występują tylko ziarna ferrytu.

Gdy stal zawiera 0,8% węgla, wtedy płytki cementytu są równomiernie rozłożone w masie ferrytu. Strukturę taką nazwano *perlitem*, gdyż po wytrawieniu daje taki połysk, jak masa perłowa.

Struktura stali zmienia się także pod wpływem temperatury, jednak dopiero po nagraniu powyżej 723 °C. Poniżej tej temperatury w strukturze stali nie zachodzą żadne zmiany. Natomiast przy nagrzewaniu stali ponad 723 °C węgiel zawarty w cementycie zostaje uwolniony i rozpuszcza się w ferrycie. Powstaje wtedy struktura zwana *austenitem*. Jest to tzw. roztwór stały węgla w żelazie. W stalach węglowych austenit jest trwały tylko w wysokich temperaturach. Przebieg rozpuszczania węgla zależy również od jego ilości w stali. Wskazuje to na wykresie linia GSE (rys. 229).

Stal zawierająca 0,8% węgla osiąga strukturę austenityczną już przy nagraniu do 723 °C. Jeżeli zaś będzie mieć mniej węgla lub więcej, to dla osiągnięcia stanu austenitycznego należy ją podgrzewać jeszcze więcej. Stal zawierająca 2% węgla osiągnie całkowicie strukturę austenityczną dopiero po nagraniu jej do 1130 °C.

Jeżeli stal nagrzana do stanu austenitycznego będzie stygnąć powoli, to wszystkie przemiany zachodzą wtedy w odwrotnym porządku i utworzy się z powrotem struktura perliżyczna. Jeżeli zaś chłodzenie stali odbywa

się szybko, to nie zdąży nastąpić rozpad austenitu, bo rozpuszczony węgiel nie zdąży wydzielić się z powrotem, wskutek czego powstaje nowa struktura, tzw. *martenzyt*. Stal o takiej strukturze ma bardzo drobne ziarna i odznacza się wielką twardością, wytrzymałością na rozrywanie oraz odpornością na uderzenia.

Widzimy więc, że struktura stali może być różna, zależnie od prędkości chłodzenia. Korzysta się z tego, gdy trzeba zmienić własności mechaniczne stali. Na tych to właśnie zmianach struktury polega cała obróbka cieplna.

2. HARTOWANIE

Hartowanie stosuje się w celu zwiększenia twardości i sprężystości stali. A więc po zahartowaniu stal staje się twardsza; zgodnie zresztą z nazwą, która z niemieckiego oznacza utwardzanie. Trzeba jednak wiedzieć, że nie każde utwardzanie będzie hartowaniem i jedna z tych nazw nie może dowolnie zastępować drugiej.

Hartowaniem stali nazywamy tylko takie utwardzenie, które jest spowodowane zabiegiem cieplnym, składającym się z dwóch, bezpośrednio po sobie następujących operacji — **nagrzewania i szybkiego chłodzenia**. Stąd też takie powiedzenie, jak np. „stal hartowana w wodzie” albo „zahartować w oleju” nie są ściśle. Woda bowiem ani olej nie nadają stali twardości. Są to skróty myślowe, przez które trzeba rozumieć obydwie operacje — nagrzewanie i chłodzenie.

Istota hartowania polega na wytworzeniu w stali *struktury martenzytycznej*. Stal o takiej strukturze ma — jak wiemy — najlepsze własności wytrzymałościowe (twardość i — po odpuśczeniu — sprężystość). A więc przez nazwę martenzyt rozumiemy strukturę stali hartowanej. W jaki sposób otrzymać tę strukturę, mówiliśmy już pokrótce. Mianowicie najpierw trzeba stal doprowadzić do stanu *austenitycznego*, tzn. do takiego stanu, w którym węgiel w żelazie tworzy roztwór stały. Ponieważ austenit jest trwały tylko w wyższych temperaturach, dlatego trzeba stal podgrzać i wygrzać w takiej temperaturze, jaka dla danej stali jest potrzebna do wytworzenia stanu austenitycznego. Temperatura ta, zwana temperaturą hartowania, zależy od procentowej zawartości węgla w stali. Następnie należy stal szybko ochłodzić, aby węgiel nie zdążył wydzielić się na powrót. Po takich zabiegach stal jest zahartowana i ma wtedy strukturę martenzytyczną.

RODZAJE HARTOWANIA

Znanych jest kilka rodzajów hartowania: zwykle, stopniowe, izotermiczne, powierzchniowe, ale mają one zastosowanie raczej w większych zakładach przemysłowych. W warsztacie zegarmistrzowskim ograniczamy się prawie wyłącznie do hartowania zwykłego, dlatego tylko o takim tu mówimy.

Hartowanie zwykle polega na ogrzaniu przedmiotu do temperatury hartowania (stan austeniczny) i z kolei szybkim ochłodzeniu, zazwyczaj w wodzie, do temperatury otoczenia. Hartowanie to nadaje stali wielką twardość, ale też powoduje w przedmiocie duże naprężenia wewnętrzne, co jest przyczyną odkształceń, a u dużych i grubych przedmiotów — nawet pęknięć. Dlaczego tak się dzieje, wyjaśnimy to, gdy będziemy mówić szczegółowiej o chłodzeniu.

Mniejsze niebezpieczeństwo pęknięć występuje przy **hartowaniu przerywanym**, które jest odmianą hartowania zwykłego, a podobne w przebiegu do hartowania stopniowego. Polega ono na tym, że po nagraniu przedmiotu zanurzamy go najpierw w wodę o temperaturze pokojowej (18 °C), a następnie, gdy przedmiot osiągnie temperaturę ok. 300 °C — co poznajemy po tym, że zniknie całkowicie barwa nagrzania przedmiotu, albo ucichnie syczenie — wkładamy go szybko do naczynia z olejem i zatrzymujemy tam aż zupełnie ostygnie. Można też włożyć go do gotującej się wody lub pozostawić na wolnym powietrzu. Wtedy przemiana martenzytyczna odbywa się wolniej i naprężenia wewnętrzne mogą się łatwiej wyrównać.

Hartowanie przerywane stosuje się zazwyczaj do stali narzędziowych o większej zawartości węgla. Po hartowaniu zwykłym i przerywanym następuje zawsze odpuszczanie.

GRZANIE

Temperatura hartowania

Przy hartowaniu jest rzeczą ogromnie ważną nagrzanie stali do odpowiedniej temperatury, aby stal uzyskała stan austeniczny, a tym samym należytą twardość po zahartowaniu. Temperatura, w której stal już się znajduje w stanie austenicznym, czyli temperatura hartowania, zależy, jak już wspomnieliśmy, głównie od zawartości węgla w stali. Np. dla stali o zawartości węgla od 1,01 do 1,15% może ona wynosić 760—780 °C. Ten właśnie „wycinek” temperatur — od najniższej (760°) do najwyższej (780°) — nazywa się **zakresem temperatur hartowania**. O zakresie temperatur mówimy także przy chłodzeniu.

Temperatura nagrzania stali powinna być o 30—50 °C wyższa, niż wskazuje linia GSK na wykresie żelazo-węgiel (rys. 230). Część tego wykresu, ściśle dostosowaną do celów nagrzewania przy hartowaniu, pokazuje rys. 230. Na nim właśnie pas zakreślony przedstawia zakres temperatur nagrzewania stali węglowych.

Znaczące przekroczenie temperatury hartowania powoduje objawy **przeprzania**, tj. gruboziarnistość, duże naprężenia, a nawet pęknięcia.

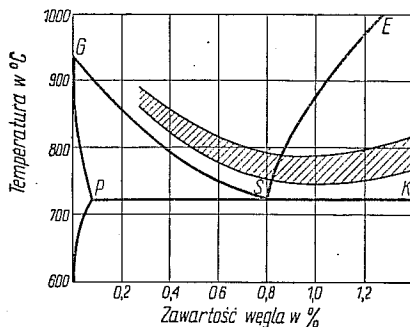
Powierzchnia przełomu stali dobrze zahartowanej ma bardzo drobną ziarnistość, jest prawie gładka, jedwabista. Natomiast przełom stali, którą przeprzano podczas hartowania, jest błyszczący, chropowaty, gruboziarnisty. Właśnie ta gruboziarnistość powoduje kruchość metali. Stal przeprzana, gruboziarnistą można przemienić na drobnoziarnistą, stosując tzw. *wyżarzanie normalizujące* (regeneracja).

Jeżeli przeprzanie było tak mocne, że nastąpiło wewnętrzne utlenienie na granicy ziarn materiału, to mówi się, że stal taka jest *przepalona*. Przepalanie jest wadą, której żadnym sposobem nie da się usunąć.

Żeby dobrze zahartować, trzeba wiedzieć, jaka jest dana stal, mianowicie stopowa czy węglowa, i ile procent zawiera węgla. Każdy rodzaj stali trzeba bowiem grzać do innej temperatury. Do mierzenia temperatury podczas grzania służą pirometry.

Uwagi praktyczne

Z dotychczasowych rozważań można by wysnuć wniosek, że w warsztacie zegarmistrzowskim właściwe zahartowanie jest prawie że niemożliwe. I byłby to wniosek poniekąd słuszny. Trudność ta wynika przede wszystkim stąd, że zegarmistrz wykonuje przedmioty z różnych stali, nie wiedząc zwykle, jaka to stal i ile zawiera węgla. A przecież od zawartości węgla zależy, do jakiej temperatury trzeba grzać stal, żeby uzyskała stan austenityczny. A gdyby nawet znał ilość węgla w stali, którą ma zahartować, to znowu nie może zmierzyć temperatury grzania, gdyż nagrzewa w prosty sposób, a nie w piecach zaopatrzonych w pirometry.



Rys. 230. Zakres temperatur nagrzewania przy hartowaniu stali węglowych

Otóż w naszych małych warsztatach zegarmistrzowskich można też dobrze zahartować, mimo że posługujemy się bardzo prostymi metodami, ale potrzebne jest tu duże doświadczenie. Mając kawałek nieznannej stali, trzeba najpierw ustalić przez próby, jaka to stal. Oprócz prób opisanych w części 2 „Zegarmistrzostwa” na str. 43, można także wykonać kilka prób hartowania z różnych temperatur i obserwacji przełomów (ziarno drobne czy grube), aby się przekonać o właściwościach tej stali. Dopiero po wypróbowaniu można ustalić, jak trzeba grzać daną stal, aby uzyskać należyłą twardość i sprężystość. Oczywiście, próby te powinny objąć nie tylko grzanie, ale także chłodzenie i odpuszczanie.

Jeśli nie mamy pirometru do zmierzenia temperatury, możemy ocenić stopień nagrzania na oko według barwy promieniowania stali. Wiemy, że wszystkie ciała nagrzane do wysokiej temperatury wysyłają promienie świetlne, zmieniające się w zależności od stopnia nagrzania. Pierwsze oznaki promieniowania świetlnego dostrzegalne są przy nagrzaniu do ok. 520 °C, a następnie, w miarę wzrostu temperatury, występuje coraz silniejsze promieniowanie, które można określić barwami — od ciemnobrunatnej do białej (tablica 10). Barwy te możemy dokładnie rozróżnić tylko przy słabym świetle.

Tablica 10

Barwy promieniowania stali przy nagrzewaniu

Temperatura °C	Barwa	Temperatura °C	Barwa
520	ciemnobrunatna	900	pomarańczowa
600		1000	
700	brunatnoczerwona	1100	ciemnożółta
800	ciemnowiśniowa	1200	żółta
850	wiśniowa	1300	jasnożółta
900	jasnowiśniowa		biała

Stal węglową nagrzewamy zwykle do barwy ciemnowiśniowej, która odpowiada temperaturze 700—800 °C. Jest to dość duży zakres. Natomiast zakres temperatury hartowania stali narzędziowej jest bardzo wąski, bo wynosi tylko około 20 °C. Wiemy bowiem, że temperatura hartowania stali narzędziowej o zawartości 1,01—1,15% węgla wynosi 760—780 °C. Dlatego taką stal

należy grzać do barwy niemal wiśniowej. Musimy tu o tym pamiętać, że im więcej węgla zawiera stal, tym wyższa powinna być temperatura jej nagrzania.

Jednak przy nagrzewaniu stali narzędziowej trzeba uważać, aby jej nie przegrzać powyżej 780° C, gdyż wtedy staje się gruboziarnista i krucha. Stąd praktyczny wniosek przy ocenianiu stopnia nagrzania na oko — **stal narzędziową lepiej jest trochę nie dogrzać niż przegrzać.**

Po uzyskaniu pewnej wprawy można na oko ocenić temperaturę nagrzania stali z dokładnością do 50 °C. A więc trudno jest wprawdzie uzyskać taką dokładność w nagrzewaniu, jak przy stosowaniu metod przemysłowych, ale doświadczonemu zegarmistrzowi hartowanie zwykle dobrze się udaje.

Nagrzewanie stali szybkoctnącej przeprowadza się zwykle dwustopniowo lub nawet trzystopniowo. Początkowo podnosi się jej temperaturę powoli do 820—870 °C (barwa jasnowiśniowa) w celu zagrzania do głębi, następnie jak najszybciej do 1250—1300 °C (barwa jasnożółta lub biała — w zależności od zawartości wolframu, wynoszącej 14—23%). W temperaturze hartowania stal szybkoctnąca powinna pozostawać krótko w celu uniknięcia odwęglenia, powiększenia ziarna i obtopienia brzegów.

Stale nierdzewne nagrzewa się do temperatury 950—1000 °C (barwa pomarańczowa).

W celu uniknięcia niebezpiecznych naprężeń wszelkie wydrążenia w przedmiocie wypełniamy gliną.

Ostre zmiany przekroju są niepożądane, gdyż powodują pęknięcia. Konieczne przewężenia owijamy cienkim drutem, co dalej omówimy szczegółowo.

Sposoby grzania

W praktyce zegarmistrzowskiej stosujemy trzy zasadnicze sposoby grzania: płomieniowe, w skrzynce lub puszcze, kąpielowe. **Bezpośrednio płomieniem nagrzewamy przedmioty większe, np. noże tokarskie, wałki naciągowe zegarków męskich itp.**

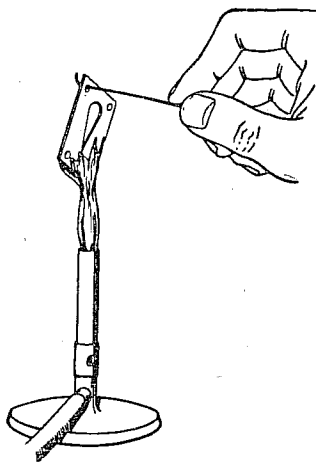
Przedmioty małe można też nagrzewać palnikiem spirytusowym. Do większych konieczny jest palnik Bunsena i gaz albo lampa lutownicza.

Lampa lutownicza daje dwa rodzaje płomienia: wydłużony i okrągły. Płomień wydłużony służy do silnego miejscowego nagrzania, okrągły do równomiernego nagrzania całego przedmiotu.

Grzanie przeprowadza się najgorętszą częścią płomienia, czyli niebieskawym jego końcem (rys. 231). Jeśli przedmiot jest zbliżony kształtem do bryły, po prostu kierujemy nań płomień, jeśli zaś jest wydłużony, wodzimy po nim płomieniem — zwiększając stopniowo szybkość ruchów, by nagrzał się jak najrówniej.

Pamiętać należy, że każdemu grzaniu stali bez żadnej osłony (w atmosferze tlenowej) towarzyszy ubytek węgla i — co za tym idzie — zmiana jej struktury i własności. Jeśli więc nie chcemy celowo zmniejszyć zawartości węgla, nie trzeba stali nagrzewać zbyt długo ani kierować na nią bezpośrednio powietrza dmuchawką. W stali rozgrzanej do białego żaru wypala się wszystek węgiel.

W celu uchronienia od utleniania powierzchni stali nagrzewanej bezpośrednio płomieniem, przedmiot kładzie się na płycie szamotowej lub azbestowej, obkłada się go ze wszystkich stron węgielkami drzewnymi i wtedy dopiero zagrzewa się go palnikiem albo lampą lutowniczą.



Rys. 231. Grzanie w płomieniu palnika

Małe przedmioty okracamy raz przy razie cienkim i miękkim drutem stalowym, następnie lekko ogrzewamy, smarujemy mydłem i dopiero wtedy nagrzewamy (rys. 232). Można też do smarowania przedmiotów używać pasty, którą się sporządza w następujący sposób: 100 g chlorku wapnia rozpuszczamy w wodzie, następnie dodajemy 200 g zmielonego fluorytu. Zresztą, małe przedmioty lepiej jest nagrzewać w puszcze. Oczywiście, przezorny zegarmistrz może posmarować mydłem lub pastą także przedmioty grzane w puszcze.

Szybkość grzania zasadniczo jest obojętna. Jednakże większe przedmioty, które chcemy zahartować głęboko, początkowo podgrzewamy wolno, aby ciepło mogło jak najgłębiej przeniknąć bez odwęglenia powierzchni, a następnie dogrzewamy szybciej¹⁾.

Przedmioty o złożonych kształtach należy nagrzewać wolno i szczególnie ostrożnie.

Części przedmiotu, których nie chcemy hartować, należy zabezpieczyć od nagrzewania.

Grzanie w puszcze lub skrzynce szczególnie się nada do hartowania przedmiotów delikatnych. Szczelnie zamykającą się skrzynkę stalową lub puszkę blaszaną (np. od farby olejnej, lecz czystą) napelniamy do połowy sproszkowanym węglem drzewnym lub

¹⁾ Grubszy przedmiot ze stali węglowej, choćby był nagrzewany w podany sposób, nigdy nie zahartuje się na wskroś, lecz tylko powierzchniowo. Zachowanie tego sposobu nagrzewania umożliwi jednak dość głębokie zahartowanie. Natomiast na wskroś hartuje się tylko stal stopowa.

grafitem, następnie kładziemy w pośrodku przedmioty, owinięte dla wygody w cienką siatkę drucianą, dosypujemy sproszkowanego węgla do pełna i — zamknąwszy naczynie — ogrzewamy je do przewidzianej temperatury. Temperaturę tę podtrzymujemy przez kilka minut, by przeniknęła zawartość naczynia. Pośpiech jest tu niepożądany, bo stal, nawet dłużej ogrzewana, nie odwęgla się, gdyż proszek węglowy podczas spalania zużywa wszystek tlen zawarty w skrzynce. Ważne jest tylko, by naczynie miało stale taką temperaturę, do jakiej chcemy doprowadzić hartowany przedmiot. Po nagraniu chłodzimy przedmiot wraz z naczyniem.

Grzanie w kąpielach ma wiele zalet, lecz nadaje się raczej do seryjnej produkcji przemysłowej; w warsztacie zegarmistrzowskim prawie wcale go się nie stosuje.

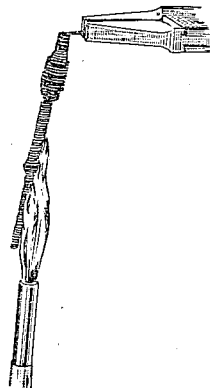
Bywają kąpiele ołowiowe i solne. Na kąpiele solne używa się mieszaninę chlorku baru i chlorku potasu lub — do stali szybko-tnących — czystego chlorku baru. Lepsze są kąpiele cyjanowe, ale wymagają one wielkiej ostrożności, gdyż są silnie trujące.

Kąpiele ołowiowe (także trujące) można łatwiej zastosować w naszym warsztacie. Chronią one dobrze przedmiot od utleniania i odwęglania, ale mają też i swoje strony ujemne.

Wadą tych kąpiele jest przyleganie ołowiu do przedmiotu oraz duży ciężar właściwy ołowiu, zmuszający do przytrzymywania siłą przedmiotów nagrzewanych w kąpeli, gdyż inaczej pływałyby na powierzchni.

Przyleganiu w pewnym stopniu zapobiega już to posmarowanie przedmiotu benzyną albo płynną solanką hartowniczą (może być stopiona sól kuchenna), już to włożenie go w kąpiel nagrzaną do temperatury nieco wyższej od temperatury hartowania.

W miejscu, gdzie kąpiel ołowiowa przylegała, pozostają miękkie plamy. Im więcej cyny kąpiel zawiera, tym bardziej przylega.



Rys. 232. Grzanie w płomieniu drobnych przedmiotów

CHŁODZENIE

Cel i sposób chłodzenia

Bezpośrednio po nagraniu do temperatury hartowania następuje chłodzenie. Podczas grzania stal osiągnęła (powinna osiągnąć!) strukturę austenityczną, a podczas chłodzenia struktura ta zamienia się w martenzytyczną.

Przemiana austenitu w martenzyt zachodzi nie stopniowo w ciągu całego okresu chłodzenia, lecz rozpoczyna się w tzw. temperaturze przemiany martenzytycznej, która jest zależna od zawartości węgla, a dla stali węglowych wynosi 350 do 100 °C. Im więcej węgla, tym wyższa temperatura.

Zrazu chłodzenie wszelkich gatunków stali powinno być jak najszybsze, aby zapobiec rozpadowi austenitu. Tutaj nie zachodzi niebezpieczeństwo pęknięć lub powstania rys. Gdyby początkowe chłodzenie było zbyt powolne, to do rozpoczęcia się przemiany martenzytycznej już sporo austenitu by się rozpadło i wskutek tego stal nie uzyskaby pożądaney twardości. Podkreślamy *tylko początkowe*, bo gdy już się zacznie przemiana martenzytyczna, wtedy, zwłaszcza grubsze przedmioty, należy chłodzić wolniej, bo mogą powstać pęknięcia.

Pęknięcia hartownicze powstają podczas przemiany martenzytycznej. Główną ich przyczyną nie jest rozszerzalność cieplna stali, lecz zmiany objętościowe poszczególnych struktur. Objętość właściwa martenzytu jest blisko o 1,5% większa od objętości właściwej austenitu. Początkowo austenit jest plastyczny, dlatego rozrastające się kryształy martenzytu wlepiają się w niego, lecz gdy już więcej niż połowa austenitu przejdzie w martenzyt, struktura stali robi się tak zwarta, że przestaje ustępować naporowi dalszych naprężeń, które mogą ostatecznie doprowadzić do pęknięć. Wobec tego chłodzenie w zakresie przemiany martenzytycznej powinno być powolne, tak aby temperatury przedmiotu mogły się wyrównać i tym samym zmniejszyć niebezpieczeństwo pęknięć.

Największe naprężenia powstają, gdy większa część austenitu przejdzie w martenzyt, a więc w temperaturach od 100 °C do temperatury otoczenia włącznie. Tym się tłumaczy fakt, że przedmioty pękają nie zaraz po zanurzeniu ich w kąpeli, choćby nawet intensywnie chłodzącej, lecz dopiero po pewnej chwili, a niektóre przedmioty duże pękają nawet w kilkadziesiąt godzin po zahartowaniu, jeśli oczywiście ich nie odpuszczono.

Podczas chłodzenia mogą powstawać także wykrzywienia się przedmiotów spowodowane nierównomiernym chłodzeniem. Dotyczy to raczej przedmiotów długich. Aby uniknąć krzywienia, przedmioty długie nagrzewane do wysokiej temperatury należy wkładać do kąpeli pionowo.

Kąpiele chłodzące

Działanie kąpeli hartowniczych polega tylko na odprowadzaniu ciepła, czyli chłodzeniu. Im intensywniej dana kąpiel chłodzi, tym szybciej odprowadza ciepło. Poza tym, z punktu widzenia

hartowania, ośrodek chłodzący żadnego innego działania na stal nie wywiera.

Ośrodki chłodzące można podzielić na 4 główne grupy:

- 1) woda i roztwory wodne,
- 2) oleje i tłuszcze,
- 3) stopione sole lub metale,
- 4) powietrze.

Ułożyliśmy je kolejno według ich malejącej intensywności chłodzenia.

Woda chłodzi bardzo intensywnie — najintensywniej studzienna, zawierająca sole mineralne; najłagodniej deszczowa, w której brak soli. Znajdujące się w wodzie gazy wyraźnie obniżają jej wartość hartowniczą, dlatego woda przegotowana, a więc pozbawiona gazów, chłodzi najbardziej równomiernie.

Najodpowiedniejsza jest woda o temperaturze pokojowej (18°C). Praktycznie trudno jest utrzymać wodę w stałej temperaturze. Gdy mamy więcej przedmiotów do hartowania, a zbiornik z wodą jest mały, to po ochłodzeniu kilku przedmiotów temperatura wody się podniesie. Trzeba jednak starać się utrzymać temperaturę wody przynajmniej w granicach $15\text{--}40^{\circ}\text{C}$. W miarę bowiem jak temperatura wody wzrasta, zmniejsza się wybitnie jej zdolność absorbowania pary, co powoduje nierównomierne hartowanie i obniża szybkość chłodzenia.

Niektóre roztwory wodne lepiej chłodzą niż czysta woda. Dodatek sody zwiększa (mniej więcej o 15%) szybkość chłodzenia, a zmniejsza tendencję do rdzewienia przedmiotów. Kwas siarkowy lub solny również przyspiesza stygnięcie (o $15\text{--}20\%$) oraz ułatwia odpadanie warstwy tlenków powstałych podczas grzania. Podobnie jak wymienione kwasy działa sól kuchenna, zwłaszcza dodana w większych ilościach.

Wodę i wspomniane roztwory stosuje się głównie przy hartowaniu stali narzędziowych, gdzie chodzi o duże twardości. Natomiast gdy chcemy zahartować słabiej, używamy wody z mlekiem wapiennym lub gliceryną. Gliceryny można dodać do 50% . Taki roztwór chłodzi łagodniej niż woda deszczowa.

Oleje i tłuszcze wszelkiego rodzaju chłodzą wolniej i łagodniej. Oleje rzadsze chłodzą lepiej, lecz łatwiej się zapalają. Między olejami roślinnymi a mineralnymi nie ma prawie różnicy pod względem ich zdolności chłodzenia, jednak mineralne mniej się zwęglają i nie psują się.

Nafta i ropa naftowa chłodzą podobnie jak olej, a łatwo się zapalają i dają dużo dymu i swądu.

Tłuszcze zwierzęce chłodzą i zachowują się podobnie jak olej roślinny.

Im wyższa temperatura oleju, tym jest on rzadszy i lepiej odprowadza ciepło, lecz też tym prędzej dogrzewa się do punktu zapłonu. Zazwyczaj stosuje się oleje o temperaturze 40—60 °C.

Olej nadaje się do chłodzenia stali wysokowęglowych i niektórych stopowych oraz do końcowego chłodzenia stali narzędziowych, tzn. w zakresie przemiany martenzytycznej.

Małe przedmioty chłodzimy w rzadszych olejach, duże w gęstszych. Do stali szybko tnących używa się oleju średniej gęstości.

Wielką zaletą oleju jest, że nie tworzy pary, której pęcherzyki, osiadając na przedmiocie, izolują go od kąpeli, i że w zakresie przemiany martenzytycznej chłodzi powolnie, mianowicie 10—20 razy wolniej niż woda (tabl. 11).

Kąpiele dwuwarstwowe tylko te mają swoje uzasadnienie, w których olej (ciężki) jest na spodzie, a woda pływa po wierzchu. Mówiliśmy już o tym, że początkowe chłodzenie powinno być szybkie, natomiast w zakresie przemiany martenzytycznej chłodzenie powinno być powolne, tak żeby mogło nastąpić wyrównanie temperatur w przekroju przedmiotu, dzięki czemu wydatnie zmniejsza się niebezpieczeństwo powstawania naprężeń i pęknięć.

Wymaganie to w znacznym stopniu spełnia chłodzenie w kąpeli dwuwarstwowej, składającej się z oleju ciężkiego i wody pływającej po wierzchu. Przedmiot, przechodząc przez wodę, jest intensywnie chłodzony w temperaturze 800—300 °C, następnie stygnie powoli w oleju w zakresie przemiany martenzytycznej.

W świetle tego, cośmy wyżej powiedzieli, kąpiele o uwarstwieniu odwrotnym, tj. z olejem na wierzchu, są całkiem nieodpowiednie, gdyż działają odwrotnie, niż być powinno — chłodzi wolno w wysokich temperaturach, a szybko w zakresie przemiany martenzytycznej. Podobnie, tylko jeszcze bardziej szkodliwie działa woda gorąca, emulsja oleju w wodzie albo woda z dodatkiem mydła, choćby nawet niewielkim. Kąpiele te — w porównaniu z wodą o temperaturze ok. 18 °C — w wyższych temperaturach stali chłodzi o wiele słabiej, a w zakresie przemiany martenzytycznej — najczęściej znacznie intensywniej.

Jeśli więc zaleca się jeszcze tu i ówdzie te kąpiele, to propaguje się bezkrytycznie przepisy, które powstały w czasach, kiedy cały splot zagadnień związanych z obróbką cieplną metali nie był jeszcze naukowo opracowany.

W kąpielach dwuwarstwowych chłodzimy głównie narzędzia ze stali węglowej i wysokostopowej. Hartowanie w kąpielach dwuwarstwowych można by nazwać hartowaniem stopniowym małych warsztatów, które przeważnie nie mają pirometru. Do tego hartowania podobne jest hartowanie *przerwane*, o którym już mówiliśmy.

Stopione sole i łatwo topliwe metale powodują wolniejsze chłodzenie niż oleje. Najczęściej stosuje się saletrę sodową o temperaturze topnienia 312 °C, saletrę potasową o temperaturze topnienia 335 °C lub mieszaninę obu tych saletr w stosunku 1 : 1 — o temperaturze topnienia 220 °C.

Narzędzia ze stali szybko tnącej, nagrzewane do 1250—1300 °C, chłodzi się w kąpeli odpornej na wysoką temperaturę, składającej się z 48% chlorku wapnia, 30% chlorku baru i 22% soli kuchennej.

Z metali praktyczne zastosowanie znajduje tylko ołów (temp. topn. 327 °C). Stopy ołowiu z cyną mają wprawdzie niższą temperaturę topnienia niż sam ołów, lecz są stosunkowo bardzo drogie i wykazują większe przyleganie.

Literatura zegarmistrzowska często jeszcze zaleca stosowanie rtęci. W rtęci można chłodzić narzędzia do obróbki stali odpuszczonej na niebiesko, a więc wiertła, noże itp. Powierzchnia narzędzia pokrywa się nieco rtęcią, ale można to łatwo zeszlifować. Pary ołowiu i rtęci są trujące. Przedmiotu hartowanego w rtęci nie odpuszcza się.

Wymienione kąpiele chłodzące, nagrzane do 250—500 °C, mają zastosowanie w hartowaniu stopniowym i izotermicznym.

Powietrze, ewentualnie sprężone, chłodzi najpowolniej. Stosuje się je do stali wysokostopowych i szybko tnących.

W starszej literaturze zaleca się takie ośrodki chłodzące, jak воск, lak, cebula, ziemniak surowy itp. Воск i lak mogą być doskonale zastąpione olejem. Cebula i ziemniak utrudniają odpływ pary od przedmiotu, powodują więc hartowanie nierównomierne; ich funkcję lepiej spełni woda lub olej.

Stosowalność i porównanie kąpeli

Wybór kąpeli hartowniczej zależy od wielu czynników i okoliczności. Najważniejsze z nich — to rodzaj stali, wymiary i kształt przedmiotu oraz przeznaczenie przedmiotu.

W wodzie i roztworach wodnych chłodzi się przedmioty ze stali węglowej, od których wymagamy wielkiej twardości, np. wiertła, frezy itp., oraz wysokostopowe stale wolframowe.

W oleju chłodzimy przedmioty ze stali węglowej, które powinny się odznaczać wielką wytrzymałością, np. sprężyny, wkręty, a nadto stale: wysokowęglowe, chromowe, chromowo-wolframowe, nierdzewne, szybko tnące. Oleju używa się zwłaszcza do przedmiotów małych i o prostych kształtach.

Chłodzenie w wodzie jest mniej równomierne niż w oleju. Najbardziej równomierne jest chłodzenie w powietrzu; zazwyczaj nie wywołuje ono żadnych szkodliwych naprężeń.

W powietrzu chłodzi się przedmioty bardzo cienkie, stale wysokostopowe i szybko tnące. Stal szybko tnącą natychmiast po osiągnięciu temperatury hartowania chłodzi się albo obfitym strumieniem sprężonego powietrza, albo w oleju.

Czynnik ruchu

Na intensywność chłodzenia wielki wpływ wywiera ruch przedmiotu w ośrodku chłodzącym. Ruch ten oczywiście powoduje także ruch samego ośrodka. Znając tedy ten wpływ, możemy go odpowiednio wyzyskać, dostosować do rodzaju stali, wielkości i przeznaczenia przedmiotu itp. Możemy — używając np. kąpieli olejowej — zaraz po zanurzeniu przedmiotu gwałtownie nim poruszać i przez to uzyskać dużą intensywność jego oziębiania, tak bardzo wtedy pożądaną. Następnie zaś, w drugim stadium chłodzenia, pozostawić przedmiot w spokoju, dzięki czemu w zakresie przemiany martenzytycznej szybkość odprowadzania jego ciepła kilkakrotnie zmaleje, przez co uchroni się przedmiot od odkształceń i pęknięć. Podobnie korzystne rezultaty możemy osiągnąć, posługując się innymi ośrodkami chłodzącymi.

Omawiany wpływ ruchu pokazuje tablica 11. Punktem porównania przyjętym za jednostkę jest chłodzenie w wodzie bez ruchu.

Tablica 11

Orientacyjne wartości intensywności chłodzenia

Ruch względny ośrodka i przedmiotu	Intensywność chłodzenia		
	w oleju	w wodzie	w solance
Bez ruchu	0,3	1,0	2,0
Ruch powolny	0,4	1,3	2,2
Ruch szybki	0,5	1,5	3,0
Ruch bardzo szybki	0,8	2,0	4,0
Ruch gwałtowny	1,1	4,0	5,0

Ruch przedmiotu i ośrodka jest nie tylko czynnikiem szybkości chłodzenia, ale także w pewnym sensie wpływa na jego równomierność, gdyż zapobiega powstawaniu na przedmiocie pęcherzyków, które w kąpieli łatwo parującej utrudniają wyrównywanie temperatur.

To, co powiedziano o ruchu, nie dotyczy jednak przedmiotów bardzo małych, które szybko stygną, oraz przedmiotów wydłużonych, które mogłyby się wykrzywić.

Po zahartowaniu przedmiotu bada się jego twardość. W warsztatach dokonuje się tego pilnikiem. Stali dobrze zahartowanej pilnik nie bierze.

WADY HARTOWANIA

Najbardziej niepożądanymi wadami hartowania są rysy i pęknięcia. Na ich powstawanie wpływają najczęściej następujące okoliczności: rodzaj i jakość stali, kształty przedmiotu oraz sposób jego nagrzewania i chłodzenia.

Stal wysokowęglowa i stal nagrzewana w wyższych temperaturach, a także w niższych, lecz za długo, są bardziej skłonne do pęknięć. Ze wzrostem temperatury grzania zwiększa się też szerokość i głębokość pęknięć.

Wszystkie wady i przyczyny ich powstawania ujmujemy krótko w tablicy 12.

Tablica 12

Najpospolitsze wady hartowania

Wada	Objawy wady	Przyczyny wady	Sposób usunięcia wady
Cały przedmiot miękki	próba na przełom — zgina się; pilnik bierze	niedogrzanie	powtórzyć hartowanie przy właściwym nagrzanu
Niedostateczna twardość	miękkie plamy, na przełomie ziarna nierównej wielkości	za niska temperatura grzania	powtórzyć hartowanie z właściwej temperatury
Powierzchnia miękka, głębiej przedmiot twardy	struktura gruboziarnista, powierzchnia miękka	odwęglenie powierzchni przez za długie wyżarzanie lub przez grzanie w płomieniu bez osłony przedmiotu	wyżarzyć, usunąć odwęgloną warstwę (lub nawęglić) i zahartować ponownie
Krawędzie bardzo twarde, płaszczyzny miękkie	struktura stali nie hartowanej; płaszczyzny miękkie; przy krawędziach rysy	nierównomierne nagrzewanie — za szybkie	wyżarzyć i ponownie zahartować
Nierównomierna twardość	nierównomierne twarde plamy	nierównomierne chłodzenie; kąpiel wodna za ciepła; brak ruchu w kąpieli parującej	wyżarzyć, nagrzać i oziębic w kąpieli intensywniej chłodzącej
Skrzywienie przedmiotu	wyraźne krzywizny długich przedmiotów	niewłaściwe zanurzanie w kąpieli (poziome lub ukośne)	wyżarzyć, wyprostować i ponownie zahartować

Wada	Objawy wady	Przyczyny wady	Sposób usunięcia wady
Kruchość	przełom drobnoziarnisty (zresztą normalny)	kąpiel za intensywnej	wyżarzyć, nagrzać i oziębic w łagodniejszej kąpeli i znacznie odpuścić
Kruchość i rzadkie rysy	przełom gruboziarnisty; widoczne rysy	przegrzanie stali	zastosować wyżarzanie normalizujące i ponowić hartowanie z właściwej temperatury
Wielka kruchość, pęknięcia i rysy	przełom bardzo gruboziarnisty; lśniący biały; widoczne gęste pęknięcia i rysy	przepalenie stali	niemożliwe
Pęknięcie	struktura normalna stali za hartowanej; pojedyncze pęknięcia	za intensywne chłodzenie końcowe (w zakresie przemiany martenzytycznej)	niemożliwe

3. ODPUSZCZANIE

Odpuszczanie przedmiotu zahartowanego polega na nagraniu go do pewnej temperatury — od 150 do 700 °C — przetrzymaniu go pewien czas w tej temperaturze i następnie ochłodzeniu. Celem tego zabiegu jest zmniejszenie kruchości i usunięcie naprężeń wewnętrznych, a wynikiem — zmiana struktury stali. Martenzyt, już i tak drobnoziarnisty, rozpada się przez wydzielanie najdrobniejszych ziaren cementytu. Powstają nowe struktury stali odpuszczonej: *troostyt* i *sorbit*, w których kosztem obniżenia — często niewielkiego — twardości i wytrzymałości na rozciąganie zwiększa się ciągliwość i udarność.

Szczególnie ważną rzeczą jest właściwy dobór temperatury oraz jej utrzymanie w czasie odpuszczania. Odchylenia temperatury wynoszące 20—30 °C mogą być przyczyną poważnych zmian własności stali.

W zależności od temperatury rozróżniamy:

— **odpuszczanie niskie**, dokonujące się w temperaturze 150—250 °C, stosowane w celu usunięcia naprężeń hartowniczych

z zachowaniem wysokiej twardości i odporności na ścieranie (narzędzia, sprawdziany, sprężyny z drutu fortepianowego);

— **odpuszczanie średnie**, dokonywane w temperaturze 250—500 °C, w celu uzyskania dużej wytrzymałości i sprężystości oraz odporności na uderzenia; twardość obniża się znacznie (matryce, sprężyny, resory, młotki);

— **odpuszczanie wysokie**, przeprowadzane w temperaturze 500—700 °C, w celu uzyskania wysokiej udarności i obrabialności skrawaniem.

Temperatura odpuszczania stali nierdzewnej wynosi: dla narzędzi tnących 200—350 °C, dla sprężyn 350—400 °C, dla części maszyn 500—700 °C.

Stal szybko tnącą (hartowaną w temperaturze 1280 °C) odpuszcza się z przerwami, wygrzewając 2—3 razy po godzinie w temperaturze 540—600 °C. Operacja ta zwiększa nie tylko ciągliwość, ale i twardość tej stali.

BARWY NALOTOWE

Stopień nagrzania przedmiotu odpuszczanego może nam dokładnie wskazać pirometr, mniej dokładnie — powierzchniowe, szybko się zmieniające zabarwienie przedmiotu, czyli tzw. **barwa nalotowa**.

Nalot stanowi warstewka tlenku. Jego barwa zależy od jego grubości. Grubość zaś zależy nie tylko od temperatury przedmiotu, ale i od czasu jego nagrzewania. Stąd wniosek, że nawet w tej samej temperaturze barwa nalotowa się zmienia w miarę przedłużania nagrzewania. Tak np. grzejąc stal węglową w temperaturze 275 °C, otrzymuje się barwy:

żółtą	— po 30 sek.
brunatną	— po 3 min.
czerwonobrunatną	— po 11 „
ciemnoniebieską	— po 27 „

Stąd jeśli chcemy, żeby taka, a nie inna barwa pozostała na przedmiocie, trzeba go ochłodzić natychmiast po jej wystąpieniu. Chłodzenie przy odpuszczaniu nie wywiera wpływu na twardość stali.

Tablica 13 przedstawia kolejne następstwo barw nalotowych w stali węglowej, temperaturę, w której każda z nich występuje, zastosowanie, a nadto zjawiska równoległe występujące przy odpuszczaniu przez tzw. opalenie oleju.

Na stalach stopowych, które trudniej się utleniają, wymienione w tablicy barwy nalotów występują w temperaturach mogących

Odpuszczanie przedmiotów według barw nalotowych lub opalania oleju

Zjawiska występujące przy opalaniu oleju	Barwa	Temperatura °C	Przedmioty odpuszczane
	nie ma	200	
Wrzenie	jasnożółta (słomkowa)	220	młotki
	żółta	240	noże tokarskie, wiertła, rozwiertaki
Dymienie	brunatno-żółta	250	noże tokarskie, wiertła, rozwiertaki, gwintowniki, narzędzia, frezy, matryce
	czerwono-brunatna	260	gwintowniki, frezy, przecinaki
	fioletowa	280	środkie frezów, wkrętaki
Zajęcie się płomieniem	ciemnoniebieska	290	sprężyny, piłki, narzędzia chirurgiczne, małe przedmioty masowe, np. igły, zębniaki
Wypalenie się	błękitna	310	sprężyny, górne części nabijaaków, wkręty, czopy
	popielatozielona	330	do tej temperatury narzędzi się nie odpuszcza

się różnić nawet o kilkadziesiąt stopni od temperatur stali węglowej.

Najtwardsza jest stal odpuszczona na kolor żółty. Na tę barwę odpuszczamy narzędzia, które nie powinny sprężynować, jak np. noże tokarskie. Jeżeli od przedmiotu wymagamy dużej elastyczności, odpuszczamy go na niebiesko, ale twardość jego będzie mniejsza. Stal odpuszczona do barwy popielatozielonej (szarej) jest już prawie tak miękka jak nie hartowana.

Aby barwa nalotowa mogła swobodnie wystąpić, przedmiot powinien być oszlifowany i odtłuszczony; aby zaś delikatne jej odcięcie można było dokładnie rozróżnić, odpuszczanie powinno się odbywać przy jasnym świetle dziennym.

Na przedmiotach, które — dla uchronienia od odweglania — przed nagrzewaniem posmarowano mydłem, barwa nalotowa nie występuje.

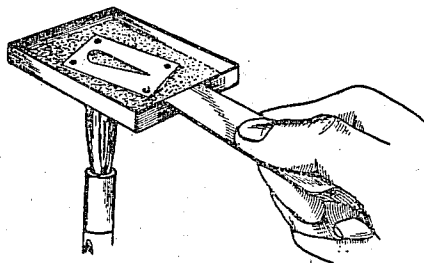
Oczywiście, barwa nalotowa świadczy tylko o nagrzeniu powierzchni przedmiotu do danej temperatury. Dlatego przedmiot, zwłaszcza większy, który był całkowicie ostudzony po zahartowaniu, należy przetrzymać w danej temperaturze jeszcze przez pewien czas, aby uzyskać odpuszczenie odpowiadające danej barwie.

Nalot jest dość dobrą ochroną przed rdzą, a jego barwa może być elementem zdobniczym.

ODPUSZCZANIE WEDŁUG NALOTU

Małe przedmioty łatwo jest odpuszczać według barwy nalotowej. W produkcji przemysłowej ten sposób jest niewygodny i mało dokładny, ale w naszym warsztacie on właśnie najczęściej bywa stosowany.

W zależności od kształtu i wielkości przedmiotu stosuje się różne przyrządy ułatwiające równomierne nagrzewanie podczas odpuszczania. Do przedmiotów małych o różnych kształtach używa się tzw. rynienki wykonanej z mosiężnej blachy i zaopatrzonej w drewnianą rączkę (rys. 233). Najpierw sypimy na nią milimetrową warstewkę suchych, drobnych opiłków miedzianych, na nich kładziemy przedmiot i przysypujemy go opiłkami, tak by widać było tylko wąski pasek na całej jego długości. Następnie rynienkę bardzo wolno podgrzewamy. Skoro pojawi się na przedmiocie odpowiednia barwa, natychmiast go wyjmujemy.



Rys. 233. Odpuszczanie na rynience

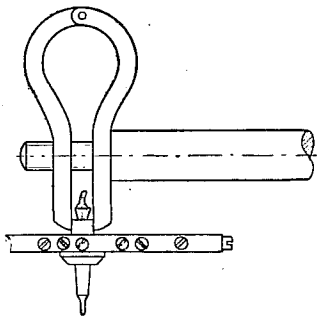
Jeżeli studzimy przedmiot wraz z rynienką, trzeba ją oddalić od płomienia nieco wcześniej, gdyż ciepło nagromadzone w miedzi, już po odsunięciu rynienki ogrzewa stal jeszcze w dalszym ciągu.

Chcąc, aby barwy odpuszczania ładnie i równomiernie wystąpiły, trzeba opiłki wysuszyć i podgrzać przed umieszczeniem na nich przedmiotu.

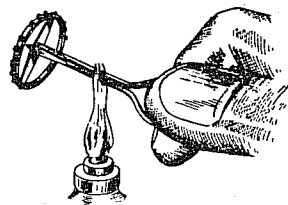
Odpuszczanie bardzo długich przedmiotów, np. wskazówek zegarów domowych, wymaga większej uwagi. Tutaj rynienka musi być z dość grubej blachy, żeby się nie wypaczała. Zamiast opiłków

używa się gruboziarnistego piasku lub twardego lutu. Tak piasek, jak i lut trzeba przedtem podgrzać, żeby je pozbawić wilgoci, która parując wywołuje plamy na barwie nalotowej.

Takie narzędzia, jak np. wiertła, których część tnącą odpuszcza się do barwy żółtej, a uchwyt do niebieskiej, kładzie się na ry-nienie tylko uchwytem: część tnąca nagrzej się wskutek prze-wodnictwa.



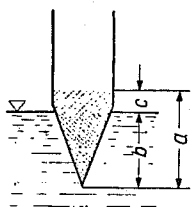
Rys. 234. Klamerka do od-puszczania



Rys. 235. Uproszczona klamer-ka

Podobnie postępujemy z przedmiotami o nierównym przekroju. Miejsca grubsze trzeba wpierv ogrzewać; cienkie właściwie same się nagzewają.

Do przedmiotów długich, u których chcemy odpuścić tylko je-den koniec, np. koniec osi, używamy tzw. k l a m e r k i srebrnej lub mosiężnej (rys. 234) lub rurki miedzianej przeciętej wzdłuż przy jednym końcu (3—197). To samo zadanie może spełnić uproszczona klamerka wykonana z miedzianego paska (rys. 235).



Rys. 236. Głębo-kość zanurzenia w wodzie przy har-towaniu częściow-ym

Jest jeszcze jeden sposób odpuszczania, czę-sto stosowany w warsztatach, połączony bez-pośrednio z hartowaniem. Posługujemy się nim najczęściej w celu odpuszczenia narzędzi, np. przecinaków, wybijaków itp., których nie har-tuje się w całości, lecz tylko ich końce pra-cujące.

Nagrzewszy koniec na długości a (rys. 236), zanurzamy go w wodzie, ale nie cały, lecz tylko mniej więcej $\frac{4}{5}$ tej długości, jak wskazuje wymiar b na rys. 236 i trzymamy tak długo, aż reszta części nagrzanej c ściemnieje, lecz jeszcze całkowicie nie ostygnie. Teraz wyjmujemy przedmiot z wody, szybko ścieramy jego powierzchnię do białości na kawałku sta-

rego papieru ściernego i obserwujemy barwę nalotową, która posuwa się od pozostałej, nagrzonej części przedmiotu ku końcowi. Gdy dojdzie już wymagana barwa (dla przecinaków najczęściej ciemnoniebieska), wtedy zanurzamy cały przedmiot w wodzie i chłodzimy zupełnie.

Metodą barw nalotowych nie można odpuszczać przedmiotów poniklowanych, gdyż na nich barwa odpuszczania nie występuje zgodnie z barwami ustalonymi na stali węglowej. Nie należy też zeskrobywać niklu z takich przedmiotów do odpuszczania, ale zastosować odpuszczanie w kąpeli o znanej temperaturze albo według opalania oleju. Zresztą hartowanie i odpuszczanie powinno się odbywać przed niklowaniem.

ODPUSZCZANIE WEDŁUG OPALANIA OLEJU

Praktycznym i często w warsztacie stosowanym sposobem orientowania się o temperaturze odpuszczania jest tzw. opalanie oleju. Przed grzaniem hartowniczym owija się przedmiot cienkim drutem, a po zagrzaniu chłodzi się w oleju. Następnie wyjmuje się z oleju i — w celu odpuszczenia — podgrzewa się w płomieniu palnika spirytusowego, obserwując resztki oleju na przedmiocie, utrzymujące się między drutami. Gdy olej na przedmiocie zaczyna wrzeć, temperatura jego wynosi ok. 230 °C (tabl. 13), gdy dymi — ok. 260 °, gdy zajmie się płomieniem — 290°, a po wypaleniu się oleju temperatura przedmiotu wynosi ok. 310 °C. Po uzyskaniu żądanej temperatury przedmiot chłodzi się już na dobre, zanurzając go ponownie w oleju lub w wodzie.

Większe przedmioty można w ten sposób odpuszczać bez owijania drutem. Metoda ta jest zalecana szczególnie do odpuszczania wkrętów, gwintowników i sprężynek dociskowych oraz innych małych przedmiotów. Osie balansów też się tak odpuszcza, szczególnie wtedy, gdy po tym odpuszczeniu będą jeszcze toczzone.

Natomiast równomierność odpuszczenia większych przedmiotów tym sposobem jest bardzo wątpliwa. Jeśli bowiem jeden koniec dużego przedmiotu nagrzemy tak, że olej już się zapali, to płomień ogarnie większą część przedmiotu i wydawać się będzie, że cały przedmiot już jest nagrany i odpuszczony, podczas gdy w drugim końcu pozostanie on znacznie twardszy.

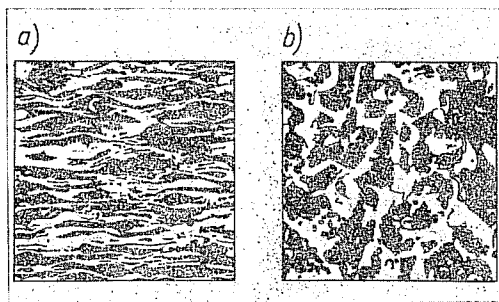
ODPUSZCZANIE W KĄPIELACH

Bardzo wygodne i dokładne jest odpuszczanie w kąpielach o stałej temperaturze, utrzymywanej zależnie od potrzeby dla danych przedmiotów. Zazwyczaj są to takie same kąpiele jak do

grzania, o których już wspominaliśmy. Jednak ta metoda stosowana jest raczej w produkcji przemysłowej, gdzie hartowanie i odpuszczanie odbywa się masowo. W warsztacie zegarmistrzowskim znajduje ona zastosowanie tylko w niektórych wypadkach, dlatego szczegółowiej o tym nie piszemy.

4. WYŻARZANIE

Stal przeznaczona do obróbki skrawaniem bywa niekiedy za twarda. Stal obrabiana plastycznie na gorąco lub stal przegrzana ma ziarna zbyt wielkie, jest więc krucha. Krucho jest również stal obrabiana plastycznie na zimno (tłoczona, gięta, ciągnięta), gdyż jej ziarna są spłaszczone (rys. 237 a). Aby więc uczynić stal



Rys. 237. Struktura stali: a) po zgnioście (powiększenie 150X), b) po wyżarzeniu rekrytalizującym

podatniejszą do obróbki skrawaniem, aby rozdrobnić jej ziarna albo też przywrócić je do normalnego kształtu (rys. 237 b) i przez to uczynić bardziej plastyczną — stosuje się wyżarzanie.

Przez wyżarzanie rozumiemy zabiegi wygrzewania i wolnego studzenia stali. Jest więc ono jakby odwrotnością hartowania. Przy hartowaniu należy po nagraniu chłodzić szybko, natomiast przy wyżarzaniu należy chłodzić wolno, aby węgiel zawarty w stali mógł się swobodnie wydzielić i aby wskutek tego struktura stali stała się miękka.

Spośród różnych rodzajów wyżarzania najczęściej stosuje się wyżarzanie: zupełne, normalizujące, zmiękczające, rekrytalizujące i odprężające. Zakres temperatur różnego rodzaju wyżarzeń pokazuje rys. 238.

Wyżarzanie zupełne zachodzi, gdy przedmiot zostanie na wskroś doprowadzony do temperatury o 30—50 °C wyższej od temperatury krytycznej¹⁾ i następnie bardzo wolno — zwykle razem z piecem — ostudzony. Operacji tej poddajemy stal obrabianą na

Wyżarzanie zupełne zachodzi, gdy przedmiot zostanie na wskroś doprowadzony do temperatury o 30—50 °C wyższej od temperatury krytycznej¹⁾ i następnie bardzo wolno — zwykle razem z piecem — ostudzony. Operacji tej poddajemy stal obrabianą na

¹⁾ Temperaturę krytyczną pokazuje linia GSK na rys. 238 lub na wykresie przebiegu zmian struktury w stopie żelaza z węglem (rys. 229).

gorąco w celu rozdrobnienia kryształów, usunięcia naprężeń wewnętrznych i osiągnięcia znacznej ciągliwości.

Wyżarzaniem normalizującym regeneruje się strukturę przegrzaną. Jest ono podobne do zupełnego z tą jednak różnicą, że po nagraniu chłodzi się stal na wolnym powietrzu.

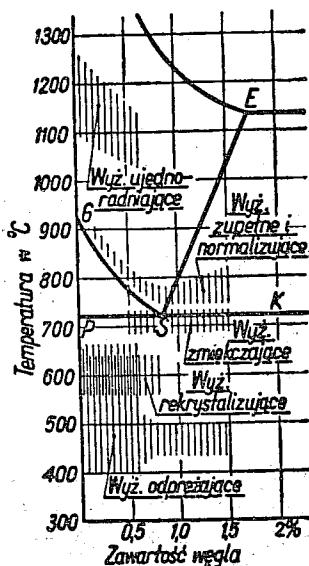
Wyżarzanie zmiękczające polega na dłuższym wygrzewaniu stali w temperaturze 723 °C i następnym ochłodzeniu. Wyżarzanie to stosowane jest zasadniczo w hutnictwie, lecz też i w przemyśle metalowym przetwórczym, i ma na celu zmiękczenie stali przeznaczonej do obróbki plastycznej na zimno, np. do ciągnięcia.

Wyżarzanie rekrytalizujące stosuje się do przedmiotów poddanych obróbce plastycznej, aby po zgnioście przywrócić ziarnom struktury kształt normalny. Polega ono na grzaniu do temperatury 550—650 °C i następnie powolnym studzeniu.

Wyżarzanie odprężające ma na celu usunięcie naprężeń wewnętrznych bez wyraźnych zmian struktury. Stosuje się je w tych samych przypadkach, co rekrytalizujące, lecz przedmioty nagrzewa się do niższych temperatur. Wyżarzanie odprężające stosuje się m. in. do prętów stalowych, ciągniętych na zimno, z których wykonuje się gongi do zegarów bijących (6—735).

Hutnictwo i przemysł metalowo-przetwórczy różne rodzaje wyżarzania przeprowadza w innych, ściśle określonych warunkach, np. grzejąc przedmioty w specjalnych piecach i studząc je razem z piecem. My, zegarmistrze, z konieczności musimy stosować prostsze metody i w razie potrzeby zmiękczenia stali, powiększenia jej plastyczności, usunięcia naprężeń itp. nagrzewamy stal bezpośrednio płomieniem lampy spirytusowej albo w puszce metalowej.

O stopniu nagrzania przedmiotu orientujemy się według barw promieniowania, podobnie jak przy grzaniu hartowniczym. Po wystąpieniu odpowiedniej barwy (zazwyczaj brunatnoczerwonej; odpowiadającej temperaturze 600—700 °C) pozwalamy przedmiotowi wolno ostygnąć, zanurzając go w gorący popiół, gdzie będzie stygł wolniej i gdzie jego powierzchnia będzie znacznie mniej narażona na utlenianie niż na powietrzu.



Rys. 238. Temperatury wyżarzania stali węglowych

Skrzynki lub puszki metalowej używamy wtedy, gdy mamy do wyżarzenia więcej przedmiotów. Po włożeniu przedmiotów do puszki obsypujemy je opilkami lub wiórkami żelaznymi, zamykamy wieczko, zaszmarowujemy je gliną i umieszczamy całość w łagodnym ogniu. Gdy po pewnym czasie ciemnowiśniowa barwa puszki wskaże, że zawartość jej nagrzała się do pożądanej temperatury, wyjmujemy ją z ognia i pozwalamy jej powoli ostygnąć. Przegrzanie lub za długie wygrzewanie stali nie daje pożądanych rezultatów.

5. OBRÓBKA CIEPLNO-CHEMICZNA

Podczas obróbki cieplno-chemicznej stal nabiera żądanych właściwości nie tylko pod wpływem zabiegów cieplnych, ale także dzięki chemicznemu działaniu ośrodka, w którym ona się wygrzewa.

Ten typ obróbki obejmuje takie zabiegi, jak nawęglanie, cyjanowanie, o których będzie mowa, oraz azotowanie, aluminiowanie, chromowanie, krzemowanie, których w warsztatach zegarmistrzowskich się nie przeprowadza.

NAWĘGLANIE

Nawęglanie (cementowanie) polega na nasyceniu węglem powierzchni stali miękkiej, zawierającej 0,05—0,5% węgla (nazwa popularna — żelazo), w celu jej utwardzenia. Środkiem nawęglającym mogą być:

— proszki (karburyzatory), działające powoli (węgiel drzewny, mączka kostna i inne);

— ciecze, działające szybciej (cyjanowe połączenia sodu, potasu, soli, zawierające węgiel);

— gazy, jak metan, acetylen, gaz świetlny i czad, nawęglające aktywnie i ekonomicznie.

O sporządzaniu proszków do nawęglania i ich działaniu jest mowa w części 2 „Zegarmistrzostwa” (wyd. I — str. 114—115, wyd. II — str. 112—113). Tutaj tylko ogólnie powiemy, że na proszki można w zasadzie używać węgla z każdego drewna, lecz węgiel z drewna twardego (dąb, buk, brzoza) bardziej odpowiada, gdyż jest lepszym przewodnikiem ciepła i wolniej się spala. Ze względu na zawartość azotu (por. azotowanie) najlepszy jest węgiel z kości, rogów, kopyt, skór itp. Węgiel powinien być rozdrobniony na drobne ziarenka. Dodatek 10—20% węglanu baru lub węglanu potasu przyspiesza nawęglanie.

Chcąc zwęglić skóry, kroi się je drobno, wkłada do metalowej szczelnie zamykanej puszki, zalepia się jej przykrywkę gliną i wkłada do pieca.

Zamiast węgla można używać trocin lub wysuszonego torfu. Środki te nie ustępują węglowi. Powierzchnia przedmiotów nawęglonych w trocinach jest czysta. Torf nie wymaga dodatku węglanów.

Nawęglanie proszkami przeprowadza się w puszcze lub skrzynce. Wielkość puszki stosuje się do przedmiotu. Ogólnie biorąc, im jest mniejsza, tym lepsza.

Gdy mamy większą ilość przedmiotów do nawęglania, stosujemy skrzynkę z blachy stalowej, ze szczelnym wieczkiem. Na jej dno sypiemy 2 cm proszku, ubijamy go i układamy przedmioty w odległości 1—2 cm jeden od drugiego. Następnie znów sypiemy warstwę około 3 cm proszku, ubijamy itd., tak by

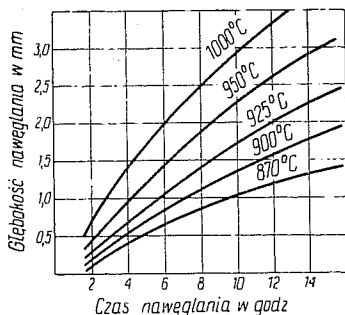
wreszcie na wierzchu był też proszek. Teraz wieczko zamykamy, zaszmarowujemy mączką szmatową lub gliną (zmieszaną z piaskiem, aby nie pękała), a po zaschnięciu wkładamy skrzynkę do pieca i wygrzewamy ją 4—24 godzin w temperaturze 870—950 °C, zależnie od zawartości węgla w stali i od potrzebnej głębokości nawęglania.

Drobne przedmioty na niewielką głębokość (0,1—0,3 mm) nawęglają się w temperaturze 320—870 °C. W wyższych temperaturach węgiel przenika w stal głębiej i szybciej. Dobrze to ilustruje rys. 239.

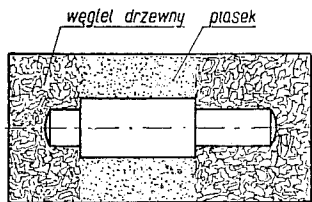
W niższych temperaturach (rzędu 800—880 °C) węgiel przenika na niewielką głębokość, ale jego stężenie w pobliżu powierzchni bywa znacznie większe niż w wyniku nawęglania na większą głębokość, w wyższych temperaturach.

Po wygrzaniu przedmiotów nawęglanych chłodzi się je wraz ze skrzynką na powietrzu.

Oczywiście, w celu uzyskania wymaganej twardości nawęglony przedmiot należy następnie zahartować, według jednego z poprzednio podanych sposobów. Uzyskuje się przez to twardą powierzchnię warstwę na miękkim rdzeniu, co ma niekiedy duże znaczenie.



Rys. 239. Głębokość nawęglania w zależności od czasu i temperatury



Rys. 240. Nawęglanie częściowe

Gdyby badanie próbki przez zahartowanie wykazało, że nawęglenie jest za płytkie, można je ponowić w tym samym proszku, tylko nasypanym luźno. Trzeba jednak usunąć z przedmiotu pozostałości proszku po poprzednim nawęglaniu.

Dla uchronienia pewnej części od nawęglania, galwanizuje się ją miedzią albo okłada piaskiem, gliną lub ciastem z gliny, azbestu i szkła wodnego (rys. 240). Metody te, aczkolwiek kłopotliwe i kosztowne, w warsztacie rzemieślniczym bywają stosowane. W produkcji przemysłowej w takich przypadkach stosuje się hartowanie powierzchniowe przy użyciu palnika.

CYJANOWANIE

Cyjanowanie jest to proces nasycania węglem i azotem powierzchni przedmiotu stalowego przebywającego w ośrodku wydzielającym wymienione pierwiastki w temperaturze 800—950 °C.

Jako ośrodki do cyjanowania stosuje się albo gazy nawęglające (gaz świetlny, ziemny itp.) z dodatkiem amoniaku, albo kąpiele składające się z mieszaniny soli cyjanowych z innymi solami obojętnymi.

Metoda pierwsza w naszych warsztatach jest nie do zastosowania, metoda druga też wymaga odpowiednich urządzeń.

W małych warsztatach stosuje się uproszczone cyjanowania. Przedmiot nagrzewa się do koloru wiśniowego (850—950 °C), zanurza na chwilę do sproszkowanego żelazocyjanku potasu („kali”) lub też posypuje się nim i z powrotem wkłada do ognia. Żelazocyjanek topi się i cyjanuje powierzchnię, oczywiście bardzo płytko. Kilkakrotne powtórzenie nagrzewania i zanurzania lub posypywania powiększa głębokość utwardzenia. Na końcu rozgrzany jeszcze przedmiot chłodzi się w wodzie lub oleju.

Niektórzy do tego celu używają mieszanki złożonej z 500 g żelazocyjanku potasu (żółtej soli), 1 kg soli kamiennej, 25 g proszku z węgla zwierzęcego, 20 g proszku z węgla drzewnego i 1 l kwasu solnego (p. „Zegarmistrzostwo”, cz. 2, wyd. II — str. 112-3, wyd. I — str. 114-5).

Sole cyjanowe są silnie trujące, dlatego cyjanowany przedmiot należy po zabiegu kilkakrotnie wypłukać lub nawet wygotować w wodzie, którą natychmiast trzeba wylać w takie miejsce, gdzie już nikomu nie zaszkodzi.

6. PRZYKŁADY OBRÓBKİ CIEPLNEJ

OBRÓBKA CIEPLNA STALI

Aby uzyskać najlepsze wyniki obróbki cieplnej, trzeba znać skład chemiczny stali i odpowiednio do niego dostosować zabiegi.

Przykłady, które niżej podajemy, przeznaczone są dla zegarmistrza-praktyka, który używa do różnych celów stali zwykle ze starych narzędzi. Stali tych dokładnie nie zna, stąd też przy ich obróbce może stosować tylko przybliżone dane techniczne, tym bardziej że i urządzenia pomocnicze zmuszają go do tego.

Obróbka cieplna narzędzi skrawających

Narzędzia skrawające wykonuje się zazwyczaj ze stali narzędziowych węglowych, zawierających 0,6—1,3% węgla, i stali stopowych.

Stal stopową można chłodzić w oleju, wówczas narzędzia z tej stali mniej się krzywią. Jednak nie każda stal stopowa osiąga należytą twardość po ochłodzeniu jej w oleju. Gdyby okazała się za miękka, trzeba ją chłodzić w wodzie.

Zegarmistrzowskie noże tokarskie często pracują w stali hartowanej i odpuszczonej na niebiesko, muszą tedy być odpowiednio twarde. Na ogół, wymaganiu temu czynią zadość noże ze stali węglowej narzędziowej. Do toczenia stali hartowanej mało odpuszczonej należy używać węglików spiekanych.

Do noży stosujemy hartowanie częściowe, mianowicie hartujemy je tylko od końca ostrza do jednej trzeciej ich długości. A więc po nagraniu zanurzamy nóż tą częścią w kąpieli i szybko a nieznacznie zwiększamy i zmniejszamy głębokość tego zanurzenia, aby nie dopuścić do ostrego rozgraniczenia stref hartu. Odpuszczamy do barwy żółtej.

Wiertła muszą być zahartowane na wskroś. A zatem tylko wiertła cienkie mogą być ze stali węglowej; na grubsze używa się stali stopowych, które się głębiej hartują.

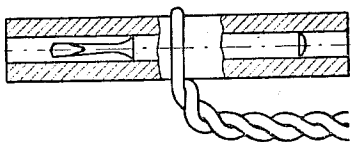
Temperatura nagrzania wiertel ze stali węglowej wynosi 770—790 °C, a ze stali stopowej 790—860 °C, zależnie od jej składu.

Wiertła do 1 mm średnicy można nagrzewać w płomieniu, cięsze w kąpieli solnej lub w puszce.

Małe wiertła nagrzewamy przy mocno przytłumionym świetle, kierując płomień od końca ku przodowi i następnie jak najprędzej chłodzimy w oleju. Tak chłodzone wiertła są wystarczająco twarde. Można też chłodzić je w powietrzu lub rtęci. Chłodząc w powietrzu, trzeba nimi poruszać.

Aby bardzo cienkie wiertło nie wystygło zanim zanurzymy je w kąpeli, dobrze jest włożyć je do rurki mosiężnej. Jeśli nie ma takiej rurki, bierzemy wałek mosiężny, nieco dłuższy od wiertła, przewiercamy wzdłuż tak, by wiertło mogło swobodnie wejść do środka. Wałek opasujemy grubym drutem (rys. 241), który będzie służył za uchwyt. Po nagrzeniu do koloru jasnoczerwonego wkładamy całość pionowo do wody, ostrzem na dół.

Wiertła zwykle odpuszcza się. Nie odpuszczamy tylko bardzo cienkich wiertel chłodzonych w powietrzu. Wiertło kładzie się chwytem na rynience z opilkami miedzianymi, tak aby nawet nieco chwytu wystawało poza nią, i następnie podgrzewamy ją równomiernie od spodu. Skoro na część tnącą, wystającą poza rynienkę, wystąpi żółty nalot, chłodzimy je w wodzie lub oleju.



Rys. 241. Rurka do nagrzewania bardzo cienkich wiertel

Hartować małe przedmioty, np. wiertła, gwintowniki itp. jest dość trudno, gdyż podczas nagrzewania trudno uchwycić moment pojawienia się koloru wystarczającego już do hartowania. Przegrzanie powoduje wypalenie się węgla ze stali. Aby tego uniknąć, można też wiertło nagrzewać nad płomieniem lampy spirytusowej, poczynając od chwytu wiertła ku jego ostrzu, a następnie szybko wetknąć je w kawałek mydła lub wosku trzymany w lewej ręce. W ten sposób zahartowane wiertło nie wymaga odpuszczania.

Gwintowniki powinny mieć rdzeń miękki, dlatego do ich wyrobu używa się stali hartującej się płytko (narzędziowej—węglowej). Sposób hartowania taki sam jak wiertel.

Obróbka cieplna **frezów** uzależniona jest od ich kształtów i warunków pracy. Krótkie jej omówienie jest niemożliwe. Na ogół jednak w małych warsztatach nagrzewa się je w kąpeli solnej albo w puszcze; chłodzi się — poruszając nimi — w wodzie, dopóki słychać syczenie, następnie w oleju aż do zupełnego ostygnięcia.

Stemple, tłoczniaki, matryce itp. nagrzewa się w puszcze, a chłodzi strumieniem wody. W razie chłodzenia przez zanurzenie w wodzie matrycę i stempel zanurzamy częścią pracującą na dół.

Aby **przebijaki** właściwie pracowały, twardość ich powinna stopniowo maleć od końca części roboczej do chwytu. Taki rozkład twardości osiąga się w następujący sposób: po zahartowaniu stawia się przebijaki częścią chwytową na płycie żelaznej nagrzanej do 600—650 °C i zasypuje je do połowy piaskiem. Gdy na ich powierzchni czołowej pojawi się nalot wskazujący, że nagrzała się do 240—260 °C, usuwa się je z płyty jako gotowe do pracy.

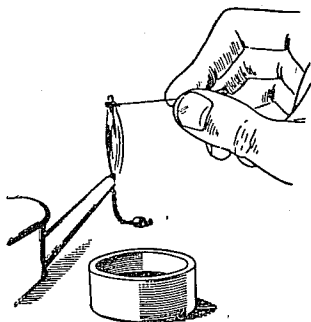
Obróbka cieplna części zegarowych

Zębnik owija się raz przy razie cienkim drutem, smaruje mydłem i ogrzewa wzdłuż, najlepiej gazem lub lampką (w każdym razie nie dmuchawką).

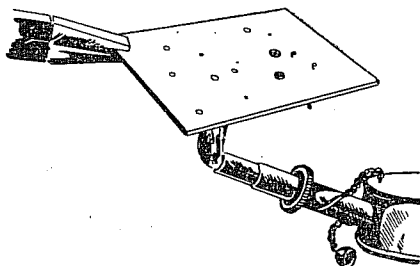
Po nagrzeniu do barwy ciemnowiśniowej zanurza się pionowo w wodę i trzyma w niej chwilę. Następnie odwijamy trochę drutu z jednej i drugiej strony i badamy pilnikiem twardość. Dobrze zahartowanego zębника pilnik nie powinien brać, jeśli jednak bierze, hartowanie trzeba powtórzyć.

Po zahartowaniu odpuszczamy zębnik według opalania oleju, trzymając go w płomieniu, aż zacznie dymić. Teraz znów zanurzamy zębnik w wodzie, aby zupełnie ostygł.

Wkręty powinny mieć rdzeń ciągliwy, dlatego najlepiej jest wykonać je z miękkiej stali, nawęglić i zahartować. Hartowanie jednego wkrętu pokazuje rys. 242. Jeśli hartujemy większą ich liczbę, można je zawiesić na siateczce i razem z nią wpuścić pionowo do kąpieli.



Rys. 242. Hartowanie jednego wkrętu



Rys. 243. Odpuszczanie wkrętów

Podobnie postępujemy, mając więcej wkrętów do odpuszczania. W mosiężnej płytce grubości ok. 0,5 mm robimy odpowiednią ilość otworów różnej średnicy, w które wkładamy wkręty. Płytkę ujmujemy w kleszcze i podgrzewamy od spodu lampką spirytusową lub palnikiem (rys. 243) wodząc płomieniem dokoła, dopóki wkręty nie zabarwią się na niebiesko. Gdy to nastąpi, odwróciwszy płytę, wpuszczamy wkręty w olej.

Gdyby zabarwienie przedmiotu pozostałe po obróbce cieplnej lub cieplno-chemicznej było niepożądane, wkładamy go na kilka minut do kwasu solnego, a po wyjęciu natychmiast omywamy strumieniem wody.

Do tego celu stosuje się też pocieranie rdzeniem czarnego bzu umoczonego w 5-procentowym roztworze kwasu siarkowego. Po

tym zabiegu przedmiot płucze się w wodzie, następnie po kolei w roztworze sody, w wodzie, w spirytusie i wreszcie suszy się w trocinach lub wiórkach z drzewa nieiglastego, a mniejsze części w suchym rdzeniu bzu.

Jeśli chcemy nadać równe zabarwienie przedmiotowi, na którym po obróbce cieplno-chemicznej pojawiły się plamy, zanurzamy go na 20 sek. w 20-procentowym roztworze wodnym kwasu azotowego.

OBRÓBKA CIEPLNA STOPÓW MIEDZI

Ponieważ przeciętny zegarmistrz oprócz stali używa zasadniczo jedynie stopów miedzi, im tylko poświęcimy jeszcze nieco miejsca.

Ze stopów miedzi obróbce cieplnej podlegają w praktyce najczęściej mosiądze i brązy.

Zakres obróbki cieplnej w poszczególnych stopach bywa różny. Najczęściej stosuje się wyżarzenia ujednorodniające i rekrytalizujące.

Utwardzenie miedzi i jej pospolitych stopów (z wyjątkiem stopów aluminiowych) osiąga się tylko przeróbką plastyczną na zimno, która powoduje znaczne polepszenie własności wytrzymałościowych i równocześnie pogorszenie własności plastycznych. I odwrotnie — wyżarzenie miedzi i jej stopów znacznie obniża własności wytrzymałościowe, a podnosi własności plastyczne.

Wyżarzeniu ujednorodniającemu poddaje się odlewy mosiężne. Polega ono na wygrzaniu odlewu w temperaturze 650—700 °C w ciągu 2—4 godzin.

Wyżarzanie rekrytalizujące stosuje się do przedmiotów miedzianych, mosiężnych i brązowych, które były obrabiane plastycznie na zimno. Temperaturę tego wyżarzania dobiera się zależnie od wielkości zgniotu i grubości przedmiotu. Im większy zgniot, tym niższa powinna być temperatura wyżarzania. Blachy i taśmy z mosiądzu i brązu wyżarza się w temperaturze 600—700 °C, druty średnicy 0,5—3,5 mm z tych samych stopów — w temperaturze 530—700 °C, druty cieńsze — w temperaturze 450—530 °C; blachy i taśmy z miedzi wyżarza się w temperaturach o około 25 °C wyższych niż blachy i taśmy z mosiądzu i brązu odnośnych grubości, natomiast druty miedziane — od najcieńszych do 1,5 mm średnicy — w temperaturach o 180—250 °C niższych, a druty 1,5—3,5 mm średnicy — w temperaturze 650—725 °C.

Przekroczenie temperatury 800 °C powoduje w mosiądzu niekorzystny rozrost ziarna, wyparowywanie cynku, a zatem i porowatość struktury.

Czas wyżarzania wynosi zwykle 2—4 godz. Rodzaj studzenia nie odgrywa praktycznie żadnej roli. Można chłodzić na wolnym powietrzu.

Ogólnie znany jest fakt wypaczania się twardych płyt lub tarcz mosiężnych podczas ich obróbki. W celu zapobieżenia temu metal odpuszcza się, co jednak nie jest zbyt łatwe, gdyż na mosiądzu nie występują barwy. Płytę umieszczamy na trójnogu i nałożywszy na nią małe skrawki papieru, podgrzewamy jedną lub dwiema lampkami spirytusowymi. Skoro papier zaczyna brunatnieć, nagrzewanie przerywamy i zostawiamy stop, aby swobodnie ostygł. Teraz jest on równie twardy jak przedtem, lecz wolny od naprężeń¹⁾.

¹⁾ Metody hartowania srebra i złota opisuje dr Fr. Zastawniak w książce pt. „Złotnictwo i probiernictwo” (wyd. II, 1956 r.), WPLiS str. 131—133.

V. WYKOŃCZANIE POWIERZCHNI

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

Każdy przedmiot wykonany przez zegarmistrza całkowicie lub częściowo powinien mieć powierzchnię odpowiednio wykończoną. Wykończanie może być różne. Zależy ono bowiem od przeznaczenia przedmiotu, a także i od tego, jaki wygląd chcemy mu nadać. Chodzi więc o to, jaka ma być powierzchnia — gładka czy chropawa, lśniąca czy matowa.

Ponieważ przy wykończaniu powierzchni mówimy często o jej gładkości, poświęćmy tu nieco miejsca na wyjaśnienie, kiedy powierzchnia jest rzeczywiście gładka i w jaki sposób gładkość się ocenia.

O gładkości powierzchni nie decyduje połysk, bo np. przez wypolerowanie chropawej powierzchni blachy stalowej możemy uzyskać jej lśnienie, a mimo to bez wahania stwierdzimy, że nie jest ona gładka, lecz chropawa. O stopniu gładkości powierzchni decyduje wielkość i kształt oraz ilość i rozmieszczenie nierówności, jakie na niej są dostrzegalne lub wyczuwalne.

Do dokładnego, obiektywnego mierzenia stopnia gładkości powierzchni używa się aparatów, które pozwalają wykryć i zmierzyć nierówności zawarte w granicach od 0,01 do 3 μ . Wprowadzona tysięczna część milimetra, jako jednostka tolerancji przy pomiarze gładkości powierzchni, okazała się niewystarczająca: trzeba było zastosować jednostkę sto razy mniejszą. Dlatego urządzenia do tych pomiarów, zwane gładkościomierzami, są kosztowne i trudne do obsługi. Okoliczność ta, jako też małe rozmiary części zegarka, stoją na przeszkodzie stosowaniu w pracowni zegarmistrzowskiej tych aparatów.

W warsztacie gładkość powierzchni przedmiotów zwykło się oceniać na oko i na wycucie, a więc sposobem czysto subiektywnym. Obecnie rozpowszechniają się też tzw. wzorce gładkości. Są to fragmenty powierzchni obrobionych o różnej gładkości, służących do wzrokowego porównania z badaną powierzchnią (z ewentualną pomocą lupy lub mikroskopu) i tym sposobem ocenienia jej gładkości.

Doświadczony zegarmistrz jest w stanie rozróżnić jakość obróbki mechanicznej i nadać danemu przedmiotowi zadowalającą

gładkość. Wprawne oko widzi bardzo dużo i bardzo dokładnie, nie może tylko dobrze wyzyskać swoich spostrzeżeń, gdyż nie wyrażają się one w ściśle określonych jednostkach miary, np. w mikronach.

CEL WYGŁADZANIA POWIERZCHNI

Gładkość powierzchni ma wyraźny wpływ na niektóre właściwości narzędzi lub części maszynowych, a więc i zegarowych. Powierzchnie dogładzone są odporniejsze na ścieranie, zapewniają przedmiotowi większą wytrzymałość zmęczeniową, są odporniejsze na korozję, zmniejszają tarcie części ruchowych.

Jeżeli chodzi o tarcie spoczynkowe części łączonych o jednakowych wymiarach powierzchni, przylegających do siebie, to jest ono tym większe, im większa jest gładkość tych powierzchni. Bardzo gładkie powierzchnie przyłożone do siebie łączą się wzajemnie siłami spójności międzycząstkowej, czyli przywierają do siebie, jak to się dzieje przy składaniu płytek wzorcowych. Siła przywierania osiąga wartość $0,4 \text{ kG/mm}^2$.

Współczesne sposoby docierania maszynowego pozwalają na otrzymanie tak gładkich powierzchni, że po przywarciu nie dają się rozdzielić bez wzajemnego wyrwania cząstek materiału. Aby uniknąć zbyt silnego przywierania, płytki wzorcowe mają powierzchnie miernicze wykonane celowo mniej gładko niż to jest obecnie możliwe.

Widzimy stąd, że — wbrew popularnemu, lecz błędnemu mniemaniu — bardzo wielka gładkość powierzchni może w pewnych okolicznościach (na sucho) spowodować znaczne powiększenie, a nie zmniejszenie oporów ruchu.

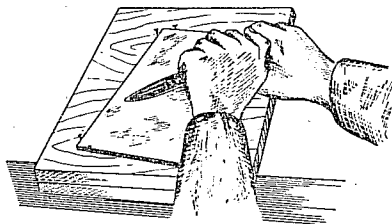
Od stopnia gładkości powierzchni zależy w dużej mierze jej wygląd zewnętrzny oraz wrażenie dotykowe. Powierzchnie gładkie mają na ogół wygląd bardziej estetyczny i są przyjemniejsze w dotyku niż chropawe, z zadziorami i ostrymi nierównościami. Ponieważ zegarek jest nie tylko precyzyjnym przyrządem pomiarowym, ale także przedmiotem zdobniczym, w celu zwiększenia jego wartości estetycznych nadaje się piękny wygląd także powierzchniom jego części nieruchomych. Nawet najbardziej ukryte części zegara precyzyjnego są starannie polerowane; ostre krawędzie ścina się, a powstałe płaszczyzny również się poleruje. Aby zwiększyć piękno mechanizmu, w zegarkach zwykłych poleruje się np. łąby wkrętów, koła mechanizmu naciągowego itp. Dzięki temu wzrasta też czas używania zegarka. Przedmiot o dużych wartościach artystycznych — jakim bez wątplenia jest zegarek — zmusza jego właściciela do delikatnego obchodzenia się z nim, do chronienia od zanieczyszczeń, uderzeń i innych

szkodliwych wpływów, a zegarmistrza — do ostrożnej, starannej naprawy.

Najważniejszą rzeczą jest jednak to, że staranne wykończenie powierzchni, objawiające się jej wielką gładkością, jest naturalnym, skutecznym środkiem zwalniającym przebieg procesów korozji.

2. SKROBANIE

Skrobaniem nazywamy obróbkę powierzchni, polegającą na usuwaniu z niej miejscowych wypukłości przez skrawanie cienkiej warstewki metalu za pomocą narzędzia skrawającego, zwanego skrobakiem. Obróbka ta jest jedną ze starych metod uży-



Rys. 244. Skrobanie płyty zegara

skiwania dużej dokładności płaszczyzn i powierzchni walcowych, jak również znacznej dokładności wymiarów i gładkości powierzchni.

W budowie maszyn skrobaniem obrabia się powierzchnie łóż obrabiarek i dużych panelek oraz innych ruchomych części maszyn, jak wozdiki i prowadnice, a także po-

wierzchnie różnych przyrządów i narzędzi, np. płyt kontrolnych, linii, kątowników, pryzmatów.

W zegarmistrzostwie skrobanie ma zastosowanie tylko wyjątkowo przy wykonywaniu dużych zegarów, zwłaszcza wieżowych. Dawniej, gdy zegary wyrabiano ręcznie, skrobaniem wyrównywano płyty zegara. Taką operację przedstawia rys. 244.

3. SZLIFOWANIE

CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA

W przemyśle maszynowym w obecnym stanie rozwoju techniki szlifowanie nie jest jakąś czynnością pomocniczą przy wykonywaniu przedmiotu, ale odrębnym rodzajem obróbki, tak jak toczenie, frezowanie, struganie itd. Wszak sam proces szlifowania jest skrawaniem, tj. zdejmowaniem wióra. Natomiast w war-

sztacie zegarmistrzowskim szlifowanie ma zastosowanie głównie przy wykończaniu powierzchni.

Szlifowanie różni się znacznie od pozostałych rodzajów obróbki przede wszystkim materiałem narzędzi. Otóż są one wykonane nie ze stali lub węglików spiekanych, lecz z ziarn minerałów spojonych ze sobą. Narzędzie takie, zwane tarczą szlifierską lub krótko ściernicą, pracuje w sposób zbliżony do freza, gdyż każde ziarno na obwodzie lub na czole ściernicy jest ostrzem (rys. 245). Oczywiście, ostrzy tych jest w tym przypadku nierównie więcej — ich liczba sięga setek tysięcy na jednej ściernicy. Ziarna te spełniają to samo zadanie, co i inne narzędzia skrawające — skrawają materiał, mimo że ich kąty skrawania są różne, dowolne, przeważnie ujemne, a krawędzie tnące bardzo małe. Gdy się przyjrzymy pod mikroskopem wiórom otrzymanym przy szlifowaniu, toczeniu itd., zauważymy, że kształty ich wiele się nie różnią.

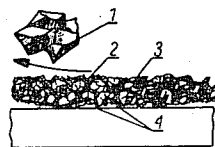
Wiór spod ściernicy jest bardzo cienki; grubość jego wynosi zazwyczaj tylko kilka mikronów. Już przy dosuwie ściernicy wynoszącym tylko $1\ \mu$ powstaje wyraźne iskrzenie, spowodowane paleniem się rozżarzonych najdrobniejszych wiórków.

Ponieważ szlifowanie jest obróbką skrawającą, którą można uzyskać znaczną dokładność wymiarów oraz gładkość powierzchni, dlatego stosowane jest w celu nadania przedmiotom pięknego wyglądu, albo też w celu uzyskania dokładnych wymiarów. Dużą zaletą szlifowania jest to, że można nim obrabiać nawet bardzo twarde metale. Jest to właściwie jedyny sposób obróbki dla przedmiotów hartowanych, które jeszcze po tym zabiegu muszą być obrobione.

W warsztacie zegarmistrzowskim stosuje się szlifowanie maszynowe, czyli na obracających się ściernicach napędzanych zwykle silnikiem, częściej jednak szlifuje się ręcznie na osłkach (kamieniach) lub proszkach ściernych. Szlifowanie ręczne jest przygotowaniem do polerowania.

MATERIAŁY ŚCIERNE

Zasadniczym materiałem do szlifowania jest tzw. *materiał ścierny*. Za materiał ścierny może służyć każdy minerał pochodzenia naturalnego lub sztucznego, którego ziarna mają dużą twardość i zdolność skrawania. Oprócz tego materiał ścierny powinien mieć pewną określoną spoistość i zwartość, aby krysz-



Rys. 245. Działanie ściernicy

1 — ostre krawędzie ziarn ściernych, 2 — spoiwo, 3 — ziarna ścierne, 4 — wiórki z obrabianego materiału

tały jego łatwo się nie odłupywały i nie tępiły. Duże znaczenie ma także kształt ziarn. Ziarna kształtu kulistego nie nadają się oczywiście do użycia na ściernice, choćby miały bardzo dużą twardość.

Do naturalnych materiałów ściernych należą następujące: diament, korund, szmergiel, kwarc (w postaci piaskowca lub kamienia oliwionego), pumeks, łupek. Z tych najczęściej używa się szmerglu, korundu i kwarcu. Diamentu używa się rzadziej — tylko do bardzo twardych materiałów.

Do sztucznych należą: węgiel boru, karborund (węgiel krzemu) i elektrokorund, który w handlu znajduje się pod różnymi nazwami, jak: alund, aloksit, elektrorubin i inne¹⁾.

Materiały ściernie naturalne zawierają zanieczyszczenia i wskutek tego nie są jednorodne. Materiały sztuczne tej wady nie mają i dlatego obecnie są powszechnie stosowane, zwłaszcza do szlifowania maszynowego.

Materiały te wypala się w piecach elektrycznych w temperaturach dochodzących do 3500 °C. Wydobyte z pieca duże kawały rozdrabnia się i miele, a otrzymane ziarna przesiewa się przez sita o coraz mniejszych oczkach, sortując je według wielkości. Zależnie od wielkości oczek sita, przez które przeszły ziarna, oznacza się je odpowiednim numerem. Według międzynarodowej skali ziarnistości numer ten oznacza ilość oczek sita na długości 1 cala. W tablicy 14 podajemy wymiary poszczególnych numerów ziarn w mikronach.

Niektóre firmy produkujące płótna i papiery ściernie stosują jeszcze inne oznaczenia wielkości ziarn, mianowicie ilością zer (tablica 15). Jednak i te oznaczenia poszczególnych firm różnią się między sobą.

¹⁾ W niemieckim rzemiośle zegarmistrzowskim znane są szeroko różne narzędzia do szlifowania (tarcze, osetki o różnych przekrojach) wykonane z materiału ściernego zwanem „Degussitem”. Zegarmistrzowskie czasopisma podają, że „Degussit” jest syntetycznym materiałem ściernym, który swoimi właściwościami chemicznymi i fizycznymi prawie zupełnie odpowiada rubinowi i podobnie jak on ma twardość 9 według skali Mohsa, podczas gdy twardość naturalnego kamienia oliwionego Arkansas wynosi tylko 7. W normalnej temperaturze „Degussit” nie ulega wpływowi wody królewskiej ani innym kwasom. „Degussit” składa się z drobniutkich kryształów, które powstają w temperaturze 1900 °C. W przeciwieństwie do innych sztucznych kamieni ściernych kryształki „Degussitu” nie są związane obcymi spoiwami, jak gliną, bakelitem itp., ale są zrosnięte ze sobą bezpośrednio.

Wytrzymałość „Degussitu” na rozrywanie i ściskanie jest wyjątkowo duża, dzięki czemu krawędzie jego są dostatecznie ostre i, raz utworzone, długo się utrzymują. Narzędzia z „Degussitu” mają powierzchnię gładką, dlatego uzyskuje się nimi drobny szlif. Wykonuje się z „Degussitu” narzędzia ściernie, których powierzchnie pracujące nie są szlifowane, wskutek czego odznaczają się szczególną twardością.

Tablica 14

Wielkości ziarn materiałów ściernych

Ziarna	Nr	Wielkość w mikronach	Ziarna	Nr	Wielkość w mikronach
Bardzo grube	10	2300—2000	Drobne	100	150—125
	12	2000—1700		120	125—105
	14	1700—1400		150	105—75
	16	1400—1200		180	85—63
Grube	20	1200—1000	Bardzo drobne	220	75—53
	24	850—700		240	63—42
	30	700—600		280	53—28
	36	600—500		320	42—20
	46	420—355			
Średnie	54	355—300	Mikro-proszki (pył ścierny)	M28	28—20
	60	300—250		M20	20—14
	70	250—210		M14	14—10
	80	210—180		M10	10—7
	90	180—150		M7	7—5
			M5	5—3,5	

Tablica 15

Oznaczenia wielkości ziarn materiałów ściernych

Oznaczenie	Wielkość ziarn w mikronach	Nr handlowy	Odpowiada w przybliżeniu numerowi z tablicy 14
1	62—53	220	220
0	53—45	250	240
00 lub 2/0	45—37	280	320
000 „ 3/0	37—31	320	280
0000 „ 4/0	31—27	400	M28
00000 „ 5/0	27—22	500	M28
000000 „ 6/0	22—18	600	M20
0000000 „ 7/0	18—15	700	M20
00000000 „ 8/0	15—11	800	M14

Ziarna od numeru 10 do 320 odsiewa się przez sita mosiężne lub jedwabne. Natomiast najdrobniejsze ziarna, tzw. *mikroproszki* lub *pył ścierny* otrzymuje się przez szlamowanie, bo sit o tak drobnych oczkach nie można wykonać. Szlamowanie polega na zmieszaniu proszku ściernego z wodą i odstawieniu na jakiś czas w spokoju, żeby proszek osiadł na dnie naczynia. Niektóre firmy ziarnistość tych najdrobniejszych proszków ściernych

Materiały ściernicze

Nazwa	Twardość	Skład chemiczny	Barwa	Postać	Zastosowanie
Diamant	10	krystaliczny czysty węgiel	biały, żółtawy	proszek; drobne odłamki wtłoczone w miedź i razem z nią tworzące pilniki i tarcze	wiercenie, szlifowanie i polerowanie kamieni szlachetnych (kamieni zegarkowych)
Węgiel boru (sztuczny)	do 10	(B ₄ C) czarna masa podobna do grafitu, uzyskana z wypalenia boru i węgla w piecu elektrycznym	szary, czarny	ściernice	obrabanie szkła, ściernic, szlifowanie twardej materii
Karborund (szluczny węgiel krzemu)	9,2—9,75	porowata mieszanina piasku kwarcowego, koksu, trocin i soli kuch., stopiona w piecu elektrycznym	jasnozielony, niebieskozielony, szary	ściernice, oselki	szlifowanie twardych materiałów — z wodą lub olejem
Korund	9—9,4	czysty tlenek aluminium (Al ₂ O ₃)	czerwonobrunatny	ściernice	szlifowanie narzędzi i stali hartowanej

Elektrokorund (szlaczny korund)	9,2—9,3	mieszanka złożona z 90% tlenku aluminium i 10% środka wiążącego, wypalona w temp. 3500 °C	różowy, biały, brązowy	ściernice, osetki	szlifowanie narzędzi i elementów hartowanych
Szmergiel (odmiana korundu)	7—8	krystaliczna glina (Al_2O_3) z domieszką magnetytu (Fe_2O_3)	szary, czarny, brunatny	proszek z olejem lub wodą; papier lub płótno ściernicze; z szelakiem jako osetki szmerglowe	szlifowanie narzędzi, przedmiotów stalowych; szlifowanie mosiądzu i drewna przed politurowaniem
Kamień oliwiony (Arkansas, Missisipi)	6—7	kwarc (dwutlenek krzemu SiO_2) z łupkiem	szary, mlecznobiały	proszek z olejem, osetki	dokładne szlifowanie; szlifowanie matowe hartowanej stali; ostrzenie narzędzi — zawsze z olejem
Piaskowiec	6—7	kwarc (krzemionka) związany gliną lub wapnem	piaskowy	ściernice, osetki	szlifowanie stali i szkła przy użyciu wody
Pumeks	5—6	porowata lava wulkaniczna składająca się z większej części z SiO_2 i Al_2O_3	biały	kawałki, proszek	szlifowanie drewna i tworzyw sztucznych; równanie piaskowców
Lupek (niebieski)		drobnoziarniste skamieniałe nawarstwienie szlamu morskiego		kawałki	szlifowanie wykończające mosiądzu i srebra

nych określają ilością minut koniecznych do tego, aby proszek osiadł. Jeżeli np. na osełce jest napis: „10 minut”, oznacza to, że wykonana jest z proszku, który osiadł na dnie po 10 minutach. Drobne proszki odszlamowuje się już po upływie 1 do 5 minut, a najdrobniejsze po dwóch i więcej godzinach.

O wyborze wielkości ziarna decyduje przede wszystkim wymagana gładkość i dokładność powierzchni szlifowanej — im gładsza ma być powierzchnia, tym drobniejsze ziarna powinny być użyte do szlifowania.

Materiały ściernicze mają zastosowanie w różnych postaciach: jako *ściernice*, czyli obrotowe tarcze ściernicze składające się z ziarn materiału ściernego i spoiwa; jako *osełki*, wykonane podobnie jak ściernice, lecz z bardzo drobnych ziarn, do ostrzenia narzędzi ręcznych, do wygładzania ostrzy narzędzi skrawających i do szlifowania ręcznego; jako *papiery* i *plótna ściernicze*, do obróbki ręcznej lub do naklejania na tarcze drewniane bądź filcowe; jako *proszki* do sporządzania zawieszin i wyrobu past polerowniczych. Największe znaczenie w obróbce maszynowej osiągnęły ściernice.

Materiały ściernicze opisaliśmy w części 2 „Zegarmistrzostwa”. Dla ułatwienia zamieszczamy tutaj tablicę 16, w której podajemy zestawienie materiałów ściernych oraz ich ważniejszych właściwości i zastosowania.

SZLIFOWANIE MASZYNOWE

Ściernice

Szlifowanie maszynowe odbywa się za pomocą narzędzi zwanych ściernicami lub tarczami szlifierskimi.

Ściernice są to narzędzia wykonane z masy składającej się z bardzo dużej ilości drobnych twardych ziarn materiału ściernego powiązanych *spoiwem*. Narzędzia te używane w zegarmistrzostwie różnią się od narzędzi stosowanych w pozostałym przemyśle metalowym jedynie mniejszymi wymiarami.

Najstarsze swego rodzaju ściernice — to okrągłe kamienie szlifierskie z piaskowca, tzw. *toczaki*, napędzane korbą. Również i dziś jeszcze się ich używa do ostrzenia noży i narzędzi przy stałym zwilżaniu wodą.

Największe zastosowanie w szlifowaniu maszynowym mają *ściernice elektrokorundowe* i *karborundowe*.

Elektrokorundowe ściernice stosuje się do szlifowania materiałów ciągliwych, jak stal, aluminium itp.

Ściernice karborundowe (z węglików krzemu) stosuje się do szlifowania materiałów twardych, lecz kruchych, jak żeliwo, brąz lany itp.

Spoiwo. Również bardzo ważnym składnikiem ściernic jest środek wiążący ziarna ściernie, czyli tzw. s p o i w o. W zależności od przeznaczenia ściernicy, używa się różnych spoiw. Rozróżniamy spoiwa ceramiczne, mineralne, organiczne.

Do obróbki metali najczęściej są używane ściernice ze *spoiwem ceramicznym* (gлина, kwarc i szpat polny). Ściernice spojone ceramicznie wykazują doskonałe własności skrawające. Są one porowate, dzięki czemu łatwo wchłaniają wodę, która podczas wirowania tarczy jest rozpylana i działa chłodząco. Do ich stron ujemnych należy zaliczyć zbyt dużą kruchość.

Spoiwo mineralne — to związki krzemowe lub magnezyt. Wytrzymałość tych ściernic jest znacznie mniejsza niż ceramicznych; są jednak łatwiejsze do wykonania. Ściernice z magnezytem twardnieją na powietrzu aż do wysuszenia, podobnie jak beton. Są one bardzo kruche i mało porowate, ale znacznie tańsze. Nie używa się ich na szlifierniach, ale raczej w postaci osełek.

Spoiwo organicznym może być kauczuk, bakelit, żywice sztuczne, szelak itp. Ściernice ze spoiwem organicznym są elastyczne, dlatego rzadko pękają; można je wykonywać bardzo cienkie (do 0,4 mm grubości). Obok dużej wytrzymałości są również twarde, nie smarują i dają czysty szlif. Można nimi uzyskać większą szybkość obwodową niż ceramicznymi, ale nie znoszą wysokich temperatur. Używa się ich głównie do przecinania hartowanej stali.

Rola spoiwa jest niemniej ważna od roli *ziarn ściernych*, z których składa się ściernica. Łatwiej to zrozumiemy, gdy poznamy istotę jej pracy. Podczas szlifowania ostrza ziarn rozmieszczonych gęsto na całej powierzchni roboczej ściernicy uderzają w czasie jej obrotu o wystające nierówności materiału obrabianego i skrawają je. Oczywiście, ostrza te tępią się przy tym, a działający na każde ziarno opór skrawania wskutek tego wzrasta, aż wreszcie ziarno zostanie wykruszone. Otóż spoiwo powinno być tak mocne, aby trzymało ziarna dopóki są one ostre, a umożliwiało wykruszanie się ziarn stępionych; na ich miejsce mogą brać udział w pracy nowe ziarna, leżące głębiej w spoiwie. Zjawisko to nazywa się *samoostrzeniem* ściernicy.

Jeśli ziarna wypadają ze spoiwa przed stępieniem się, to dowód, że spoiwo jest za słabe; ściernica pozostaje wprawdzie ostra, lecz zużywa się zbyt szybko — „sypie się”. Mówimy, że jest ona za „miękką”.

Jeśli zaś stępione ziarna nie wypadają na czas ze spoiwa, ściernica traci zdolność skrawania i „pali”. Oznacza to, że spoiwo jest za mocne. O ściernicy mówimy wówczas, że jest za „twarda”.

Mówiąc o twardości ściernicy, mamy na myśli twardość, a raczej trwałość spoiwa, a nie ziarna; ziarna danego materiału ściernego mają bowiem twardość stałą.

Gdy szlifujemy materiały twarde, ziarna szybko się tępią, muszą więc często wymieniać się na nowe, co wymaga, żeby spoiwo było miękkie. Jeśli zaś materiał jest miękki, ziarna powoli się tępią, powinny więc odpowiednio dłużej się trzymać, co wymaga żeby spoiwo było twarde. Stąd ciekawy wniosek: **do szlifowania materiałów twardych należy używać ściernic miękkich a do szlifowania materiałów miękkich należy używać ściernic twardych.**

Od tej zasady w praktyce często się odstępkuje, gdyż na wybór twardości ściernicy wpływa również wiele innych czynników.

Wyważanie i zamocowanie. Przed zamocowaniem na wrzecionie należy ściernicę wyważyć. Nawet bardzo niewielka różnica w rozłożeniu ciężaru ściernicy w stosunku do osi obrotu może — z powodu bardzo dużej szybkości obwodowej — spowodować drganie wrzeciona, a większa różnica — nawet rozerwanie ściernicy.

Aby ściernicę wyważyć, wystarczy ją nałożyć na wałek pasujący do jej otworu, oprzeć końce wałka na dwóch poziomych i równoległych krawędziach lub szlifowanych wałkach, a następnie z tulei od strony, która przeważa, zeszkrobać trochę ołowiu.

Po zamocowaniu ściernicy na wrzecionie, należy ją znowu wyważyć (podobnie jak balans), prawidłowo założyć osłonę, puścić w ruch wrzeciono i przez czas ok. 1 minuty stać z boku, a nie w płaszczyźnie ściernicy, gdyby bowiem pękła, nie spowoduje wówczas poważniejszego wypadku.

Nie wolno pod żadnym pozorem przekraczać dopuszczalnych szybkości obwodowych ściernicy (ponad 35 m/sek).

Tarcze naklejane

Do gładkiego wykończającego szlifowania miałkami proszkami ściernymi używa się przeważnie tarcz naklejanych. Proszek ścierny jest naklejony na ich obwodzie. Są to zwykle tarcze z drewna topolowego albo olchowego, mniejsze zaś z bukszpanu. Tarcze takie wykonuje się z deseczek sklejonych na krzyż albo z promieniście ustawionych i sklejonych ze sobą drewnianych klinów. Po obtoczeniu obciąża się tarcze skórą.

Mniejsze tarcze naklejane są całe wycięte ze skóry lub z filcu. Bywają także tarcze drewniane lub metalowe z powłoką sukienną albo filcową oraz tarcze korkowe i papierowe (z twardego papieru).

Tarcz drewnianych, korkowych i papierowych używa się tylko do szlifowania na sucho. Tarcze skórzane i tarcze obłożone skórą są elastyczniejsze i miększe.

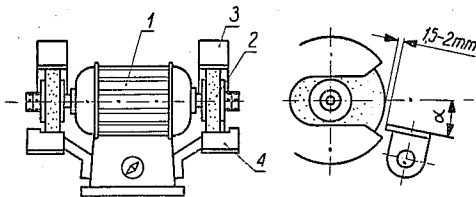
Tarcz naklejanych używa się na sucho albo z oliwą, albo też z papką z oliwy i proszku ściernego. Aby nowo naklejone tarcze uczynić elastyczniejsze, trzeba je wyklepać.

Metody pracy

Szlifowanie ściernicami lub tarczami naklejanymi przeprowadza się w warsztacie zegarmistrzowskim na specjalnych szlifierkach albo na urządzeniu do szlifowania dostosowanym do tokarki. Najczęściej spotykanymi są szlifierki-ostrzarki (rys. 246), na których można nie tylko ostrzyć narzędzia, ale i wykonywać wiele innych prac.

Ostrzenie narzędzi tnących, — jak np. wiertła, przecinaków noży tokarskich (ręcznych i suportowych), powinno się przeprowadzać tak często, jak często się stępują. Jest w zwyczaju, że w początkach nauki zegarmistrzowskiej poleca się uczniowi ostrzenie noży tokarskich na piaskowcu, szmerglu, a później na kamieniu oliwionym, co zabiera wiele godzin pracy. Dzisiaj czas jest za bardzo cenny, aby go w ten sposób tracić. Do ostrzenia narzędzi używa się szlifierki napędzanej silnikiem elektrycznym. Szlifowanie na szlifierce jest znacznie szybsze i lepsze. Może to być szlifierka, jakiej używają optycy do szlifowania krawędzi szkła okularowych, lub nawet szlifierka do szlifowania szkła zegarkowych. Szlifierki te są zwykle zaopatrzone w urządzenie zwilżające ściernice.

Używa się także szlifierki stołowej, pokazanej na rys. 246. Jest ona napędzana silnikiem o mocy $\frac{1}{4}$ KM, który powinien robić przynajmniej 3500 obrotów na minutę. Szlifierki takie mają bardzo prostą budowę. Silnik napędowy 1 ma wałek z dwiema końcówkami, na których zamocowane są ściernice 2 o różnej wielkości ziarn. Jedna służy do ostrzenia narzędzia, druga do wykończania. Ściernice są zabezpieczone osłonami 3 z blachy lub staliwa. Narzędzie opiera się o podpórkę 4, która w lepszych szlifierkach tego typu daje się przechylać pod kątem α . W miarę użytkowania się ściernicy należy podpórkę dosuwać do niej, tak by szpara była nie większa niż 2 mm.



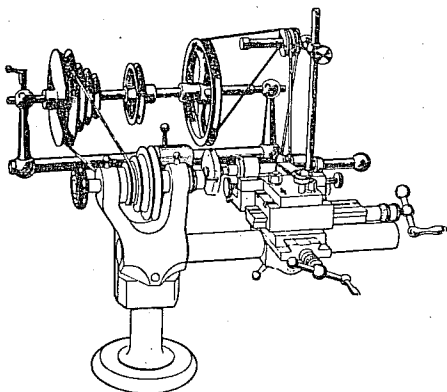
Rys. 246. Szlifierka stołowa dwutarczowa

Szlifierka taka pracuje zwykle na sucho, dlatego tutaj nie należy dosiakać narzędzia do średnicy zbyt silnie, aby go nie odpuścić. Niektórzy zegarmistrze trzymają w pobliżu zbiorniczek z wodą, w której zanurzają co chwila ostrzone narzędzie, zwłaszcza cienkie wiertła. Szlifierki pracujące na sucho powinny być zaopatrzone w pochłaniacze pyłu, który jest bardzo szkodliwy dla zdrowia.

Szlifowania płaszczyzn i wałków dokonuje się na urządzeniu do szlifowania połączonym z tokarką. Bywają różne rozwiązania

tych urządzeń. Na rys. 247 widzimy takie urządzenie podczas szlifowania wałka.

Jeżeli zegarmistrz posiada nowoczesną tokarkę z suportem i z urządzeniem do szlifowania, to wiele prac, które zwykle wy-



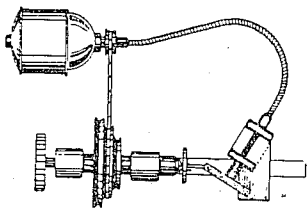
Rys. 247. Urządzenie do szlifowania przy tokarce

konuje się pilowaniem, może wykonać szlifowaniem. Na przykład pilowanie czopa kwadratowego wałka naciągowego, który wykonuje się ze stali zahartowanej i odpuszczonej na niebiesko, jest bardzo pracochłonne. Natomiast szlifowanie tego czopa na tokarce trwa znacznie krócej i nie sprawia większych trudności.

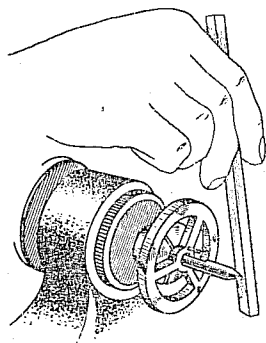
Bardzo łatwo i szybko szlifuje się czopy stożkowe osi balansu na tokarce, ściernicą napędzaną

wałem giętym (rys. 248). Ten sam silnik, który napędza ściernicę, może także napędzać wrzeciennik tokarki, w którym umocowana jest oś balansu.

Prostszy sposób wykonania tej pracy widzimy na rys. 249. Oselkę z kamienia oliwionego trzymamy przy tym w palcach. Wygodniej jednak trzymać ją poziomo od dołu czopa i z góry obserwować wynik pracy.



Rys. 248. Szlifowanie czopów stożkowych ściernicą



Rys. 249. Szlifowanie czopów stożkowych oselką

Szlifowaniem maszynowym za pomocą ściernic można obrabiać płaszczyzny, powierzchnie obrotowe zewnętrzne i wewnętrzne, a nawet powierzchnie o złożonych kształtach ¹⁾.

¹⁾ Bardziej zainteresowanych szczegółami szlifowania maszynowego odsyłamy do książki opracowanej przez prof. inż. Władysława Trylińskiego pt. „Szlifowanie i szlifiarki”, Warszawa 1950.

SZLIFOWANIE RĘCZNE

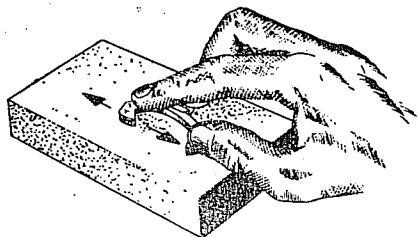
Płaskie małe części zegarowe szlifujemy zwykle ręcznie. Sposoby takiego szlifowania są różne. Rozróżniamy jednak trzy zasadnicze grupy:

- 1) na osełkach (kamieniach szlifierskich),
- 2) płótnem ściernym (papierem),
- 3) proszkiem ściernym na płycie szklanej.

Szlifowanie na osełkach

Na osełkach szlifujemy zwykle części twarde z hartowanej stali, w razie potrzeby zmniejszenia ich wymiaru. Takie szlifowanie wymaga większego nacisku, dlatego najlepiej jest przeprowadzić je na twardej osełce karborundowej lub elektrokorundowej. Ostateczne wygładzenie przeprowadza się na kamieniu oliwionym.

Samo szlifowanie nie wymaga specjalnych wyjaśnień. Przez przesuwanie przedmiotu po osełce tam i z powrotem, przy jednoczesnym docisku, zdzieramy materiał aż do uzyskania pożądanego wymiaru. Trzeba tylko docisnąć równomiernie na całą powierzchnię szlifowaną. Jako przykład widzimy szlifowanie bocznej powierzchni kotwicy hakowej (rys. 250).



Rys. 250. Szlifowanie kotwicy hakowej na osełce karborundowej

Małe przedmioty łatwiej jest utrzymać w ręce, jeśli są przyłakowane do większej płytki metalowej albo wgniezione w korek.

Czoła uciętych kołków stalowych na palety itp. również szlifuje się na osełce i wygładza na kamieniu oliwionym, trzymając je w imaku.

Koniecznym warunkiem uzyskania dobrych wyników szlifowania jest płaskość osełki i równość jej ziarenek. Pojedyncze większe ziarenka wywołują rysy na przedmiocie szlifowanym.

Nie powinno się szlifować tylko w jednym kierunku, lecz zbaczać nieco na ukos w obydwie strony. W celu lepszego wyrównania dobrze jest szlifować raz w poprzek, drugi raz wzdłuż. Jeśli pierwszy szlif jest widoczny, poznajemy najlepiej, czy znajdują się jeszcze zadraśnięcia i rysy.

Przed zarysowaniem zabezpiecza także obfite splukiwanie osełki — najlepiej wodą bieżącą z zaworu, albo też zanurzenie jej w dużym zbiorniku.

Do delikatnego szlifowania w trudno dostępnych miejscach, np. w wycięciu widełek, używa się pilników kamiennych z syntetycznego białego szafiru. Bywają też oselki i narzędzia w kształcie prętów ze wszystkich naturalnych i sztucznych materiałów ściernych i o różnej numeracji ziarn. Są także kamienie oliwione w kształcie prętów o przekroju nożowym, prostokątnym, trójkątnym i rombowym oraz wiele innych.

Kamień oliwiony i karborund czyści się na płycie szklanej proszkiem szmerglowym i wodą, kamień szmerglowy — proszkiem pumeksowym i wodą. Zwykle zabrudzenie usuwamy szczotką i naftą.

Wyrównywanie oselek. Nawet najtwardsza osełka podczas szlifowania staje się dość szybko nierówna, dlatego trzeba ją często wyrównywać.

Do wyrównywania oselek z każdego materiału ściernego najlepiej nadaje się *pumeks*. Ale i on powinien być dokładnie równy. Wyrównujemy go więc na równym piaskowcu, używając przy tym dużo wody, albo też pilujemy go grubym pilnikiem.

Piaskowiec również nadaje się do wyrównywania oselek, ale trzeba przy tym używać dużo wody. W braku piaskowca można też posłużyć się grubą, równą deską bukową, posypaną proszkiem szmerglowym. Naokoło tej deski trzeba przybić listwy, tak żeby u góry wystawały; zabezpieczy to przed spadaniem proszku szmerglowego.

Po wyrównaniu osełki trzeba ją dobrze zmyć wodą za pomocą szczotki, aby usunąć z niej luźne ziarna szmerglowe, które spowodowałyby na szlifowanym metalu głębokie zadraśnięcia.

Podczas szlifowania zdarza się czasem, że cząsteczki metalu przylegające zbyt silnie do oselki rysują obrabianą powierzchnię i utrudniają szlifowanie. W takim razie trzeba osełkę oczyścić pumeksem, polewając obficie wodą.

Szlifowanie płótnem ściernym

Płótnem ściernym wykończamy zwykle powierzchnie przedmiotów pilowanych, toczonech lub frezowanych. Po wygładzeniu powierzchni pilnikiem gładzikiem lub jedwabnikiem szlifujemy przedmiot płótnem ściernym na sucho lub z olejem. W pierwszym przypadku otrzymujemy powierzchnię błyszczącą, w drugim — półmatową. Do wykończania powierzchni miedzianych i aluminiowych należy płótno ściernie natrzeć stearyną.

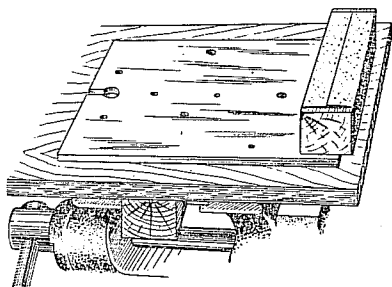
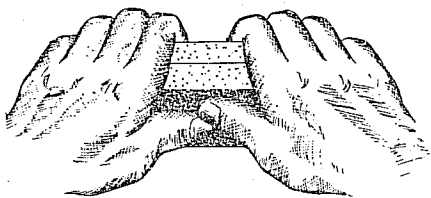
Bywają płótna i papiery ściernie o różnych wielkościach ziarn, co zaznaczone jest na odwrotnej stronie płótna właściwym numerem lub ilością zer (tablica 14 i 15).

Powierzchnię pilowaną szlifujemy najpierw płótnem o większej grubości ziarn, a potem — o mniejszej. Wielkość ziarna dobiera

się też w zależności od materiału. Jeśli chcemy uzyskać gładką, lśniącą powierzchnię szlifowaną, to przeciągamy ją trzema lub czterema kolejnymi numerami coraz gładszego płótna.

Sposobów posługiwania się płótnem lub papierem ściernym jest kilka, w zależności od rodzaju pracy. Najczęściej szlifuje się, trzymając papier bezpośrednio w palcach albo też obciążony na drewnianym kločku.

Gdy trzymamy papier ścierny bezpośrednio w palcach, a zwłaszcza gdy operujemy małymi jego kawałkami, dobrze jest skleić dwa kawałki gładkimi stronami. Daje to tę korzyść, że mamy w ten sposób dobry uchwyt palcami i możemy wyzyskać całą powierzchnię papieru. Zwykle bowiem wskutek poślizgu palców brzegi papieru pozostają nie użyte.



Rys. 251. Trzymanie płótna ściernego

Rys. 252. Szlifowanie płyty zegarowej

Do szlifowania większych płaszczyzn używa się płótna ściernego, naciągniętego na drewniany klocek, który trzyma się palcami obydwu rąk (rys. 251). W ten sposób dobrze się szlifuje płyty zegarowe. Na rys. 252 pokazano, jak daleko można wysuwać klocek poza płytę. Wysuwanie go poza brzeg płyty więcej niż na połowę jego szerokości powoduje zaokrąglenie jej brzegów.

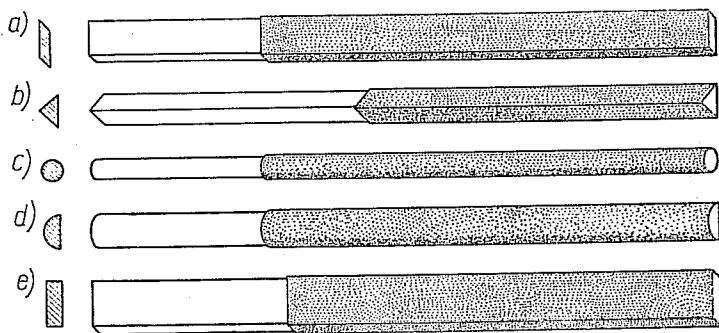
Z cienkiego płótna lub papieru ściernego można też wykonać płytę do szlifowania. W tym celu do płyty szklanej przykleja się z obydwu stron papier lub płótno ścierne (z jednej strony może być papier lub płótno bardziej miękkie, z drugiej grubsze). Po naklejeniu należy płytę ścisnąć między dwiema innymi płytami.

Do niektórych prac, zwłaszcza drobniejszych, używa się listewek i prętów drewnianych, oklejonych płótnem lub papierem ściernym. Takie narzędzia nazywamy pilnikami ściernymi (szmerglowymi). Na rys. 253 widzimy kilka takich pilników o różnych przekrojach.

Pilnikiem ściernym wykończa się powierzchnie boczne płyt zegarowych skręconych razem. Szlifowanie to polega na tym,

że krawędzią pilnika ściernego zataczamy półkola jednocześnie na obu płytach (rys. 254).

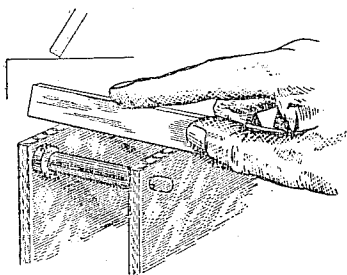
Szlifowanie pilnikiem ściernym lub płótnem czy papierem ściernym ma jednak pewną wadę. Ponieważ ziarna mają miękkie



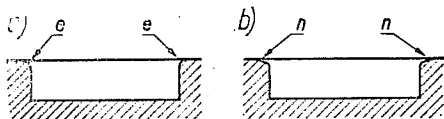
Rys. 253. Pilniki ścierne

podłoże, mogą się poddawać, wskutek czego podczas szlifowania bardziej zbierają materiał przy brzegu powierzchni. Gdyby przez to powstało promieniowe zaokrąglenie samej krawędzi e (rys. 255 a), to nie byłoby tak źle; takie zaokrąglenie jest czasem konieczne,

np. u przedmiotu przygotowanego do połączenia lub posrebrzenia. Ale ziarna ściernie zbierają materiał dość daleko od krawędzi, jak to pokazują strzałki n na rys.



Rys. 254. Wykończanie powierzchni bocznych płyt pilnikiem ściernym



Rys. 255. Szlifowanie krawędzi: a) promieniowe zaokrąglenie krawędzi, b) wadliwe zeszlifowanie brzegu krawędzi

255 b, a takie zeszlifowanie jest już wadliwe. Aby stwierdzić tę nierówność powierzchni, nie trzeba przykładać linijki. Już po odbłasku widzi się to uszkodzenie.

Z powyższego wynika, że **płótna ściernego nie powinno się używać tam, gdzie potrzeba więcej zeszlifować jakąś powierzchnię** (do tego nadaje się osełka), ale raczej tylko do nadania szlif-u po obróbce pilnikiem. Przy tym należy pamiętać, żeby nie za długo szlifować, nie za mocno przyciskać i nie zesuwać płótna ściernego aż poza powierzchnię szlifowaną.

Szlifowanie proszkiem ściernym

Trzeci sposób szlifowania ręcznego — to szlifowanie proszkiem ściernym, wymieszanym z olejem na papkę o gęstości kremu. Mniejsze przedmioty szlifuje się na płycie szklanej, na którą nałożono nieco papki, większe zaś, a zwłaszcza mające półokrągłe powierzchnie, szlifuje się pilnikiem ściernym, posmarowanym papką.

Używa się różnych proszków, w zależności od obrabianego metalu, głównie jednak od wymaganego szlif. Części stalowe po zahartowaniu i — jeśli potrzeba — po odpuszczeniu szlifuje się proszkiem szmerglowym lub proszkiem z kamieni oliwionych — w miarę możliwości na płycie szklanej. Jeśli ze względu na wielkość lub kształt przedmiotu, nie możemy posłużyć się płytą szklaną, szlifujemy polerownikiem stalowym i proszkiem z kamienia oliwionego.

Zwykle najpierw stosuje się tzw. wstępne szlifowanie grubymi proszkami ściernymi, a po nim następuje szlifowanie ostateczne drobnoziarnistymi i miałkimi proszkami.

Niektórzy zegarmistrze wolą używać gotowej pasty do szlifowania. Oto jej skład (w procentach wagowych):

szmergiel (lub tlenek chromu)	65
oliwa	15
stearyna	20

Szlifowanie proszkami ściernymi jest najczęściej wstępnym przygotowaniem do polerowania. Używamy wówczas bardzo miałkiego szlamowanego proszku z kamienia oliwionego lub proszku karborundowego. Sposób przygotowania i użycia jest taki sam, jak podaliśmy wyżej.

RODZAJE SZLIFU

Jeżeli wykonujemy szlifowanie przygotowujące do polerowania, to chodzi tylko o to, aby powierzchnia była równa i dostatecznie gładka. Jeżeli zaś szlifowanie ma być końcowym etapem obróbki, to, oprócz nadania powierzchni równości i gładkości, staramy się, aby rysy szlifowania miały pewien określony kierunek i odpowiednie ułożenie, czyli nadajemy przedmiotowi jakiś charakterystyczny szlif.

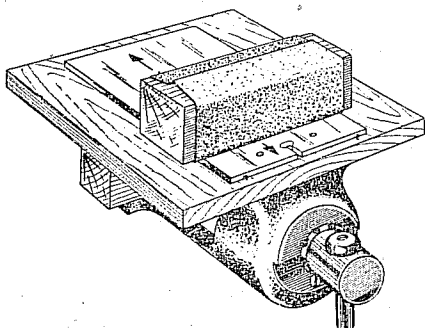
Rozróżniamy szlif prosty (podłużny i poprzeczny), marmurowy, matowy, słoneczny, ozdobny (łukowy, krzyżowy i inne). Każdy z nich stosuje się w zależności od przeznaczenia oraz wielkości i kształtu przedmiotu. Podamy tu sposoby wykonania różnych szlifów.

Szlif prosty

Szlif podłużny nadaje się zwykle dużym płaszczyznom, natomiast poprzeczny — płaszczyznom wąskim. Szlif prosty jest może najczęściej stosowany, a płaszczyzna z takim szlifem ma ładny, spokojny wygląd.

Równy i czysty szlif prosty najłatwiej uzyskuje się na szlifierce taśmowej. Taśma z płótnem ściernym, zwróconym stroną roboczą na zewnątrz, biegnie przerzucona przez dwa szerokie koła pasowe (rolki), z których jedno ją napędza, a drugie jest luźne. Jednak ten sposób stosuje się tylko w zakładach przemysłowych.

Do ręcznego wykonania szlifów prostego, podłużnego, na dużych płaszczyznach, posługujemy się w naszych warsztatach klockami



Rys. 256. Wykonanie szlifów prostego podłużnego na płycie

drewnianymi, których długość przewyższa o parę centymetrów szerokość tej płaszczyzny. Obkleja się je albo obciąża całkiem lub częściowo papierem ściernym o grubości ziarna według życzenia.

Po wyrównaniu płaszczyzny wykonuje się na niej szlif prosty przez powolne, równomierne pociągnięcia po całej powierzchni (rys. 256). Za podkładkę służy płaski klocek drewniany. Wbite kołeczki mosiężne zabezpieczają obrabianą część przed przesunięciem. Aby mieć obie ręce wolne do pracy, wkręca się klocek w imadło albo umocowuje się go na warsztacie. Oparcie ręki, potrzebne do utrzymania prostoliniowego kierunku szlifów, znajdziemy na bocznej krawędzi szlifowanej płyty lub drewnianego klocka.

Niektórzy zegarmistrze zalecają trochę inny sposób. Klocek obciążony płótnem ściernym bierze się w obydwie ręce i kładzie nie na całą szerokość płaszczyzny szlifowanej, lecz na lewą jej stronę, po czym spokojnie, równomiernie przesuwa się go pod lekkim naciskiem tam i z powrotem. Po każdym podwójnym przesunięciu przemieszcza się go nieco na prawo aż cała płyta otrzyma piękny szlif. Szlifowanie to powinno się odbyć bez przerwy i bez zmiany płótna ściernego.

Do szlifów prostych wybiera się płótno ściernie o średniej grubości ziarna. Jeśli ma być szlifowana również odwrotna strona obrabianej płyty, to należy ją wpięrcz obrobić, a następnie —

niu drewnianej podkładki — podłożyć pod płytę r i dopiero wtedy zaczynać szlifowanie przeciwnej

niuroowy

niuroowy wykonuje się przez zataczanie nieumiaro-
różnych kierunkach. Powierzchnia z takim szlifem
łożone różnorodnie, dlatego mniej zdradza nierów-
wierzchnia ze szlifem prostym, trudniejszym do wy-

niejeden zegarmistrz, chcąc ukryć nierówność po-
ykonuje szlif marmurowy, który stwarza tylko po-
i.

wy

wy ma pewne, choć bardzo dalekie, podobieństwo
wego. I tutaj też nie ma rys regularnych, bo przy
niu również zatacza się nieumiarowe koła. Różnica
m, że wykonujemy go miałkim proszkiem ściernym,
są bardzo nieznaczne, a powierzchnia taka jest bar-
oliżona raczej do polerowanej, tylko że nie ma po-

stalowy uzyskuje srebrzystomatową powierzchnię,
ujemy na szklanej płycie smarowanej papką z miał-
u z kamienia oliwionego i terpentyny, zmieniając
pkę coraz częściej, tak że w końcu szlifujemy tak
apka nie zmieniła koloru.

zmywamy, dotykając lekko miękką szczotką uma-
zynnie; również przy czyszczeniu dotykamy tylko
ągankiem zwilżonym benzyną, a nie pocieramy.

if matowy otrzymamy także, jeśli szlifowanie zap-
pką z kamienia oliwionego i benzyny lub amoniaku.

ania mosiądzu na matowo najodpowiedniejsza jest
u, na którą nakłada się papkę z proszku, z kamienia
oleju. Nie można tu stosować amoniaku, bo roz-

stopny miedzi. Następnie wykonuje się przedmiotem
z umiarkowanym naciskiem. Jeśli chcemy uzyskać

, trzeba szlifowanie natychmiast przerwać, skoro
ia ciemnieć. Czyścimy, lekko dotykając szczotką lub
zwilżonymi benzyną.

j szlifowania stosuje się także jako przygotowanie
ia.

tarcza

ę tylko
a wrze-
stawkę
: blisko
: czę, na
proszku
y czym
na któ-
ednakże

rażą się
tarczy
owu do
wstanie

co dal-
więcej

nie do
ifować
wniczy-
oleju.

dzwon-

kazano
owania

lub na
if sło-
xi pod
y jest
i koła.
, uży-
eciono

po oczyszczeniu drewnianej podkładki — podłożyć pod płytę czysty papier i dopiero wtedy zaczynać szlifowanie przeciwnej strony.

Szlif marmurowy

Szlif marmurowy wykonuje się przez zataczanie niemiarywych kół w różnych kierunkach. Powierzchnia z takim szlifem ma rysy rozłożone różnorodnie, dlatego mniej zdradza nierówności niż powierzchnia ze szlifem prostym, trudniejszym do wykonania.

Stąd też niejedynemu zegarmistrz, chcąc ukryć nierówność powierzchni, wykonuje szlif marmurowy, który stwarza tylko pozory równości.

Szlif matowy

Szlif matowy ma pewne, choć bardzo dalekie, podobieństwo do marmurowego. I tutaj też nie ma rys regularnych, bo przy tym szlifowaniu również zatacza się niemiarywe koła. Różnica polega na tym, że wykonujemy go miłąkim proszkiem ściernym, dlatego rysy są bardzo nieznaczne, a powierzchnia taka jest bardzo ładna, zbliżona raczej do polerowanej, tylko że nie ma połysku.

Przedmiot stalowy uzyskuje srebrzystomatową powierzchnię, gdy go szlifujemy na szklanej płycie smarowanej papką z miłąkiego proszku z kamienia oliwionego i terpentyny, zmieniając przy tym papkę coraz częściej, tak że w końcu szlifujemy tak krótko, by papka nie zmieniła koloru.

Przedmiot zmywamy, dotykając lekko miękką szczotką umaczaną w benzynie; również przy czyszczeniu dotykamy tylko przedmiot gałgankiem zwilżonym benzyną, a nie pocieramy.

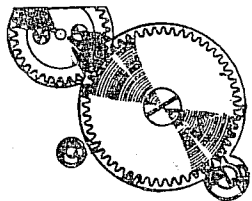
Piękny szlif matowy otrzymamy także, jeśli szlifowanie zakończymy papką z kamienia oliwionego i benzyny lub amoniaku.

Do szlifowania mosiądzu na matowo najodpowiedniejsza jest płyta szklana, na którą nakłada się papkę z proszku, z kamienia oliwionego i oleju. Nie można tu stosować amoniaku, bo rozpuszcza on stopy miedzi. Następnie wykonuje się przedmiotem ruchy koliste z umiarkowanym naciskiem. Jeśli chcemy uzyskać dobry wynik, trzeba szlifowanie natychmiast przerwać, skoro papka zaczyna ciemnieć. Czyścimy, lekko dotykając szczotką lub gałgankiem zwilżonymi benzyną.

Ten rodzaj szlifowania stosuje się także jako przygotowanie do polerowania.

Szlif słoneczny

Szlif słoneczny występuje najczęściej na stalowych kołach naciagowych i zapadkowych w zegarkach. Odnacza się on charakterystycznym odbijaniem światła w kształcie promieni słonecznych. Bywają różne odmiany tego szlifu, a oprócz tego fa-

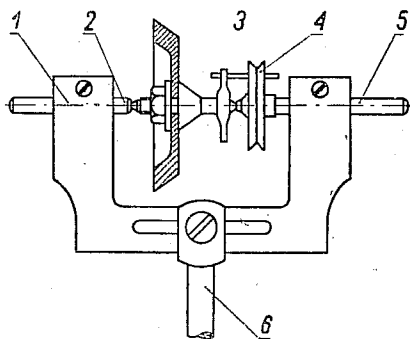


Rys. 257. Szlif słoneczny na kole naciagowym i zapadkowym

fabryki zegarków starają się upiększyć wspomniane koła przez to, że część ich powierzchni polerują lub matują, a część szlifują ozdobnie. Na rys. 257 pokazano szlif słoneczny na kole naciagowym i zapadkowym.

Wykonanie szlifu słonecznego w fabryce, gdzie są do dyspozycji odpowiednie szlifierki, nie sprawia trudności. W naszych warsztatach zegarmistrzowskich, gdzie częściej zachodzi potrzeba raczej odnowienia koła naciagowego niż wykonania nowego, również da się łatwo taki szlif wykonać, kiedy się ma tokarkę z wrzecionem. Jednak trzeba jeszcze do niej doroobić przyrząd (rys. 258) zakładany do podstawki tokarskiej. Na tym przyrządzie znajduje się tarcza polerownicza garnkowa, wykonana z żeliwa. Szlifowane koło umocowane jest na tarczy lakowej, osadzonej we wrzecionie tokarki. Zanim jednak opiszemy ten przyrząd, poświęćmy chwilę uwagi samemu wykonaniu szlifu słonecznego.

Szlif słoneczny składa się z zawyczał z dwóch różnych pasów, które jednak mogą być wykonane jedną i tą samą tarczą. Należy tylko tarczę ustawić pod pewnym małym kątem w stosunku do osi wrzeciona tokarki, aby tarcza tylko małą częścią swojego obwodu przylegała do szlifowanego koła.



Rys. 258. Przyrząd do szlifu słonecznego

1 — pałak, 2, 5 — kły wewnętrzne, 3 — trzpień z tarczą, 4 — krążek zabezpieczający, 6 — trzon

Do tego właśnie celu służy przyrząd przedstawiony na rys. 258. Przyrząd ten składa się z pałaka 1, w którym osadzone są kły wewnętrzne 2 i 5, podtrzymujące trzpień z tarczą polerowniczą 3, napędzaną za pośrednictwem krążka zabieranego 4. W środku pałaka osadzony jest trzon 6 dopasowany do otworu podstawki tokarskiej. Przed szlifowaniem należy go tak ustawić w podstawce, aby oś tarczy z osią wrzeciona, w którym osadzone jest szlifowane koło, tworzyły mały kąt. Oprócz tego lepiej jest tak ustawić tarczę, aby dotykała koła tylko krawędzią, a nie pła-

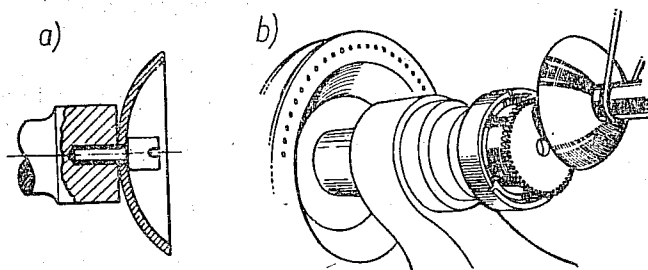
szczyzną. Przy szlifowaniu tym urządzeniem napęd otrzymuje i tarcza polerownicza i szlifowane koło.

Jeśli chcemy, aby koło nie było napędzane, ale obracało się tylko wskutek tarcia tarczy polerowniczej, wówczas osadza się tarczę na wrzecionie tokarki, a koło szlifowane na przyrządzie między kłami. Podstawkę dosuwa się tak daleko do tarczy, by mogła chwycić możliwie blisko punktu środkowego koła. Następnie wprawia się w ruch tarczę, na którą nałożono się przedtem bardzo drobnego, szlamowanego proszku ściernego z olejem, i pozwala się jednocześnie na obroty koła, przy czym można jeszcze nieco przyciskać palcem uchwyt tarczy. Trzpień, na którym teraz osadzone jest koło, musi obracać się całkiem lekko, jednakże bez chwiania się.

Dopóty nakłada się na tarczę świeżego proszku, dopóki nie ukażą się na kole ostre rysy szlif. Potem ściera się bibułką proszek z tarczy (podczas obrotu), doprowadza się koło pod lekkim naciskiem znowu do tarczy i pozwala się jej jeszcze na kilka obrotów, przez co powstanie intensywny połysk.

Gdy wewnętrzny pas jest gotowy, nastawia się oś koła w nieco dalszej odległości od tarczy. Oczywiście, można też szlifować trzy i więcej pasów, zazwyczaj jednak pozostawia się tylko dwa.

Nowoczesna tokarka zaopatrzona jest w osobne urządzenie do szlifowania, zakładane do jej suportu. Można na nim szlifować ściernicami z materiałów ściernych lub tarczami polerowniczymi z metalu, posmarowanymi papką z proszku ściernego i oleju.



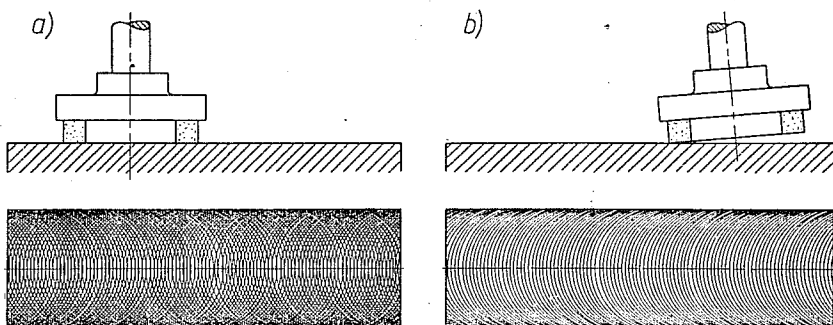
Rys. 259. Szlifowanie na tokarce: a) sposób zamocowania tarczy dzwonekowej, b) szlifowanie koła naciągowego

Sposób zamocowania tarczy, tzw. dzwonekowej, pokazano na rys. 259 a. Natomiast na rys. 259 b widzimy sposób szlifowania koła naciągowego.

Koło naciągowe, umocowane w uchwycie stopniowym lub na tarczy lakowej, powinno się obracać dokładnie równo. Szlif słoneczny otrzymujemy przez ustawienie wrzeciona szlifierki pod kątem około $0,5^\circ$ w stosunku do łoża tokarki. Im większy jest ten kąt, tym bardziej zwiększy się krzywizna powierzchni koła. Szlif środkowego pasa koła osiąga się w podobny sposób, używając mniejszej tarczy polerowniczej i ustawiając wrzeciono szlifierki pod większym kątem.

Inne rodzaje szlifów ozdobnego

Na płytach i mostkach zegarków oraz na wewnętrznych stronach kopert spotykamy jeszcze inne rodzaje szlifów ozdobnych. Niektóre płyty mają szlif krzyżowy lub łukowy, rozmieszczony wąskimi paskami. Szlif taki jest bardzo ładny i dość łatwy do wykonania na szlifierce. Ręcznie taki szlif jest bardzo trudno wykonać.



Rys. 260. Rodzaje szlifów ozdobnych: a) krzyżowy, b) łukowy

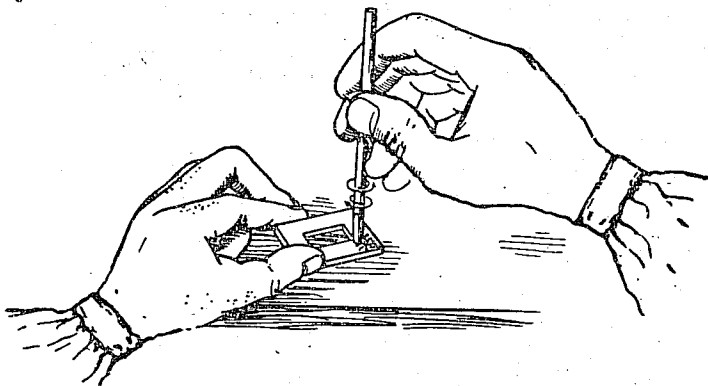
Szlif krzyżowy otrzymujemy w ten sposób, że ściernica pierścieniowa (lub garnkowa czy dzwonkowa) szlifuje całą boczną powierzchnią (rys. 260 a) natomiast szlif łukowy otrzymujemy taką samą ściernicą, ale nieco nachyloną, tak że szlifuje ona tylko jedną stronę (rys. 260 b).

Jeśli przy naprawie zegarka zachodzi potrzeba szlifowania powierzchni płyty lub mostka, wystarczy nadać szlif prosty. Niełatwo jest jednak nadać prostoliniowy szlif okrągłej płycie lub podobnym elementom. W razie trudności trzeba więc daną część przylakować do prostokątnej płytki i wodzić tą płytką przy prowadnicy, którą może być liniał lub inny prosty przedmiot.

Jeśli wymienioną płytkę tak ustawimy, że bocznie będzie wystawać poza ośkę, i wywiercimy w niej na końcu otwór, można będzie dany element przesunąć łukowo i nadać mu szlif łukowy. Trzeba tylko zrobić małą podstawkę i w odpowiedniej odległości wbić pionowy słupek, na który zakładamy otwór w płytce.

Wewnętrzne strony kopert, a nawet płyty droższych zegarków ozdobione są różnymi deseniami kół zachodzących na siebie. Wykonanie takiego szlifów jest dość łatwe. W uchwycie zaciskowym tokarki staczymy koniec czyszczaka do odpowiedniej średnicy. Następnie powierzchnię płyty posypujemy bardzo cienko proszkiem z kamienia oliwionego, opieramy mocno płytę

ronik wiertniczy i naprowadzamy ją na obracający się koniec szczaka. Deseń tych ozdób może być różny, lecz na każdej cie powinien być jednorodny. Na rys. 261 widzimy sposób znego wykonania takiego szlifu. Można też go wykonać na yklej wiertarce.



Rys. 261. Sposób ręcznego szlifowania ozdobnego

4. POLEROWANIE

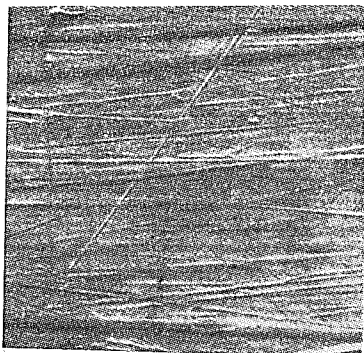
Polerowanie jest obróbką metali, której celem jest usunięcie wszelkich nierówności z powierzchni przedmiotu i nadanie jejyszczącego, lustrzanego wyglądu o dużym współczynniku odzia światła, czyli *połysku*. Gładka powierzchnia jest odporna korozję, ma mniejszy współczynnik tarcia i lepsze warunki arowania (czopy wałków i osi).

Polerowanie stosuje się także przed niklowaniem, chromowaniem i nakładaniem innych powłok elektrolitycznych, gdy wyagany jest połysk; przede wszystkim jednak — jako obróbkę ykończającą dla celów dekoracyjnych.

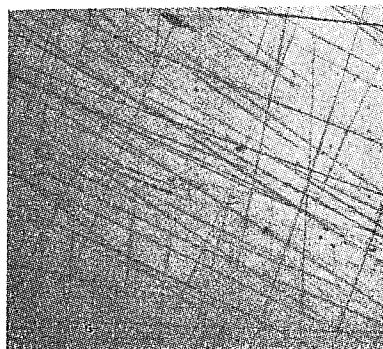
Różnica między powierzchnią szlifowaną a polerowaną jest ta, na powierzchni szlifowanej widzimy rysy, a na powierzchni lerowanej rysy są niewidoczne. Oczywiście, należy tej obseracji dokonywać „gołym okiem”, bo przez mikroskop to i na wierzchni polerowanej (mechanicznie) zobaczymy dokładnie sy (rys. 262 i 263).

Przy polerowaniu nie stosuje się materiałów ściernych, lecz odki polerownicze, które przede wszystkim są bardziej drobziarniste. Wraz z odpowiednimi substancjami (ciałami wiążącymi) nakłada się je na narzędzia polerownicze.

Mechanizm samego procesu polerowania różni się w sposób istotny od mechanizmu procesu szlifowania. Tak charakterystyczne dla szlifowania skrawanie wiórków z metalu nie zachodzi w procesie polerowania. Z tego względu, przy prawidłowym polerowaniu nie może występować dostrzegalna strata metalu, lecz jedynie wyrównanie powierzchni. W praktyce jednak podczas polerowania metali można stwierdzić zdjęcie pewnej warstewki, szczególnie wtedy, gdy powierzchnia była źle oszlifowana.



Rys. 262. Stal polerowana tlenkiem chromu (pow. 6000x)



Rys. 263. Złoto polerowane mechanicznie (pow. 450x)

Wymagania ogólne. Polerowaniem trudno jest osiągnąć dokładne wymiary. Dlatego przedmioty podlegające polerowaniu powinny być wstępnie obrobione na żądany wymiar i dokładnie wyszlifowane, w celu uzyskania gładkiej powierzchni. Podczas tego przygotowawczego szlifowania z powierzchni obrabianej zbiera się proszkami ściernymi warstewkę metalu grubości kilku do kilkunastu mikronów, w celu usunięcia chropowatości, a dopiero potem poleruje się ją środkami polerowniczymi.

Charakter wykończenia powierzchni, czyli stopień gładkości i intensywność połysku otrzymywanego po polerowaniu, zależy zarówno od uprzedniego szlifowania, jak i środków polerowniczych stosowanych podczas polerowania.

Polerowanie można zaczynać dopiero po dokładnym usunięciu wszelkiego brudu, pozostałego po szlifowaniu. Niesłychanie ważnym czynnikiem wpływającym na jakość polerowania jest wyjątkowa czystość. W pracowni nie powinno być kurzu, brudu lub zanieczyszczenia kwasami, olejami itp. Wszelkie opiłki i wióry winny być niezwłocznie usuwane. Czasami niedostrzeżony pył ze ściernicy może spowodować przy polerowaniu zarysowanie powierzchni i zniszczenie całej pracy.

Metody polerowania. Polerowanie, tak jak i szlifowanie, może być maszynowe i ręczne.

Polerowanie maszynowe może się odbywać:

- tarczami i szczotkami polerowniczymi,
- w bębnach polerowniczych (młynkach),
- urządzeniem natryskowym — jest to tzw. *polerowanie płynne* (natryskowe).

Polerowanie ręczne dzielimy na dwie główne grupy:

1) środkami polerowniczymi, które odbywa się na płycie metalowej, albo też narzędziem zwanym polerownikiem;

2) bez użycia środków — jest to tzw. *polerowanie naciskowe* (gładzenie), wykonywane narzędziem zwanym gładzidłem.

Dobór odpowiedniej metody polerowania zależy w dużej mierze od kształtu przedmiotu oraz od wyposażenia danej pracowni w obrabiarki. W naszych warsztatach zegarmistrzowskich, w których rzadko rozporządzamy odpowiednimi maszynami, trudno mówić o doborze. Prawie zawsze polerujemy ręcznie. Zresztą, ta metoda w naszych pracach naprawczych jest najodpowiedniejsza.

Polerowanie czopów zwane rolowaniem (rolowaniem), odbywa się na specjalnej obrabiarce, zwanej czopiarką (rolerem). Ma ona bardzo szerokie zastosowanie w zegarmistrzostwie. Chociaż jest to także polerowanie naciskowe, to jednak jego metoda różni się od wyżej podanych. Polerując czop, można też, w miarę potrzeby, zdjąć specjalnym polerownikiem pewną warstwę materiału.

Polerowanie elektrolityczne jest nowoczesną metodą polerowania, opartą na zupełnie innych zasadach niż metody dotychczasowe.

Po omówieniu środków polerowniczych i narzędzi, podajemy opisy poszczególnych metod polerowania, mając przy tym na względzie przede wszystkim praktyczność ich stosowania w warsztacie zegarmistrzowskim.

SRODKI POLEROWNICZE I ICH UŻYCIĘ

Środki polerownicze zasadniczo nie ścierają już materiału, są bowiem miękkie i bardzo droбноziarniste, lecz dzięki oddziaływaniu chemicznemu ułatwiają tworzenie się słabo związanej z powierzchnią polerowanego metalu warstewki siarczków, tlenków i roztworów tych tlenków, którą usuwa się mechanicznie wskutek ruchu narzędzia polerowniczego. Środki polerownicze występują albo w postaci proszków, które trzeba rozrabiać z olejem na papkę, albo też w postaci gotowych już past polerowniczych.

PROSZKI

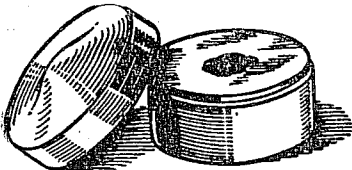
Trypla (trypel, ziemia angielska) jest minerałem składającym się głównie z dwutlenku krzemu, którym są mikroskopijne cząsteczki muszelek krzemionkowych o żółtym zabarwieniu przez tlenek żelaza. Pod względem struktury trypla nie różni się zasadniczo od czystej krzemionki. Ziarna jej są plastyczne, porowate, bez ostrych, skrawających krawędzi, jednak dostatecznie mocne, by polerować powierzchnię.

Trypla jest uniwersalnym środkiem polerowniczym, stosowanym do różnych metali. Najlepiej nadaje się do polerowania metali i stopów miękkich — aluminium, mosiądzu itp. Po zmieleniu i wyszlamowaniu jest również bardzo dobrym środkiem do polerowania szlachetnych metali. Rozrabia się ją z olejem lub wodą. Ma także zastosowanie do wyrobu past polerowniczych, używanych głównie do wstępnego polerowania metali miękkich i szlachetnych.

Diamentyzna (glinka), znana ogólnie w zegarmistrzostwie jako biały proszek polerowniczy, jest czystym tlenkiem aluminium (Al_2O_3), a nie proszkiem diamentowym. Uważana jest za najlepszy środek do polerowania stali.

Można ją nabywać w różnej ziarnistości; do wstępnego polerowania używa się grubszej, do końcowego bardzo miękkiej.

Wyniki polerowania diamentyną zależą w dużej mierze od jakości jej przygotowania, czyli wymieszania z olejem i ugniecenia. Diamentynę ugniatamy nożem lub płaskim polerownikiem na płytce stalowej. Najpierw trzeba dobrze oczyścić płytkę i noż, a nawet przetrzeć nieco polerownikiem skórzanym. Następnie czubkiem



Rys. 264. Płytką z nakrywką do rozrabiania i przechowywania środków polerowniczych

noża nakładamy diamentynę na płytkę (rys. 264) oraz upuszczamy kropkę bardzo czystego oleju. Najlepsza do tego celu jest oliwa (olej oliwkowy), ale może też być olej zegarkowy, np. nr 3. Na olej nasuwamy część diamentyny i całość silnie ugniatamy końcem noża. Ważną rzeczą jest używać jak najmniej oleju. Lepiej z początku wziąć tylko kropelkę, a gdy okaże się konieczne, dodać później jeszcze jedną. Z początku ugniatania diamentyna wydaje się zupełnie sucha, ale po pewnym czasie staje się gęstą masą, podobną do kitu szklarskiego.

Gdy mieszanina stanie się jednorodna, dołączamy resztę proszku i znów mocno ugniatamy. Najlepiej jest lewą ręką stopniowo obracać płytkę a prawą ugniatać. Oznaką ukończenia pracy jest doskonała jednorodność masy i powstający na nożu połysk.

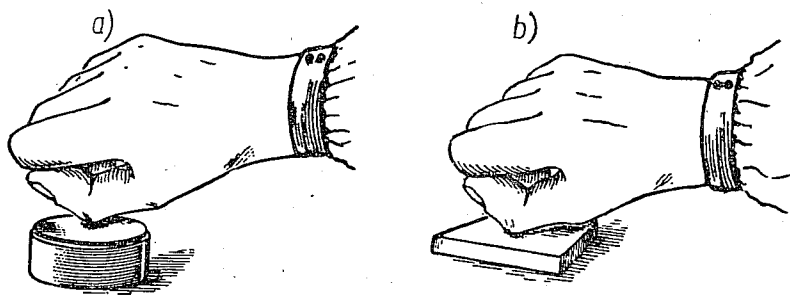
Diamentynę należy ugniatać co najmniej pół godziny. Wbrew twierdzeniu niektórych zegarmistrzów można do tego celu używać noża lub stalowego polerownika, gdyż ciemnoszary kolor, jaki ona wskutek tego przybiera, nie osłabia jej działania.

Konsystencja diamentyny zależy od techniki polerowania: im szybsze będą ruchy przy polerowaniu, tym rzadsza powinna być diamentyna, w przeciwnym razie szybko się zużywa. Dlatego do polerowania na tarczy polerowniczej należy przygotować diamentynę nieco rzadszą niż do polerowania ręcznego.

Diamentyny nabieramy na polerownik jak najmniej, więc tylko jej nim lekko dotykamy. Przy smarowaniu diamentyną tarczy polerowniczej albo płyty posługujemy się czystym kłykciem kciuka (rys. 265). Jeżeli nie zużyjemy rozrobionej diamentyny, natychmiast nakładamy na nią

nakrywkę, żeby się nie zakurzyła; w przeciwnym razie będzie rysować przedmiot. Proszek diamentynowy trzeba również przechowywać jak najstaranniej.

Piękniejszy połysk otrzymamy, gdy przy końcu polerowania użyjemy nieco suchej diamentyny bez oleju. Ale konieczna jest tu także pewna wprawa i wyczucie, aby zaprzestać polerować w odpowiednim momencie, mianowicie wtedy, gdy wyczuje się jakby zatarcie. Niektórzy twierdzą, że można ten moment poznać po charakterystycznym piśnięciu. Dalsze polerowanie nie tylko że nie polepszy połysku, ale go zniszczy, a wtedy trzeba robotę zaczynać od nowa.



Rys. 265. Nabieranie diamentyny (a), nakładanie na płytę polerowniczą (b)

Wapno wiedeńskie jest produktem wypalenia wapienia lub dolomitu. Zawiera zasadniczo tlenek wapniowy (co najmniej 94,5%) oraz niewielkie ilości zanieczyszczeń w postaci tlenku magnezowego, żelazowego i innych.

Wskaźnikiem dobrej jakości wapna wiedeńskiego jest jego niewielki ciężar właściwy. Dobre wapno wiedeńskie nie powinno zawierać wilgoci, piasku, gliny i żelaza, a wygląd jego nie powinien być tłusty.

Wapno wiedeńskie wyróżnia się wyjątkową drobnoziarnistością. Ma ono ziarna wielkości poniżej 1μ o kształcie zaokrąglonym, bez ostrych, rysujących krawędzi. W mieszaniu z różnymi substancjami wiążącymi jest ono doskonałym środkiem polerującym niemal wszystkie metale, a zwłaszcza mosiądz, nikiel i aluminium. Uzyskuje się nim wspaniałą połysk. W zegarmistrzostwie stosuje się je do polerowania większych płaszczyzn mosiężnych, np. płyt chronometrów.

Wapno nie powinno być zlasowane, dlatego trzeba je przechowywać w hermetycznym naczyniu i używać go bez wody. Podczas maszynowego polerowania mosiądzu wapnem wiedeńskim zwilża się zwykle tarczę polerowniczą olejem stearynowym. Do ręcznego polerowania metali szlachetnych i kolorowych rozrabia się je na papkę również z tym olejem lub ze stearyną. Natomiast do polerowania stali miesza się je ze spirytusem.

Wapno wiedeńskie ma dwie niekorzystne właściwości: pierwsza, że wystarczy wilgoć z powietrza, aby uległo zlasowaniu, wskutek czego nie nadaje się już do polerowania — stąd trudności z przechowywaniem; druga, że łatwo się łączy z kwasami, które się znajdują w składnikach past polerowniczych, wskutek czego powstają produkty wpływające niekorzystnie na jakość polerowania — stąd i w pastach trudno je przechować. Niektóre wytwórnie zapewniają, że ich pasty z wapnem wie-

Środki polerownicze

Nazwa	Skład chemiczny	Barwa	Postać	Zastosowanie
Trypla (trypel, ziemia angielska)	krzemionka, glina i tlenek żelaza; ze zmielonych skorupek (muszelek) wycmózków	żółta	proszek z olejem lub wodą	polerowanie wstępne miękkich metali (złoto, srebro, mosiądz, aluminium)
Diamantyna (glinka)	tlenek aluminium (Al_2O_3)	biała	proszek z olejem	polerowanie stali
Wapno wiedeńskie	bezpiaśkowy tlenek wapnia z domieszką tlenku magnezowego i innych (hi-groskopljne — przechowywać w naczyniu hermetycznym)	biała	proszek z olejem lub spirytusem	polerowanie srebra, mosiądzu, niklu

Czerwień paryska (krokus, róż polerowniczy)	tlenek żelaza (Fe_2O_3)	jasnoczerwona, ciemnoczerwona, fioletowa	proszek z olejem lub talkiem, kamienie (gładzidła)	jasnoczerwona do mokrego i suchego polerowania złota, srebra, mosiądzu, niklu; ciemnoczerwona do stali
Zieleń polerownicza	tlenek chromu (Cr_2O_3)	zielona	proszek z olejem lub talkiem	mokre i suche polerowanie chromu, metali chromowanych i twardej stali
Węgiel drzewny	zwęglone drewno lipowe lub bukowe	czarna	w kawałkach	szlifowanie ozdobne polerowanego mosiądzu
Kreda	szlamowany proszek kredowy	biała	proszek ze spintusem i amoniakiem	czyszczenie metali
Biel polerownicza	tlenek ceru (Ce_2O_3) tlenek berylu (BeO)	biała	biały proszek	polerowanie szkła i twardej metali

deńskim, zawierające pewne dodatki, niezmiernie powoli ulegają rozkładowi. Ale mimo wszystko najlepiej jest używać świeżego wapna i w dużej ilości go nie przechowywać.

Czerwień (krokus, róż polerowniczy) jest drobnoziarnistym materiałem polerowniczym składającym się zasadniczo z tlenku żelazowego (Fe_2O_3 — 75—97%). Znamy wiele tlenków żelazowych, ale nie wszystkie nadają się do zastosowania na środki polerownicze. Czerwień, tzw. paryską, otrzymuje się przez rozdrabnianie i szlamowanie różnych czystych odmian czerwonego tlenku żelazowego (hematytu). Sztuczną czerwień otrzymuje się w fabrykach kwasu siarkowego z produktów odpadowych, z tzw. wypazków pirytowych, o zawartości tlenku żelazowego nie niższej niż 75%.

Czerwień bywa używana do polerowania metali miękkich i szlachetnych, do stali, a nawet szkła. Rozrabia się ją z olejem, podobnie jak diamentynę, jednak bez ugniatania.

Bywają dwie odmiany czerwieni: jasnoczerwona, której używa się także na sucho, na polerownikach lipowych lub skórzanych, do polerowania miękkich metali (mosiądz, srebro, złoto) i ciemnoczerwona do stali, zwykle z olejem lub lojem — na polerownikach cynowych. Używa się jej także na cynowych płytach polerowniczych do polerowania płaszczyzn. Czerwień nakłada się na polerownik lub płytę w ten sam sposób co diamentynę.

Czerwieni do polerowania nie zawsze można dostać w dobrym stanie. Jeśli nie mamy pewności, że jest ona drobnoziarnista i — co ważniejsze — że nie zawiera grubszych ziaren, to możemy ją sami przeszlamować.

Zieleń polerownicza jest tlenkiem chromowym (Cr_2O_3), występującym jako ciemnozielony proszek o bardzo ostrych i twardych krawędziach.

Zieleni używa się do polerowania bardzo twardych metali, np. chromu, powłok elektrolitycznego chromu oraz twardej stali. Stosowanie zieleni do polerowania delikatnych elektrolitycznych warstw miedzi i innych stosunkowo miękkich metali nie jest celowe, ponieważ traci się przy tym dość duże ilości metalu z cienkiego pokrycia.

Węgiel drzewny, zwłaszcza z buka i lipy, jest również używany do polerowania. Im bardziej jest zwarty i błyszczący, tym lepszy daje polysk. Używa go się też do ozdobnego szlifowania polerowanego mosiądzu.

Kreda jest odmianą wapienia. Składa się z mikroskopijnie małych muszerek i ich cząstek o białej barwie; jest więc podobna do trypli. Ma także pewne pokrewieństwo z wapnem, ale, ze względu na swą strukturę, nawet szlamowana nie dorówna wapnu wiedeńskiemu. Zmieszana ze spirytusem i amoniakiem służy do czyszczenia srebra, mosiądzu i innych metali. Kredy w kawałkach nie powinno się używać do delikatniejszych powierzchni, bo jest za gruboziarnista.

Biel polerownicza używana jest do polerowania od niedawna. Jest to tlenek ceru (Ce_2O_3), który bez zanieczyszczeń występuje jako biały proszek z bardzo słabym żółtawym odcieniem. Używa się jej zamiast czerwieni do polerowania szkła i kamieni szlachetnych. Jest to jeden z najtwardszych środków polerowniczych.

Inna odmiana bieli — to tlenek berylu (BeO). Jest on całkiem podobny do tlenku ceru. Ziarnka jego są bardzo twarde i kruche. Nadaje się do polerowania twardych metali. Jednak ze względu na zbyt wysoką cenę nie ma szerszego zastosowania.

Biel cynowa (tlenek cyny) używana jest do polerowania marmuru, zwłaszcza białego. Do polerowania metali jej się nie stosuje.

W tablicy 17 podajemy zestawienie właściwości i zastosowań najczęściej używanych środków polerowniczych.

Pasty polerownicze

Składniki	Ilość w procentach wagowych	Zastosowanie	Składniki	Ilość w procentach wagowych	Zastosowanie
Zieleń Stearyna Łój	65 30 5	do chromu, stali i innych twardych metali	Trypla Wazelina Stearyna	70 14 16	do metali lekkich
Zieleń Stearyna Wosk	72 14 14	jak wyżej	Wapno wiedeńskie Talk Stearyna Wosk	66 12 16 6	jak wyżej (daje jasnobiały połysk z niebieskim odcieniem)
Czerwień Wapno wiedeńskie Stearyna Nafta Łój	30 25 30 10 5	do metali i stopów nieżelaznych	Czerwień Stearyna Cerezyzna Łój techniczny	76 18 4 2	do wstępnego polerowania różnych metali
Czerwień Wazelina Stearyna Wosk ziemny	5 75 10 10	do cynku	Wapno wiedeńskie Pumeks Stearyna Łój Nafta	44 10 30 10 6	jak wyżej
Diamentyzna Stearyna Wosk ziemny Wazelina	66 26 6 2	do metali lekkich	Wapno wiedeńskie Stearyna Łój techniczny Oleina	70 15 10 5	do końcowego polerowania różnych metali
Czerwień Wosk ziemny Oleina Olej wrzec. Parafina	56 12 12 12 8	jak wyżej (daje piękny łagodny połysk)	Wapno wiedeńskie Stearyna Nafta Łój	65 20 10 5	jak wyżej

PASTY

Oprócz proszków używa się do polerowania past polerowniczych. Zasadniczo pasta jest mieszaniną proszku z tłuszczem oraz z pewnymi dodatkami. Tłuszcze mogą być obojętne lub kwaśne. Najlepsze jednak są tłuszcze syntetyczne, które mogą reagować alkalicznie.

Pastę sporządza się w sposób następujący: najpierw stapia się na wolnym ogniu tłuszcz (stearynę, lój) i dodaje się inne składniki. Następnie do otrzymanej ciekłej masy sypie się, mieszając, proszek polerowniczy aż do uzyskania żądanej konsystencji.

Pasty produkowane w zakładach przemysłowych prasuje się lub odlewa w formy. Aby otrzymać masę chwilowo rzadszą, łatwiejszą do odlewania, dodaje się do pasty łatwo lotnych rozpuszczalników, np. benzyny, alkoholu itp., które następnie wyparują i nie zmieniają wymaganej konsystencji.

W celu zmniejszenia kosztu pasty dodaje się do niej często loju. Pewna nieznaczna domieszka nitrobenzenu tłumi zapach loju. Pod wpływem powietrza i wilgoci pasta (szczególnie zawierająca lój) po upływie pewnego czasu (3—4 dni) może ulec zepsuciu. Aby zapobiec rozkładowi, a nadto aby nadać paście ładny wygląd, powierzchnię jej pokrywa się niekiedy cienką warstwą parafiny.

Pasty stosowane do polerowania mają skład bardzo różnorodny. Często dodawane są do nich różne domieszki zupełnie zbędne i nie wywierające żadnego dodatniego wpływu. Ze względu na złożoność procesu i różnorodność własności polerowanych metali, trudno jest ustalić całkowicie uzasadniony ilościowy skład receptury. W zależności od przeznaczenia i warunków pracy, przyrządza się pasty różnej twardości i konsystencji.

W tablicy 18 podajemy przykłady receptury past polerowniczych, zalecanych w literaturze krajowej i zagranicznej.

Spotyka się, zwłaszcza za granicą, szereg rozmaitych past polerowniczych pod różnymi nazwami, czasem szumnie brzmiącymi. „Diamenty-na”, „Rubityna”, „Szafiry-na” itd. są nazwami różnych chemicznych preparatów do polerowania. Nazwy te nie znaczą, jakoby preparaty te zawierały proszki z kamieni szlachetnych o tych nazwach. Zwykle każda firma nie podaje składu produkowanego przez siebie środka polerowniczego, jednakże reklamuje go szeroko, głosząc, że tylko nim osiąga się najlepsze wyniki. Zalety past polegają raczej na tym, że są one zawsze gotowe do użycia, podczas gdy proszek polerowniczy trzeba zazwyczaj odpowiednio preparować.

Wynik polerowania pastą zależy w dużej mierze od właściwego jej użycia. Poszczególne gatunki pasty powinny być odpowiednio stosowane; mianowicie do usunięcia np. śladów noża, freza, czy też tarczy gruboziarnistej nie wystarczy wstępne polerowanie. Trzeba wpiery przedmiot dokładnie wyszlifować proszkiem ściernym; dopiero potem zastosować wstępne polerowanie pastą grubą lub średnią, a wreszcie pastą miłąką polerować do połysku.

NARZĘDZIA POLEROWNICZE

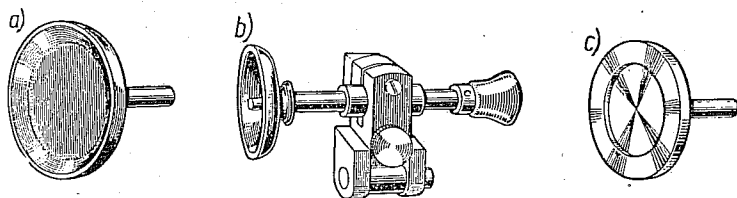
Narzędzia do polerowania maszynowego używane w fabrykach zegarów i w warsztatach zegarmistrzowskich są częściowo takie same, jakie się stosuje w ogólnym przemyśle metalowym, zwłaszcza w zawodzie jubilerskim, do obróbki szlachetnego metalu; odróżniają się one tylko odpowiednio mniejszymi wymiarami.

Oprócz tego ma zegarmistrz również jeszcze cały szereg dodatkowych narzędzi do polerowania ręcznego.

O narzędziach polerowniczych mówiliśmy już w poprzednich częściach „Zegarmistrzostwa”. W części 2, na str. 73 są opisy narzędzi do polerowania maszynowego, a w części 3, na str. 174—180 opisano narzędzia do polerowania ręcznego. Jednak dla ułatwienia podamy i tutaj krótkie zestawienie narzędzi używanych do polerowania.

Tarcze polerownicze

Na polerkach i innych urządzeniach polerowniczych używamy tarcz polerowniczych (lapiderów). Bywają one różnych kształtów i z różnych materiałów. Najczęściej używa się tarcz dzwonkowych (rys. 266 a, b), które otrzymały taką nazwę od charakterystycznego kształtu dzwonka. Bywają one wykonywane z żeliwa, z miękkiej stali lub brązu. Stalowe służą do uzyskania



Rys. 266. Tarcze polerownicze: a) dzwonkowa ze stali, b) dzwonkowa z brązu, c) drewniana

szlifów ozdobnego na kołach naciągowych. Jako materiału ściernego używa się na nich proszku z kamienia oliwionego.

Tarcze dzwonkowe z brązu służą do polerowania różnych metali czerwienią paryską. Oprócz tych bywają też tarcze cynkowe, cynowe i drewniane. Tarczę drewnianą pokazuje rys. 266 c. Jest to zwykła tarcza, z boku nieco wydrążona. Jej powierzchnia pracująca jest zwykle obciągnięta skórą. Do tarcz polerowniczych używa się skóry wołowej z części szyjnej i brzusznej, miękko wygarbowanej, oraz skóry zamszowej.

Tarczę cynową do polerowania na tokarce sporządzamy w ten sposób, że w tarczy drewnianej wytaczamy koliste zagłębienie u spodu szersze i zalewamy je czystą cyną. Tarcza z samej cyny nie byłaby dość sztywna.

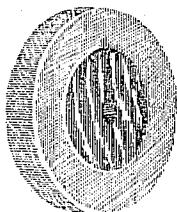
W Szwajcarii fabryki używają różnych tarcz polerowniczych. Niektórzy zegarmistrzowie posługują się żelaznymi tarczami z proszkiem z kamienia oliwionego i takimi samymi z diamentyną; inni używają tarcz żelaznych tylko z proszkiem z kamienia oliwio-

nego, a brązowych, cynowych lub cynkowych — z diamentyną lub czerwinią. Wynika z tego, że nie ma sztywnej reguły co do stosowania jakości tarcz polerowniczych, a zależne to jest raczej od indywidualnego wypróbowania w poszczególnym wypadku.

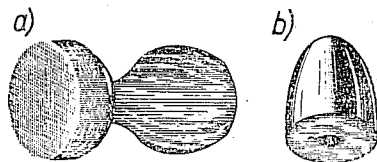
Często stosuje się też tarcze filcowe (rys. 267). Są one wygodne, dlatego że filc da się przerobić na wszystkie pożądane stopnie twardości.

Oprócz tarcz filcowych stosuje się tzw. stożki filcowe (rys. 268) do polerowania małych przedmiotów, pierścieni itp. Na tarczach i stożkach filcowych można używać rozrobionego na papkę środka polerowniczego lub pasty.

Nowe rodzaje tarcz z *tkaniny gumowanej* są wielokrotnie trwalsze od filcowych i nie wymagają takiego przygotowania do



Rys. 267. Tarcza filcowa



Rys. 268. Stożki filcowe

naklejania jak filcowe. Wystarczy je tylko nieco oczyścić. Nie potrzeba zdzierać starej warstwy, jak u tarcz filcowych.

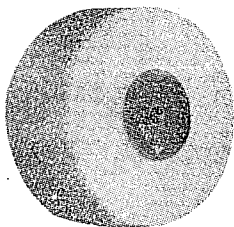
W celu uniknięcia zasmarowania filcu polerowniczego, trzeba przedmioty przeznaczone do polerowania zawsze starannie oczyścić i odtłuścić, a środki i narzędzia polerownicze przechowywać w wyjątkowej czystości. A więc do naczyń, w których są lub były jakiegokolwiek tłuszcze, np. olej, świece, nie należy wkładać tarcz polerowniczych, szczotek itp. Także nadmierne smarowanie silnika lub maszyny może być przyczyną zatłuszczenia narzędzi.

Szczotki obrotowe *druciane* bywają z drutu stalowego lub mosiężnego; najcieńsze druty są falowane. Używa się ich zwłaszcza do osiągnięcia gładkiej powierzchni matowej i do czyszczenia przed polerowaniem. Są też szczotki z włókna, z końskiego i koziego włosia oraz ze szczeciny. Dla celów specjalnych są także szczotki o różnych kształtach, np. stożkowe, palcowe itp., oraz szczotki do ręcznego szlifowania.

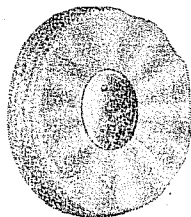
Sukienne tarcze polerownicze kupuje się zwykle gotowe, ale można je też samemu wykonać. Do tego celu bierze się czworokątne kawałki sukna, kładzie się jeden na drugim, przesuwając nieco ich rogi względem siebie, a następnie ścisza się je dwiema metalowymi tarczami. Sukienne tarcze polerownicze są trojaki:

gęsto szyte, rzadko szyte, złożone z luźnych płatków. Jako środka polerowniczego używa się na nich pasty.

Do nadania intensywnego połysku powierzchni polerowanej używa się też tarcz z nici wełnianych, czyli tzw. „baranek” (rys. 269), albo tarcz z pofalowanych pierścieni płóciennych, czyli tzw. „szmacianek” (rys. 270).



Rys. 269. Tarcza z nici wełnianych („baranek”)



Rys. 270. Tarcza z pofalowanych pierścieni płóciennych

Płyty polerownicze

Powierzchnie płaskie polerujemy ręcznie na płycie. Najczęściej bywają w użyciu płyty cynowe i cynkowe, rzadziej brązowe, spiżowe lub z innych metali.

Wielkość tych płyt nie odgrywa dużej roli. Do naszych drobnych prac zegarmistrzowskich wystarczy płyta o wymiarach 75 × 100 mm a czasami nawet mniejsza. Ważniejszy natomiast jest materiał płyty.

Niektórzy zegarmistrze mówią, że najlepsza jest płyta szklana, gdyż możemy bezpośrednio na niej szlifować i polerować, stosując tylko różne materiały ścierne, mianowicie: proszek szmerglowy lub proszek z kamienia oliwionego do szlifowania, a czerwień lub diamentynę — do polerowania. Jest to twierdzenie zupełnie błędne. Płyta szklana powinna służyć tylko do szlifowania. Natomiast do polerowania powinna być płyta z materiału niększego od polerowanego przedmiotu, aby środek polerownicy mógł dobrze przylgnąć do płyty i utworzyć stałą cieniutką powłokę.

Znany angielski autor kilku książek zegarmistrzowskich, Donald de Carle, zaleca do polerowania stali na płycie cynowej używać diamentyny, a do polerowania mosiądzu na tejże płycie — czerwieni, natomiast diamentyną polerować mosiądź na płycie cynkowej. O celowości tego rozróżniania nie jesteśmy jednak załkownie przekonani.

Płytę polerowniczą należy od czasu do czasu opłówać, w celu utrzymania jej płaskości, a miejsce aktualnie używane oskrobać

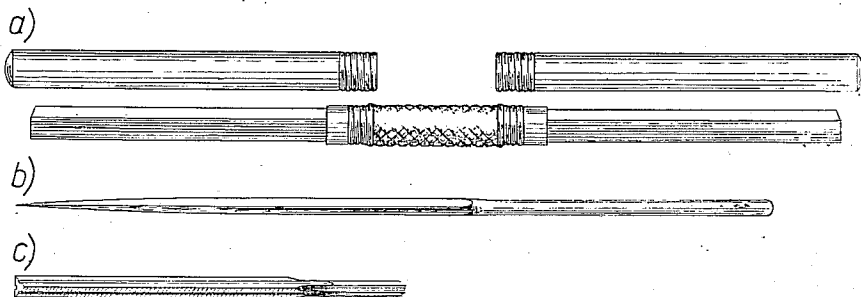
nożem aż do koloru metalicznego i natrzeć papką lub pastą polerowniczą.

Aby uchronić płytę polerowniczą od zabrudzenia i zarysowania, dobrze jest przechowywać ją w tekturowym pudełku lub w pochewce zrobionej ze sztywnego papieru.

Do polerowania na płycie małych powierzchni i małych przedmiotów, np. palet, używa się przyrządu szlifiersko-polerowniczego, zwanego „płaskoszlifyerzem” (3—179). Małe przedmioty przytwierdzamy lakiem do małych tarcz lakowych, aby ułatwić sobie ich trzymanie.

Polerowniki

Polerowniki do polerowania środkami polerowniczymi. Małe płaszczyzny dużych przedmiotów, np. powierzchnie ściętych krawędzi, oraz przedmioty walcowe i w ogóle te, których nie można polerować na płycie, polerujemy ręcznie polerownikami. Przedmioty o kształtach walcowych polerujemy na tokarce, używając polerowników posmarowanych papką lub pastą polerowniczą.



Rys. 271. Polerowniki: a) kwadratowy dwukońcowy, b) trójkątny zbieżny, c) trójkątny rowkowy

Polerowniki są wyrabiane z miękkiej stali (żelaza), brązu, spizu albo cyny i pokryte drobnymi poprzecznymi ryskami. Ich rozmiary i kształty są różne, stosownie do wykonywanej pracy. Przekrój ich bywa kwadratowy (rys. 271 a) lub prostokątny. Jednakże zaleca się również przekrój trójkątny, zewężający się ku czubkowi (rys. 271 b). Taki polerownik lepiej nadaje się do polerowania podtoczeń, gdyż ma ostrą krawędź. Bywają też polerowniki trójkątne równe, z wyciętym wzdłuż rowkiem na środek polerowniczy (rys. 271 c). Takie same polerowniki, ale twardo hartowane, używane są do polerowania czopów.

Do szlifowania przed polerowaniem używa się polerownika z *miękkiej stali*, posmarowanego papką zrobioną z oleju i z prosz-

ku z kamienia oliwionego lub szmerglowego. Takie polerowniki wymagają jednak częstego odnawiania rys na powierzchni, czyli ostrzenia (obciążania).

Lepsze okazują się polerowniki z okrągłej stali, zwanej srebrzanką. Kawalek takiej stali spłaszczamy na zimno, a później wyrównujemy pilnikiem. Po takim kuciu polerowniki zachowują o wiele dłuższą rysę i ostre krawędzie, aniżeli polerowniki z miękkiej stali. Takich polerowników hartować nie trzeba.

Jak już wspomnieliśmy, powierzchnie polerowników muszą mieć poprzeczne ryski, czyli muszą być ostre.

Ostrzenie polerowników przeprowadza się na płycie szmerglowej lub na płycie szklanej posypanej niezbyt miłąłkim proszkiem szmerglowym. Płytka, na której ostrzemy polerownik, powinna być płaska, równa i tak szeroka, by polerownik w czasie ostrzenia całą długością na niej spoczywał. O ostrzeniu polerowników mówiliśmy już dość obszernie w części 3 „Zegarmistrzostwa” na str. 174 i 175.

Aby dobrze naostrzyć polerownik do polerowania podtoczeń, należy pociągać



Rys. 272. Zasada ostrzenia polerownika

nim po płytce tylko w jednym kierunku. Chodzi bowiem o to, żeby jedna jego krawędź była bardzo ostra. Jeżeli więc będziemy nim pociągać do siebie, dociskając go jednocześnie do płytki, a w kierunku odwrotnym będziemy go podnosić do góry, to naostrzy się krawędź zewnętrzna (rys. 272). W zależności więc od tego, którą krawędź chcemy mieć ostrą, pociągamy polerownikiem po płytce do siebie lub od siebie.

Po naostrzeniu należy polerownik dokładnie oczyścić. A więc najpierw wymyć w benzynie, wytrzeć na sucho lnianą szmatką, natrzeć lekko białym woskiem i przetrzeć jeszcze raz szmatką albo skórą i wreszcie miękką szmatką lnianą. Gdyby się lepił, to jeszcze raz powtórzyć ten zabieg.

Polerownika z miękkiej stali używa się zwykle do szlifowania proszkiem z kamienia oliwionego, które poprzedza polerowanie. W braku innego można go też używać do polerowania, jednak po użyciu należy go oczyścić i poostrzyć na delikatniejszym szmerglu. (Do prac delikatnych ostrzenie to jest zbyt cenne). Następnie trzeba dokładnie oczyścić polerownik lnianą szmatką, dla usunięcia reszty proszku, i wtedy można nim polerować.

Do polerowania najodpowiedniejsze są polerowniki *miękkie*, a więc *brązowe*, *spizowe*, *cynowe* i *cynkowe*. Polerowników tych używa się głównie z diamentyną. Nigdy nie należy ich używać

z proszkiem z kamienia oliwionego. Ostrzy się je pilnikiem, zostawiając poprzeczne rysy.

Polerownik *drewniany* — najlepiej z bukszpanu, ostatecznie z trzmieliny — służy do polerowania końcowego. Przedmiotowi wygładzonemu wstępnie polerownikiem metalowym nadaje on piękny, głęboki połysk. Szczególnie pożyteczny okazuje się do polerowania osi i łożów wkrętów.

Do polerowania podtoczeń polerownik drewniany się nie nadaje, gdyż miękka jego krawędź szybko się zniszczy. W tych przypadkach należy użyć polerownika trójkątnego cynowego lub cynkowego.

Polerownik *skórzany* jest to płytka drewniana, płaska lub okrągła, obciągnięta i oklejona dobrą miękką skórą. Używa się go do końcowego polerowania czerwienią paryską, w celu nadania przedmiotowi głębokiego połysku.

Polerownik skórzany bardzo szybko się zużywa. Jednakże bardziej niż przy pracy zużywa się on leżąc bez ochrony w szufładzie lub na warsztacie, gdzie styka się z innymi, często zatłuszczonymi przedmiotami. A przecież przetłuszczone części polerownika skórzanego są nie do użycia. Polerowniki skórzane należy więc przechowywać w pochewce, najlepiej z tworzywa sztucznego, dającej się myć.

Do końcowego polerowania i czyszczenia przedmiotów, które powinny się odznaczać nie tyle gładkością i dokładnością wymiarów, ile połyskiem, używamy kawałków skóry, filcu lub tkanin.

Gładzidła do polerowania naciskowego

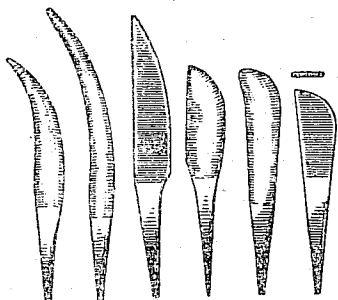
Do ręcznego polerowania szlachetnych metali lub pokryć galwanicznych szlachetnymi metalami służą gładzidła. Na rys. 273 widzimy gładzidła stalowe bez trzonek, a na rys. 274 — gładzidła kamienne. Gładzidła należy zaopatrzyć mosiężnymi oprawkami i obsadzić na drewnianych trzonekach.

Gładzidła powinny być wykonane z dobrej stali narzędziowej, twardo zahartowane, gładko oszlifowane i starannie opolerowane. Nie mogą po hartowaniu wykazywać jakichś rys ani innych chropowatości.

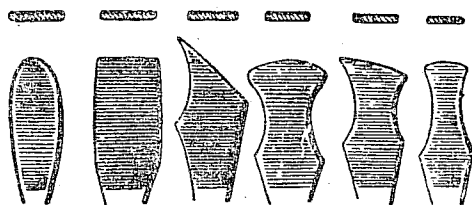
Na kamienne gładzidła wybiera się kawałki czerwonego kamienia krwawnikowego, które są szlifowane na grubej ściernicy do wymaganego kształtu, wygładzane osełką oliwioną lub drobnym szmerglem, a w końcu polerowane na połysk za pomocą czerwieni albo wapna wiedeńskiego. Kamienie krwawnikowe czerwone są najlepsze. Kamienie polerownicze z agatu i jaspisu obecnie wychodzą już z użycia.

Przed polerowaniem i — w razie potrzeby — podczas tej pracy należy gładzidła „naostrzyć” na twardej skórce, rozciągniętej na drzewie i posypanej czerwienią. Po pracy trzeba je dokładnie oczyścić i nadzwyczaj czysto przechowywać.

Właściwe posługiwanie się gładzidłami wymaga pewnej wprawy. W warsztatach zegarmistrzowskich mają one mniejsze zastosowanie, częściej natomiast używają ich jubilerzy.



Rys. 273. Gładzidła stalowe bez trzonek



Rys. 274. Gładzidła z kamienia krwawnikowego

Polerowniki do czopów różnią się tym od polerowników poprzednio opisanych, że są wykonane z dobrej stali i twardo hartowane. Nie używa się bowiem do nich środków polerowniczych, ale tylko oleju zegarowego. Od gładzideł zaś różnią się nie tylko prostym kształtem, ale i tym, że — tak jak wszystkie inne polerowniki — mają na swej powierzchni poprzeczne rysy.

Do wstępnego polerowania czopów używa się polerowników z większymi rysami, błędnie nazywanych przez niektórych zegarmistrzów pilnikami. Natomiast do polerowania końcowego używa się polerowników z bardzo drobnymi rysami.

Polerowniki te są twarde, powinny więc być ostrzone pod silnym naciskiem ręki na płycie ołowianej, posypanej suchym proszkiem szmerglowym. Można też ostrzyć je na kamieniu karborundowym. Polerowniki do wstępnego polerowania trzeba dosyć często ostrzyć. W ogóle lepiej ostrzyć więcej niż za mało, gdyż tępym polerownikiem naciska się mimo woli za mocno i wtedy czop łatwo się złamie.

Mamy dwa rodzaje polerowników do czopów: jedne do czopów walcowych, drugie do lejkowych. Polerownik do czopów walcowych musi mieć jedną krawędź ostrą, którą poleruje się jednocześnie powierzchnię oporową czopa.

O innych narzędziach i urządzeniach do polerowania czopów mówimy przy opisywaniu sposobów polerowania czopów.

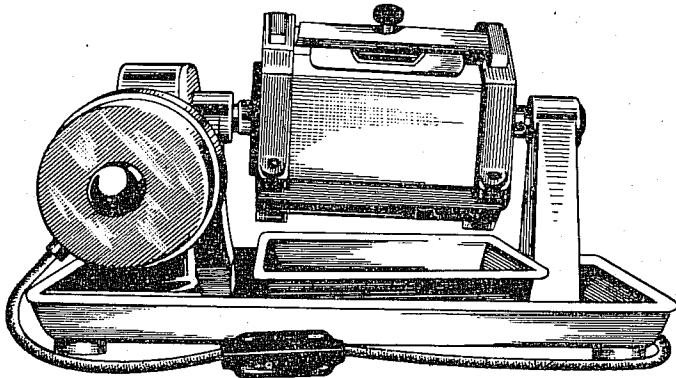
POLEROWANIE MASZYNOWE

Polerowanie na tarczach polerowniczych

Na tarczach i szczotkach obrotowych poleruje się albo z pomocą specjalnych maszyn, zwanych polerkami, albo zwykłych szlifierek i urządzeń do szlifowania, zakładanych na suport tokarki zegarmistrzowskiej. Do początkowego polerowania na wrzecionie umocowuje się zamiast ściernicy tarcze polerownicze, a do końcowego polerowania — miękkie szczotki szczecinowe, wełniane lub flanelowe. Używa się na nich proszków polerowniczych, ugniecionych z olejem na papkę, lub też pasty polerowniczej. Najpierw używa się pasty zawierającej zielen (tlenek chromu), po czym następuje polerowanie ostateczne miękką, wełnianą szczotką z czerwienią (tlenkiem żelaza) w postaci prawie suchej pasty o niewielkiej zawartości tłuszczu. Im bardziej sucha jest ta pasta, tym połysk jest piękniejszy i bardziej głęboki. W czasie polerowania szczotka polerownicza o średnicy ok. 100 mm powinna wykonywać ok. 3000 obrotów na minutę.

Polerowanie w bębnach polerowniczych

Przedmioty małe wytwarzane masowo, zwłaszcza takie, które nie muszą mieć ostrych krawędzi, poleruje się w bębnach polerowniczych, zwanych także młynkami. Urządzenie takie pozwala w bardzo krótkim czasie na dokładne i ładne wypolerowanie setek przedmiotów.



Rys. 275. Bęben polerowniczy

Bęben polerowniczy najczęściej ma kształt sześć- lub ośmiościanu (rys. 275). Wykonany jest z drewna lub też ze stali i włożony wewnątrz drewnem. Obraca się na poziomej osi, przeprowadzonej przez jego środek. Elementami polerującymi są gładkie

kulki i kołki zawarte w jego wnętrzu oraz płyn polerowniczy, którym jest zazwyczaj roztwór czystego, nie zawierającego sodu mydła, lub też wyciąg z korzenia mydlnika, z dodatkiem cyjanku potasu, amoniaku lub salmiaku. Na 1 litr wody daje się ok. 10 g płatków mydlanych i 1—2 g cyjanku potasu.

W czasie obrotu wytwarza się wewnątrz bębna obfita piana, która wypełnia całe jego wnętrze. Na 1 kg polerowanych przedmiotów daje się do bębna ok. 8 kg kulek oraz kołków polerowniczych, gdyż przedmioty powinny być całkowicie otoczone kulkami. Kulki i kołki polerownicze przechowuje się w płynie polerowniczym, przez co chroni się je przed zardzewieniem i zabrudzeniem. Polerowanie w bębnach opiera się na tej samej zasadzie, co polerowanie ręczne naciskowe. Polega bowiem na wygładzeniu powierzchni przez wywalcowanie nierówności i rys.

Po umieszczeniu przedmiotów w bębnie puszcza się go z wolna w ruch obrotowy. Ilość obrotów nie powinna przekraczać 60—70 na minutę. Wskutek obrotu ciecz polerownicza zamienia się w spioną masę, przedmioty ocierają się o siebie oraz o kulki i kołki, ściśle wypełniające wszystkie wolne miejsca, i dzięki temu się polerują. Ciecz i piana polerownicza powodują, że przedmioty są śliskie i nie niszczą się w czasie ocierania się o kulki. Od czasu do czasu zatrzymuje się bęben i bada stan połysku przedmiotów.

Po ukończeniu polerowania przedmioty oddziela się od kulek i kołków w ten sposób, że całą zawartość bębna wysypuje się na odpowiedniej wielkości sito, przez które przelatują kulki, a wypolerowane przedmioty pozostają na wierzchu.

Po wypolerowaniu przedmioty płucze się w gorącej wodzie lub w spirytusie i suszy w ciepłych trocinach.

Bęben polerowniczy przedstawiony na rys. 275 jest przeznaczony specjalnie do prac zegarmistrzowskich. Można w nim polerować koperty zegarków, części nowo wykonane lub naprawione, klejnoty itp. przedmioty nawet o skomplikowanych kształtach. Ponieważ można w nim polerować wiele przedmiotów na raz, i to bez specjalnego nadzoru, w większych zakładach zegarmistrzowskich oddaje on wielkie usługi, gdyż znacznie przyspiesza pracę. Ośmiokątny ten bęben ma 50 cm średnicy, 30 cm długości i około 60 litrów pojemności. Obroty powinny być raczej wolne; w każdym razie takie, żeby szmer w bębnie był regularny.

Polerowanie natryskowe

Urządzenia natryskowe do polerowania są obecnie dopiero wprowadzane. Polerowanie płynne jest bowiem jedną z najnowszych metod obróbki. Umożliwia ono wykończanie powierzchni

o złożonych kształtach, co dotychczas wykonywało się polerowaniem ręcznym.

Zasada procesu polerowania płynnego jest prosta. Mieszanina proszku ściernego z cieczą, którą zazwyczaj stanowi woda, jest wyrzucana pod ciśnieniem z dyszy urządzenia natryskowego. Ziarna ściernie zawarte w strumieniu tej mieszaniny, uderzając o obrabianą powierzchnię, polerują ją do połysku.

Polerowanie płynne nie daje możliwości usuwania błędów wymiarów i kształtów obrabianych przedmiotów. Dokładność kształtów i wymiarów musi być uzyskana przez poprzednie operacje.

Ta metoda ma zastosowanie w produkcji przemysłowej przedmiotów, którym trzeba nadać błyszczącą powierzchnię (np. skale kątowe) oraz do polerowania narzędzi skrawających. Zobaczymy, czy w niedalekiej przyszłości nie zostanie wprowadzona i do zegarmistrzostwa.

POLEROWANIE RĘCZNE

Zasady polerowania

Do odpowiedniego przeprowadzenia polerowania ręcznego nie wystarczą same, choćby najlepsze, narzędzia i środki polerownicze. Trzeba znać zasady polerowania i samemu wiele doświadczyć. Niektóre prace polerownicze są przez fachowców, a także przez poszczególne firmy strzeżone, jako tajemnice fabryczne. U nas pod tym względem jest znacznie lepiej niż za granicą, jednak ze starszych mistrzów tylko niektórzy chętnie zdradzają swe sposoby pracy.

Podstawowy warunek polerowania — to nadzwyczajna czystość. Każdą pozostałość proszku ściernego po szlifowaniu należy starannie usunąć twardą szczotką i benzyną. Tak samo czysto należy utrzymywać wszelkie środki do polerowania.

Poleruje się bardzo miłkimi środkami polerowniczymi na płycie metalowej (nie na szklanej), albo też za pomocą polerowników. Nie należy jednak sądzić, że używając dużo środków polerowniczych, wykona się polerowanie lepiej lub prędzej. Przeciwnie, bierze się jak najmniej proszku (utartego starannie z olejem lub z oliwą na papkę) albo pasty polerowniczej.

Ważne jest również i to, żeby przez dłuższy czas nie polerować w jednym kierunku, lecz często go zmieniać: raz wzdłuż, raz w poprzek, to znów wkoło. Inaczej nie uzyska się równego połysku, lecz powierzchnię porysowaną. Czysty i miękki polerownik skórzany, zaopatrzony w odrobinę najdelikatniejszego proszku (czerwieni paryskiej), może w końcu wywołać połysk dorównujący połyskowi doskonałej powierzchni lustrzanej.

Temu, który nie ma wprawy, polerowanie — mimo wszelkiej ostrożności — udaje się rzadko, gdyż nie zna on głównego warunku polerowania. Autor znanego podręcznika zegarmistrzowskiego, H. Sievert, wyjaśnia to następującymi porównaniami: „Skoro się posypie płytę ołowianą szmergłem i pociera po niej płytą szklaną, ziarna szmerglu działają na obie płyty różnie. Posuwające się ziarna wyłamują niejako ze szkła małeńkie cząstki, wskutek czego jego powierzchnia robi się nierówna, matowa. Natomiast od ołowiu ziarna nie oddzielają cząstek, lecz wciskają się w jego miękką powierzchnię. Gdy nareszcie wszystkie ziarna zatrzymały się w ten sposób, ustaje ich toczenie się. Umocnione ziarna rysują w szkłe gładkie równoległe bruzdki, nadając powierzchni wygląd bardziej połyskliwy. Dokładnie widzi się to, jeżeli zamiast płyty ołowianej, na której jeszcze część ziarn się toczy, weźmie się pilnik ścierny i pociągnie się nim po powierzchni stalowej, zamiast po kruchym i skłonnym do odpryskiwania szkłe. Wówczas bruzdki okażą się równe i ładnie połyskujące, podczas gdy luźne ziarna ściernie nadają stali powierzchnię matową, bez połysku.”

Wynika stąd, że ocieranie się dwóch różnych powierzchni, pokrytych choćby najdrobniejszym proszkiem ściernym z olejem, jest na razie tylko dalszym ciągiem szlifowania. Przejście do polerowania nastąpi wtenczas, gdy się proszek dokładnie z olejem wymiesza i niejako przyklei do powierzchni narzędzia. Wtedy powstaje na tej powierzchni sucha, mocno przylegająca warstwa, tzw. powłoka, która wskutek ruchu w różnych kierunkach nadaje przedmiotowi polerowanemu połysk.

Wrażenie połysku dają niezliczone, we wszystkich kierunkach biegnące, niezmiernie małe, połyskujące rysy. Dlatego też to, co przeszkadza w utworzeniu się powłoki, jest też przeszkodą w polerowaniu. Tymi przeszkodami są: nierówna lub za gruba ziarnistość proszku polerowniczego, za duża jego ilość, nadmiar oleju i wreszcie niedoskonale przygotowana powierzchnia. Drobne pęknięcia i inne nierówności polerowanej powierzchni zatrzymują zawsze trochę proszku polerowniczego, a nawet kurzu. Ziarna tych substancji stale przechodzą na powłokę i dają powierzchnię matową lub porysowaną. Dlatego lepsza jest papka lub pasta polerownicza nieco twardsza. Papka polerownicza z olejem stearynowym twardnieje szybciej.

Należy podkreślić, że powłoka powstaje nie na części polerowanej, ale na narzędziu. Najłatwiej tworzy się ona na miękkim drewnie, zwłaszcza lipowym, i na skórze, ponieważ te materiały szybko wchłaniają nadmiar zbyt rzadkiej papki. Nie stworzą one jednak płaskiej powierzchni, gdyż poddają się pod naciskiem, wskutek czego wywołują nierówności i zaokrąglają krawędzie. Stąd też używa się ich raczej tylko do wykończania. Natomiast

w początku polerowania nadają się na płyty polerownicze i polerowniki prawie wszystkie metale, dzięki swej jednorodności, byleby tylko były miększe od polerowanej powierzchni.

Polerowanie wymaga zręczności, której nabywa się dopiero po dłuższym ćwiczeniu. Ale chociaż uzyskamy już umiejętność wydobyć dobrego połysku, to jednak — aby pracy niepotrzebnie nie podrażać — nie należy go stosować w tych miejscach, gdzie można się zadowolić dobrym szlifowaniem. Oprócz tego trzeba sobie zapamiętać, że znawca bardziej ceni dobry szlif niż niedostateczny połysk.

Polerowanie różnych metali

Ogólne zasady polerowania są jednakowe dla wszystkich metali. Ale różne metale wymagają różnych środków polerowniczych (które dobieramy według tablicy 17 lub 18) a czasami także odmiennego zastosowania, o czym tu krótko wspominamy.

Do ręcznego polerowania *stali węglowej*, czy to na płycie polerowniczej czy polerownikami, najlepiej jest użyć diamentyny albo ciemnej czerwieni paryskiej. Do wykończenia polerowania można użyć wapna wiedeńskiego albo nieco suchej czerwieni na polerowniku skórzanym.

Stal węglowa, polerowana środkami polerowniczymi, otrzymuje piękny połysk, ale tylko po uprzednim zahartowaniu. Natomiast stal w stanie nie hartowanym lub znacznie odpuszczonym, np. osie i zębniaki, lepiej jest polerować naciskowo, bez środków polerowniczych, gdyż w ten sposób uzyska się lepszy połysk.

Do polerowania *stali stopowej* a więc chromowej lub nierdzewnej, służy zieleń (tlenek chromu) lub diamentyna (albo pasta zawierająca te środki), a do polerowania końcowego często wapno wiedeńskie. Czerwieni raczej nie używać, ponieważ wnika w powierzchnię przedmiotu dając rdzawe plamy. Po zabiegu przedmiot zanurza się na 20 minut w 20-procentowym kwasie azotowym lub przynajmniej myje się nim i wreszcie płucze w gorącej wodzie.

Miedź i jej stopy poleruje się tryplą lub jasną czerwienią paryską, zwykle na płycie cynowej lub polerownikiem skórzanym. Ostatni, najdelikatniejszy, złocisty połysk na mosiądzu wydobywa jasna czerwień rozrobiona alkoholem. Połysk uzyskany środkami polerowniczymi rozrobionymi spirytusem, dłużej się zachowuje (na mosiądzu) niż połysk wywołany środkami rozrobionymi olejem. Olej konieczny jest tylko do polerowania wstępnego. Polerowania końcowego trzeba dokonać, zanim zaschnie tłuszcz pozostały po poprzednim zabiegu. Jedwabisty połysk daje pasta nie zawierająca tłuszczu.

Cynk, ołów, a w pewnym stopniu i *cyna*, szybko matowieją po wypolerowaniu. Dlatego tych metali raczej się nie poleruje.

Czyste *aluminium* jest miękkie. Miękkie metale trudniej jest polerować do połysku niż twarde. Natomiast na stopach *aluminiowo-magnezowych* i *aluminiowo-magnezowo-krzemowych* można osiągnąć pożądany połysk. Polerowanie musi czasem być poprzedzone trawieniem i szlifowaniem, zależnie oczywiście od stanu powierzchni. Do wytrawienia używa się najczęściej gorącego 10—20-procentowego ługu sodowego, często z dodatkiem soli kuchennej. Jeżeli nie potrzeba wytrawiać, to przed polerowaniem należy przedmiot dokładnie oczyścić ze smaru pozostałego po szlifowaniu, do czego może służyć benzyna lub nafta. Poleruje się wszerek i wzdłuż, a dopiero przy końcu w jednym kierunku. Przed nadawaniem połysku należy przedmiot znowu dobrze obmyć wyżej wspomnianymi środkami rozpuszczającymi tłuszczy. Polerowanie do połysku najlepiej jest przeprowadzić na świeżo obciążonej i miękkiej tarczy płóciennej bez żadnego środka polerowniczego. Gdyby się używało pasty, wówczas składniki jej mogłyby zabarwić powierzchnię.

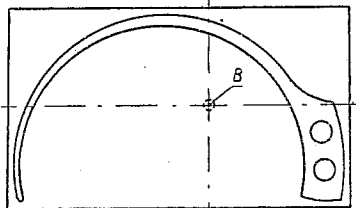
Do początkowego polerowania *metali szlachetnych* używa się trypli z olejem, do końcowego stosuje się wapno wiedeńskie lub najdrobniejszą czerwień, w wyjątkowych wypadkach kredę szlamowaną, lipowy węgiel drzewny albo odkwaszone sadze. Dwa ostatnie środki ułatwiają uzyskanie czystej powierzchni, ponieważ pochłaniają drobne cząsteczki pyłu powstającego przy polerowaniu. Zaleca się także do końcowego polerowania suchą czerwoną pastę.

Przykłady polerowania

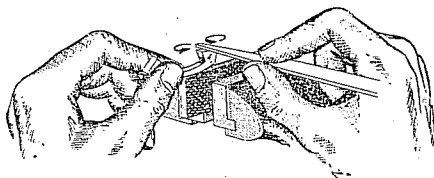
Polerowanie płaszczyzn. Jedną z częstych prac polerowniczych jest polerowanie płaszczyzn u małych przedmiotów, np. płyt, dźwigni i sprężyn. Niektórzy zegarmistrze prace te wykonują w ten sposób, że kładą przedmiot na korku położonym na bibule i polerują polerownikiem. Nie powinno się jednak tego sposobu stosować do przedmiotów elastycznych, gdyż poddają się pod naciskiem, co uniemożliwia uzyskanie równej powierzchni.

Chcąc dokładnie wypolerować np. sprężynę zapadki, należy przyłakować ją do mosiężnej płytki, nieco większej od samej sprężyny (rys. 276). Na odwrotnej stronie tej płytki trzeba wykonać zagłębienie do czyszczaka, którym wodzi się płytkę wraz z przyłakowaną sprężyną po płycie polerowniczej. Zagłębienie to należy wykonać w takim miejscu płytki, by nacisk był równomiernie rozłożony na całą sprężynę. W tym przypadku odpowiednim miejscem byłby mniej więcej punkt *B*.

Wyżej podanym sposobem polerujemy płaszczyzny prostych przedmiotów. Jeżeli zaś mamy wypolerować przedmiot o kształcie złożonym, to nie możemy polerować go na płycie, lecz polerownikiem. Na rys. 277 pokazano zwykły sposób polerowania powierzchni impulsu kotwicy hakowej. Ponieważ kotwica jest dość duża, więc można trzymać ją bezpośrednio w palcach.



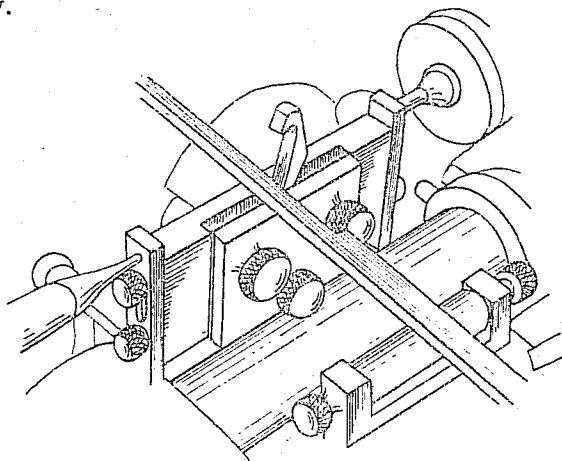
Rys. 276. Sprężyna zapadki przylakowana do płytki



Rys. 277. Polerowanie powierzchni impulsu kotwicy hakowej

Wygodniej jednak poleruje się powierzchnie impulsu kotwicy hakowej, umocowanej w przyrządzie zwanym huśtawką (rys. 278). Przyrząd ten zakłada się w kły tokarki.

Oczywiście w tym przyrządzie można też polerować i inne przedmioty.



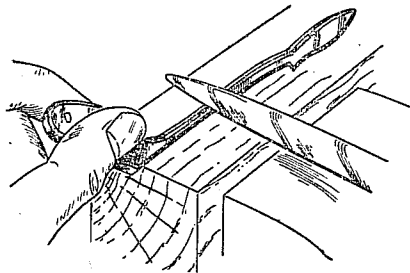
Rys. 278. Polerowanie powierzchni impulsu kotwicy hakowej umocowanej w przyrządzie

Polerowanie ścięcia krawędzi. Płaskie części naciągu znacznie piękniej wyglądają, jeśli ich krawędzie się zetnie, a ścięcia te wypoleruje. Ścięcie jednak tylko wtedy ładnie się przedstawia, gdy jest równomierne i ma ostre krawędzie.

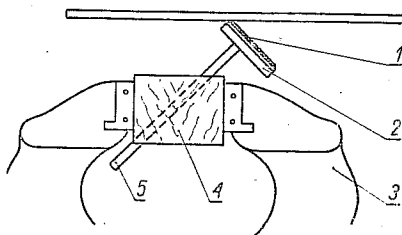
Szerokie ścięcia krawędzi normalnym sposobem trudniej jest równo wykonać niż wąskie. Do wąskiego ścięcia wystarczy sama osełka z kamienia oliwionego. Jest ona ostra, a jednak tak miętka, że po niej wystarczy tylko wypolerować stalowym gładzikiem (rys. 279).

Najtrudniej jest polerować ścięcia krawędzi tworzących kąty wewnętrzne. Do tego celu trzeba sobie przygotować polerownik z ostrą krawędzią, podobny do polerownika czopów, jednak z zaokrąglonymi powierzchniami. Tutaj można polerować diamentyną na twardym drewnie, lecz nie za wiele, aby się nie zaokrągliły krawędzie ścięcia.

Ażeby można było polerowniki gładzić poziomo podczas polerowania ścięcia krawędzi, wystarczy zrobić sobie prosty przyrząd (rys. 280). Na płytce 2 grubości 1—1,5 mm lekko znaczymy rysikiem zarys gotowego przedmiotu, np. mostka, u którego mamy wypolerować ścięcia krawędzi. Następnie wypilujemy narysowany „mostek”, wiercimy w nim po środku otwór, w którym zanitowujemy mosiężny pręt 5 grubości ok. 1,5 mm. Do tej płytki w kształcie mostka przylakowujemy właściwy mostek 1, który mamy wykończyć. Teraz w drewnianej kostce 4 wiercimy ukośnie, pod kątem ok. 45°, otwór, w który włączamy pręt 5 i zaciskamy ją w imadle 3. W ten sposób uzyskujemy przyrząd umożliwiający poziome polerowanie, a nawet — przy odpowiednich obrotach przyrządu — ścinanie krawędzi mostka.



Rys. 279. Prosty sposób polerowania ścięcia krawędzi



Rys. 280. Przyrząd do poziomego polerowania ścięcia krawędzi

1 — mostek, 2 — płytka, 3 — imadło, 4 — kostka drewniana, 5 — pręt mosiężny

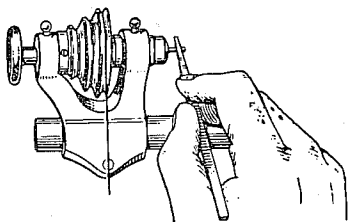
Do zaokrąglenia używa się polerowników płaskich, do wklęsłości — polerowników odpowiednio ukształtowanych. Praca wymaga nieco wprawy, jednak bynajmniej nie jest trudna.

Polerowanie wałków i podtoczeń. Po ukończeniu toczenia wałka, nie wyjmujemy go z tokarki, ale zaraz przygotowujemy do polerowania. Szlifowanie przed polerowaniem powinno być wykonane starannie, bardzo miętким proszkiem ściernym. Gdy na szlifowanej powierzchni nawet za pomocą lupy nie znajdujemy już grubszych rys, ale równą powierzchnię matową, wtedy polerownik i wałek obcieramy lekko szmatką, a pozostałą resztką proszku

kończymy szlifowanie. W ten sposób osiągamy wstępny etap przed polerowaniem.

Po oczyszczeniu w benzynie polerownika i polerowanego wałka, nakładamy na tę samą stronę polerownika środek polerowniczy bez ostrzenia polerownika. Lepiej jednak jest używać osobnego polerownika do szlifowania i osobnego do polerowania. Sposób trzymania polerownika pokazano na rys. 281.

Oprócz idealnej czystości bardzo ważnym czynnikiem jest także nie za duża ilość środka polerowniczego. Środek ten na metalu powinien stanowić jakby lekką mgiełkę (powłokę). Jeśli jego



Rys. 281. Polerowanie wałka w tokarce

resztki wysuwają się na boki, polerowanie może się nie udać. Zbyt duża jego ilość jest niebezpieczna i z tego względu, że może dostawać się na kły tokarki.

Nacisk polerownika i szybkość obrotów polerowanego wałka trzeba wypróbować. Jeśli się widzi, że powłoka ze środka polerowniczego się rozdziela, to znaczy, że powstaje rysa. Wówczas należy starą warstewkę zmyć benzyną, polerownik po-

smarować na nowo. Trudność z polerowaniem polega na tym, że trzeba wiedzieć, kiedy je należy skończyć. Jeśli się przeoczy właściwy moment, wówczas połysk znowu zanika i trzeba zaczynać od nowa.

Do polerowania podtoczeń używamy polerownika z ostrą krawędzią.

Połysk toczonemu wałkowi można także nadać samym tylko nożem podczas toczenia, o czym mówiliśmy w rozdziale traktującym o toczeniu.

Polerowanie wkrętów. Do polerowania łbów wkrętów służy tzw. *polerownica wkrętów* (3—180), lub przyrząd opisany w części 3 „Zegarmistrzostwa” na str. 123. Polerownicę wkrętów można też zastosować na tokarce. Nie potrzeba wtedy ręcznie napędzać tarczy polerowniczej, co jest pewnym ułatwieniem.

Polerowanie wkrętów na polerownicy tylko wtedy daje dobre wyniki, gdy obie osie są dokładnie równoległe. W przeciwnym razie powierzchnia łba nie będzie równo wypolerowana.

Mając do wypolerowania większą ilość wkrętów, lepiej jest polerować po kilka sztuk razem na płycie cynowej, a nie za pomocą polerownicy po jednym wkręcie. W tym celu wiercimy w płycie miedzianej lub mosiężnej pewną ilość otworów, a na środku robimy zagłębienie do czyszczaka. W te otwory wlokujemy na gorąco wkręty o jednakowej wysokości łbów. Trzeba

tylko na to uważać, aby wkręty były możliwie równomiernie rozdzielone na płaszczyźnie, tak by czyszczakiem włożonym w zagłębienie można było wodzić tę płytkę po płycie polerowniczej. Najlepiej jest wkleić jednocześnie 4—6 wkrętów. Jeśli się znajdują niektóre wkręty o niższych łbach, to w odnośne miejsce daje się więcej szelaku i tak wciska się wszystkie wkręty, aby płaszczyzny ich łbów doszły do jednego poziomu. Po wypolerowaniu wkręty odklejamy i gotujemy w spirytusie.

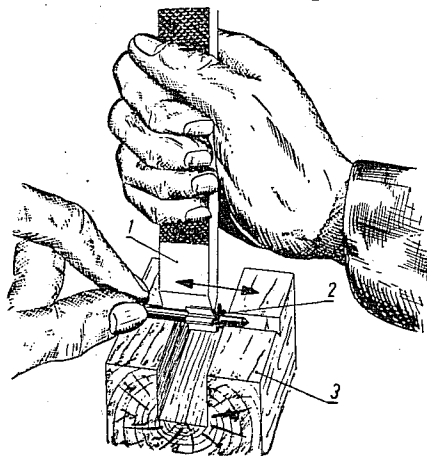
Jeśli chcemy wypolerować końce wkrętów na płasko, to albo zaciskamy je w płaskoszlifierzu, albo włakowujemy także w otworach wspomnianej płytki po trzy wkręty na raz, tworząc duży trójkąt, i polerujemy na płycie, podobnie jak poprzednio. W ten sam sposób polerujemy czoła wałków i innych drobnych części.

Polerowanie kół i zębników przeprowadzamy, gdy te elementy są nowe, albo też gruntownie odnowione. Kół mosiężnych się nie poleruje; polerowane są tylko stalowe koła zapadkowe i naciągowe.

Najłatwiej można wypolerować koło zapadkowe lub naciągowe na tokarce wyposażonej w urządzenie do szlifowania i polerowania. Po wykonaniu szlifowania ozdobnego, nie zdejmując koła z tarczy lakowej, czyścimy je z proszku i zakładamy tarczę polerowniczą z diamentyną w celu opolerowania skośnej powierzchni koła.

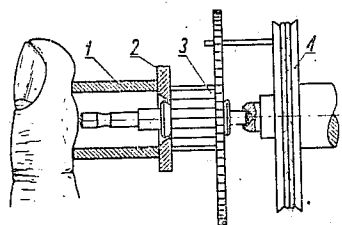
W fabrykach zęby zębników lepszych zegarów i zegarków są polerowane, co ma wielkie znaczenie dla pracy zegarka. Do tego celu są specjalne urządzenia polerownicze, które w bardzo krótkim czasie (8—10 sek.) umożliwiają wypolerowanie zębów.

Zęby zębника wyfrezowanego w naszym warsztacie lub wykonanego z ciągniętego drutu kształtowego (zębnikowego) powinny być wypolerowane. Czynimy to w ten sposób, że zębник 2 (rys. 282) kładziemy w wycięciach drewnianej podstawki 3. Koniec drewnianej listewki 1 zacinamy z dwóch stron na ostro. Zacięty koniec nacieramy proszkiem z kamienia oli-



Rys. 282. Ręczne polerowanie zębów zębni-
nika
1 — listewka drewniana, 2 — zębnik, 3 — pod-
stawka

wionego, wymieszanego z olejem, i szlifujemy każdy wręb z lekkim dociskiem. Wkrótce koniec tego drewnianego polerownika przyjmie kształt wrębu, którym będziemy szlifować wszystkie wręby zębника. Kiedy już wszystkie wręby są gładkie, czyszcimy zębnik w benzynie i usuwamy dokładnie szczotką resztki proszku.



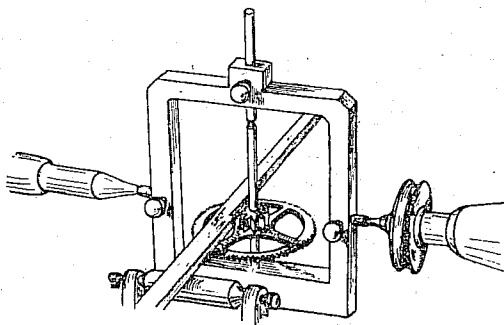
Rys. 283. Polerowanie czoła zębника

1 — rurka, 2 — podkładka żelazna, 3 — zębnik, 4 — krążek zabierny

Najprostszy polega na obracaniu zębника smykiem i polerowaniu rurką. Nieco lepszy sposób pokazano na rys. 283. Służy do tego podkładka żelazna 2 grubości ok. 1 mm dociskana rurką 1. W podkładce jest wywiercony i dość głęboko nawiercony otwór, który jej umożliwia dosunięcie się aż do samego podtoczenia. Podkładkę tę należy często opiłowywać, żeby powstałe rysy lepiej utrzymywały środek polerownicy. Napęd zębника 3 odbywa się przez krążek zabierny 4.

Wygodnie jest polerować czoło zębника na przyrządzie zwanym huśtawką. Jest to jednak nieco inna huśtawka niż przedstawiona na rys. 278. Przykład takiego polerowania pokazuje rys. 284. Oś koła wkładamy w górny i dolny kiel wewnątrz huśtawki i dociskamy tak, żeby mogło się obracać bez zbytniego luzu. Czoło zębника musi się znajdować 0,2—0,5 mm poniżej osi huśtawki, tj. osi kłów tokarki. Gdyby znajdowało się powyżej, urządzenie by nie działało.

Na miejsce podstawki kładziemy zwykłą podstawkę rolkową z jak największym odstępem i zaczynamy polerować najpierw polerownikiem z miękkiej stali, posmarowanym papką z oleju



Rys. 284. Polerowanie na huśtawce

i z proszku z kamienia oliwnego. Polerownik trzymamy w prawej ręce, a lewym palcem wskazującym naciskamy lekko na przedni jego koniec, tak żeby oba końce polerownika równomiernie naciskały — z jednej strony na podstawkę rolkową, a z drugiej na czoło zębника. Musi być także stały, lekki nacisk boczny polerownika w stronę osi zębника. Podłużne ruchy polerownika powinny być tak odmierzone, żeby jego część posmarowana papką nie dotykała podstawki rolkowej. Oczywiście, powierzchnia polerownika musi równo przylegać do czoła zębника i do podstawki rolkowej. Zaczynamy teraz polerować i ku naszemu zdziwieniu okazuje się, że sam polerownik napędza zębnik. W przeciwnym razie polerowanie byłoby niemożliwe.

Po wstępnym opolerowaniu rozluźniamy górny kiel wewnętrzny, wyjmujemy zębnik z huśtawki i oczyścimy go. Następnie znów go wkładamy do huśtawki i polerujemy polerownikiem brązowym z diamentyną.

Polerowanie naciskowe

Polerowanie naciskowe jest najstarszym, a obecnie jeszcze powszechnie stosowanym sposobem nadania połysku przedmiotom metalowym o niezbyt dużej twardości, a zwłaszcza srebrnym. Sposób ten polega na pocieraniu powierzchni przedmiotu specjalnym polerownikiem ręcznym, tzw. gładzidłem (rys. 273 i 274).

Aby dostać się we wszystkie zagłębienia przedmiotu polerowanego, gładzidła mają rozmaite kształty, dostosowane do profilu obrabianej powierzchni. Przechowuje się je obciążone skórą posypaną tlenkiem cynowym i tlenkiem żelazowym, co ma na celu uchronienie ich przed zarysowaniem i szkodliwymi wpływami atmosferycznymi. Od czasu do czasu należy je przepolerować, gdyż tylko gładkie i lśniące mogą dać piękny połysk.

Podczas polerowania zwilża się powierzchnię roztworem mydła lub wyciągiem z korzenia mydlnika. Jeszcze lepszy do tego celu jest kwas chlebowy lub piwo. W miejscu potarcia pojawia się na powierzchni przedmiotu piękny połysk. Po wypolerowaniu myje się powierzchnię czystą wodą.

Intensywny połysk uzyskać można tylko przy odpowiednim i równomiernym nacisku na powierzchnię przedmiotu polerowanego. Polerowanie to trwa znacznie dłużej niż polerowanie maszynowe, daje jednak piękniejszy połysk. Stosowane jest prawie wyłącznie do przedmiotów złożonych i srebrzonych galwanicznie, gdyż nie niszczy cieniutkiej warstwy metalu szlachetnego.

Oprócz gładzideł używa się również skórek irchowych, filcu, flaneli i taśm (np. do ręcznego polerowania łańcuszków).

POLEROWANIE CZOPÓW

Od jakości wypolerowania czopów zależy w wysokim stopniu zużycie energii przez zegar. Dlatego też wszystkie miejsca stykające się z łożyskiem, a więc zarówno czop, jak i jego powierzchnia oporowa, powinny mieć lustrzany połysk. U łożysk z kamieniem nakrywkowym czop nie ma powierzchni oporowej na podtoczeniu, lecz opiera się czołem, które także trzeba bardzo lekko zaokrąglić i starannie wypolerować. Dotyczy to przede wszystkim czopa osi balansu.

Polerowanie czopów (rolerowanie, rolowanie) jest to polerowanie naciskowe, połączone z bardzo subtelnym zbieraniem cienkiej warstwy metalu nacięciami polerownika, bez użycia środków polerowniczych. W niektórych przypadkach poleruje się czopy (zwłaszcza nowo wytoczone) także środkami polerowniczymi, ostatecznie jednak zaleca się i takie czopy wykończyć polerowaniem naciskowym. Zauważono bowiem, że piękny połysk po polerowaniu środkami polerowniczymi otrzymuje tylko stal hartowana, natomiast stal nie hartowana lub silnie odpuszczona lepiej się poleruje naciskowo. Ponieważ czopy zegarów i zegarków dotychczas były albo wcale nie hartowane, albo odpuszczone, dlatego właśnie zaleca się polerować je naciskowo.

Polerowanie czopów wykonuje się na maszynie zwanej czo-p i a r k ą (3—181), a używa się przy tym polerowników stalowych, twardo hartowanych i ostrzonych podobnie jak wszystkie inne polerowniki.

Polerowników do czopów używamy z olejem. Możemy nimi wygładzić czop do tego stopnia, że wystąpi na nim lustrzany połysk. Przy polerowaniu czopów zachodzi także zasklepienie powierzchniowych porów oraz niewielki zgniot (jak przy walcowaniu), wskutek czego powierzchnia czopa staje się nieco twardsza.

Czopy o większych średnicach (powyżej 1 mm) obrabia się polerownikami z miękkiej stali lub z brązu, używając na wstępie proszku z kamienia oliwionego, a następnie diamentyny lub czerwieni. Tę metodę stosuje się też do wałków sprężyn, czopów kół minutowych oraz do tych wszystkich czopów, które możemy swobodnie obrabiać w uchwycie zaciskowym tokarki. Aby jednak można było uzyskać czop doskonale równy, szerokość polerownika nie powinna być mniejsza od długości czopa. Także powierzchnie oporowe czopa można tym sposobem lepiej przygotować do polerowania naciskowego. Dlatego tę metodę stosujemy do lepszych zegarów z czopami o dużych powierzchniach oporowych. Jednak wykończyć je należy naciskowo, bez użycia środków polerowniczych.

Polerowanie czopów na tokarce

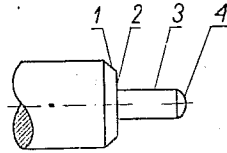
Nowo wytoczony czop trzeba czasami najpierw wyszlifować. Podczas szlifowania czopa należy przede wszystkim na to uważać, żeby był dokładnie okrągły (walcowy) i należyście wygładzony. Jeżeli czop został starannie i gładko wytoczony, to szlifowanie jest zbędne.

Wielką uwagę należy zwracać zwłaszcza na wykonanie podtoczenia czopa i wypolerowanie jego powierzchni walcowej 3 (rys. 285) oraz powierzchni oporowej 2, która powinna być dokładnie płaska. Zależy to od dobrego zaostżenia polerownika oraz spokojnego i pewnego jego prowadzenia. Ścięcia krawędzi 1 nie potrzeba polerować, natomiast czoło 4, ze względów estetycznych, powinno się zaokrąglić i wypolerować.

Na rys. 286 pokazano polerowanie czopa na tokarce przy użyciu wkładki łożyskowej czopiarki. Ten sposób polerowania nadaje się zwłaszcza do dużych czopów zegarów domowych.

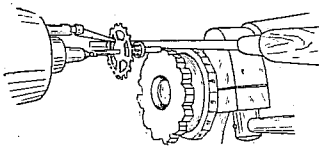
Na rys. 287 widzimy polerowanie czopa wałka sprężyny umocowanego w uchwycie zaciskowym tokarki polerownikiem o charakterystycznym kształcie, zwanym szufelką. Proste to narzędzie służy zarówno do polerowania nowego, jak i zużytego czopa.

Szufelkę do polerowania czopów wykonujemy z kawałka stalowej blachy grubości ok. 1,5 mm, szerokości 20—30 mm i długości 200—300 mm

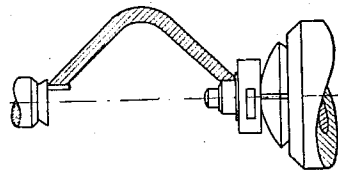


Rys. 285. Elementy czopa walcowego

1 — ścięcie krawędzi, 2 — powierzchnia oporowa, 3 — powierzchnia walcowa, 4 — czoło



Rys. 286. Polerowanie czopa na tokarce



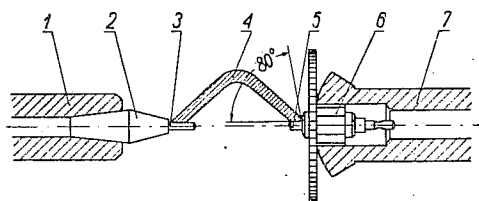
Rys. 287. Polerowanie wałka sprężyny szufelką

i ostrzymy podobnie jak polerownik. Aby ułatwić jej trzymanie, przynitujemy do niej kawałek drutu, na który można nasadzić drewnianą rączkę, jak u polerownika. Polerowanie powierzchni oporowych jest ułatwione, jeśli krawędzie szufelki są ścięte pod kątem ok. 80° (rys. 288).

Równie opolerowanie czopa zależy także od prowadzenia szufelki. Jej druga powierzchnia powinna spoczywać na tej samej wysokości, co i pracująca na czopie. Rys. 288 wskazuje właściwy sposób posługiwania się narzędziem. W uchwyt zaciskowy 7 zakładamy np. zębnik minutowy 6, którego czop mamy polerować. Ten koniec szufelki 4, który ma kąt 80°, opiera się o czop 5, drugi zaś opiera się na czopie 3 kielka 2 osadzonego w kle 1 tkwiącym w koniku. Ponieważ czopy polerowany i prowadzący

powinny być jednakowo grube, trzeba by mieć kielki z czopami różnej grubości. Wobec tego lepsze są kły prowadzące nastawialne, jak na rys. 287.

Inne urządzenie nastawialne widzimy na rys. 289 a. Składa się ono ze śruby nastawczej 3 tkwiącej w ramieniu 2 kła 1 osadzonego w koniku.



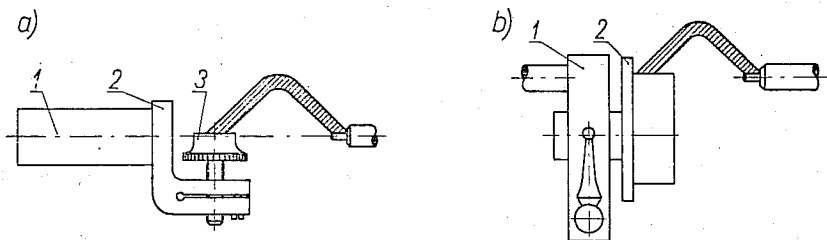
Rys. 288. Prowadzenie szufelki

1 — kiel, 2 — kieltek, 3, 5 — czopy, 4 — koniec szufelki, 6 — zębnik minutowy, 7 — uchwyt zaciskowy

Na rys. 289 b pokazano jeszcze inne urządzenie nastawialne do szufelki. Do konika zakłada się latarkę centrowniczą, w jej ramię 1 wkłada się ekscentryczną tarczę 2, której pokręceniem reguluje się wysokość drugiej szufelki. Widoczny na rysunku kołnierz tarczy 2 zapobiega zesunięciu się szufelki z polerowanego czopa.

Zaletą szufelki jest to, że szeroko rozstawione jej boki ułatwiają równe jej pro-

wadzenie i nadanie czopowi dokładnie walcowego kształtu. Oprócz tego ostrzenie jej trwa znacznie krócej niż ostrzenie zwykłego polerownika o tej samej szerokości.

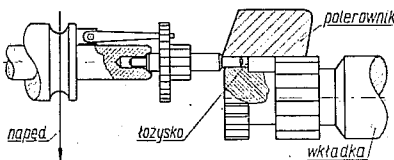


Rys. 289. Nastawianie szufelki: a) śrubą, b) tarczą ekscentryczną

Polerowanie na czopiarce

Czopiarkę i sposób jej użycia opisaliśmy już w części 3 „Zegarmistrzostwa”. Poruszymy tu więc tylko niektóre szczegóły związane z samym polerowaniem. Schemat takiego polerowania pokazuje rys. 290. Jest to polerowanie lewym polerownikiem. Ma jednak także zastosowanie polerownik prawy.

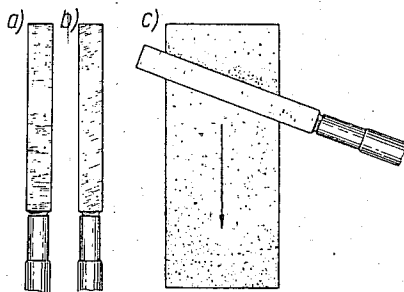
Aby dobrze wypolerować czopy, przede wszystkim musi zegarmistrz dokładnie znać swoją czopiarkę — jej ewentualne wady, usterki i zalety, a następnie należy przygotować sobie polerowniki.



Rys. 290. Polerowanie czopa na czopiarce

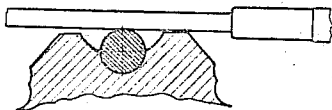
Przygotowanie polerownika. Do polerowania czopów używamy twardych polerowników stalowych z drobnymi nacięciami poprzecznymi (rys. 291 a), powstałymi przez ostrzenie polerownika na płycie posypanej proszkiem szmerglowym. Jeżeli czasem potrzeba jest wyrównać czop albo go ścienić, to łatwiej to osiągniemy, gdy użyjemy polerownika naostrzonego skośnie (rys. 291 b). Sposób takiego ostrzenia pokazuje rys. 291 c. Poleownik taki ma nacięcia podobne do nacięć pilnika, dlatego więc łatwiej zbiera materiał. To samo można uczynić z polerownikiem do czopów lejkowych, ostrząc skośnie jego zaokrągloną krawędź.

Gdy chcemy zebrać pewną warstewkę materiału i wyrównać czop, wówczas używamy do ostrzenia polerownika grubszego proszku ściernego. Natomiast do polerowania końcowego i nadania połysku ostrzymy polerownik bardzo miłątkim proszkiem.



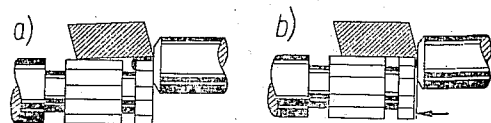
Rys. 291. Polerowniki naostrzone: a) poprzecznie, b) skośnie, c) sposób skośnego ostrzenia polerownika

Dobranie łożyska. Podczas polerowania na czopiarce czop spoczywa na odpowiednio dobranym łożysku wkładki. Czop położony



Rys. 292. Właściwie dobrane łożysko wkładki czopiarce

we właściwie dobranym łożysku wkładki powinien wystawać nieco poza jej boczne powierzchnie, tak żeby polerownik dotykał czopa, a nie spoczywał tylko na tych powierzchniach (rys. 292).



Rys. 293. Łożysko wkładki czopiarce: a) za małe, b) konieczny luz wzdłużny

Odpowiednie dobranie łożyska jest bardzo ważne. Należy więc najpierw czop dokładnie zmierzyć i dobrać łożysko o 0,01—0,03 mm mniejsze od średnicy czopa. Oczywiście, łożysko powinno być

czyste podczas dopasowywania, gdyż opiłki lub resztki brudnego oleju zmieniają jego rzeczywistą wielkość. Na rys. 293 a pokazano skutki za małego łożyska — polerownik nie leży równo.

Drugą również ważną rzeczą przy polerowaniu czopów walcowych jest to, żeby czop miał dostateczny luz wzdłużny (rys. 293 b).

Chodzi bowiem o to, żeby powierzchnia oporowa czopa nie dociskała do wkładki i nie zatrzymywała obrotu ani go utrudniała.

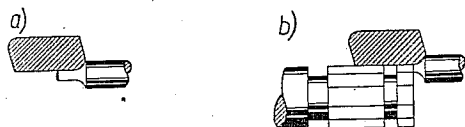
Sposób polerowania. Po dobraniu łożyska rozpoczynamy polerowanie. Kładziemy czop w łożysku, przyciskamy go nasmarowanym polerownikiem i — napędzając oś poprzez krążek zabieralny — posuwamy jednocześnie polerownikiem po czopie tam i z powrotem. Gdy napędzamy krążek smykłem, ręka trzymająca smyk powinna się krzyżować z ręką prowadzącą polerownik.

Podczas polerowania można wyraźnie wyczuć i usłyszeć, czy polerownik poleruje czop, czy też ślizga się tylko po wkładce.

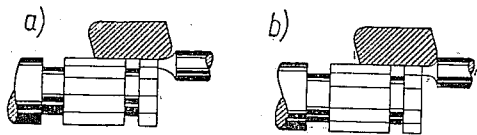
Co pewien czas należy oczyścić czop i łożysko z oleju brudnego i posmarować świeżym. Polerowanie brudnym olejem, zanieczyszczonym mikroskopijnymi cząsteczkami metalu, nie da pięknego połysku.

Zegarmistrze już od dawna smarują polerownik do czopów olejem. Zwyczaj ten ma oczywiście uzasadnienie. Ale jeszcze lepsze wyniki daje natarcie polerownika roztworem składającym się z 2 części nafty i 1 części oleju lub oliwy.

Polerowanie czopów lejkowych na czopiarce odbywa się w podobny sposób, ale używamy do tego polerowników z zaokrąglonymi krawędziami. Po dobraniu odpowiedniego łożyska, należy także dobrać polerownik. Właściwie dobrany polerownik pokazuje rys. 294 a. Przylega on do czopa nie tylko na jego części walco-



Rys. 294. Polerownik do czopa lejkowego: a) dobrany właściwie, b) właściwie umieszczenie czopa w łożysku wkładki



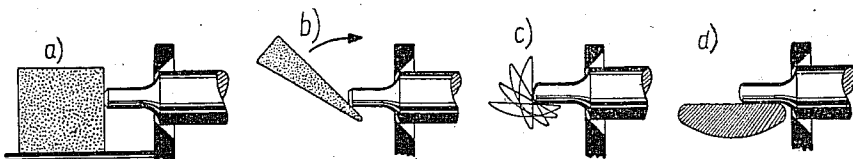
Rys. 295. Zaokrąglenie krawędzi polerownika: a) za małe, b) za duże w stosunku do czopa

wej, ale także na całym zaokrągleniu przejściowym, bez widocznej szczeliny.

Czop lejkowy należy tak umieścić w łożysku wkładki, żeby spoczywała w nim tylko jego część walcowa (rys. 294 b). W przeciwnym razie czop łatwo może się złamać.

Na rys. 295 a widzimy za małe zaokrąglenie krawędzi polerownika, gdyż nie przylega on aż do końca promieniowej części czopa. Wadę przeciwną pokazuje rys. 295 b. Polerownik pokrywa cały czop, ale widać szparę między polerownikiem a czopem. Nie jest to jednak wadą polerownika, ale czopa, który ma niewłaściwie ukształtowaną część lejkową.

Czopy lejkowe najczęściej mają zastosowanie do ułożyskowania balansu. Wiemy już z konstrukcji, że bardzo ważne jest w tych przypadkach zaokrąglenie czoła czopa. Najpierw czoło to powinno być dokładnie zrównane, a potem lekko zaokrąglone. Sposób wykonania tych czynności za pomocą osełki z kamienia oliwnego pokazano na rys. 296 a, b, c. Po tym zaokrągleniu należy jeszcze poprawić część walcową czopa (rys. 296 d), aby nie pozostać zadziorków, a następnie dokładnie wypolerować.



Rys. 296. Zaokrąglenie czoła czopa: a) równanie czopa, b) ścinanie krawędzi, c) zaokrąglenie czoła, d) poprawianie po zaokrągleniu

Podczas tych końcowych czynności czop może się obracać w drugim końcu wkładki czopiarki albo w łożysku centrowniczej. Natomiast samo polerowanie czopa odbywa się na czopiarce.

NAPĘD CZOPIARKI

Chcemy tu jeszcze omówić zagadnienie napędu czopiarki, o którym w ostatnich czasach dużo się pisze w zagranicznej prasie zegarmistrzowskiej.

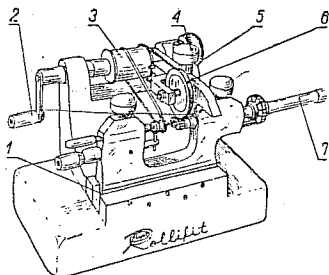
Większość starszych zegarmistrzów napędza czopiarke smykem. Twierdzą oni, że ten sposób jest najlepszy, gdyż konieczne są tu ruchy przeciwbieżne czopa i polerownika. Przestrzegają tylko przed tym, żeby zabierak obejmował ramię koła bez wyczuwalnego luzu.

Obecnie słyszy się coraz więcej zarzutów przeciw tej metodzie. Zauważa się bowiem, że czopy stają się nieokrągłe, gdyż polerownik z jednej strony naciera trzy razy, a z drugiej cztery. Stąd też coraz częściej wprowadza się napęd ciągły od silnika lub koła napędowego, poruszanego pedałem lub korbą. Stosuje się nawet napęd przez przystawkę i lekko naprężony pasek do krażka zabiernego, aby uniknąć zbyt silnego nacisku na delikatny czop.

Przekonanie, że napędzając czopiarke smykem, można nadać czopowi połysk lepszy niż innymi metodami, nie ma uzasadnienia. Jest oczywiste, że tylko stały stosunek szybkości obwodowej czopa i narzędzia zapewnia równomierne zdejmowanie materiału. Przy końcowym polerowaniu do połysku ma to znaczenie znikome, natomiast przy wyrównywaniu czopa i zdejmowaniu warstewki materiału — bardzo istotne. Dlatego sprzęgnięcie mechaniczne ruchu narzędzia i czopa jest sprawą bardzo ważną. Oczywiście, nie można tego osiągnąć przy napędzaniu jedną ręką narzędzia a drugą czopa.

Szkodliwość luzu w zabieraku jest dalej idącą konsekwencją tego spostrzeżenia i przypadkiem szczególnie jaskrawym, gdyż chwila zatrzymania czopa nie jest całkowicie zgrana z chwilą zatrzymania narzędzia.

Czopiarki zmechanizowane. Praca na czopiarce jest trudna i żmudna. Potrzeba tu wielkiej wprawy i uwagi, żeby uzyskać dokładnie walcowy kształt czopa. Skonstruowano więc czopiarzkę zmechanizowaną. Czopiarzka taka w pierwszym wykonaniu stanowi połączenie zwykłej czopiarzki ze specjalną przystawką, w której narzędziem pracującym, zastępującym ręczny polerownik, jest obracająca się tarcza z węglika spiekanego.



Rys. 297. Czopiarzka „Rollifit”

1 — rowek, 2 — korbka, 3 — koło pasowe, 4 — śruba nastawcza, 5 — wspornik, 6 — tarcza, 7 — wkładka łożyskowa

Głównymi powodami budowy czopiarzki zmechanizowanej było dążenie do wygody, powiększenie dokładności i jakości obróbki, zabezpieczenie przed złamaniem czopa i powiększenie szybkości pracy.

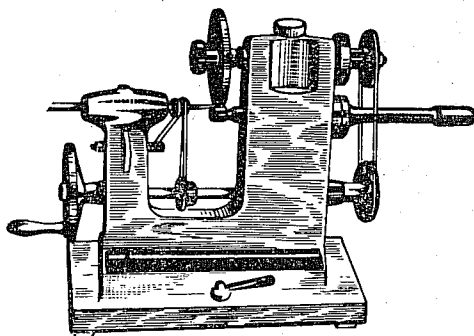
Najprostszą czopiarzkę zmechanizowaną, zwaną „Rollifit”, przedstawia rys. 297. W przedniej części podstawy jest rowek na zwykłą czopiarzkę 1. W części tylnej wznosi się wspornik 5, w którym ułożony jest wałek równoległy do wkładki łożyskowej czopiarzki 7. Na tym wałku osadzone jest ramię z tarczą 6 z węglika spiekanego. Ramię to można przesuwając poziomo, a także podnosić i obniżać. Jednakże aby tarcza nie kaleczyła wkładki, możliwość obniżania jest odpowiednio ograniczona śrubą nastawczą 4. Tarcza jest wymienna i bardzo trwałą. Stały jej szlif poprzeczny, podobnie jak na polerowniku, umożliwia zarówno zdejmowanie war-

stewki materiału, jak i polerowanie. Jedna krawędź jest ostra — do czopów walcowych, druga okrągła — do czopów lejkowych osi balansu. Napędu tarczy i krążkowi zabiernemu — za pośrednictwem pasków z tworzywa sztucznego — udziela szerokie koło pasowe 3, osadzone na tylnym wałku i obracane ręcznie korbką 2.

Stosunek obrotów tarczy i krążka zabiernego jest tak obliczony, że na jeden obrót tarczy przypada kilka obrotów obrabianego czopa, dzięki czemu uzyskuje on kształt dokładnie walcowy.

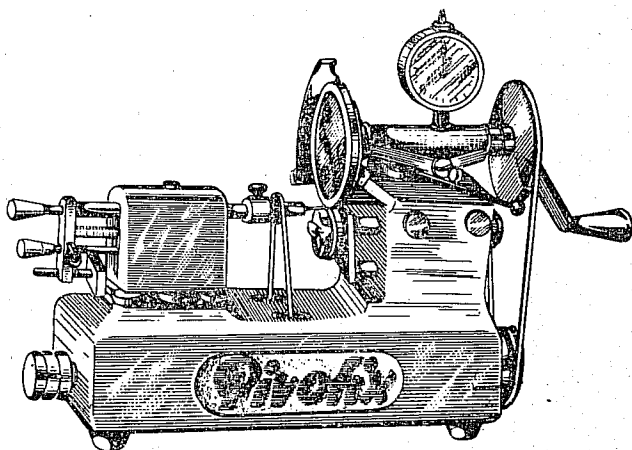
Praca na takiej czopiarce jest ułatwiona. Najpierw zakładamy zwykłą czopiarzkę do przystawki i tak dopasowujemy, aby tarcza stała prostopadle na wkładce łożyskowej. Następnie dobieramy do czopa odpowiednie łożysko wkładki, po czym przysuwamy ją do korpusu aż do oporu i zamocowujemy. Teraz nastawiamy tarczę śrubą nastawczą, tak aby lewa boczna powierzchnia tarczy i czółowa powierzchnia wkładki stanowiły jedną płaszczyznę.

Podczas zakładania koła na czopiarzkę, trzeba ruchome ramię z tarczą podnieść z łożyska wkładki, położyć czop w łożysku i przysunąć kiel wewnętrzny do drugiego czopa. Teraz kładziemy tarczę na czop, nastawiamy krążek zabierny i pokręcamy korbką.



Rys. 298. Czopiarzka „Rollimat”

W razie konieczności przydłużenia czopa kosztem długości środkowej części osi, tarczę wysuwamy śrubą nastawczą o tyle na bok, o ile czop ma być przydłużony, i zbieramy nadmiar metalu od góry. Dzięki temu nie ma niebezpieczeństwa złamania czopa.



Rys. 299. „Pivofix”

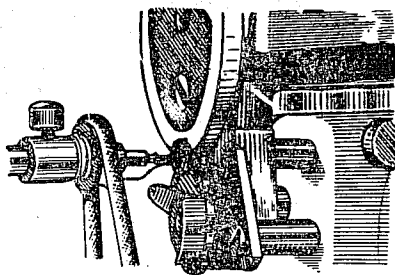
Podczas polerowania smarujemy czop olejem i często go czyścimy.

Oprócz wyżej opisanej przystawki buduje się obecnie także osobne czopiarki zmechanizowane, do których już nie potrzeba zwykłej czopiarki. Czopiarke taką, zwaną „Rollimat”, przedstawia rys. 298. Zbudowana jest

ona na tej samej zasadzie, co „Rollifit”. Można więc na niej czopy przydłużać, wyrównywać i polerować. Nadaje się ona także do polerowania czopów wałka sprężyny.

W roku 1951 na wystawie we Frankfurcie ukazała się czopiarka pod nazwą „Pivofix”. Widzimy ją na rys. 299, a na rys. 300 jej fragment podczas polerowania czopa. Wymienne jej tarcze — inne do czopów walcowych i inne do lejkowych — wykonane są całkowicie z węglików spiekanych, zbierają więc materiał nawet z najtwardszych czopów. Wbudowana w nią tarcza zaokrągleniowa umożliwia zaokrąglanie czopów. Czopiarka ta zaopatrzona jest w mikroczułnik, który daje możliwość sprawdzenia pracy z dokładnością do tysięcznej części milimetra.

Polerowanie na tej czopiarce jest zupełnie bezpieczne. Może się nią posługiwać także uczeń, bez obawy łamania czopów. Nawet bardzo twarde czopy o średnicy 0,22 do 0,07 mm można w jednym łożysku i tym samym sposobem gładko wypolerować. Oczywiście, że będą one dokładnie centryczne i walcowe.

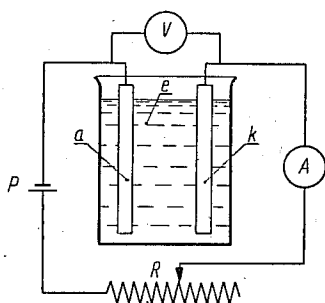


Rys. 300. Polerowanie na „Pivofixie”

Zasady działania

Dotychczas ma powszechne zastosowanie proces polerowniczy, polegający na zbieraniu i usuwaniu mikroskopijnych nierówności i rys sposobem mechanicznego ścierania za pomocą proszków i past polerowniczych.

Jak wiadomo, przy polerowaniu mechanicznym nie można usunąć drobnych nierówności, zanim grubsze nie zostaną wyrównane. Dlatego też ten rodzaj obróbki jest pracochłonny i w niektórych przypadkach nastęcza wiele trudności (np. w zastosowaniu do



Rys. 301. Schemat urządzenia do elektropolerowania

i — anoda, *k* — katoda, *e* — elektrolit, *A* — amperomierz, *V* — voltomierz, *R* — opornik regulowany, *P* — źródło prądu

(rys. 301) wypełnionej odpowiednim roztworem (elektrolitem). Jednak działanie jest całkiem odwrotne. Gdy mechanicznie przygotowany przedmiot zostanie zanurzony jako anoda *a* do wanny wypełnionej elektrolitem *e*, wtedy pod działaniem prądu o napięciu 5—25 woltów, gęstości 1—500 A/dcm² i odpowiedniej temperatury elektrolitu zachodzi rozpuszczanie wierzchołków chropowatości.

Po kilku minutach proces zostaje zakończony, a powierzchnie przedmiotu stają się gładkie i błyszczące; wymagają jedynie pewnych zabiegów utrwalających.

Teoretyczne podstawy samej istoty elektrolitycznego polerowania nie są jeszcze całkowicie ustalone do chwili obecnej, mimo że wielu uczonych poddawało to polerowanie szczegółowym badaniom. Postawili oni wprawdzie wiele teorii, jednakże z powodu wielkiej złożoności procesu elektropolerowania żadna z nich całkowicie go nie wyjaśnia.

metali miękkich, jak cyna, aluminium), albo też staje się całkiem niemożliwy (np. w zastosowaniu do przedmiotów małych lub o zawiłych kształtach, do wyrobów z drutu itp.). Nic więc dziwnego, że metodę polerowania elektrolitycznego przedmiotów metalowych przyjęto bardzo skwapliwie. W chwili obecnej jest już ono procesem stosowanym na skalę przemysłową i ma duże perspektywy rozwoju.

Polerowanie elektrolityczne jest to proces elektrochemiczny pozornie podobny do powlekania galwanicznego, tutaj bowiem tak samo przedmiot zanurzony zostaje w wannie

Zastosowanie, zalety i wady polerowania elektrolitycznego

Im powierzchnia jest gładsza, tym wyższa jest jej odporność na działanie korozji. Powierzchnia elektropolerowana jest więc odporniejsza na działanie korozji niż niepoddana tej obróbce. Stwierdzono, że elektrolitycznie polerowane przedmioty, np. ze stali nierdzewnej, skuteczniej przeciwstawiają się korozji niż polerowane mechanicznie.

Elektropolerowanie znalazło dość duże zastosowanie do nadawania przedmiotom efektownego wyglądu zewnętrznego. Stosuje się je szczególnie do przedmiotów ze stali nierdzewnej o złożonym kształcie, których obróbka mechaniczna sprawia niemałe trudności.

W celu otrzymania powierzchni nie tylko błyszczącej, lecz i gładkiej, konieczna jest wstępna obróbka mechaniczna.

Mylne byłoby mniemanie, że polerowanie elektrolityczne może w pełni zastąpić szlifowanie i polerowanie mechaniczne, jednakże należy przyznać, że polerowanie elektrolityczne umożliwia usunięcie takich nierówności, które pozostają na powierzchni szlifowanej papierem ściernym nr 320 (4/0).

Aby należycie ocenić korzyści, jakie przynosi polerowanie elektrolityczne, należy pamiętać, że polerowanie mechaniczne jest trudne i uciążliwe, wymaga od pracownika wielkiej umiejętności oraz stosunkowo długiego czasu — tym dłuższego, im większa jest powierzchnia polerowanego przedmiotu. Do tego możemy dodać trudność polerowania powierzchni krzywych, zmiany zachodzące w metalu pod wpływem nagrzewania się przy polerowaniu, zacieranie się miękkich materiałów i powstawanie na polerowanej powierzchni bezpostaciowej powłoki będącej przyczyną gorszego przylegania galwanicznych warstw ochronnych.

Polerowanie elektrolityczne natomiast nie wykazuje wyżej wymienionych wad polerowania mechanicznego, stwarza jednak innego rodzaju trudności. Jedną z nich jest konieczność stosowania odmiennych elektrolitów i odmiennych warunków polerowania do każdego metalu. Istnieją też trudności równego rozłożenia gęstości prądu na dużych płaszczyznach, co prowadzi do nierównomiernego wypolerowania.

Jakość wypolerowania zależy też w dużej mierze od czystości obrabianego materiału. Jeśli polerowany metal jest niejednorodny lub ma jakieś zanieczyszczenia (żużli, tlenków, zwalcowań itp.), to na powierzchni powstają miejscowe wyrwy, drobne punkciki lub ryski. Z tych powodów metoda elektrolitycznego polerowania (mimo wielu zalet) częstokroć nie może jednak całkowicie zastąpić metody mechanicznej. W niektórych przypadkach najlepsze wyniki osiąga się, stosując obydwie metody.

Ze względu na rezultaty polerowania elektrolitycznego, takie jak wysoki połysk przedmiotów, większa ich odporność na działanie korozji, niezależność czasu polerowania od wielkości powierzchni, jak również ze względu na możliwość jego stosowania do przedmiotów o dowolnych kształtach oraz otworów w przedmiotach, jest ono wprowadzane do coraz to nowych dziedzin przemysłu. W warsztacie zegarmistrzowskim jego przydatność nie bardzo jest oczywista. Jednak w przemyśle zegarowym, a zwłaszcza w fabrycznej wytwórczości kopert zegarkowych i innych polerowanych części, jest ono bezspornie lepsze i powinno być jak najszerszej stosowane ¹⁾.

5. MATOWANIE I TRAWIENIE

MATOWANIE METALI

Matowanie jest to proces usuwania połysku z powierzchni metalu. Jest więc ono jakby przeciwieństwem polerowania. Powierzchnia matowa rozprasza promienie świetlne, co daje piękne efekty dekoracyjne.

Matowaniu poddaje się najczęściej przedmioty z metali nieżelaznych, np. z aluminium, miedzi i jej stopów itp. Matowanie przedmiotów z żeliwa i stali stosowane jest rzadziej, gdyż matowy ich wygląd można otrzymać od razu przy mechanicznym oczyszczaniu ich powierzchni, np. przez szczotkowanie. Po takiej obróbce powierzchnia staje się nie tylko matowa, lecz również lekko szorstka.

Rozróżniamy matowanie mechaniczne, galwaniczne i chemiczne. Każda z tych metod prowadzi do powstania na powierzchni przedmiotu mikroskopijnych zagłębień, które zapobiegają równomiernemu odbiciu promieni świetlnych.

Matowanie mechaniczne uzyskuje się za pomocą szczotek drucianych lub w tzw. piaskownicach.

Szczotki do matowania sporządzone są zawsze z metalu twardszego od przedmiotu matowanego, przy czym do matowania srebra używa się szczotek sporządzonych z drutu stalowego, a do matowania złota — szczotek z drutu mosiężnego. Szczotki te, zwłaszcza do metali szlachetnych, mają wiązki druciane swobodnie poruszające się w pieścieniach, albo też umocowane sztywno, ale specjalnie długie. Szczotka z krótkimi drutami daje połysk.

Szczotki umocowuje się na szlifierkach, a matowanie przeprowadza się przy 300—600 obrotach szczotki na 1 minutę. Nie na-

¹⁾ Szczegółowe opisy można znaleźć w książce inż. Janusza Dobrowolskiego pt. „Polerowanie elektrolityczne”. PWT, Warszawa 1952.

leży tak silnie dociskać przedmiotu do szczotki, żeby się aż druty krzywiły. O powierzchnię przedmiotu powinny uderzać tylko same końce drutów szczotki, przy czym im grubszy drut, tym matowanie wypada bardziej szorstkie. Szczotkami z bardzo twardego drutu mosiężnego, sfalowanego osiąga się piękny półmat.

Przedmioty przeznaczone do matowania wtyka się w rozgrzaną podstawkę gutaperkową i po zastygnięciu gutaperki wodzi się nimi kilka sekund pod szczotką, polewając strumyczkiem wody.

Proces ten bywa czasem nazywany błędnie granulowaniem.

Matowanie galwaniczne przeprowadza się zwłaszcza na przedmiotach, które przed złoceniem lub srebrzeniem muszą być pomiedziowane. Przedmiot zanurza się wtedy na kilka sekund do kwaśnej kąpieli miedziowej przy napięciu prądu 1 wolta. Matowanie polega na tym, że miedź osadza się na powierzchni w postaci powłoki gruboziarnistej.

Matowanie chemiczne przeprowadza się różnymi związkami chemicznymi, zależnie od rodzaju matowanego metalu. Przedmioty srebrne matuje się w roztworze kwasu siarkowego lub też w roztworze kwaśnego siarczanu potasu z niewielkim dodatkiem nadmanganianu potasu. Dr Fr. Zastawniak w książce pt. „Złotnictwo i probiernictwo” podaje następujący skład roztworu: węglanu potasowego 250 g, boraksu 240g, azotanu potasowego 100 g, wody 3 litry.

Do tego roztworu, ogrzanego do temperatury wrzenia, zanurza się przedmiot na 10 minut.

Do matowania złota czerwonego sporządza się roztwór o składzie: soli kuchennej 100 g, ałunu potasowego 100 g, azotanu sodowego 200 g, wody destylowanej 4 litry.

Do kąpieli tej, ogrzanej do temperatury wrzenia, dodaje się kilka kropli stężonego kwasu solnego i zanurza w niej przedmioty, zawieszona na srebrnych drucikach. Po zamatowaniu przedmioty wyjmuje się z kąpieli i płucze naprzód w ciepłej, a następnie w zimnej wodzie.

Mieszana powierzchnię przedmiotu, tzn. w części matową, a w części lśniąca, uzyskuje się po pokryciu lakierem asfaltowym części, które mają pozostać błyszczące i polerowane.

Przedmioty ze złota żółtego sposobem chemicznym matują się bardzo trudno; należy je więc matować mechanicznie.

CHEMICZNE TRAWIENIE METALI

Proces usuwania tlenków z powierzchni metali, polegający na obróbce przedmiotów roztworami kwasów, kwaśnych soli lub alkaliów, nosi nazwę trawienia. Trawienie przeprowadza się metodą chemiczną lub elektrochemiczną. Ta druga metoda nie ma zastosowania w naszych warsztatach.

Chemiczna metoda trawienia polega na zwyczajnym zanurzeniu przedmiotów w odpowiedni roztwór kwasu lub alkaliów, które reagują z tlenkami danego metalu. W praktyce do trawienia stosuje się przeważnie roztwory kwasów.

Przed trawieniem należy powierzchnię metalu odtłuścić bądź mechanicznie przez szcietkowanie, bądź też chemicznie roztworami alkaliów, a potem wypłukać wodą.

Przez trawienie powstają na powierzchni metalu cieniowane plamki w kształcie schodków, dzięki wystąpieniu na jaw poszczególnych kryształków. Zależnie od położenia tych kryształków (które nie mogły się swobodnie utworzyć i dlatego nie przyjęły prawidłowych kształtów), wspomniane schodki mają niejednakowe płaszczyzny i różnie odbijają światło. Stąd wynikają te różnice jasności, które się zmieniają wraz z kątami obserwacji.

Do trawienia żeliwa i stali stosuje się przeważnie kwas siarkowy i solny. W zegarmistrzostwie rzadko zachodzi potrzeba tego zabiegu na stali, częściej bowiem mamy do czynienia z metalami nieżelaznymi.

Przez wytrawianie możemy przedmiotom z mosiądzu nadać ładny złoty kolor. Zanurza się je na kilka sekund w kwasie azotowym. Kwas azotowy z małą domieszką kwasu siarkowego pozwala osiągnąć inny odcień. Przedmioty przeznaczone do wytrawiania należy przedtem odtłuścić i opłukać w wodzie, a to dlatego, aby działanie kwasu było równomierne. Po wytrawieniu znowu szybko zanurzyć do wody, aby usunąć kwas. Im lepiej powierzchnia przedmiotów przeznaczonych do trawienia była wypolerowana, tym ładniejszy ma kolor. Aby kolor osiągnięty przez wytrawianie nie szerniał, powleka się mosiądz bezbarwnym lakierem nitrocelulozowym. Najpierw nagrzewamy nieco przedmiot, a następnie rozcieramy lakier miękkim pędzelkiem lub wata.

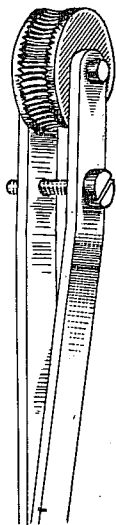
Wytrawianie srebra (zwłaszcza po lutowaniu na twardo, gdy stało się czarne) przeprowadza się w rozcieńczonym kwasie siarkowym, sporządzonym przez rozpuszczenie 20—50 g stężonego kwasu siarkowego w 1 litrze wody (kwas za silny daje czarne plamy). Chcąc proces przyspieszyć, trzeba zawartość gotować. W razie potrzeby należy wytrawianie i gotowanie wykonać kilkakrotnie.

Inny sposób wytrawiania srebra polega na gotowaniu przedmiotu w roztworze 30 g kamienia winnego i 50 g soli kuchennej w 1 litrze wody. Następnie czyszcimy przedmiot szczotką włosianą i rozczynek z 2 części amoniaku, 1 części spirytusu oraz proszku kredowego. Jeśli czarne plamy nie ustępują, czyszcimy mosiężną szczotką i kwaśnym piwem lub octem. Wyżej podanego rozczynek amoniaku używamy do zwykłego czyszczenia kopert do zegarków, lekko poczerniałych przedmiotów srebrnych itp.

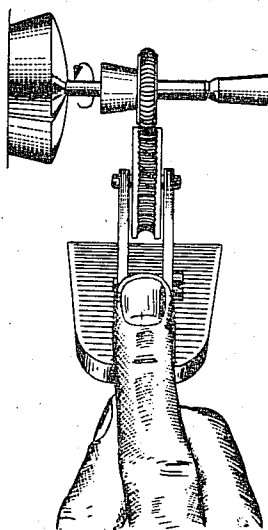
6. RADEŁKOWANIE

Radełkowanie, zwane jeszcze często „moletowaniem”, jest to karbowanie tej części przedmiotu, która ma służyć za chwyt dla ręki. Rękojeści obrabiarek i narzędzi pomiarowych, jak również pokrętki budzików, łby śrub i nakrętek ręcznie dokręcanych podlegają radełkowaniu, dzięki czemu powierzchnie ich stają się szorstkie i nie wyslizgują się z ręki.

Narzędzia do radełkowania, czyli radełka, są to krótkie waleczki ząbkowane, wykonane ze stali narzędziowej, zaharto-



Rys. 302. Radełko zegarmistrzowskie



Rys. 303. Radełkowanie na tokarce zegarmistrzowskiej

wane i osadzone obrotowo w oprawce. Radełkowanie polega na kilkakrotnym przesunięciu waleczków wzdłuż przedmiotu, przy czym każdorazowo należy je nieco dosunąć do niego.

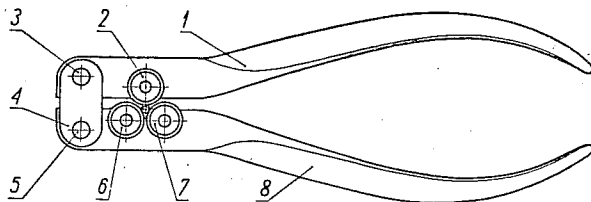
Jeśli radełka mają zęby proste, to uzyskujemy karby również proste; jeśli zaś radełka są skośnie ząbkowane, przy czym jedno ma skręt prawy, a drugie lewy — otrzymujemy powierzchnię karbowaną krzyżowo.

Pokrętka, nakrętki lub łby śrub możemy radełkować także na tokarce zegarmistrzowskiej radełkiem pokazanym na rys. 302. Przy radełkowaniu należy smarować olejem powierzchnię tnącą radełka i jego czopy.

Sposób radełkowania na tokarce pokazuje rys. 303. Narzędzie należy położyć na podstawce, wprowadzić w kontakt z radełkowaną nakrętką, docisnąć tak, aby ząbki radełka zagłębiały się w nakrętkę.

Od chwili rozpoczęcia radełkowania nie należy radełka odrywać od pracy aż do ukończenia, gdyż wtedy można zniszczyć zaczęte karby na nakrętce. Radełko odjęte na czas sprawdzania pracy, należy wprowadzać dokładnie w te same ząbki zaczętej nakrętki.

Przyrządem skonstruowanym przez mistrza zegarm. A. Zyberta z Warszawy można radełkować na tokarce długie i cienkie pręty, nawet o średnicy 1 mm, bez obawy ich skrzywienia, co



Rys. 304. Przyrząd do radełkowania na tokarce (konstr. A. Zyberta)
1, 8 — ramiona, 2, 6, 7 — radełka, 3, 5 — sworznie, 4 — poprzeczka

inną metodą nie zawsze da się osiągnąć. Pręt przeznaczony do radełkowania, uchwycony w tokarce, obejmuje się trzema radełkami 2, 6, 7 (rys. 304), osadzonymi obrotowo na czopach tkwiących w ramionach 1 i 8. Ponieważ ramiona te są połączone przegubowo poprzeczką 4 i sworzniami 3 oraz 5, więc radełka można do siebie zbliżyć przez zwykłe dociskanie ramiona jedną ręką.

Nowy sposób radełkowania, nie stosowany jeszcze w pracowniach zegarmistrzowskich, polega na wycinaniu rowków za pomocą skrawania, a nie wyciskania — jak to ogólnie się praktykuje. Narzędziami są dwa ząbkowane krążki stalowe, ustawione do siebie pod kątem prostym. Krążki te wywierają na obrabiany przedmiot stosunkowo mały nacisk, dzięki czemu tokarka nie podlega szkodliwym naprężeniom i możliwe się staje radełkowanie nawet materiałów elastycznych (guma) lub kruchych (żeliwo). Ponadto radełkowanie za pomocą takiego przyrządu trwa krócej, niż to było możliwe dotychczas, a średnica obrabianego przedmiotu nie zmienia się, gdyż nie ma znacniejszego nacisku na jego powierzchnię.

7. POKRYWANIE OBROBIONYCH POWIERZCHNI (POWŁOKI)

Celem pokrywania obrobionych powierzchni jest ochrona przed korozją¹⁾ albo upiększenie danej powierzchni, albo też jedno i drugie.

Powłoki mogą być:

- nakładane mechanicznie,
- wywoływane chemicznie lub ciepłno-chemicznie,
- wytwarzane elektrochemicznie (elektrolitycznie).

W zegarmistrzostwie są stosowane przede wszystkim powłoki metalowe.

PRZYGOTOWANIE POD POWŁOKI

Powierzchnia przedmiotu przeznaczonego do pokrywania musi być starannie i dokładnie przygotowana. Nakładane powłoki na ogół nie wyrównują i nie zakrywają nierówności lub rys podłoża. Inaczej mówiąc, im gładsze będzie podłoże, tym gładzsza i równiejsza powstanie na nim warstewka powłoki. Jeżeli mamy pokrywać taki przedmiot, na którego gładkości tak bardzo nam nie zależy, to przed pokryciem musimy powierzchnię przynajmniej starannie oczyścić z brudu, rdzy, tłuszczu i innych zanieczyszczeń.

Oczyszczanie mechaniczne i chemiczne

Metale pokryte brudem i tlenkami (zardzewiałe, zaśniedziałe) oczyszcza się mechanicznie lub chemicznie. Czyszczenie mechaniczne odbywa się stalowymi skrobaczkami albo szczotkami z drutu stalowego lub mosiężnego. Powierzchnie polerowane oczyszcza się tylko szczotkami szczecinowymi, maczanymi w wodzie z kredą lub wapnem. Zamiast tej mieszanki używa się również wody mydlanej, słabych roztworów (2—3%) sody, potażu i fosforanu trójsodowego. Do przedmiotów z metali łatwo ulegających działaniu roztworów alkalicznych lepiej jest stosować rzadką papkę z dobrze rozdrobnionej czystej kredy i wody.

Prostym sposobem usuwania niedużej ilości rdzy z małych części zegarowych jest wytarcie przedmiotu szmatką zwilżoną

¹⁾ O korozji pisaliśmy w cz. 2 „Zegarmistrzostwa” na str. 28—31.

w nafcie. Jeśli są głębsze wżery, trzeba całą powierzchnię przeszlifować.

Tlenek miedzi (grynszpan) z zegarowych części mosiężnych usuwamy przez zanurzenie ich w stężonym kwasie azotowym lub przez zmywanie amoniakiem.

Grubsze warstwy tlenku lepiej jest usuwać mechanicznie, a więc zeszkrobać i wyszlifować papierem ściernym.

Ostateczne oczyszczenie przedmiotów ze szkodliwych warstwek tlenków, przed nakładaniem powłok uzyskujemy trawieniem — o czym już mówiliśmy.

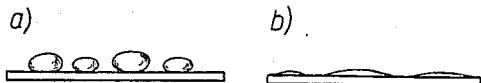
Od tłuszczanie

Przed nakładaniem powłok metalowych, a szczególnie przed galwanizowaniem, trzeba koniecznie powierzchnię odtłuścić. Jeśli przedmiot zaraz po polerowaniu będziemy pokrywać, wytrawianie możemy pominąć i bezpośrednio przejść do odtłuszczenia.

Zabieg ten jest bardzo ważny i istotny, gdyż miejsca zatłuszczone zostaną nie pokryte, albo też pokryte tak słabo, że powłoka ulegnie bardzo szybko złuszczeniu.

Technika zna bardzo dużo rodzajów rozpuszczalników tłuszczów, jednak w praktyce używa się tylko kilku, gdyż rozpuszczalnik powinien być tani, nietrujący, niepalny oraz nie powinien działać szkodliwie na powierzchnię odtłuszczonego przedmiotu.

Rys. 305. Woda na powierzchni: a) zatłuszczonej, b) odtłuszczonej



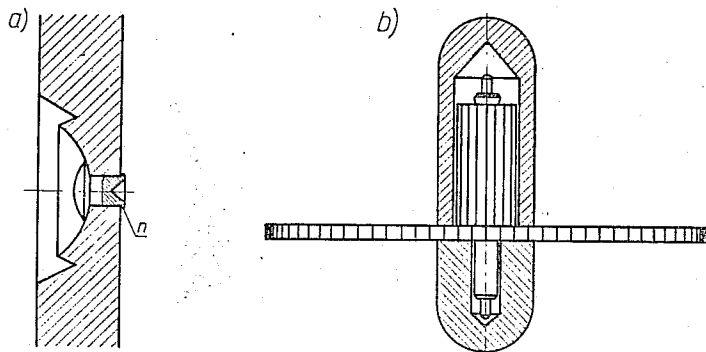
Przedmioty metalowe odtłuszczać można lekką benzyną, trójchloroetylenem (tzw. „tri”), bądź też wapnem gazowym. Ze względu na prostotę oraz dobre wyniki można stosować właśnie wapno.

Przedmiot wypolerowany nacieramy starannie papką z wapna i wody. Następnie splukujemy go wodą i obserwujemy, czy cała powierzchnia jest równomiernie zwilżana. Jeśli woda zbiera się w postaci plam lub kropeł, świadczy to, iż te nie zwilżone miejsca są jeszcze zatłuszczone. W takim przypadku całą tę powierzchnię nacieramy ponownie wapnem, po czym splukujemy i obserwujemy zachowanie się warstewki wody.

Po wyjęciu z wody przedmiot powinien być cały mokry (rys. 305 b). Jeżeli tworzą się na nim suche, tłuste plamy (rys. 305 a), to znak, że odtłuszczenie jest niezupełne i trzeba je powtórzyć.

Inne przygotowania

Przed elektrolitycznym nakładaniem powłok, np. na płyty zegarowe, należy pousuwać wszystkie części stalowe, a otwory łożyskowe, nie zaopatrzone kamieniami, trzeba zanitować miękkimi (srebrnymi) nitami (rys. 306 a). Przed wybijaniem takich nitów zakuwkę n usuwa się pogłębiaczem.



Rys. 306. Ochrona: a) otworów w czasie nakładania powłoki, b) zębników przy pozłacaniu zanitowanych kół

Nie można też liczyć na to, że złotnik czy galwanizer poprawi oszlifowanie lub opolerowanie przedmiotu. Trzeba wszystko samemu wykończyć i przygotować przed oddaniem do nałożenia powłoki. Stalowe zębniki, na których zanitowane są koła, trzeba ochronić szczelnymi kapturkami (rys. 306 b).

Mniej pewnym zabezpieczeniem jest polakierowanie stalowych części.

POWŁOKI NAKŁADANE MECHANICZNIE

Wśród środków chroniących przed korozją najbardziej są rozpowszechnione w świecie technicznym ochronne pokrycia metali powłokami z lakieru, farby, emalii lub smaru. Stanowią one pod względem ciężaru 90% wszystkich powłok. W zegarmistrzostwie rzadziej są stosowane.

Pokrywanie smarami

Smarami chroni się przed korozją atmosferyczną gotowe wyroby i nie lakierowane części maszyn przechowywane w składach i w czasie transportu. Stosuje się gęste smary, jak wazelinę i smar przeciwkorozyjny.

Malowanie

Malowanie jest jednym z najtańszych i najdogodniejszych sposobów pokrywania przedmiotów powłoką ochronną. Do malowania używamy lakierów, farb lub emalii.

W sprzedaży znajdują się farby w postaci cieczy, proszków lub past. Gotowe farby składają się z pigmentu, spoiwa, rozpuszczalnika, rozcieńczalnika i wypełniacza. Pigmenty są to pewne mielone minerały i ciała organiczne; spoiwem może być wapno, klej, kazeina, szkło wodne, cement, oleje lub pokost; do rozpuszczalników zaliczamy wodę, pokost, terpentynę, spirytus, eter lub aceton; wreszcie wypełniacze są to materiały potrzebne w tym celu, aby farba „kryła” malowany przedmiot, tj. aby nie prześwitał przez nią kolor, na który przedmiot był uprzednio pomalowany; wypełniaczami są np. kreda, ton lub szpat ciężki.

Farby olejne sporządza się w ten sposób, że proszek rozciera się z pokostem na gęstą papkę, a następnie dodaje się stopniowo tyle pokostu, aby uzyskać mieszaninę dającą się rozsmarowywać pędzlem. Jeśli powłoka ma być szczególnie cienka, to farbę miesza się jeszcze z terpentyną, benzyną, benzolem lub tp.

Do malowania nie potrzeba przedmiotu odtłuszczać, ale trzeba z niego usunąć wszelki brud, a przede wszystkim rdzę, która utrudnia dobre łączenie się farby z metalem. A jeśli pomaluje się przedmiot zardzewiały, to tym wcale nie powstrzyma się dalszego procesu korozji — farba niedługo zacznie pękać i odpaść.

Zanim szorstką i dużą powierzchnię pociągniemy farbą lub lakierem, należy wszystkie nierówności „zagruntować” szpachlówką. Może ona być olejna, klejowa lub nitrocelulozowa. Szpachlówka olejna składa się zasadniczo z bieli cynkowej i kredy, rozmieszanych 2 częściami pokostu, 3 cz. oleju terpentynowego lub lakieru fabrycznego i 1 cz. suszki. Szpachlówkę klejową kupuje się gotową. Skład szpachlówki powinien być przystosowany do podłoża i do lakieru, który ma się nałożyć.

Szpachlówkę — po ewentualnym dodaniu oleju terpentynowego, tak by była dostatecznie miękka — rozprowadza się elastyczną szpachlą. Po kilku godzinach miejsca szpachlowane zwilża się wodą i szlifuje pumeksem lub płótnem ściernym.

Farba antykorozyjna chroni przedmiot w dwojaki sposób:

- 1) przez mechaniczne odizolowanie powierzchni metalu i całkowite lub częściowe zabezpieczenie jej przed korozyjnym działaniem wilgoci, tlenu i innych szkodliwych substancji z otoczenia;

- 2) przez hamujące działanie na procesy korozji pewnych swych części stałych, zwanych pigmentami, które przeprowadzają powierzchnię metalu w stan pasywny.

Malowanie odbywa się przez nakładanie dwu lub więcej warstw farby. Zasadnicze znaczenie ma nakładanie pierwszej warstwy, tj. **gruntowanie**. Używa się do tego najczęściej minii rozpuszczonej w pokoście, z dodatkiem terpentyny. Nakładać należy cienką warstwę — najodpowiedniejsze są tu pędzle z miękkim włosiem.

Zaponowanie

Ogólnie biorąc, zegarmistrz używa dwu rodzajów lakierów: zaponowego (caponlaku) i spirytusowego.

Lakiery zaponowe zostały wprowadzone jako namiastki lakierów spirytusowych, opartych na żywicach naturalnych i przeznaczonych do lakierowania powierzchni metalowych. Bezbarwne lub też zabarwione (transparentowe) lakiery zaponowe są rozтворami nitrocelulozy o wielkiej lepkości.

Lakiery zaponowe odznaczają się zdolnością pokrywania powierzchni metalowych nadzwyczaj cienką błoną, doskonale przylegającą do podłoża i prawie niewidoczną. Błona lakieru zaponowego jest znacznie twardsza niż błona lakieru spirytusowego i z tego względu lakiery te nadają się przede wszystkim do lakierowania precyzyjnej aparatury metalowej, a m. in. mechanizmów zegarowych.

Lakier zaponowy można by samemu sporządzić z odpadków celulozoidu, rozpuszczając je w acetonie, a rozcieńczając octanem amylu. Jednakże samodzielne sporządzanie tego lakieru nie jest praktyczne, gdyż dla uzyskania zupełnej klarowności musi on się odstawać i klarować całymi tygodniami, a przecież w składach można go bardzo tanio kupić.

Przygotowanie powierzchni do zaponowania polega na oszlifowaniu. Niektóre tarcze zegarowe po szlifowaniu posrebrza się, a później zaponuje. Przed zaponowaniem należy powierzchnię odtłuścić, po czym nie należy już dotykać jej gołymi rękami, by nie powstawały tłuste plamy, które uniemożliwią pokrywanie lakierem.

Lakier zaponowy nakłada się szerokim pędzlem, możliwie z włosia wielbłądźiego lub innego miękkiego.

Drugi sposób — zanurzenie przedmiotu w lakierze zaponowym, a trzeci — natryskiwanie pistoletem pneumatycznym.

Przedmiot z różnymi załamaniem umocowuje się na drucie lub sznurku i po zanurzeniu porusza się nim energicznie, by lakier wszedł we wszystkie szczeliny. Po wyjęciu wstrząsa się nim w jednym kierunku, by lakier dobrze ściekł. Smugi lakieru dowodzą, że jest on za rzadki. Przedmiot przed lakierowaniem powinien być zupełnie suchy, a otaczające powietrze niewilgotne.

Zaponowanie części zegarowych jest konieczne, zwłaszcza dla krajów tropikalnych, w których istnieje duża różnica między temperaturą dzienną a nocną, wskutek czego przedmioty metalowe łatwo się pocią, co sprzyja rdzewieniu i oksydowaniu.

Płyty zegarowe podczas zaponowania najłatwiej trzymać za filarki lub za śruby zamocowane w otworach do filarków. Koła, zębniaki, dźwignie itp. można wkładać w krawędź tektury gofrowanej do pakowania, zwiniętej w krótką rurkę, i tam pozostawić je do suszenia. Przy zaponowaniu łożysk wkretów posługujemy się także tekturą gofrowaną, tylko o drobniejszych karbach, a tym samym i drobniejszych otworach, by wkrety nie „topiły się”. Powierzchni pracujących nie zaponuje się.

Wady powłok zaponowych powstają najczęściej wtedy, gdy lakier zawiera wodę i kwasy. Tworzą się wówczas brązowe lub zielone naloty, a nawet powłoka odpryskuje.

Przyczyną zabarwienia się powłoki zaponowej może być za cienka jej warstwa, za silne dociskanie pędzla, za duża ilość rozcieńczalnika, niepełne odtłuszczenie zaponowanej powierzchni lub dotknięcie spoconymi palcami.

Z powodu silnego zapachu zwykle podczas zaponowania otwiera się okna pracowni, wskutek czego może dostawać się kurz i wilgoć, które bardzo ujemnie wpływają na lakierowane miejsca.

Przedmioty pomalowane lakierem zaponowym wydają się suche już po kilku godzinach. Trzeba jednak pozostawić je aż do stwardnienia lakieru.

Po malowaniu płyt i mostków trzeba pamiętać o dokładnym usunięciu lakieru z łożysk i zagłębień smarowych. Nierówno rozprowadzoną warstwę lakieru można po wyschnięciu zetrzeć miękką gumą do ołówka, a potem to miejsce ponownie zazaponować. Dobrze polakierowane przedmioty mogą miesiącami znajdować się np. w oknie wystawowym i nie ulegną korozji.

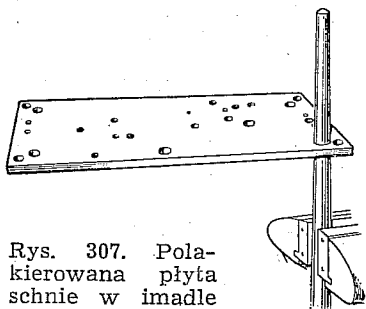
Gdy zachodzi potrzeba usunięcia zaponowanej powłoki, lepiej jest nie stosować środków chemicznych (cyjankali lub octanu amylu), ale wygotować przedmiot w ciągu 10 minut w wodzie z dodatkiem 10% sody.

Lakierowanie

Części zegarowe lakierujemy zwykle lakierem szelakowym (np. łyżka szelaku w 100 g spirytusu denat.). Przed lakierowaniem należy części podgrzać do ok. 50 °C. I tu najlepiej używać pędzla z wielbłądziej sierści, szerokiego 2—3 cm, pociągając nim zawsze w jednym kierunku. W czasie lakierowania najwygodniej jest trzymać płytę na pilniku gładziku, a następnie zakręcić ją w imadle dla obeschnięcia (rys. 307).

Pędzel wskazany jest raczej nieco większy. Lakieru (dostatecznie płynnego) lepiej jest nabierać po trochu, aby nie kapał z pędzla i aby łatwiej dawał się rozcierać. Należy lakierować szybkimi, długimi pociągnięciami raz koło razu. Metale pokrywa się dwiema lub trzema warstwami lakieru „na krzyż” (podobnie

pokrywamy farbą), przy czym należy koniecznie suszyć każdą warstwę przed nałożeniem następnej.



Rys. 307. Polakierowana płyta szkieł w imadle

Emaliowanie

Emalią nazywamy szkliwo, którym pokrywa się wyroby szklane, ceramiczne lub metalowe w celach zdobniczych lub ochronnych. W zegarmistrzostwie emaliowanie znalazło zastosowanie do wyrobu tarcz zegarkowych.

Dawniej wytwarzano tarcze prawie wyłącznie emaliowane. Obecnie tarcz już się nie emaliuje, ale produkuje się jeszcze w Szwajcarii emaliowane obudowy luksusowych zegarów kominkowych.

Emalie sporządza się z łatwo topliwego szkła ołowiowego (w temperaturze ok. 1250 °C) z zawartością boraksu, sody i dodatkami tlenków metali, które dają odpowiednie zabarwienie. Tak np. dodatek tlenku cyny daje emalię mlecznobiałą, tlenku kobaltu — niebieską, tlenku żelaza — czerwoną, tlenku miedzi — zieloną.

Emalię nakłada się na gorące przedmioty w postaci proszku, po czym doprowadza się ją w piecu do stanu półpłynnego, a po ostudzeniu szlifuje się i poleruje. Małe przedmioty po rozgrzaniu można też zanurzyć w proszku, a później przez dogrzanie dalej roztopić. Niekiedy powłoki lakierowane nazywane są mylnie emaliowanymi¹⁾.

Natryskiwanie

W pracowni zegarmistrzowskiej natryskiwanie powłok zasadniczo nie ma zastosowania. Ponieważ jednak technika ta jest coraz szerzej praktykowana (np. obudowy radzieckich budzików

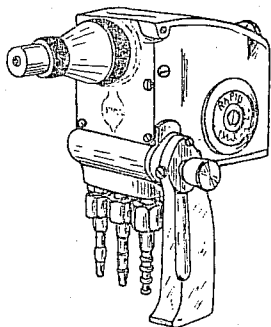
¹⁾ Chcących bliżej zaznajomić się z zagadnieniem emaliowania odsyłamy do książki Dr Fr. Zastawniaka, pt. „Złotnictwo i probiernictwo”, WPLiS, Warszawa 1956 r., w której na str. 182—190 jest opisana technika emalierska oraz technika niello (2—63).

11-kamieniowych „Mir”), przeto pokrótce omówimy i ten sposób nakładania powłok.

Natryskiwane są nie tylko farby i lakiery, ale i metale oraz tworzywa sztuczne. Pokrywanie przedmiotów warstwą metalu za pomocą natryskiwania zastosował po raz pierwszy w roku 1910 dr Schoop; właściwy rozwój metalizacji natryskowej datuje się jednak dopiero od 1923 r.

Podstawową część przedstawionego na rys. 308 pistoletu stanowi dysza, przez którą powoli się wysuwa drut metalowy. U wylotu dyszy drut ten zostaje silnie ogrzany płomieniem palnika

tlenowo-acetylenowego i w panującej tam temperaturze około 1500 °C stapia się. Jednocześnie z dyszy wylatuje silny strumień sprężonego powietrza, który porywa cząsteczki płynnego metalu, rozpyla je i przenosi na metalizowaną powierzchnię.



Rys. 308. Pistolet do metalizacji natryskowej

Nakładanie powłok metalowych przez zanurzenie

Powłoki uzyskiwane sposobem zanurzenia są nierówne, zwykle za grube, a więc zbyt kosztowne. Nadto metalizacja przez zanurzenie naraża na zatrucia i oparzenia oraz wymaga ciężkiej aparatury. Wobec tego obecnie rzadziej bywa stosowana.

Powłokę metalową można uzyskać przez zanurzenie w metalu roztopionym lub w jego roztworze.

Przy metalizowaniu w roztworze decydującą rzeczą jest tzw. „napięciowy szereg metali”. Szereg ten zachowuje się w następującej kolejności: *aluminium — cynk — kadm — cyna — ołów — żelazo — nikiel — kobalt — miedź — srebro — złoto — platyna*. Jeżeli więc do roztworu soli miedziowej (siarczanu miedzi) zanurzamy kawałek cynku, wówczas miedź osadza się na cynku, a część cynku przechodzi do roztworu, czyli metal mniej szlachetny wybiera zawsze metal bardziej szlachetny z roztworu jego soli. Jednak kąpiele takie bardzo szybko zanieczyszczają się obcymi metalami, które są w nich zanurzane.

Powstałe w ten sposób powłoki są cienkie i nietrwałe, a nie dają się pogrubić przez dłuższe przetrzymywanie, gdyż po wytworzeniu się pierwszej, cienkiej warstwy, następuje równowaga w kąpeli i reakcja chemiczna ustaje. Metoda ta ma zastosowanie tylko tam, gdzie chodzi o szybkie a tanie upiększenie przedmiotów.

Barwienie metali

Do chemicznego wywoływania powłok zaliczamy przede wszystkim chemiczne barwienie metali. Polega ono na tym, że powierzchnia metalu pod wpływem chemikaliów zamienia się w zwartą i nierozpuszczalną powłokę tlenków o różnym zabarwieniu. W niektórych przypadkach należy przedmiot lub płyn trawiący podgrzać — stąd powłoki wywoływane cieplno-chemicznie. Zabiegi te nazywane są różnie: *pasywowanie*, *czernienie*, *oksydowanie*, *patynowanie* itp.

Powłoki uzyskane tym sposobem są zwykle bardzo cienkie i dlatego mało odporne na silniejsze urazy mechaniczne lub działania korozyjne. Jednakże stosowane są wszędzie tam, gdzie zależy na zachowaniu bez zmiany pierwotnych wymiarów części różnych precyzyjnych przyrządów.

Powłoka powstaje przez chemiczne współdziałanie powierzchni metalu z odpowiednio dobraną kąpielą. W wyniku reakcji warstwa metalu przetwarza się na tlenki lub inne związki, które silnie wiążą się z podłożem. Chociaż powłoki te są mało odporne na korozję oraz na ścieranie, zadrapanie itp., to jednak są one stosowane zwłaszcza do przedmiotów produkowanych masowo; metody te są tanie, zużywają mało surowców, nie wymagają kosztownych urządzeń.

Zasadniczym warunkiem barwienia jest dobre przygotowanie części barwionych przez dokładne oczyszczenie i odtłuszczenie szlifowanych, a nawet polerowanych przedmiotów. Środki barwiące muszą być dobrej jakości, a przede wszystkim świeże.

Należy do tego używać naczyń szklanych, emaliowanych lub kamionkowych. Do niektórych kąpielei nadają się także naczynia żelazne.

Kąpiele powinny działać równomiernie na całą powierzchnię metalu. Po zabarwieniu przedmiotu bardzo ważne jest dokładne spłukanie go czystą wodą, by usunąć resztki chemikaliów ze wszystkich szczelin i załomów. Następnie przedmioty suszy się w nieżywiczych trocinach lub ciepłym (ogrzanym) powietrzu, a w końcu poleruje się zwykle szcetkami. Barwione przedmioty przed oddaniem do użytku powleka się mieszaniną wosku i benzyny lub terpentyny, albo się je zaponuje, ażeby zabezpieczyć zbyt cienką powłokę przed silniejszą korozją.

Chemikalia, choćby w słabym rozcieńczeniu, są niebezpieczne dla ran otwartych, a nawet i życia. Po użyciu takich roztworów ręce i narzędzia oraz naczynia trzeba dokładnie wypłukać. Nigdy zaś nie należy zostawiać ich w nie oznaczonych naczyniach, gdyż może to prowadzić do śmiertelnych wypadków. Butelki z trują-

cymi płynami muszą być koniecznie oznaczone odpowiednimi napisami i możliwie trzymane w oddzielnej szafce ze środkami trującymi. Zaleca się też pracować w gumowych rękawiczkach.

Barwienie aluminium. Aluminium możemy zabarwiać chemicznie na kolor *szary, zielony i czarny*. Do uzyskania koloru szarego lub zielonego skład kąpeli powinien być następujący: wody 1000 g, wodorotlenku sodowego 20 g, dwuchromianu potasowego 10 g. Odłuszczone i wytrawione przedmioty zanurza się we wrzącym roztworze. Najpierw występuje na przedmiotach kolor szary, który po dalszym gotowaniu przechodzi w jasnozielony.

Do wywołania czarnego koloru kąpiel ma skład następujący: spirytusu denaturowanego 1000 g, trójchlorku antymonu 100 g, podtlenku manganu 50 g.

Po zabarwieniu przedmioty należy wypłukać, wysuszyć i pokryć bezbarwnym lakierem lub przynajmniej natrzeć tłuszczem.

Barwienie cynku. Na kolor *brunatny* zabarwiamy dobrze oczyszczony przedmiot cynkowy przez włożenie go do roztworu o następującym składzie: wody 1000 g, amoniaku 60 g, siarczanu miedziowego 60 g, chlorku amonowego 30 g.

Kolor *czarny* występuje na cynku natychmiast po zwilżeniu go zimnym roztworem o następującym składzie: wody 100 g, siarczanu miedziowego 150 g. Również na kolor czarny można zabarwić w następującej mieszance: 100 g chlorku antymonu w 1,15 litra alkoholu z dodatkiem 62,5 g kwasu solnego. Trzeba nią przedmiot napędzować, następnie obetrzeć szmatką i znowu napędzować, a po wysuszeniu w temperaturze wyższej niż pokojowa posmarować olejem. Przedmiot będzie lśniącoczarny.

Barwienie miedzi. Najróżnorodniejsze i najtrwalsze zabarwienia można otrzymać na miedzi i jej stopach. Dlatego często przedmioty stalowe pokrywamy galwanicznie miedzią i dopiero potem barwimy na dowolny kolor.

Kolor *zielony* można wytworzyć na miedzi za pomocą różnych zabiegów, nieraz bardzo złożonych. Najczęściej jednak używa się do tego kąpeli o składzie następującym: amoniaku 1000 g i węglanu miedzi 200 g; lub wody 1000 g, chlorku amonu 10 g i azotanu miedzi 30 g. W płynie tym macza się szmatkę i naciera przedmiot miedziany tak długo, aż przybierze żądany kolor zielony. Działanie kąpeli można przyspieszyć przez ogrzanie przedmiotu. Oczywiście przedmiot przed barwieniem powinien być oczyszczony i odłuszczony.

Kolor *czarny* można wywołać na miedzi przez zwilżanie jej roztworem siarczku potasu (wątroby siarczanej) z dodatkiem chlorku amonu. Skład tej często stosowanej kąpeli jest następujący: wody 1000 g, chlorku amonu 10 g i siarczku potasu 20 g.

Głęboki czarny kolor występuje na miedzi, gdy opalamy ją nad ogniem, zwilżywszy przedtem roztworem zawierającym: wody 150 g, azotanu miedziowego 400 g i azotanu srebrowego 2 g.

Istnieje wiele przepisów na wytwarzanie powłok naśladujących piękną patynę na miedzi. W naszych pracowniach nie zachodzi potrzeba patynowania, dlatego ich nie podajemy.

Barwienie brązu. Z brązu najczęściej wykonuje się ozdobne figurki, medale, plakety itp. Bardzo często brąz za pomocą odpowiednich kąpeli zabarwia się na kolor *jasnozielony*, nadający mu wygląd antyczny. Jedną z nich ma skład następujący: wody 1000 g, azotanu wapniowego 20 g, chlorku rtęciowego 30 g, siarczanu cynkowego 30 g.

Na kolor *czarny* barwimy brąz w kąpeli o składzie takim samym, jaki ma kąpiel do barwienia miedzi na czarno.

Barwienie mosiądzu. Przedmiotom mosiężnym nadajemy najczęściej kolor *jasnobrązowy*, zbliżony do naturalnej barwy brązu. Kolor ten wywołujemy przez zanurzenie w kąpeli o następującym składzie: wody 1000 g, chloranu potasowego 80 g i siarczanu miedziowego 150 g.

Na kolor *ciemnobrązowy* barwimy przedmioty mosiężne, gotując je w następującym roztworze: wody 1000 g, siarczanu miedziowego 45 g, ałunu potasowego 20 g i octanu miedziowego 65 g.

Kolor *ciemnobłękitny*, imitujący stare srebro, przybiera mosiądz po dostatecznie długim gotowaniu go w roztworze o składzie: wody 1000 g, tiosiarczanu sodowego 125 g, octanu ołowiewego 40 g.

Sposób zabarwienia mosiądzu na *czarno* jest następujący: Rozpuścić 5 g srebra próby 750 w 20 cm³ kwasu azotowego. Rozgrzany do brązowego koloru przedmiot zanurzyć na kilka sekund w tym roztworze, powtórnie zagrzać i znowu zanurzyć. Powtarzać tę czynność aż do uzyskania głębokoczarnej powłoki. W końcu przedmiot natrzeć olejem lnianym. W ten sposób uzyskuje się czarną powłokę również na nowym srebrze, miedzi i jej stopach.

Barwienie stali. Nalot *niebieski*, występujący na stali podczas jej nagrzewania, jest także wywoływany czasami w celu jej zabarwienia. W takim przypadku chodzi nam o to, żeby barwa nalotowa była rozłożona możliwie jednakowo na całym przedmiocie. Ponieważ barwa ta powstaje przez tworzenie się cienkiej powłoki tlenku, więc jest ona funkcją grubości tej powłoki; jej uzyskanie i równomierność zależy przede wszystkim od równomiernego ogrzewania przedmiotu i równomiernego dostępu powietrza. Dlatego też konieczne jest dokładne oczyszczenie i odtłuszczenie barwionej powierzchni. Sposoby nagrzewania mogą być takie same jak przy odpuszczaniu stali. Częściej jednak stosuje się tu nagrzewanie w gorących kąpielach, które także wpływają na jakość i barwę powłoki.

Jeżeli chcemy zabarwić tylko część przedmiotu, to miejsce, które ma pozostać nie zabarwione powlekamy warstwą mydła albo grubszą warstwą piany mydlanej. Taka warstwa mydlana uniemożliwia dostęp powietrza i tworzenie się barwy.

Jeśli zaś mamy zabarwić tylko jedno miejsce większej powierzchni, to ogrzewamy je stożkowym płomieniem z dmuchawki zegarmistrzowskiej.

Czasami zachodzi potrzeba usunięcia barwy nalotowej z części lub z całego przedmiotu. Można tego dokonać rozcieńczonym kwasem azotowym, siarkowym, solnym lub silnym octem, a następnie miejsce to spłukać benzolem lub denaturatem, albo nawet wodą. Kwas siarkowy pozostawia ciemne cienie; lepszy jest kwas solny.

Jeżeli chcemy zabarwiać na *ciemnoniebiesko* np. wskazówki zegara, zwłaszcza takie, które zaczęły rdzewieć, należy je przede wszystkim dokładnie wyszlifować, następnie cienko posmarować olejem lnianym i ostrożnie ogrzewać nad płomieniem, tak aby olej zaczął lekko dymić, a wówczas wskazówka otrzyma ciemnoniebieski, prawie czarny kolor. Zamiast oleju można użyć wosku. Jednakże tak olej, jak i wosk należy lekko podgrzewać, by się nie spalił. Ciemnoniebieski nalot otrzymuje też przedmiot stalowy przez zanurzenie go w gotującym się oleju lnianym.

Nalot *niebieskawy* można otrzymać, zanurzając przedmiot we wrzącym roztworze, który przygotowujemy w następujący sposób: w jednym litrze wody rozpuścić 140 g siarczyny sodu, w drugim — 35 g octanu ołowiu, obydwa roztwory zmieszać i zagotować. Po pojawieniu się barwy przedmiot wyjąć i wysuszyć w ciepłym powietrzu.

Nalot *brązowy* otrzyma wypolerowany przedmiot stalowy, jeżeli się go natrze tłuszczem zwierzęcym lub roślinnym (np. olejem lnianym) i wygrzeje w ciągu godziny w temperaturze 200—400 °C. W końcu należy przedmiot wypolerować kawałkiem drewna.

Inny sposób barwienia stali na brązowo stosuje się głównie do ozdobnych wyrobów. Przedmioty przygotowuje się przez szcztokowanie, odfuszczenie w ługu i polerowanie wapnem wiedeńskim, a następnie nacierania się cieczą o składzie: 70 g krystalicznego chlorku żelazowego, 10 g chlorku żelazowego, 2 g chlorku rtęci (sublimat) i 1 litr wody zakwaszonej kilku kroplami kwasu solnego. Potem umieszcza się przedmiot na $\frac{1}{2}$ godziny w ciepłym miejscu. Pod wpływem ogrzewania tworzy się nalot, zrazu *ciemnozielony*, a następnie *czerwonopbrunatny*. Wówczas przedmiot zawieszają na 30–40 minut w parze wodnej. Następnie szcztokuje się go na mokro miękką szcztoką drucianą i jeszcze raz lub dwa razy powtarza cały zabieg od początku. Po ostatnim naporowaniu wykończa się przedmiot, szcztokując go na sucho twardszą szcztoką dopóty, dopóki nie nabierze trwałego, ognistego połysku. Zwykle przeciera się go jeszcze wełnianą szmatką, nasyoną gorącym olejem lnianym, aby zatkać maleńkie, niedostrzegalne gołym okiem pory, dla zabezpieczenia przed rdzewieniem. Wreszcie zmywa się przedmiot wodą mydlaną i w końcu suszy.

Sposób barwienia na czarno jest taki sam jak barwienia na ciemnoniebiesko, o którym już wspominaliśmy. Dokładnie oczyszczony przedmiot naciera się cienko surowym olejem lnianym i ogrzewa nad nie dymiącym ogniem do 400 °C, przez co powstaje powłoka tlenku żelazowego. Odporność tej powłoki na rdzę zwiększy się, jeśli zabieg ten powtórzymy kilkakrotnie. Po opaleniu przeciera się przedmiot nawoskowaną szmatką.

Tablica 19

**Składniki płynów barwiących stal na czarno
w gramach**

Nr recepty	Woda	Denaturat	Eter sale- trzany	Kwas solny	Kwas azotowy	Chlorek					Salmiak	Siarczan żelaza	Siarczan miedzi
						żelaza	miedzi	rtęci	bizmutu	anty- monu			
1	1000	100	—	120	—	—	20	40	20	—	—	—	—
2	1000	100	—	100	—	—	20	50	25	—	—	—	—
3	1000	—	—	—	—	—	—	50	—	—	50	—	—
4	1000	—	10	—	15	—	—	4	—	30	—	50	20
5	1000	90	—	—	5	35	—	—	—	—	—	—	—
6	1000	30	—	—	20	75	—	—	—	—	—	—	5
7	1000	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	12
8	1000	50	—	—	75	150	—	—	—	—	—	—	30

Inny sposób czernienia stali polega na stosowaniu płynów, które sporządzamy ze składników podanych w tablicy 19. Przedmiot należy wypolerować, odfuszczyć wapnem wiedeńskim za pomocą szcztoki z cienkiego drutu, przemyć, wysuszyć i pokryć jednym z płynów za pomocą gąbki lub szmatki. Następnie suszy się przedmiot w ciągu kilku godzin w temperaturze 100 °C, po czym przez 20 minut trzyma nad parą i przez 20 minut w gotującej wodzie, a następnie oczyszcza na mokro szcztoką drucianą. Proces ten powtarza się parę razy aż do otrzymania pożądanego odcienia.

Barwienie metali szlachetnych

Barwienie chemiczne metali szlachetnych polega na tym, że pod wpływem odpowiednich związków chemicznych zmienia się powierzchnia metalu, tworząc niekiedy barwny związek chemiczny, lub też uzewnętrznia się właściwa barwa czystego metalu.

Obecnie częściej stosuje się barwienie galwaniczne, jako znacznie prostsze w wykonaniu i bardziej higieniczne.

Srebro barwi się prawie wyłącznie na kolor szary (tak zwane „stare srebro”) lub czarny.

Kolor *szary* występuje na srebrze po zanurzeniu go w gorącym roztworze o następującym składzie: wody 1000 g, chlorku żelazowego 60 g. Po osiągnięciu żądanego odcienia płucze się przedmioty w czystej wodzie i zanurza na ćwierć minuty do kąpeli składającej się z 1000 g wody, 10 g siarczanu ołowiowego, 70 g wodorotlenku sodowego.

Kolor *czarny* srebro uzyskuje przez zanurzenie w kąpeli o składzie: wody 1000 g, siarczku potasu 20 g, węglanu amonowego 10 g, chloranu potasowego 80 g.

W celu uzyskania *popielatej* powłoki na srebrze, zanurza się je w mieszaninie siarki i potażu. Zanurzenie w mieszaninie salmiaku i siarczku miedzi daje powłokę *brunatną*.

Patyna na srebrze nie tworzy się samorzutnie. Czernienie srebrnych przedmiotów powstaje pod wpływem siarki. Szare zabarwienie srebra uzyskuje się przez zanurzenie go w wodnym roztworze salmiaku i siarczku miedzi. Natomiast ciemnoszare zabarwienie, imitujące srebro antyczne, uzyskuje się przez zanurzenie przedmiotu srebrnego w wodnym roztworze siarczku potasu lub w wodnym roztworze siarczku amonu. Ogrzany roztwór działa szybciej.

Inny sposób patynowania polega na oczyszczeniu przedmiotu w kwasie azotowym lub siarkowym i zanurzeniu w roztworze zrobionym z 5 części octu, 3 cz. grynszpanu (tlenku miedzi), 1 cz. płynnego amoniaku i 160 cz. wody. Roztwór ten przed użyciem należy zagotować. Po wyjęciu przedmiotów z roztworu — suszy się je i lekko szczołkuje¹⁾.

POWŁOKI WYTWARZANE ELEKTROCHEMICZNIE (ELEKTROLITYCZNIE)

Najnowocześniejszą metodą nakładania powłok metalicznych jest metoda elektrolityczna (*galwanizacja*). Stanowi ona niezmiernie doniosły dział pokrywania ochronnego i w tym zakresie zaj-

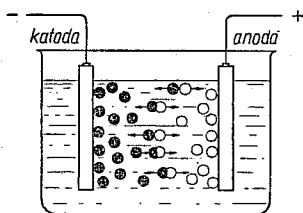
¹⁾ Barwienie metali szlachetnych jest szczegółowo omówione w książce Dra Fr. Zastawniaka „Złotnictwo i probiernictwo”, WPLiS, Warszawa 1956.

muje niewątpliwie pierwsze miejsce. Powłoki galwaniczne mają dużo zalet. Należą do nich:

- mała grubość warstwy ochronnej, bo zaledwie 0,001—0,01 mm (oprócz ołowiowej);
- możliwość regulowania grubości warstw;
- oszczędna gospodarka metalami nieżelaznymi;
- wysoka jakość warstw ochronnych, które układają się równo i ściśle.

Wadą jest powolność procesu, który trwa zwykle kilka godzin.

Do galwanicznego powlekania części maszyn lub wyrobów używa się prądu stałego. Do wanny ładuje się produkty chemiczne (stałe i ciekłe), które zawierają metal ochronny, służący do powlekania. Przedmioty, które mają być powlekane, zawieszają na haczykach na poprzecznych prętach w ten sposób, żeby były całkowicie zanurzone w cieczy (elektrolicie) wypełniającej wannę. Prąd doprowadza się do wanny z elektrolitem przez płyty metalowe, które często są wykonywane z tego samego metalu,



Rys. 309. Przebieg elektrolizy

co i wytwarzana powłoka. Pod działaniem prądu elektrycznego wydziela się z elektrolitu metal i osiada na przedmiotach cienką, równą warstwą. Galwanizacja opiera się na zasadzie elektrolizy (rys. 309).

W ten sposób przeprowadza się niklowanie, chromowanie, kadmowanie i miedziowanie oraz cynkowanie, pobielanie i pokrywanie ołowiem. Przygotowanie powierzchni do niklowania, chromowania i miedziowania musi być

bardzo staranne; powierzchnię szlifuje się, poleruje, odfłuszcza, przemywa. Po pokryciu powłoką przedmiot poleruje się ponownie. W pozostałych przypadkach powlekania przygotowanie powierzchni jest zwykle: oczyszczenie, odfłuszczenie, wytrawienie, przemywanie.

Galwanotechnika wymaga przyswojenia sobie szerokiego zakresu wiadomości i stanowi odrębną specjalność, którą zegarmistrze właściwie się nie zajmują. Można wprowadzić do elektrolizy, ale praktycznie, mając np. kopertę zegarka do poniklowania, lepiej się opłaci dać ją do większego zakładu, zajmującego się tylko galwanotechniką, niż robić to samemu.

Jeszcze o jednym sposobie pokrywania elektrolitycznego, który obecnie dość szeroko jest stosowany, chcemy choć krótko wspomnieć. Jest to tzw. eloksalacja, czyli elektrolityczne oksydowanie aluminium (eloksydacja). Zabieg ten polega na elektrolitycznym pokryciu przedmiotu aluminiowego ochronną warstwą tlenków. Taka powłoka, chociaż cienka (ok. 0,02 mm), jest bardzo

trwała, twarda (9 skali Mohsa) i doskonale chroni aluminium przed korozją. Wytwarza się ją w specjalnie spreparowanych kąpielach za pomocą prądu stałego, podobnie jak przy galwanizacji, lub zmiennego, lecz elektrolitem jest tu tylko roztwór kwasu, np. siarkowego.

Proces eloksalacji jest jednak dosyć złożony i wymaga odpowiednich urządzeń. Stosują go zazwyczaj większe zakłady przemysłowe, uzyskując powłokę o różnych barwach. Obecnie oksyduje się elektrycznie nie tylko koperty zegarków i sztuczną biżuterię, ale przyrządy chemiczne, części pojazdów i inne przedmioty aluminiowe.

VI. ŁĄCZENIE CZĘŚCI MECHANIZMÓW

Wśród prac warsztatowych, oprócz obróbki materiałów, występuje często łączenie. Termin ogólny łączenie oznacza w mechanice wiązanie, zespalanie części maszyn lub całych zespołów.

Poszczególne części mechanizmu zegara czy zegarka są połączone ze sobą w różny sposób. Niektóre z nich łączymy dopiero po całkowitym ich wykończeniu, inne zaś łączymy w stanie surowym w zespoły, a jeszcze inne składają się z różnych półfabrykatów połączonych ze sobą jeszcze przed wykonaniem części. Stąd też różne bywają sposoby łączenia. Podział ich można by wyprowadzić od stosowanego w częściach maszyn.

Części zegarów i zegarków oraz części obrabiarek i przyrządów zegarmistrzowskich możemy traktować jako części maszyn lub — ogólniej — jako elementy maszyn i przyrządów. Wszystkie zaś elementy maszyn można podzielić na trzy zasadnicze grupy: połączenia, ułożyskowania, napędy. Opisano je już wszystkie w dwóch poprzednich częściach „Zegarmistrzostwa”.

Połączenia części maszynowych dzielimy na rozłączne i nierozłączne.

Przez połączenia rozłączne rozumiemy takie połączenia, które możemy rozłączać i ponownie łączyć dowolną ilość razy bez uszkodzenia zarówno części łączonych, jak i łączących. Natomiast przez połączenia nierozłączne rozumiemy takie połączenia, których nie można rozłączyć bez uprzedniego uszkodzenia tych części.

Do połączeń rozłącznych zaliczamy połączenia *klinowe, wpustowe, sworzniowe, kołkowe, gwintowe i sprężyste*; do połączeń nierozłącznych — połączenia *nitowe, wtłaczane, spawane, zgrzewane, lutowane i klejone*.

Oprócz tego w budowie maszyn spotykamy się z połączeniami *rurowymi*, które mogą być rozłączne lub nierozłączne. W zegarmistrzostwie mamy z nimi bardzo rzadko do czynienia.

Rozpatrując szczegółowo te połączenia z punktu widzenia wykonania samej czynności łączenia, zauważamy, że przy łączeniu rozłącznym potrzebne są na ogół dokładnie wykonane części łączące, czyli tzw. *łączniki*, albo też same części łączone muszą być odpowiednio ukształtowane; są to więc *połączenia kształtowe*, gdyż rozłączeniu przeciwstawia się ich kształt.

Natomiast do łączenia nierozłącznego (z wyjątkiem nitowania) nie potrzeba łączników kształtowych; są to przeważnie *połączenia*

spójnościowe lub *cierne*, gdyż rozłączeniu ich przeciwstawiają się siły spójności lub siły tarcia.

We wszystkich czasomierzach mechanicznych — od wieżowych do narecznych — stosowane są wszelkie rodzaje połączeń. Dlatego też wszystkie zostaną tu omówione choć w krótkich słowach. Tym zaś, które częściej występują w pracach zegarmistrzowskich, poświęcimy nieco więcej miejsca.

1. ŁĄCZENIE ROZŁĄCZNE

Połączenia rozłączne w zegarmistrzostwie często się stosuje, gdyż mechanizmy zegarowe muszą być tak budowane, żeby można je było od czasu do czasu rozbierać, naprawiać, czyścić i potem znowu składać. Dlatego też do połączenia dwóch części w zegarach i zegarkach używa się wkrętów, śrub, nakrętek, kołków i klinów. Kołków używamy przeważnie do łączenia płyt z filarkami w starszych zegarach. Zabezpieczamy również w ten sposób od przesunięcia części mechanizmów dźwięków. Natomiast za pomocą śrub i wkrętów łączymy większość części mechanizmów.

POŁĄCZENIA KLINOWE

Najdawniejszą postacią połączeń, stosowaną już w czasach przedhistorycznych, są połączenia klinowe, sworzniowe i kołkowe. Już wtedy klin był stosowany, jako maszyna prosta do łupania drewna i kamienia.

Klinem nazywamy część maszynową, mającą dwie powierzchnie robocze, płaskie lub walcowe, nachylone względem siebie pod pewnym kątem (α , rys. 310), zwanym kątem rozwarcia klina.

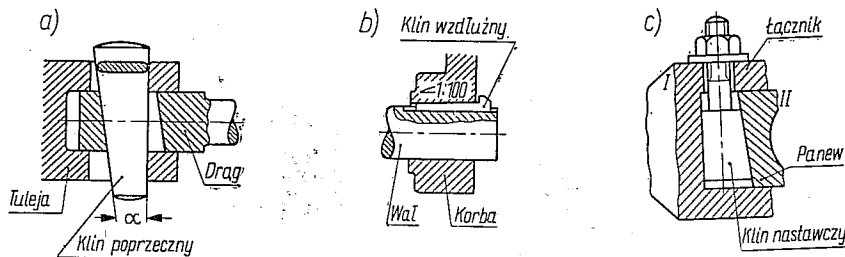
Rozróżniamy kliny *poprzeczne* (rys. 310 a), *wzdłużne* (rys. 310 b) i *nastawcze* (rys. 310 c). Wszystkie te rodzaje klinów mogą być stosowane w budowie zegarów wieżowych. Klinami poprzecznymi łączono szkielety w dawnych zegarach (5—46, rys. 13). Kliny wzdłużne służą przeważnie do zamocowania kół na osiach i wałach, nastawcze — do regulacji odległości panewek itp.

Powierzchnie robocze klinów mogą być obie pochylone symetrycznie, albo też tylko jedna z nich jest pochylona. Pochylenie to nie może być za duże, żeby klin był *samohamowny*, tzn. żeby sam się nie luzował podczas pracy.

Kliny wzdłużne są znormalizowane. Pochylona jest u nich tylko jedna powierzchnia robocza. Pochylenie to wynosi 1 : 100, tzn. że na długości 100 mm różnica zbieżności klina wynosi 1 mm. Wy-

miary klinów i rowków klinowych podają kalendarze i poradniki techniczne.

Podczas łączenia klinowego wbijamy klin bezpośrednio młotkiem, a podczas rozłączania wybijamy go z drugiej strony. Gdy przewidujemy, że wybicie będzie utrudnione, stosujemy klin z noskiem (rys. 310 b), który służy do wyciągnięcia klina.

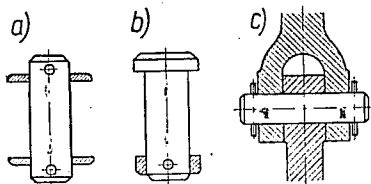


Rys. 310. Rodzaje klinów: a) poprzeczny, b) wzdłużny, c) nastawczy

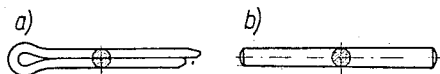
Kliny nastawcze dokręca się nakrętką. Zluzowanie następuje przez odkręcenie nakrętki i lekkie uderzenie młotkiem w czoło gwintowanego trzona klina.

POŁĄCZENIA SWORZNIOWE I KOŁKOWE

Sworzniem nazywamy krótki wałek służący przeważnie do łączenia różnych rodzajów przegubów. Sworzień może być bez łba z dwoma otworami na końcach na zawleczkę (rys. 311 a), albo z łbem i z jednym otworem (rys. 311 b).



Rys. 311. Rodzaje sworzni: a) bez łba, b) z łbem i c) połączenie sworzniowe



Rys. 312. Elementy zabezpieczające a) zawlecзка, b) kołek

Połączenie sworzniowe przegubowe pokazuje rys. 311 c. W takim przypadku w widelkach sworznień dopasowany jest ciasno, a obraca się tylko w części środkowej. Takie połączenia często stosuje się u cięgien mechanizmów bicia. Dobre połączenie polega na dokładnym dopasowaniu sworzni do otworów.

Do zabezpieczenia sworzni przed wypadnięciem służy zawlecзка (rys. 312 a) lub kołek (rys. 312 b). Zawleczki wygina się z drutu półokrągłego. Kolki — to właściwie odmiana

sworzni, są jednak znacznie cieńsze i nie mają otworów zabezpieczeniowych, gdyż pasuje się je zawsze na wcisk.

Zadaniem *kołków ustalających* jest łączenie części lub ustalenie wzajemnego położenia dwóch lub więcej części. W budowie zegarów i zegarków mają obydwa rodzaje kołków szerokie zastosowanie. Znane są nam przykłady z konstrukcji omawianej w części 5 i 6 „Zegarmistrzostwa”.

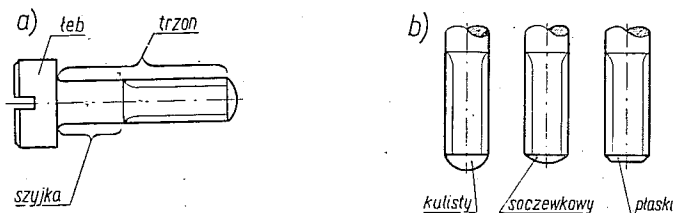
POŁĄCZENIA GWINTOWE

Połączenia gwintowe należą do kształtowych połączeń rozłącznych. Służą one do łączenia części maszynowych. Połączenie gwintowe przedmiotów tworzą prawidłowe śrubowe występy i bruzdy (rowki) gwintowe o zbliżonych zarysach i wymiarach oraz o tym samym skoku i skręcie.

Opisy różnych zarysów i rodzajów gwintów oraz tablice gwintów zegarowych podano już w rozdziale o gwintowaniu.

Łączniki gwintowe

Połączenia gwintowe części maszynowych mogą być bezpośrednie lub — znacznie częściej — pośrednie, dokonywane za pomocą łączników gwintowych w postaci śrub, wkrętów, nakrętek i wkrętek, tworzących ogólnie połączenia gwintowe. Wkrętami (rys. 313 a) nazywa się pełne łączniki o gwincie zewnętrznym, po-

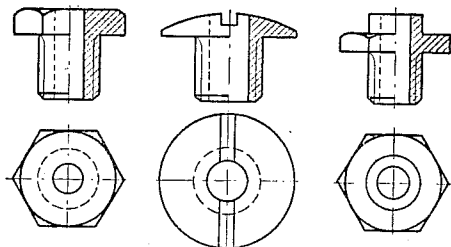


Rys. 313. Łączniki gwintowe: a) elementy wkrętu lub śruby, b) końce wkrętu lub śruby

siadające rowki chwytowe (albo też gniazda krzyżowe lub średnicowo przeciwległe wręby (i wkręcane za pomocą wkrętałów; wkrętkami (rys. 314) nazywa się łączniki przelotowe drażone o gwincie zewnętrznym, nakrętkami — łączniki o gwincie wewnętrznym, wszystkie inne — śrubami.

W śrubach i wkrętach rozróżniamy *trzon* (rys. 313 a), gwintowany na całej lub na części długości (jego część gładką, nie-

gwintowaną, nazywamy *szyjką*), oraz *łeb*, którego kształt ma rozstrzygające znaczenie dla rodzaju łącznika; ważną rzeczą jest również *zakończenie* (rys. 313 b) kuliste, soczewkowe, płaskie oraz *wyjscie* gwintu (przejście od gwintu do szyjki). Zestawienie różnych wkrętów i śrub najczęściej stosowanych w naszych warsztatach podano w części 2 „Zegarmistrzostwa”.



Rys. 314. Trzy odmiany wkrętek

Na rys. 314 widzimy trzy odmiany wkrętek. Taką jak na rys. środkowym często spotykamy w obudowach budzików; w niej umieszczony jest przycisk zastawki sygnалу.

W dużych połączeniach gwintowych jako części składowe występują także podkładki. Służą one głównie albo do zabezpieczenia powierzchni części łączonych przed zgniataniem i scieraniem przez nakrętkę lub łeb śruby, albo do zabezpieczenia nakrętki przed odkręceniem się. W zegarkach ich się nie stosuje.

Łączenie i ustalanie połączeń gwintowych

Jeżeli mamy gdzieś zastosować połączenie gwintowe, to najpierw powstaje pytanie, jaki ma być rodzaj łącznika — śruba czy wkręt. W pracach naprawczych zegarmistrz nie decyduje o tym, bo wówczas najwyżej zastępuje zużyty wkręt nowym lub poprawia gwint. Ale dość często sami też musimy dobrać rodzaj połączenia i łączników. Wtedy trzeba mieć na względzie wygląd zewnętrzny oraz łatwość wykonania. Wytrzymałość nie gra tu prawie żadnej roli ze względu na wymiary łączników, stosunkowo duże w porównaniu z częściami łączonymi.

W zegarkach stosuje się tylko wkręty. Łatwo bowiem wkręcać je wkrętakiem, nie zajmują dużo miejsca, a przy tym nie szpecą mechanizmu, gdyż łby ich są zwykle wpuszczone.

Śruby i nakrętki stosuje się w zegarach domowych i wieżowych.

Połączenie gwintowe w dużej mierze zależy od jakości wykonania. Wkręt powinien mieć dobry gwint oraz obracać się w otworze gwintowanym nie za ciasno, ani też nie za luźno. Natomiast w otworze nie gwintowanym powinien mieć dostateczny luz.

Wkręty szyjkowe, na których obracają się koła lub dźwignie w lewą stronę, powinny mieć gwint lewy, w celu zabezpieczenia ich przed samoodkręceniem.

Chcąc mieć pewność, że dane połączenie gwintowe nie zluzuje się — co może zdarzyć się na skutek zluzowania się nakrętki — zabezpieczamy nakrętkę przed odkręceniem się, czyli inaczej mówiąc, ustalamy połączenie gwintowe.

Bywają różne sposoby ustalenia połączeń gwintowych, np. za pomocą przeciwnakrętki, zawlecзки, odginanej podkładki.

Ustalenie połączeń gwintowych stosujemy zawsze w tych przypadkach, gdy dane połączenia podlegają wstrząsom lub drganiom, np. w zegarach samochodowych i lotniczych.

POŁĄCZENIA SPRĘŻYSTE

Dwa przedmioty mogą być połączone za pomocą łącznika sprężystego, który pozwala im na wzajemne przesunięcia w pewnych granicach. Wielkość i kierunek tych przesunięć zależy od wielkości i kierunku sił działających na złącze. Metalowe łączniki sprężyste nazywamy sprężynami.

Tę właściwość sprężyn, że pod działaniem siły ulegają one odkształceniom, a po ustaniu działania tych sił znowu przybierają poprzednie kształty, wykonując przy tym pewną pracę, nazywamy *podatnością sprężystą* albo *sprężystością*. Dużą podatność sprężystą zawdzięczają sprężyny odpowiedniemu ich ukształtowaniu.

W zegarmistrzostwie sprężyny mają duże zastosowanie, zwłaszcza jako sprężyny napędowe i włosy do balansów. Oprócz tych stosuje się najrozmaitszych kształtów sprężyny dociskowe, zapadkowe itp. Zostały już one opisane dość obszernie w części 6 „Zegarmistrzostwa”.

2. ŁĄCZENIE NIEROZŁĄCZNE

NITOWANIE

Jednym z najprostszych sposobów łączenia części konstrukcyjnych jest nitowanie. Nitowaniem nazywamy łączenie dwóch lub więcej części przechodzącym przez nie kawałkiem miękkiego metalu zwanego nitem (rys. 315 a).

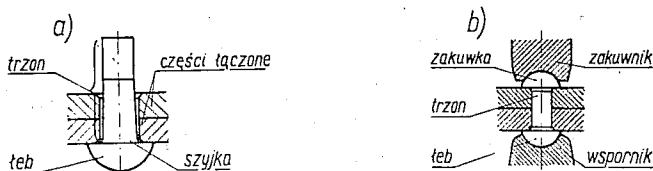
W łączonych częściach przebijamy lub wiercimy otwory odpowiadające średnicy nitu; składamy te części tak, aby otwory wypadły ściśle jeden nad drugim, i do tych otworów wkładamy nit. Wystający koniec nitu rozklepujemy, formując odpowiednio drugi łeb, zwany *zakawką*. Łby nitu ściągają części łączone, tworząc ich stałe i mocne połączenie. Jest to połączenie

nierozłączne (w odróżnieniu od połączeń rozłącznych za pomocą śrub lub klinów, które już opisaliśmy). Aby je rozłączyć, musimy zniszczyć (ściąć) łby nitów.

Nitowanie dzielimy na:

- *zwykłe*, kiedy oba łby nitu wystają ponad powierzchnię łączonych części;
- *kryte*, kiedy łby nitu są zrównane z powierzchnią łączonych części.

W budowie maszyn stosuje się nitowanie *ręczne* lub *maszynowe* — nitowanie *na zimno* lub *na gorąco*.



Rys. 315. Nitowanie: a) elementy nitu, b) zakuwanie nitu

Oprócz tego rozróżniamy nitowanie *pośrednie*, czyli za pomocą oddzielnego łącznika (nit), lub *bezpośrednie*, gdy trzon nitu stanowi całość z jedną z łączonych części. Za przykład nitowania bezpośredniego może służyć znitowanie filarka z płytą zegara. W ogóle, w zegarmistrzostwie częściej ma zastosowanie nitowanie bezpośrednie niż pośrednie, dlatego opiszemy je szczegółowo, ale w pierwszym powiemy o pośrednim, jako prostszym i bardziej typowym dla tego rodzaju połączeń.

Nity

Nit składa się z walcowego lub lekko stożkowego trzpienia z łbem podstawowym, w odróżnieniu od drugiego łba, zwanego zakuwką, którą formujemy przez spęczenie trzpienia (rys. 315 b). Między łbem a trzpieniem znajduje się zwykle szyjka przejściowa (rys. 315 a), zapewniająca nitowi większą wytrzymałość.

Nity wyrabia się z metali plastycznych — zasadniczo z tych samych, z których wykonane są części łączone. Mamy więc nity z miękkiej stali, miedzi, mosiądzu, aluminium.

Długość nitu między obu łbami nie powinna przekraczać pięciokrotnej jego średnicy, gdyż wtedy byłby on za cienki w stosunku do łączonych części. Wystająca część nitu powinna być taka, żeby wystarczyła na uformowanie pełnej zakuwki.

Dla zakuwki kulistej wystająca długość nitu wynosi 1,25—1,5 jego średnicy, a więc:

$$l = 1,25 d - 1,5 d$$

gdzie:

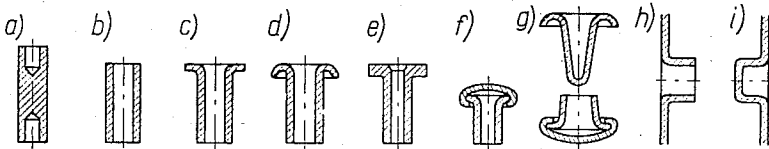
l — długość wystającej części nitu,
 d — średnica nitu.

U nitu krytego długość jego wystającej części, w zależności od nawiercenia, powinna być równa 0,8—1,2 jego średnicy, czyli:

$$l = 0,8d - 1,2d$$

U nitów ciętych z drutu, które często się stosuje, długość ta musi być dwa razy większa, by można było uformować obydwą łby.

W drobnych konstrukcjach można stosować łączenie nitami *rukrowymi*. Są one tu wygodne, bo łatwiej je zakuwać. Ich wytrzymałość w tych wypadkach jest wystarczająca. Czasami nawet konstrukcja wymaga, aby po zanitowaniu pozostał otwór. Różne nity rurkowe widzimy na rys. 316.



Rys. 316. Nity rurkowe: a) nawiercony, b) zwykły, c, c', e, z kołnierzem, f) z kołnierzem z zamkniętym otworem, g) podwójny z zamkniętym otworem, h) wytłaczany, i) wytłaczany z zamkniętym otworem

Zamiast nitów rurkowych używa się też nitów zwiżanych z blachy, ale przeważnie w produkcji masowej tanich wyrobów.

Rzadziej stosuje się nity *kształtowe*, tzn. takie, których przekroje nie są okrągłe, lecz kwadratowe, prostokątne itp.

Zakuwanie nitów

Wykonywanie zakuwki u nitu osadzonego w częściach łączonych nazywamy *zakuwaniem* nitu. Czynność ta odbywa się w ten sposób, że łeb nitu podpieramy *wspornikiem* i formujemy zakuwkę za pomocą zakuwnika ¹⁾. Po zakuciu nit składa się z łba, trzona i zakuwki (rys. 315 b).

W nitowaniu rozróżniamy następujące czynności:

- 1) dopasowanie części łączonych jedna do drugiej,
- 2) trasowanie części łączonych w celu wyznaczenia osi otworów,

¹⁾ Spotykamy w książkach technicznych nazwę „zamykanie” nitu zamiast „zakuwania”. Wydaje się jednak, że skoro narzędzie do tej czynności nazywa się „zakuwnikiem”, a wykonany łeb „zakuwką” (nie „zakównikiem” i „zakówką”, bo wyrazy te pochodzą od „kuć”), to prościej i zrozumialej jest „zakuwanie”.

- 3) wiercenie (lub wybijanie) — a przy nitowaniu krytym również pogłębianie — otworów,
- 4) dobranie nitu o właściwej długości i włożenie go do otworu,
- 5) doprowadzenie części łączonych do ścisłego przylegania do siebie i do łba nitu,
- 6) rozklepanie nitu,
- 7) uformowanie zakuwki za pomocą zakuwnika.

Rozpatrzmy szczegółowiej poszczególne punkty.

Najpierw musimy ustalić liczbę nitów dla danego połączenia oraz ich średnicę.

Po dopasowaniu części łączonych robimy otwory. Otwory na nity mogą być wiercone albo przebijane. Otwór przebity musi być jednak dokładnie oczyszczony z zadziorów, aby łączone części przylegały do siebie równo.

Otwory wiercone mają kształt walcowy, a przebijane stożkowy. Jednak powierzchnie otworów — zarówno wierconych, jak przebijanych — lepiej jest wyrównać rozwiertakiem-zdzierakiem. Zewnętrzne brzegi otworów nieco się nawierca, aby umożliwić tworzenie się szyjek pod łbami nitów. Przy nitowaniu krytym nawiercenia powinny być głębsze, żeby uzyskać silną zakuwkę.

Właściwa długość nitu jest bardzo ważna. Jeśli bowiem nit będzie za długi, zakuwka będzie za duża i nieforemna, jeżeli zaś za krótki, zakuwka będzie za mała, a wskutek tego połączenie za słabe. Dlatego, gdy po zmierzeniu okaże się, że nit jest za długi, trzeba go spiłować, a gdy za krótki — wymienić na inny.

Części łączone składamy tak, żeby otwory znalazły się jeden nad drugim, po czym wkładamy nit do otworów. Nit powinien ciasno pasować do otworów, ale nie należy go wbijać przemocą, gdyż twardy brzeg otworu zdziera z powierzchni nitu cienkie wiórki, które później zasklepiają się pod łbem nitu i utrudniają dobre jego przyleganie.

Łeb nitu kładziemy na kowadle lub płycie warsztatowej bezpośrednio, a gdy chcemy, żeby był kulisty, umieszczamy go w zagłębieniu wspornika umocowanego w imadle (rys. 317 a).

Do nitowania należy używać odpowiednio ciężkiego młotka.

Na początku nitowania **wykonujemy kilka silniejszych uderzeń**, które są konieczne w celu spęczenia nitu wewnątrz otworu. Dalszymi, lżejszymi uderzeniami kształtujemy zakuwkę, ale dopiero po dociągnięciu do siebie części nitowanych za pomocą nabijakadociągacza (rys. 317 b). Dociąganie przed wstępnym spęceniem nitu nic właściwie nie daje. Ale za silne spęczenie przed dociągnięciem może spowodować niewłaściwe znitowanie. Ten sam błąd może powstać, gdy w ogóle pominiemy dociąganie.

Po dociągnięciu przystępujemy do zakucia nitu. Lewą ręką przytrzymujemy części łączone, a prawą — kilkoma dość silnymi

uderzeniami młotka rozklepujemy wystający trzon nitu. Gdy koniec nitu dostatecznie osiądzie, rozklepujemy go w dalszym ciągu bocznymi uderzeniami młotka naokoło, starając się nadać odpowiedni kształt zakuwce. Ostateczny kształt nadajemy jej za pomocą zakuwnika (rys. 317 c). Zakuwnik przykładamy do rozklepanej już zakuwki i uderzamy w niego młotkiem, obracając go przy tym naokoło, aby zakuwka ze wszystkich stron była jednakowa.

Podczas formowania zakuwki należy zwracać uwagę, aby nie pokaleczyć młotkiem łączonych części lub zakuwki. Przy wykończaniu zakuwki należy ostrożnie pokręcać zakuwnikiem naokoło zakuwki, uważając aby krawędzie jego nie nacięły powierzchni łączonych części.

Podczas nitowania krytego należy — po rozklepaniu nitu zwykłym młotkiem — spłować wystający nadmiar materiału.

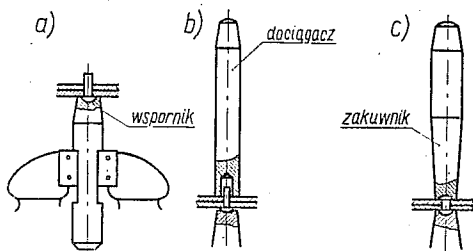
Jeśli nitowania dokonano prawidłowo, to po spłowaniu i wygładzeniu powierzchni znitowanej zarys średnicy nitu na tej powierzchni powinien być niedostrzegalny.

Nity miedziane i aluminiowe zakuwa się na zimno. Nity stalowe o średnicy do 10 mm zakuwa się na zimno, a o średnicy większej niż 10 mm — na gorąco.

Nie zawsze zadaniem połączenia nitowego jest silne ściśnięcie części łączonych, czasem nit służy za czop. W ten sposób połączone są ramiona cyrkla, macek lub innych podobnych przyrządów. Nitowanie tego rodzaju musi być szczególnie staranne, a uderzenia podczas nitowania nie mogą być zbyt silne, aby nie spowodować spęczenia nitu w otworze. Podczas takiego nitowania zmieniamy często położenie przedmiotów łączonych względem siebie i w ten sposób uzyskujemy równy nacisk ła nitu na całym jego obwodzie. W celu zapewnienia minimalnego luzu dobrze jest między części łączone włożyć przed nitowaniem kawałek papieru.

Jeżeli chcemy zabezpieczyć łączone części przed skręceniem za pomocą jednego nitu, to w takim przypadku stosujemy nit o przekroju prostokątnym. Oczywiście, otwory muszą mieć taki sam kształt.

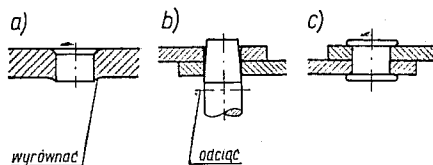
W naszych zegarmistrzowskich pracach naprawczych do nitowania pośredniego zwykle nie używamy gotowych nitów, lecz



Rys. 317. Narzędzia do nitowania: a) wspornik umocowany w imadle b) dociągacz, c) zakuwnik

robimy je z drutu. Taki typowy sposób nitowania zegarmistrzowskiego, np. połączenie dwóch pasków blachy, odbywa się dość szybko.

Wybijamy otwory i nawiercamy je lekko lub szlifujemy po stronie przeciwnej, aby zebrać zadziór powstały po przebicciu (rys. 318 a), a potem lekko rozwiercamy, aby wyrównać otwory. Bierzemy kawałek miękkiego drutu o średnicy nieco większej niż średnica otworów, zaciskamy go w imaku i pilujemy jego obwód na długości potrzebnej do utworzenia trzona nitu. Gdy wchodzi



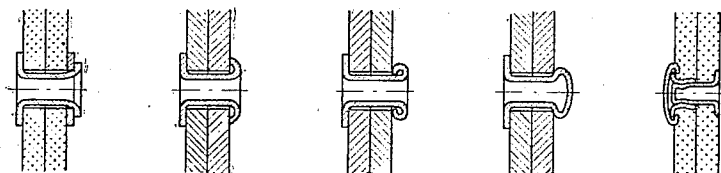
Rys. 318. Nitowanie: a) otwór wybity, b) przygotowanie do zakucia, c) zanitowanie

już w otwory, wtedy mocujemy go w imadle grubszym końcem, wkładamy na niego nitowane blachy przygotowanymi otworami i dobijamy dociągaczem aż do oporu.

Jeżeli otwory są nawiercone, to blachy składamy nawierceniami na zewnątrz, jeżeli zaś blachy

są wyrównane pilnikiem, to składamy je do siebie stronami pilowanymi. W każdym razie blachy muszą do siebie dobrze dolegać.

Wystający koniec drutu obcinamy i zrównujemy pilnikiem, zostawiając tylko tyle trzona, ile potrzeba do wykonania płaskiej zakuwki (rys. 318 b). Teraz uderzamy w czoło nitu silnie kilka razy aż do usztywnienia połączenia. Następnie wyjmujemy drut z imadła, ucinamy szczypcami jego resztę z drugiej strony, zo-



Rys. 319. Połączenia nitami rurkowymi

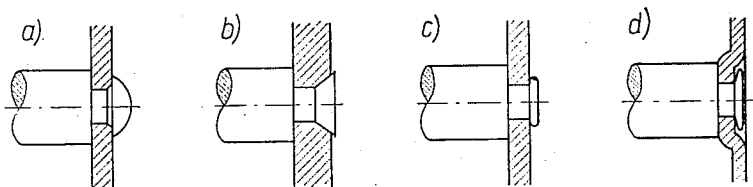
stawiając tylko tyle, ile potrzeba na drugą zakuwkę. Zrównujemy podobnie pilnikiem i rozklepujemy teraz na dobre obydwie zakuwki — to z jednej, to z drugiej strony. Zakuwki te robimy zwykle płaskie, nieco wystające ponad powierzchnię łączonych blach (rys. 318 c).

Zakuwanie nitów rurkowych polega na rozwinięciu wystającego końca rurki na zewnątrz i dociśnięciu jej brzegu aż do powierzchni nitowanego przedmiotu. Jest to jakby rodzaj zagniatania

(saterowania) stosowanego dawniej do oprawiania kamieni, jednak z tą różnicą, że kołnierz tworzący połączenie zaginamy nie do wewnątrz, ale na zewnątrz. Zabieg ten można przeprowadzić nabijakiem kulistym lub stożkowym. Kilka przykładów połączenia nitami rurkowymi widzimy na rys. 319. Wielkie usługi przy łączeniu nitami rurkowymi oddaje nabijarka (3—93).

Nitowanie bezpośrednie

W mechanizmach zegarowych częściej spotykamy się z nitowaniem bezpośrednim. Polega ono na tym, że trzon nitu stanowi całość z jedną z nitowanych części. Nie ma więc tutaj części pośredniej do połączenia, dlatego właśnie nazywane jest nitowaniem bezpośrednim. Sposobów takiego nitowania jest kilka, zależą one bowiem od konstrukcji łączonych części i kształtu czopa roznitowanego, zastępującego trzon zwykłego nitu. Czop ten może być *okrągły, pełny, nawiercony, wydrążony, zabezpieczony przed obracaniem się lub kątowy*.



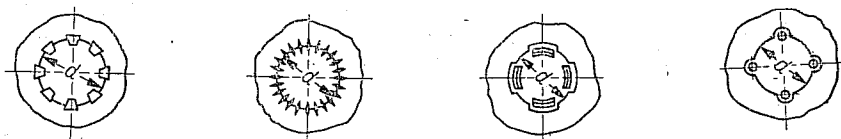
Rys. 320. Różne zakuwki czopów pełnych

Czopy okrągłe pełne są dość często stosowane, zwłaszcza gdy chodzi o połączenie mocne. W ten właśnie sposób najczęściej łączone są filarki z płytami (6—85). Zakuwanie tych czopów odbywa się nieco inaczej. Mianowicie nie potrzeba tu wspornika, lecz wspiera się część nitowaną bezpośrednio na kowadłe. Zakuwki mogą być różne. Widzimy ich kilka na rys. 320.

Zakuwkę taką, jak na rys. 320 a, formuje się zakuwnikiem, a taką, jak na rys. 320 b — zwykłym młotkiem, a potem wyrównuje się pilnikiem. Oba te rodzaje stosuje się wtedy, gdy są one widoczne na zewnątrz. Natomiast takie zakuwki, jak na rys. 320 c, d, stosuje się od wewnętrznej, niewidocznej strony. Uzyskuje się je przez zwykłe spęczenie czopa.

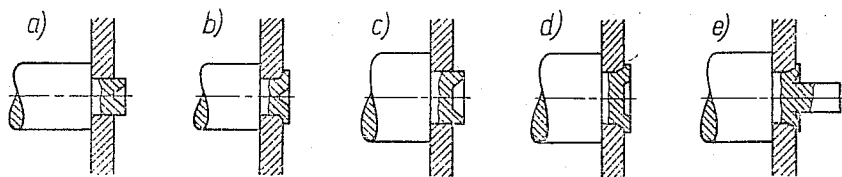
Na rys. 321 widzimy tzw. zakuwki „gwiazdziste”. Stosuje się je w tych przypadkach, gdy materiał nitowany (czop) jest niezbyt plastyczny oraz gdy zanitowanie chcemy uzyskać przez uderzenia lekkie, ze względu na smukłość nitowanego wałka lub małą powierzchnię oporową (podtoczenia). Ten sposób zanitowania częściowo zabezpiecza czop przed obróceniem.

Wyżej opisane obydwaj sposoby nitowania bezpośredniego, mimo widocznych zalet, nie są bardzo praktyczne do umocowywania delikatnych części na wałku. Nitowanie pierwszym sposobem wywołuje dość duże naprężenia w części zanitowanej, a przy zbyt



Rys. 321. Zakuwki „gwiazdziste”

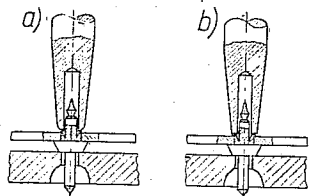
silnym zanitowaniu nawet zdeformowanie. Drugi sposób zbyt słabo łączy, dlatego do części przenoszących momenty obrotowe, np. kół zębatach, wcale się nie nadaje. Stąd też w takich przypadkach stosuje się raczej czopy nawiercone. Przykłady czopów



Rys. 322. Zakuwki czopów nawierconych: a, c) przygotowanie do zanitowania, b, d) po zanitowaniu, e) zanitowanie pośrodku wałka

nawierconych przygotowanych do zanitowania pokazane są na rys. 322 a, c, a po zanitowaniu — na rys. 322 b, d.

Na rys. 322 e pokazano zanitowanie nie na końcu wałka, lecz w pośrodku. W takim przypadku zamiast nawiercenia wykonuje się w czole podtoczenia głębokie wto-



Rys. 323. Nitowanie balansu na osi: a) rozchylenie brzegów, b) wyrównywanie zakuwki

czenie. Ten sposób stosuje się w budowie zegarów do zamocowywania kół na osiach. W rozdziale o toczeniu opisujemy sposób przygotowania zębniaka do zanitowania koła. Po wykonaniu podtoczenia wbijamy dość silnie na nie koło nabijakiem, a potem nitujemy. Samo zanitowanie koła na stoczonym zębniaku uzyskuje się przez uderzenie młotkiem w profilowy zakuwnik (nabijak). Podobnie nitujemy balans na

osi. Najpierw używamy zakuwnika o ostrych krawędziach, którym rozchylamy brzegi podtoczenia (rys. 323 a), a następnie płaskim zakuwnikiem wyrównujemy zakuwkę (rys. 323 b).

Zanitowanie koła na częściowo stoczonych zębach zębника daje mocne połączenie, zdolne do przenoszenia dość znacznych momentów obrotowych. Natomiast zanitowanie na czopie okrągłym nie ma zabezpieczenia przed obracaniem. Wśród różnych możliwych sposobów zabezpieczenia nitowanych części przed obracaniem, np. radełkowanie czopa, najpewniejszym jest stosowanie czopów kształtowych, najczęściej kwadratowych.

Mogą być jeszcze inne sposoby nitowania bezpośredniego, w zależności od kształtu łączonych przedmiotów. Znając jednak zasady nitowania podane wyżej, w każdym poszczególnym przypadku będzie już można znaleźć odpowiednie rozwiązanie.

Od rodzaju materiału zależy także w pewnej mierze sposób nitowania, jak również grubość czopów (nitów), sposób ich rozklepywania i formowania zakuwek.

WTŁACZANIE

Z kolei omówimy takie połączenia dwóch części, z których jedna (zewnątrzna) obejmuje drugą (wewnętrzną) z pewnym naprężeniem. Są to połączenia wtłaczane, skurczowe i rozprężne. Części tych połączeń muszą być tak wykonane, że wymiar otworu części zewnętrznej jest mniejszy niż wymiar części wewnętrznej. Rozróżnienie połączeń pochodzi od sposobu zespolenia części.

Połączenie wtłaczane uzyskujemy wskutek wtłoczenia (wciśnięcia) jednej części w drugą.

Połączenie skurczowe będzie wtedy, gdy część zewnętrzną przedtem ogrzejemy, nasadzimy na część wewnętrzną, a potem ostudzimy.

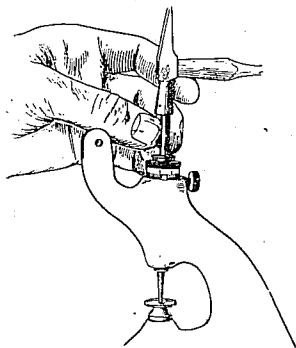
Połączenie rozprężne natomiast będzie wtedy, gdy część wewnętrzną oziębimy do temperatury niższej od temperatury otoczenia, a potem wprowadzimy ją do otworu części zewnętrznej. Po wyrównaniu temperatur powstanie stałe połączenie.

Połączenia te stosuje się wtedy, gdy chcemy, aby złącze zachowywało się jako jednolita całość, a wykonanie go z dwóch odrębnych części jest łatwiejsze lub w ogóle tylko w ten sposób możliwe.

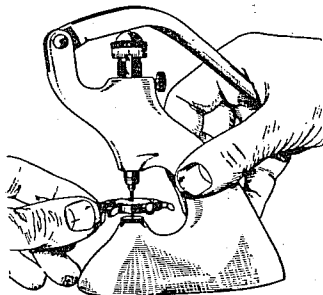
Połączenia wtłaczane, skurczowe i rozprężne są połączeniami zaciskowymi, gdyż powstają tu siły sprężyste, wywołane odkształceniem łączonych części, dającym w wyniku zacisk. Odkształcenie spowodowane jest różnicą wymiarów łączonych części.

Połączenia te są zaliczane do nierozłącznych. Połączenia wtłaczane mogą być również uważane za rozłączne, jeśli są poprawnie wykonane, i to raczej tylko o większych wymiarach. Natomiast cienkie wałki (poniżej 3 mm) powtórnie wtłaczane do tych samych otworów, nie dają już połączenia pewnego.

W zegarmistrzostwie połączenia rozprężnego nie stosuje się wcale, skurczowe bardzo rzadko, natomiast wtlaczane bardzo często, dlatego o nim chcemy jeszcze coś powiedzieć. Musimy tu jednak zaznaczyć, że w naszych pracach warsztatowych wtlaczanie nazywamy „nabijaniem” (wbijaniem) lub „wciskaniem”. Większość tych prac wykonuje się nabijakami na nabijarce, o której już wspominaliśmy przy nitowaniu, albo też za pomocą wciskarki (3—200). O wciskaniu kamieni łożyskowych pisaliśmy w części 6 „Zegarmistrzstwa”.



Rys. 324. Wtlaczanie balansu na oś



Rys. 325. Wciskanie wskazówki

Na rys. 324 widzimy sposób wtlaczania balansu na oś za pomocą wciskarki. Natomiast rys. 325 pokazuje wciskanie wskazówki. Przedtem jednak trzeba te części dokładnie do siebie dopasować.

Podczas wtlaczania wałka do ciasnego otworu obydwie części ulegają zdeformowaniu, przy czym ta część bardziej się odkształca, która jest wykonana z miększego materiału.

Różnica wymiarów łączonych części nie może być zbyt wielka, zwłaszcza u materiałów nieciągliwych. Różnice te określają normy tolerancji i pasowań, o czym mówimy w rozdziale VIII tej książki.

Wymiary dużych części maszynowych przy pasowaniach wtlaczanych tak są zwykle dobrane, że po wtlaczeniu w materiale powstają naprężenia nie przekraczające granicy sprężystości. Natomiast przy wtlaczaniu wałków cieńszych od 6 mm zasada ta nie jest przestrzegana.

Stosuje się tu duże wciski i znacznie przekracza się granicę sprężystości, gdyż wykonanie tak małych połączeń w granicach tolerancji byłoby bardzo utrudnione.

Zwykle połączenia wtlaczane, po odpowiednim dopasowaniu, można wykonać bardzo prosto. Np. kołki ustalające wbijamy bezpośrednio młotkiem. Do innych prac najczęściej potrzebne są różne nabijaki. Prace dokładne nabijakami powinno się wykonywać na nabijarce, która w warsztacie nowoczesnego zegarmistrza jest często używana do bardzo różnorodnych prac.

Dawniej wałki kotwic były wkręcane na gwint. Obecnie są tylko wtlaczane. Konstrukcja taka, oprócz dużego uproszczenia w produkcji, jest także pewnym ułatwieniem w naprawie, bo w razie potrzeby można wałek przesunąć. Takie małe przesunięcie nie stwarza jeszcze niebezpieczeństwa zluźnienia, zwłaszcza wtędy, gdy wykonuje się to na nabijarce. Można tu uzyskać łatwe przesunięcie i zmienić położenie kotwicy w stosunku do przerzutnika nawet o setne milimetra.

Balans też wciskamy na oś za pomocą nabijarki, a potem go jeszcze nitujemy, o czym już pisaliśmy.

Samo wtlaczanie — widzimy — nie jest takie trudne, zwłaszcza na nabijarce, gdzie mamy możliwość doregulowania jego głębokości.

Trudniejsze jest jednak dopasowanie wałka i otworu, które muszą być dokładnie i gładko wykonane.

Aby uniknąć kosztownego pasowania cienkich wałków do otworów, w produkcji masowej stosuje się często wtlaczanie wałków radełkowanych. Radełkuje się przeważnie wałki, a nie otwory, gdyż radełkowane mogą być otwory tylko o większych średnicach.

Podobne jest wtlaczanie kół na częściowo stoczone zęby zębni-ków, o czym już mówiliśmy.

SPAWANIE I ZGRZEWANIE

Połączenia *spawane*, *zgrzewane* i *lutowane* stanowią odrębną grupę wśród wszelkich rodzajów połączeń, zwaną *połączeniami spójnościowymi*. Spośród nich w zegarmistrzostwie stosuje się prawie wyłącznie lutowanie.

LUTOWANIE

Lutowaniem (spajaniem) nazywamy tworzenie nierozłącznego połączenia części metalowych za pomocą roztopionych stopów zwanych *lutami* (spoiwami, lutami).

Lutowanie jest, bardzo starym sposobem łączenia metali. Stosowano je jeszcze przed poznaniem żelaza. Lutowia miękkie znane są od czasów starożytnego Egiptu. Pliniusz podaje opis stosowania ich przez Rzymian. Lutowanie do dziś jest stosowane we wszystkich gałęziach budowy maszyn, a w szczególności tam, gdzie mamy do czynienia z różnymi aparatami, naczyniami cienkościennymi, przyrządami i mechanizmami. W zegarmistrzostwie ma obecnie mniejsze zastosowanie.

Złącze lutowane różni się tym od złącza spawanego, że w złączu spawanym oba łączone przedmioty są na swej powierzchni stopione i ze sobą się zlewają wprost lub za pośrednictwem metalu również stopionego, ale takiego samego lub bardzo zbliżonego, a w złączu lutowanym brzegi przedmiotu łączonego pozostają

w stanie stałym, natomiast lutowie doprowadza się w stanie płynnym do szczeliny między łączonymi częściami.

Połączenie lutowane uzyskuje się zasadniczo dzięki przyczepności i przenikaniu lutowia do metalu rodzimego wskutek dyfuzji oraz tworzenia się związków chemicznych. Dlatego lutowie swym składem musi być zbliżone do składu owych metali albo mieć zdolność rozpuszczania ich, tak aby w temperaturze, jaką ma w stanie stopionym, tworzyło z nimi roztwory stałe. W innym przypadku zlutowanie nie nastąpi, lub nastąpi tylko nietrwale zlepienie (adhezja).

Wytrzymałość złącza lutowanego jest tym większa, im mniejsza jest szczelina; musi ona jednak zostać całkowicie wypełniona lutowiem. Wobec tego szczelina powinna być możliwie wąska, a lutowie łatwo płynne. Zbyt mały dostęp pomiędzy łączonymi powierzchniami uniemożliwia należyte przeniknięcie lutowia.

Miejsca przygotowane do lutowania należy przedtem dokładnie oczyścić. Cienkie warstwy tlenków trzeba usunąć skrobakiem lub pilnikiem. Przed dalszym utlenianiem zapobiegają topniki, które są różne, w zależności od sposobu lutowania i materiałów lutowanych.

Następnie bardzo ważne jest dobranie odpowiedniego lutowia. Wybierając lutowie, należy mieć na uwadze jego topliwość, wytrzymałość i — szczególnie przy lutowaniu metali szlachetnych — kolor. Temperatura topnienia lutowia powinna być co najmniej o 50 °C niższa od temperatury topnienia części lutowanych.

Rozróżniamy lutowia *miękkie* i *twarde*. Pierwsze, zwane także lutowiami cynowymi, stapiają się poniżej 350 °C; drugie dzielą się na dwie dalsze grupy: lutowia srebrne, stapiające się w temperaturze 715—830 °C, i lutowia mosiężne o temperaturze topnienia 840—890 °C.

Zależnie od tego, czy użyjemy lutowia miękkiego, czy twardego, rozróżniamy lutowanie miękkie i lutowanie twarde.

Lutowanie miękkie

Do zwykłego lutowania miękkiego potrzebne są lutowia, topniki i narzędzia. Oprócz tego do ustalenia pozycji przedmiotów lutowanych posługujemy się nieraz specjalnymi przyrządami.

Lutowia są to stopy metali o temperaturze topnienia niższej niż temp. łączonych metali. Do *lutowania miękkiego* za lutowie służy cyna z domieszką ołowiu. Stapia się ono w temperaturze 183—277 °C.

Działanie lutowia polega na:

- 1) przedostaniu się między łączone powierzchnie, które pozostają nie stopione,

2) całkowitym wypełnieniu przestrzeni między łączonymi powierzchniami,

3) powierzchniowym (płytkim) przeniknięciu do łączonych części (dyfuzja),

4) skrzepnięciu.

Działanie lutowia nie polega na przyleganiu, jak to już wspominaliśmy, lecz na przeniknięciu do łączonych powierzchni oraz utworzeniu z nimi stopów. Dlatego nie wszystkie metale łatwo topliwe nadają się na lutowia oraz nie każdym lutowiem można lutować wszystkie metale. Na przykład lutowiem cynowym można lutować stal, cynk, miedź i jej stopy oraz srebro; a nie można nim lutować aluminium i jego stopów oraz żeliwa, gdyż z tymi metalami cyna dobrze się nie wiąże.

Lutowia użyte do lutowania powinny mieć następujące właściwości:

— dobre zwilżanie powierzchni metalu, tj. rozplywanie się cienką warstwą po powierzchni i wnikanie w wąskie szczeliny; najwyższą wytrzymałość osiąga się, jeśli grubość lutowia w złączeniu wynosi 0,05 do 0,15 mm;

— odpowiednio niski punkt topliwości;

— łatwość płynności; w tym celu do lutowia miękkich dodaje się cynę, do twardych — srebro;

— odpowiednią barwę (gdy w grę wchodzi estetyczność).

Przyjętość lutowia do metalu zależy także od czystości powierzchni łączonych; niezbędne jest usunięcie tlenków, tłuszczu, farby itp. za pomocą pilnika lub innym sposobem (mechanicznym lub chemicznym).

Typowymi lutowiami miękkimi są stopy cyny z ołowiem. Lutowia bezcynowe składają się głównie z ołowiu i kadmu z małą domieszką cyny i antymonu. Skład lutowia i ich przeznaczenie określa norma PN/H-87100.

Metali szlachetnych nie powinno się lutować cyną. Do nich stosujemy lutowia specjalne, złote i srebrne, ale są to już lutowia twarde.

Topniki są to substancje, które łączą się z tlenkami oraz związkami nietopliwymi, oddzielając je w ten sposób od cząsteczek metalu. Cząsteczki metalu w stanie stopionym mogą dzięki temu poruszać się swobodnie i łączyć. Działanie topnika przy lutowaniu polega na usunięciu istniejących i tworzących się na nowo tlenków z powierzchni metali łączonych oraz z roztopionego lutowia. Dzięki temu lutowie może swobodnie rozlewać się i przylegać do powierzchni metalu.

Topnik przy lutowaniu powinien:

— być płynny¹⁾ w temperaturze lutowania,

¹⁾ Chlorek amonu (salmiak) nie topi się, lecz od razu ulatnia.

— rozpuszczać lub zużyłować tlenki metali i inne trudno topliwe substancje,

— chronić powierzchnię metalu przed ponownym utlenieniem,

— pozwalać się wypierać z powierzchni metalu przez lutowie.

Najczęściej stosowanym topnikiem przy lutowaniu jest *chlerek cynku*, otrzymywany zwykle w praktyce przez stopniowe dodawanie odpadków cynkowych do kwasu solnego, dopóki nie przestanie się burzyć. Topnik można również otrzymać przez rozpuszczenie 300 g technicznego chlorku cynku w 1 litrze wody. Jest to tzw. „woda lutownicza” albo „lutówka”.

Chlerek cynku użyty jako topnik działa szybko i pewnie. Jego ujemną stroną jest silny wpływ korozyjny na połączone metale w pobliżu połączenia, w razie nieusunięcia warstwy topnika, oraz wywoływanie odprysków przy początkowym gwałtownym parowaniu roztworu. Pozostałości topnika powinny być natychmiast usunięte gorącą wodą zawierającą kilka kropel kwasu solnego na litr. Stosuje się to w celu zapobieżenia tworzeniu się białej nierozpuszczalnej warstwy zasadowego chlorku cynku, która utrudnia usunięcie znajdujących się pod nią pozostałości topnika. Niebezpieczeństwo korozji przez zakwaszoną wodę usuwa się natychmiastowym opłukaniem w gorącej wodzie z dodatkiem węglanu sodu (sody), a następnie w gorącej czystej wodzie.

Srodki do lutowania zawierające chlor, choćby w najmniejszych ilościach, sprzyjają rdzewieniu; dlatego nie powinno się nimi lutować w warsztacie zegarmistrzowskim, ponieważ ich rozdrobnione kropelki rozchodzą się po całym pomieszczeniu. Jeśli po lutowaniu mamy posługiwać się dobrymi narzędziami, powinno się bezwarunkowo starannie ręce umyć. Niektórzy niemieccy zegarmistrze wyraźnie przestrzegają (zupełnie słusznie), że tzw. „wody lutowniczej”, która prawie zawsze zawiera kwas, zegarmistrz nie powinien używać.

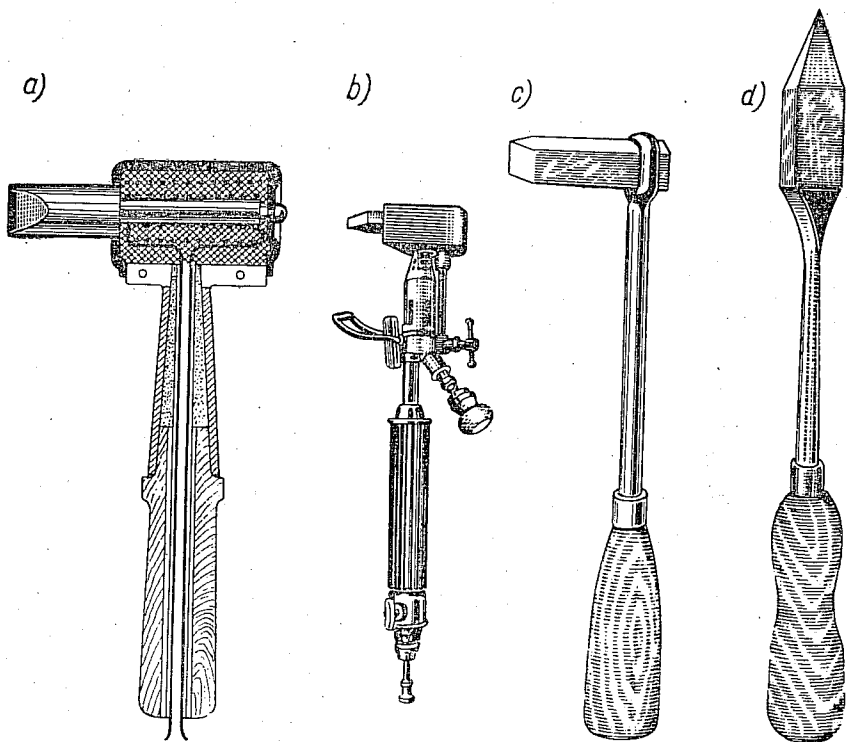
Zegarmistrzom zaleca się topniki oparte na kalafonii. Kalafonij otrzymuje się z żywicy sosnowej. W normalnych temperaturach kalafonia jest ciałem stałym i niepowoduje korozji, reaguje natomiast lekko w zakresie temperatur lutowania. Kalafonia daje się łatwo sproszkować i stapia się bardzo szybko w temperaturze ok. 125 °C. Do lutowania stosujemy ją w postaci proszku (przez posypywanie miejsca łączonego) albo — bardziej skutecznie — w postaci alkoholowego roztworu (przez smarowanie pędzlem).

Do rozpuszczania kalafonii używa się zwykle spirytusu skazonego. Do sproszkowanej kalafonii dodaje się 2—4 części wagowe spirytusu i miesza się w naczyniu z długą szyjką; naczynia tego nie należy zamykać korkiem. W celu przyspieszenia procesu można je ogrzać przez wstawienie do gorącej wody. Nie należy jednak stosować ogrzewania otwartym płomieniem ze względu na niebezpieczeństwo zapalenia lub wybuchu.

Pasta do lutowania (2-115, 113) zastępuje jednocześnie lutowie i topnik oraz eliminuje konieczność uprzedniego pobielania lutownicy.

Pastę do lutowania, zwaną także pastą ciężką, można sobie samemu sporządzić. Należy jak najdrobniej sproszkowaną i przesianą cynę mieszać z podgrzaną do stanu płynności pastą bezkwasową z kalafonii. Stosunek ilościowy samej pasty do cyny trzeba samemu dobrać, tak aby po wymieszaniu i ostygnięciu pasta ciężka miała konsystencję gęstej śmietany.

Spotykamy czasem w handlu cynę w postaci cienkich rurek napełnionych pastą bezkwasową. Do lutowania nią potrzebna jest tylko lutownica. Cyny takiej, o różnych nazwach handlowych (np. bardzo popularny „tinol”), używają bardzo chętnie elektrotechnicy, szczególnie radiowcy.



Rys. 326. Rodzaje lutownic: a) elektryczna, b) benzynowa, c) zwykła kątowna, d) czołowa

Narzędzia do lutowania. Najczęściej stosowanym narzędziem do lutowania jest lutownica (kolba) wykonana z miedzi (rys. 326 c, d). Lutowie przylega łatwo do niej i daje się w ten sposób przemieścić do złącza. Lutownicę zwykłą zagrzewa się na ognisku, w piecu, lampą lutowniczą lub zwykłym bunsenowskim

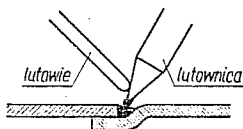
palnikiem gazowym; do prac ciągłych stosuje się lutownice ogrzewane bez przerwy płomieniem palnika, do którego napływa gaz palny (acetylen, wodór, gaz świetlny), zmieszany z powietrzem (gaz zasysa powietrze). Istnieją również lutownice ogrzewane płomieniem benzynowym (rys. 326 b), a także prądem elektrycznym, czyli tzw. lutownice elektryczne (rys. 326 a), obecnie najczęściej stosowane do drobnych i średnich robót.

Ważny jest także kształt ostrza lutownicy. Ostrze powinno być takie, żeby można nim było łatwo przenosić lutowie na połączenie. Za ostre nie jest dobre, bo lutowie na nim nie chce się utrzymać i szybciej styga. Właściwe ostrze jest lekko zaokrąglone.

Stale używana lutownica pokrywa się szybko warstwą tlenku, z wyjątkiem części stykającej się z topnikiem albo lutowiem. Topnik z biegiem czasu nadgryza lutownicę do tego stopnia, że równomierne rozprzeczanie lutowia staje się niemożliwe. Wiemy jednak, że ostrze lutownicy musi być pokryte warstwą lutowia. Jeśli więc wskutek dłuższego używania albo przegrzania zostanie silnie nadgryzione, to trzeba je najpierw opłówać, a w koniecznym wypadku nawet przekuć. Przy nagrzewaniu do lutowania lutownica nie powinna nigdy osiągać stanu nawet ciemnego zaczerwienienia, gdyż lutowie z niej spłynie („spali się”). Powierzchnie boczne w pobliżu ostrza można oczyścić salmiakiem, po czym należy ostrze natychmiast pobielić (zaprawić).

Pobielenie przeprowadzamy w ten sposób, że na górnej powierzchni kamienia salmiakowego (mniej więcej o rozmiarach 5×8 cm) robi się wgłębienie, w które za pomocą lutownicy wpuszcza się nieco cyny. Z tego małego zapasu co chwila, zależnie od potrzeby, czerpie się lutowie ostrzem lutownicy. Od czasu do czasu można do wgłębienia w salmiaku wpuścić kroplę topnika.

Przy lutowaniu drobnych przedmiotów, np. drutu, często wystarcza lutowie znajdujące się na ostrzu. Przy lutowaniu większych przedmiotów trzyma się w jednej ręce lutownicę, a w drugiej lutowie i stale go się dodaje (rys. 327). Jeśli lutowie nie



Rys. 327. Lutowanie z jednoczesnym dodawaniem lutowia

przywiera do jakiegoś miejsca, dodaje się tam kroplę topnika. Należy uważać, aby lutowie całkowicie przywarło do przedmiotu lutowanego.

Po użyciu można lutownicę ochłodzić wodą. Chłodząc lutownicę ogrzewaną płomieniem należy strumień wody kierować tylko na jej część miedzianą. Lutownice elektryczne powinny stygnąć wolno.

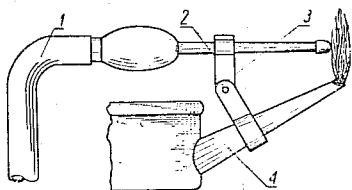
Do nagrzewania przedmiotów i stapiania lutowia podczas lutowania stosuje się także palniki lub lampy lutownicze. Lutowanie tą metodą wymaga dużej wprawy, koniecznej do skierowania na połączenie płomienia o dokładnie wymaganej wielkości. Lutowane przedmioty powinny być sztywno umocowane zaciskami lub drutem. Lutowanie za pomocą płomienia — to bardzo dobra metoda, ale powoduje najsilniejsze nagrzanie całego przedmiotu.

W naszych warsztatach zegarmistrzowskich do lutowania miękkiego drobnych części posługujemy się płomieniem lampki spirytusowej i dmuchawką (3—194).

Przy lutowaniu dmuchawką mamy tylko jedną rękę wolną do trzymania części lutowanych. Jeżeli umocujemy dmuchawkę na podstawie lub przy lampie spirytusowej, to przez to uwalniamy sobie drugą rękę.

Lutowanie płomieniem sprawia mniej trudności, gdy dmuchawka 2 (rys. 328) przymocowana jest do lampy spirytusowej 4 za pomocą uchwyty 3. Do ust prowadzi przewód gumowy 1 zakończony ustnikiem. Z płomienia lampy do lutowania powinno się wykorzystywać tylko jego końcowy język, który ma najwyższą temperaturę.

Bezpieczniej jest lutować lutownicą niż płomieniem, dlatego stosujemy go tylko wtedy, gdy nie można się z nią dostać do miejsca lutowania.



Rys. 328. Umocowanie dmuchawki

1 — przewód gumowy, 2 — dmuchawka, 3 — uchwyt, 4 — lampka spirytusowa

Dla optyków i jubilerów, którzy właściwie więcej lutują niż zegarmistrze, praktyczne są przyrządy do 'lutowania pozwalające na dogodne umocowanie przedmiotu. Przy drobnych naprawach można też trzymać przedmiot chwytkami zwykłymi lub chwytkami do wyciskania klocków włosa.

W produkcji drobnych konstrukcji lutuje się także na zgrzewarkach punktowych. Ten sposób ma tutaj wiele zalet. Natomiast dla jubilerów i innych zakładów mających często do czynienia z lutowaniem, prasa zagraniczna reklamuje praktyczne aparaty służące do stapiania i lutowania metali. U zegarmistrzów nie mają one zastosowania.

Sposoby lutowania mogą być różne, w zależności od materiałów lutowanych. Podane ogólne zasady lutowania nie wystarczą do takich metali, które trudno się lutują. Np. do wolframu, magnezu (elektronu) i aluminium przy użyciu zwyczajnych środków do lutowania lutowie cynowe nie przywiera wcale, a do żeliwa bardzo słabo.

Aluminium oraz stopy lekkie lutują się bardzo trudno, gdyż powierzchnie ich natychmiast po oczyszczeniu pokrywają się warstwą tlenków, która uniemożliwia dyfuzję lutowia do lutowanego metalu. Praktyka wykazała, że również stopy aluminiowe dają się dobrze łączyć lutowaniem, należy jednak dobrać odpowiedni rodzaj lutowia oraz topnika. Wszelkie trudności lutowania aluminium zupełnie ustępują przy zastosowaniu lutownicy ultradźwiękowej.

Niektóre metale trudne do lutowania, np. **stal**, po oczyszczeniu powierzchni powinno się w miejscach przeznaczonych do lutowania przedtem po-

bielić cyną. Można to wykonać za pomocą lutownicy lub palnika do lutowania; w warunkach fabrycznych do mniejszych przedmiotów stosuje się kąpiel cynowa.

Miedź i jej stopy lutują się łatwo.

Przy lutowaniu przedmiotów **chromowanych** najlepszym topnikiem jest roztwór chlorku cynku. Lutowie powinno zawierać 60% cyny. Połączone części należy dokładnie obmyć w gorącej wodzie, najlepiej zakwaszonej, w celu usunięcia pozostałości wywołujących korozję.

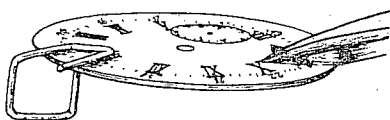
Srebro daje się łatwo lutować zwykłymi gatunkami lutowi cynowo-ołowiowych, przy użyciu topników niekorozyjnych (alkoholowych roztworów kalafonii). Zbyt cienka powłoka srebra na przedmiotach posrebrzanych nie ułatwia lutowania, ponieważ płynne lutowie rozpuszcza ją szybko. Stąd też jej grubość powinna wynosić co najmniej 0,08 mm.

Stopy cynowo-cynkowe, zastosowane na żeliwie lub stali jako powłoki odporne na korozję, dają się łatwo lutować przy użyciu kalafonii lub innego łagodnie reagującego topnika.

Na zakończone jeszcze kilka praktycznych uwag o lutowaniu miękkim.

Wytrzymałość połączenia wykonanego miękkim lutowaniem jest niewielka. Dlatego nie należy go stosować do takich przedmiotów, które będą znacznie obciążone, zwłaszcza na rozciąganie.

Większe przedmioty o grubszych ściankach, szczególnie z miedzi, należy przed lutowaniem rozgrzać do ok. 150 °C, w przeciwnym razie zbyt szybko pochłaniałyby ciepło lutownicy.



Rys. 329. Sposób przytrzymywania części lutowanej

Należy się wystrzegać wszelkiego poruszania lutowanego przedmiotu w chwili stygnięcia, ponieważ lutowie wskutek tego ulega sproszkowaniu i traci wytrzymałość.

Gdy mamy zlutować luźno leżące kawałki przedmiotu, często jest rzeczą konieczną połączenie

ich drutem albo wzornikiem. Przy tym można wyzyskać tę właściwość aluminium, że zwyczajne lutowie do niego nie przywiera. Szczypce i chwytaki do lutowania oddają tutaj także dobre usługi.

Krótką stopkę byłoby bardzo niewygodnie trzymać razem z tarczą podczas lutowania. Najlepiej jest wtedy wygiąć drut, jak wskazano na rys. 329, przylutować prostopadłą część drutu do tarczy, a potem odciąć resztę. W końcu kształtuje się odpowiednio samą stopkę.

Jeśli zachodzi konieczność lutowania na przedmiocie, który nie powinien ulec rozgrzaniu, to owija się go wilgotną szmatką lub częściowo zanurza w wodzie.

Jeżeli nie chcemy, żeby lutowie rozpląnęło się za daleko, co zdarza się przy lutowaniu dmuchawką, wystarczy zaznaczyć granicę zwykłym ołówkiem (nie kopiowym lub kolorowym). Na większych przedmiotach zaleca się zrobić taką granicę kredą,

jednak lepiej to zrobić nie zwykłą kredą do pisania, ale szlamowaną rozrobioną z wodą. Również dobry wynik uzyskuje się przez pokrycie granicy lutowanego miejsca wapnem.

Po zlutowaniu, zwłaszcza większych przedmiotów, trzeba resztki cyny usunąć i cały przedmiot oczyścić.

Lutowanie twarde

Łączenie metali za pomocą lutowia, którego temperatura topnienia przekracza 500°C , ale jest niższa od temperatury topnienia metali łączonych, nazywamy lutowaniem twardym. Nie wymaga ono stosowania skomplikowanych urządzeń, jest jednak trudniejsze niż lutowanie miękkie.

Połączenia tego typu wymagają na ogół rozgrzania miejsc łączonych do temperatury czerwonego żaru. Użycie lutownicy jest więc niemożliwe; koniecznie trzeba się posługiwać płomieniem.

Przygotowanie do lutowania. Wytrzymałość połączenia lutowanego jest tym większa, im większa jest powierzchnia złącza. Powierzchnię złącza można powiększyć przez odpowiednie ukształtowanie połączenia, np. złożenie na „jaskółczy ogon” (rys. 330 a) lub połączenie w kształcie klina (rys. 330 b).

Na ogół można przyjąć, że wytrzymałość połączeń lutowanych na twardo jest największa, gdy grubość warstwy lutowia wynosi $0,02\text{--}0,05\text{ mm}$. Miejsca lutowane powinny być metalicznie czyste.

Części powinny być ze sobą dokładnie dopasowane i zmocowane (związane), w przeciwnym bowiem razie przesuwają się i cała robota się psuje.

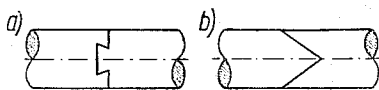
Do związywania najlepszy jest miękki drut stalowy, gdyż niewiele rozszerza się po nagraniu. Gdy chodzi o bardzo dokładne ustawienie większych przedmiotów, wierci się otwory i kołkuje.

Lutowia twarde. Najczęściej używanymi lutowiami do lutowania twardego są:

- 1) stopy miedzi z cynkiem (lutowia mosiężne),
- 2) stopy miedzi z cynkiem i srebrem (lutowia srebrne).

Lutowia twarde spotyka się przeważnie w postaci drutu, cienkich blaszek i śrutu.

Lutowiem srebrnym nazywamy takie lutowie, które zawiera co najmniej 3% srebra. Temperatura topnienia takiego lutowia leży w granicach $600\text{--}870^{\circ}\text{C}$. Niekiedy dodaje się do niego cyny, kadmu, niklu lub manganu, aby zmienić jego właściwości do



Rys. 330. Połączenia lutowane:
a) na „jaskółczy ogon”, b) w kształcie klina

specjalnych celów. Srebro polepsza płynność lutowia, zwiększa jego odporność przeciwkorozyjną i ułatwia obróbkę mechaniczną miejsc zlutowanych. Nikiel zwiększa twardość lutowia i znacznie podnosi temperaturę topnienia. Natomiast cyna obniża tę temperaturę i pogarsza obrabialność. Zawartość aluminium, ołowiu i żelaza jest w lutowiu srebrnym szczególnie szkodliwa.

Lutowia srebrne dają bardzo dobre wyniki przy łączeniu stali, mosiądzu, brązów, stopów srebra, złota i niklu, jak również płytek z węglików spiekanych ze stalą. Stosuje się je przeważnie do robót precyzyjnych. Są one nieco droższe niż mosiężne, ale mają niższą temperaturę topnienia, co nieraz jest bardzo ważne.

Istnieją lutowia srebrne, których używa się bez topnika. Lutowie takie składa się ze srebra, miedzi i fosforu. Fosfor oksyduje i rozpuszcza tlenki lutowanych metali. Powstaje więc warstwa jakby glazury, która chroni przed dalszym utlenianiem. Temperatura topnienia tego lutowia wynosi 710 °C.

W braku odpowiedniego lutowia można też użyć samego srebra ze starych monet lub innych odpadków. Jednakże stal ze stalą za pomocą srebra lutuje się trudno.

Lutowia do metali szlachetnych powinny odpowiadać próbie przedmiotów lutowanych. Takie są przepisy urzędów probierczych. Ponieważ temperatura topnienia lutowia musi być niższa co najmniej o 50 °C od temperatury topnienia metali lutowanych, do lutowi szlachetnych w celu obniżenia temperatury topnienia, oprócz innych składników dodaje się kadmu. Właściwe sporządzenie takiego lutowia nie jest łatwe z powodu utleniania się kadmu. Opisy lutowi jubilerskich i sposoby ich sporządzania podaje Dr Franciszek Zastawniak w książce pt. „Złotnictwo i probiernictwo”, wydanie II z 1956, str. 144—149.

Topniki do lutowania twardego. Metale podczas nagrzewania przy lutowaniu pokrywają się cienkimi warstwami tlenków. Topniki chronią powierzchnie łączone od utleniania, rozpuszczają wszelkie tlenki i ułatwiają rozplywanie się lutowia.

Temperatura topnienia topnika powinna być niższa od temperatury topnienia lutowia oraz tworzących się tlenków. Do lutowi mosiężnych używa się topników stapiających się w temperaturze przewyższającej 800 °C. Głównym składnikiem tych topników jest boraks i kwas borowy. Do lutowi srebrnych stosuje się topniki, w skład których wchodzi fluorki i sole metali alkalicznych (chlorek potasu). Temperatura ich topnienia wynosi mniej niż 750 °C.

Boraks stosuje się do lutowania prawie wszystkich metali, których temperatura topnienia jest wyższa od temperatury topnienia boraksu, czyli od 750 °C. Używa go się chętnie, gdyż nie powoduje on korozji w miejscach lutowanych. Krystaliczny bo-

raks jest białawy lub bezbarwny. Zazwyczaj używa się go w postaci proszku.

Przy nakładaniu topnika i lutowia przedmiot powinien być tak ustawiony, by topnik i lutowie łatwo spływały w miejsce połączenia.

Do lutowania twardego polerowanych przedmiotów złotych, oprócz boraksu, dobrze jest użyć jako topnika kwasu borowego w proszku. Przedmiot nim posypyany prawie nie traci polysku.

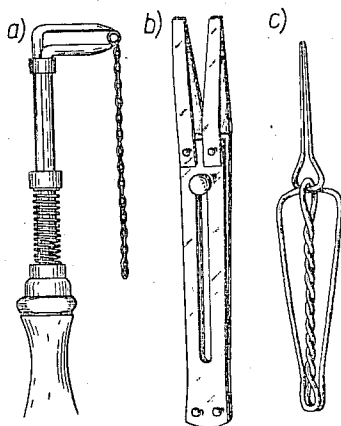
Nadmiar topnika jest szkodliwy, gdyż powoduje większą ilość pęcherzy w lutowninie, a taka porowata lutowina jest słabsza.

Sposób lutowania twardego. Części lutowane powinny być dobrze do siebie dociśnięte. Większe przedmioty wiążemy zwykle drutem. Delikatnego przedmiotu nie należy zbyt silnie ścisnąć, gdyż po nagraniu i rozszerzeniu się, zwłaszcza gdy ma on rozszerzalność większą niż drut, może się zdeformować. Zresztą małych i delikatnych przedmiotów lepiej nie wiązać. Do trzymania przedmiotów podczas lutowania służą różnego rodzaju przyrządy, najczęściej w kształcie szczypiec (rys. 331).

Części lutowanych nigdy nie należy kłaść do lutowania na metalowych podkładkach, gdyż pochłaniają one dużo ciepła, co utrudnia i przedłuża lutowanie. Można używać podkładek azbestowych i szamotowych. Lepsza jest jednak podkładka z kawałka twardego drewna zwęglonego na powierzchni, a do większych przedmiotów — nawet luźne kawałki węgla drzewnego.

Najprostszym sposobem nagrzewania podczas lutowania twardego jest nagrzewanie płomieniem i dmuchawką ustną, gdyż lutowie powinno się stopić od rozgrzanych łączonych powierzchni metalu, a nie od płomienia. Dmuchawka służy jedynie do skierowania płomienia palnika gazowego lub lampki spirytusowej na łączone powierzchnie.

Dmuchawek używa się do lutowania bardzo drobnych przedmiotów, szczególnie przy stosowaniu lutowia srebrnego. Są one bardzo dogodne. Do lutowania twardego przedmiotów większych, średnica ustnika dmuchawki powinna mieć 10 mm, a średnica końca mniej niż 1 mm. Knot lampy spirytusowej powinien mieć



Rys. 331. Szczypce zaciskowe: a) przesuwne, b) z rozstawnymi końcami, c) z drutu — samozaciskające

2—3 cm grubości. Za pomocą takich przyrządów można osiągnąć temperaturę ponad 1000 °C.

Najłatwiej lutuje się na twardo stal węglowa. Natomiast duże trudności napotyka się przy lutowaniu stali nierdzewnej oraz żeliwa.

Części przygotowane do lutowania trzeba najpierw lekko ogrzać, trzymając je w szczypcach nad lampą spirytusową, a następnie posypać topnikiem. Teraz ogrzewa się je mocniej, aż topnik zacznie syczeć i zbieleje; wówczas kładziemy chwytkami kawałek lutowia, tak by się przykleił w topniku w tym miejscu, które ma być lutowane. Dopiero teraz kładziemy cały przedmiot na podkładce do lutowania. Następnie ogrzewamy cały przedmiot, tak jednak, by się za bardzo nie rozżarzył, a przez dalsze nagrzewanie lutowanego miejsca doprowadzamy lutowicie do wpłynięcia w szczelinę. Należy uważać, by go za bardzo nie rozgrzać. Lutowie wtedy się topi, gdy zaczyna wolno opadać i połyskiwać na obwodzie. Po rozplątaniu się lutowia i sprawdzeniu, czy zlutowanie jest prawidłowe, należy jeszcze przez chwilę słabszym płomieniem ogrzewać okolice lutowaną.

Przedmioty zlutowane na twardo należy studzić powoli, by uniknąć naprężeń i ewentualnych pęknięć.

Koperty zegarków, ze względu na ich cienkość, trzeba koniecznie lutować na twardo. Jeśli mamy naprawić kopertę zlutowaną cyną, trzeba wpiery usunąć resztki lutowia i oczyścić ścianki styku.

Boraks, który po zastygnięciu tworzy twardą i szklistą skorupę, można usunąć przez zeszkobanie lub zdercie drucianą szczotką. Na delikatnych przedmiotach lutowanych zbędny boraks można usunąć w kąpielach chemicznych, np. w 5-procentowym roztworze kwasu siarkowego. Oczyszczanie po lutowaniu w kąpielach chemicznych stosuje się tylko w produkcji masowej. Delikatnych części zegarowych raczej nie powinno się czyścić w ten sposób, gdyż resztki kwasów mogą spowodować korozję.

KLEJENIE

Klejanie jest to łączenie nierozłączne dwóch przedmiotów za pomocą cienkiej warstewki substancji wiążącej, zwanej klejem lub klajstrem.

Klajstry są to skrobiowe masy galaretowate, zawierające wodę, lecz mające małe możliwości upłynnienia. Kleje natomiast są płynne, bardzo lepkie i mają zawsze znacznie wyższą zdolność klejącą niż klajstry. Obie te grupy są dla odpowiednich zastosowań pełnowartościowe.

Połączenie klejone zawdzięcza się adhezji, czyli przyczepności i twardnieniu kleju. Moc połączenia można zazwyczaj zwiększyć przez zwiększenie powierzchni przylegania, kształtując je np. ukośnie, klinowato itp. Chropowatość, porowatość lub włóknistość ułatwia silne sklejenie takich materiałów, jak papier, skóra, drewno itp.

W przeciwieństwie do budowy maszyn, gdzie sklejenie jest stosowane ciągle jeszcze bardzo rzadko, w budowie drobnych mechanizmów i w zegarmistrzostwie znalazło ono duże zastosowanie przy łączeniu lub utrwalaniu części składowych przyrządów.

W użyciu są różne rodzaje klejów. Można je podzielić na kleje:

- zwierzęce (glutynowe, czyli skórne, kostne, kazeinowe),
- roślinne (skrobiowe, dekstrynowe),
- syntetyczne (z celulozy, kauczuku),
- różne (mieszane, wodne szkło).

Głównym składnikiem klejów jest substancja wiążąca; poza tym mogą one zawierać rozpuszczalniki i różnorodne dodatki.

Wysychanie klejów zwierzęcych i roślinnych następuje wskutek wyparowania rozpuszczalnika, powodując stwardnienie kleju. Parowanie pociąga za sobą kurczenie się masy kleju, dlatego też materiały po sklejeniu trzeba silnie ścisnąć, by szczelina w miejscu sklejenia była jak najwęższa, gdyż wówczas spoina będzie silniejsza.

Przy sklejanju części z jednakowego tworzywa łatwiej jest dobrać odpowiedni klej, natomiast sklejenie części z dwóch różnych tworzyw, o rozbieżnych właściwościach, nie zawsze jest dostatecznie pewne i trwałe. Dlatego do materiałów, które mamy łączyć, trzeba dobierać odpowiedni rodzaj kleju.

Sposoby klejenia

Klejenie metali. Przy łączeniu metali najlepsze okazują się kleje syntetyczne, nie wymagające rozpuszczalników. Klejami tymi są: *żywice epoksydowe*, *poliwinyloacetale*, *polioctan winylu*, itp., znane w handlu pod różnymi nazwami, np. SMS₁, SMK₂, BWF/₂₁, „Kauryt” — wyroby krajowe¹⁾ oraz szwajcarski „Araldit”, radzieckie BF2 i BF4, angielski „Redux” i wiele innych.

Najlepszymi spośród klejów syntetycznych do metali okazują się *żywice epoksy*.

Przy użyciu kleju typu epoksy na gorąco należy odpowiednio przygotowywane elementy podgrzać do temperatury 60—70 °C

¹⁾ Klej BWF/₂₁ produkują Zakłady Chemiczne „Boryszew” w Sochaczewie. Zakłady te wyrabiają różne kleje syntetyczne do klejenia tworzyw sztucznych, szkła, ceramiki, metali, drewna i papieru.

i pokryć ogrzaną powierzchnię klejem, a po złożeniu elementów podgrzać do temperatury 180 °C przez 2 godziny.

Przed sklejeniem należy metal w miejscu połączenia dobrze oczyścić szczotką drucianą i odtłuścić benzyną.

Wygodniejszy jest *karbinol* — klej, który bardzo dobrze łączy na zimno metal, drewno, szkło, ceramikę, tworzywa sztuczne i wzajemne ich kombinacje. Utwardzaczem tego kleju jest 1—4-procentowy nadtlenek benzoilu. Czas utwardzania — 30—48 godzin w temperaturze 20—25 °C.

Miedź i stopy miedzi trudno jest kleić żywicami syntetycznymi. Przemysł elektrotechniczny, który używa najwięcej metali tego typu, skleja miedź i stopy miedzi roztworem szelaku (2—116) w alkoholu etylowym.

Szereg prób na różnych typach szelaku wykazywało wytrzymałość spoiny 30—60 kG/cm². Próby domieszania do szelaku poliwinylotyrali wytrzymałość tę podwyższyły o 20—50%. W zegarmistrzostwie szelak bywa często stosowany. Przykleja się nim palety w kotwicy wychwyty szwajcarskiego oraz palce przerzutowe. Służy również do umocowywania części toczonych na tarczy lakowej.

Są dwa sposoby przyklejania szelakiem: albo przez podgrzanie doprowadzamy szelak do stanu płynnego lub ciastowatego, a potem ochładzamy, albo też rozpuszczamy go spirytusem denaturowanym, który dość szybko wyparowuje.

Klejenie drewna. Do klejenia drewna z drewnem używa się klejów zwierzęcych (glutynowych), a ostatnio także syntetycznych.

Kazeinowy klej „Certus”, gotowy do użycia, otrzymuje się przez dodanie do suchej masy kleju odpowiedniej ilości wody (150—300%) i dokładne mieszanie całości przez ok. pół godziny. Klej powinien mieć postać jednorodnego, gęstego płynu nadającego się do rozsmarowania. Klej kazeinowy miesza się z zimną wodą i klei w temperaturze otoczenia. Wiąże on szybko i daje połączenia wodoodporne. Wadą jego jest alkaliczny odczyn, który powoduje ciemne zabarwienie drewna zawierającego barwniki.

Syntetyczny klej „Kauryt”, jak zresztą niemal wszystkie kleje syntetyczne, w normalnej temperaturze jest odporny na działanie wody i pary wodnej. Przygotowując porcję kleju, należy do suchego sproszkowanego kleju dodać niedużą ilość wody (30—40%) i mieszać aż do otrzymania równomiernej zawiesiny, możliwej do rozsmarowania. Jeden kawałek podgrzanego drewna smarujemy klejem, a drugi specjalnym utrwalaczem, którym najczęściej jest kwas mrówkowy lub kwas mlekowy, następnie łączymy obie części i poddajemy ciśnieniu 5—10 kG/cm² przez ok. 15 minut, w temperaturze 20 °C. Otrzymane połączenie jest wodoodporne i wykazuje dużą trwałość.

Klejenie drewna z metalami. Najlepsze wyniki połączeń klejowych drewna z metalami i innymi tworzywami dają kleje syntetyczne, a szczególnie kombinacje rezolu z poliwinylaoacetalami, takie jak wspomniane już radzieckie BF2 i BF4 oraz angielski „Redux”.

Ważne jest przygotowanie powierzchni metalu, który mamy skleić. Powierzchnia musi być gładka, czysta i odtłuszczona, a w niektórych

przypadkach nawet wytrawiona. Stał przed klejeniem zanurzamy do słabego kwasu azotowego, by powierzchnia jej stała się nieco szorstką (wytrawiona), następnie spłukujemy ją, wycieramy i, rozgrzaną, powlekamy gorącą warstewką kleju i natychmiast przykładamy do drewna.

Klejenie metalu z gumą, gumy z gumą i innymi tworzywami nie jest łatwe. Najczęściej stosuje się do tego celu mieszanki oparte na kauczuku syntetycznym typu neopren oraz żywice syntetyczne, zwykle fenolowe. Szczególną uwagę należy zwrócić na przygotowanie mieszanki.

W braku żywic syntetycznych, możemy gumę przykleić do metalu klejem, który sporządzamy w ten sposób: 10 g kalamonii i 10 g asfaltu rozpuszczamy w 40 g terpentyny, po czym dodajemy do tego 20 g gęstego roztworu kauczuku oraz tyle kredy, by masa była gęsta.

Mniej pewnym, lecz w wielu przypadkach przyklejania gumy do metalu wystarczającym, okazuje się gorący szelak rozpuszczony w słabym roztworze amoniaku.

Klejenie papieru z metalem. Za przykład klejenia papieru z metalem, często stosowanego w zegarmistrzostwie, może służyć przyklejanie papierowych tarcz zegarowych do metalowej podkładki. Przedtem należy tarczę włożyć do wody, aby całkowicie zmiękała. Natomiast bezpośrednio przed przyklejaniem trzeba ją nieco osuszyć między dwiema bibułami. Jako kleju używamy żelatyny rozrobionej rozcieńczonym kwasem octowym. Zaleca się po naklejeniu pozostawić tarczę kilka minut pod naciskiem, np. równej sztabki metalowej.

Łączenie tworzyw sztucznych należących do grupy termoplastycznych, jak nylonu, plexiglasu itp., może się odbywać przez klejenie lub „spawanie”.

Do klejenia plexiglasu stosuje się najczęściej jego roztwory w chloroformie, benzenie (nie mylić z benzyną) czy też „Tri”, tj. trójchloroetylenie, oraz wspomnianą już wyżej kleje syntetyczne. Z najpopularniejszych rozpuszczalników plexiglasu możliwych do nabycia, jest kwas octowy; tylko aby otrzymać dobre wyniki, należy posługiwać się jego stężonymi roztworami, co najmniej 70-procentowym (najlepiej jest używać tzw. kwasu octowego lodowatego, czyli 94-procentowego). Stężony kwas octowy nie tylko rozpuszcza plexiglas, ale powoduje też jego pęcznienie. Powierzchnie przeznaczone do klejenia należy pokryć cienką warstewką kwasu lub jednym z wymienionych rozpuszczalników (a nie moczyć ich całych) i po paru minutach, gdy nastąpi ich częściowe rozpuszczenie, złożyć je i silnie ścisnąć. Przy pewnej wprawie, miejsca w ten sposób sklejone są niemal że niewidoczne. Oczywiście, krawędzie przed sklejaniem muszą być suche, czyste, dokładnie do siebie dopasowane, a nawet wypolerowane.

„Spawanie” pasków z tworzyw sztucznych, do napędu tokarki itp., można przeprowadzić w prosty sposób (rys. 332). Należy rozgrzać blazkę stalową (może to być ostrze zużytego już noża), przyłożyć do niej równo obcięte (najlepiej żyłką) końce paska i trzymać aż do upłynięcia się ich. Potem szybko je zetknięć, docisnąć i zanurzyć w zimnej wodzie.

Łatwiej będzie ten zabieg wykonać, gdy zamiast noża użyjemy kawałka sprężyny napędowej zegara, umocowując go jednym końcem w uchwycie 3 (rys. 328) lampy spirytusowej, tak żeby drugi koniec znajdował się w płomieniu. Wówczas mamy obie ręce wolne do przytrzymania paska, a po nagraniu natychmiast możemy docisnąć końce do siebie.

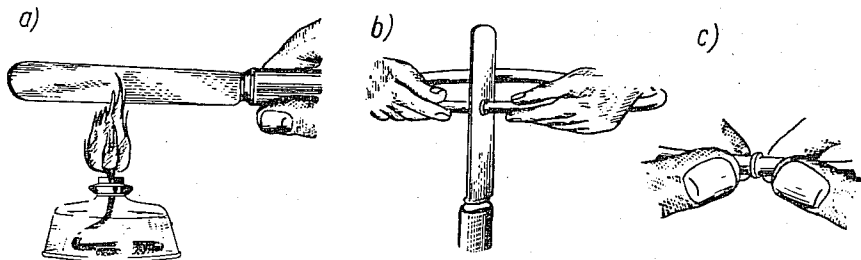
Firma Bergeon wyprodukowała do tego celu przyrząd elektryczny, który znacznie ułatwia tę czynność.

Klejenie przedmiotów celuloidowych jest bardzo łatwe. Trzeba tylko posmarować pęknięte miejsca rozpuszczalnikiem celuloidowym (acetonom), ścisnąć je mocno i trzymać pod tym naciskiem przez 24 godziny. W nie-

kórych przypadkach wystarczy pęknięte miejsca posmarować gęstym acetonowym roztworem celuloidu, złożyć i lekko ścisnąć.

Przy użyciu samego acetonu w miejscu sklejenia występują białe plamy, które można łatwo zeszlifować papierem ściernym lub zeszkrobać ostrym nożem.

Do sklejania grubszych przedmiotów celuloidowych można używać kleju, który się składa z jednej cz. kamfory, 3 cz. rubinowego szelaku i 10—15 cz. alkoholu.



Rys. 332. „Spawanie” paska napędowego z tworzyw sztucznych

KITOWANIE

Kitowanie jest łączeniem nierozłącznym dwóch elementów, z których jeden wchodzi w drugi. Kitując, całkowicie się zapełnia kitem wolne miejsca między częściami łączonymi. I tu, jak przy klejeniu, substancja łącząca wiąże przedmioty na zasadzie adhezji. Lecz kity mają słabsze własności wiążące, a służą głównie za materiały wypełniające. W miarę możliwości zagłębienie, w którym się coś zakitowuje, powinno być u spodu szersze, żeby część zakitowywana bez rozkruszenia kitu nie mogła być wyjęta. Kitowanie od klejenia tym się różni, że — jak już powiedziano — kitu nakłada się więcej niż kleju i że na czas twardnienia kitu nie ścisną się łączonych przedmiotów (z wyjątkiem kilku przypadków). Kitu używa się np. jako środka dodatkowego uszczelnienia szkieł, kopert itp.

Rozróżniamy dwie grupy kitów, mianowicie:

— kity twardniejące wskutek procesów fizycznych,

— kity twardniejące wskutek przemian chemicznych.

Do grupy pierwszej należą tzw. *kity topliwe* (np. lak, szelak, kalafonia, kity siarkowe, woskowe), które w normalnej temperaturze są w stanie stałym. Do użycia trzeba je roztopić. Po ostudzeniu znów twardnieją. Ze względu na łatwiejszy sposób przygotowania lepsze są kity topliwe, będące alkoholowym roztworem substancji kitującej. Przy ogrzewaniu alkohol ulatnia się, podczas gdy właściwy kit topi się, a po oziębieniu twardnieje.

Do drugiej grupy należą tzw. *kity wiążące*, jak gips, cement marmurowy, kit magnezjowy, kit z gleyty ołowiowej.

Poza wymienionymi, które mają pewne zastosowanie w mechanice precyzyjnej, jest jeszcze ponad 20 odmian kitów.

Przyrządzanie kitu zależy przede wszystkim od własności samego kitu i od rodzaju łączonych elementów. W każdym razie kitu wiążącego przygotowuje się tylko tyle, ile doraźnie potrzeba, gdyż z czasem on twardnieje, a po ponownym rozcieńczeniu jego skład i własności ulegają daleko idącym zmianom. Im wolniej kit twardnieje — czy to w temperaturze pokojowej, czy też podwyższonej — tym równiej wiąże.

Kity higroskopijne, jako też kity, które pod wpływem wilgoci powodują utlenianie połączonych części, po stwardnieniu można powlec ochronną warstewką lakieru wodoodpornego.

Kit do łączenia szkła z mosiądzem. 5 g sody żrącej, 25 g wody i 15 g kałafonii gotujemy, dopóki całość nie nabierze wyglądu mazistego. Następnie mieszanię tę ugniatamy z 20 gramami gipsu. Kit ten twardnieje po 45 minutach.

Kit do łączenia szkła z metalem. 100 g gliceryny ugniatamy starannie z 50 gramami bardzo miłkiego proszku gleytowego. Tak uzyskany kit jest bardzo trwały i niewrażliwy na działanie atmosferyczne. Trzeba go natychmiast użyć.

Kit do łączenia szkła z żelazem lub ze szkłem. 1. Szkło wodne z kredą rozrabiamy na papkę i smarujemy nią obie łączone powierzchnie. Po kilku godzinach kit jest twardy. Ten kit wytrzymuje nawet wyższe temperatury.

2. Do gorącego, gęstego kleju stolarskiego dodajemy 1/8 do 1/6 terpentyny, mieszamy i używamy na gorąco. Ten kit łączy również dobrze metal z drewnem.

3. Do rzadkiego kleju kostnego dodajemy popiołu drzewnego, aż mieszanina zrobi się gęsta. Używamy w stanie gorącym.

Kit do kamieni szlifierskich. Kamień szlifierski na wałku zamocowujemy kitem, w którego skład wchodzi 200 g smoły, 25 g terpentyny, 50 g kwiatu siarczanego, 100 g opiłków żelaznych i 20 g palonego gipsu.

Kit do luźnych szkieł. Doskonałym środkiem do zamocowania szkła za luźnego lub do uszczelnienia szkła nieokrągłego jest *lakier nitrocelulozowy*, który szybko schnie, nie łuszczy się, jest niełamliwy i bezbarwny. Nakłada się go spiczastym pędzelkiem; jeśli mamy go kilkakrotnie nałożyć, to trzeba zaczekać, aż poprzednia warstewka wyschnie. Pędzelek czyści się w acetonie.

Kit woskowy. Kitem woskowym przymocowuje się do tarczy przedmioty do obróbki. Składa się on z równych części kałafonii i wosku. Najpierw roztopia się kałafonię, a potem — mieszając — dodaje się wosku. Jeśli kałafonii jest więcej niż wosku, kit jest twardszy i kruchszy, z czym trzeba się liczyć w zimie.

Przedmioty do kitowania należy dobrze przygotować. Miejsca kitowania powinny być czyste, suche i pozbawione kurzu, a przede wszystkim odtłuszczone. Pozostałości poprzednich kitowań muszą być starannie usunięte, np. przez zmycie amoniakiem

(10—15-procentowy roztwór amoniaku) albo trzeciorzędowym fosforanem sodu. Warstwa kitu powinna otaczać możliwie równomiernie części, które mają być wkitowane, i nie powinna być zbyt gruba. Gładkie powierzchnie trzeba dla wzrostu przyczepności uczynić chropowatymi. Części z materiałów silnie higroskopijnych należy przed kitowaniem tak przygotować, żeby nie wysysały z kitu składowych części płynnych, gdyż to by utrudniało wiązanie. Przy stosowaniu kitów topliwych oraz mas do zalewania należy części łączone podgrzać, aby uniknąć gwałtownego oziębienia kitu.

VII. RYSUNKI

1. ZASADY RYSUNKU TECHNICZNEGO

WIADOMOŚCI PODSTAWOWE

Oprócz znajomości sposobów obróbki materiałów zegarmistrz powinien także umieć wykonywać i odczytywać rysunki techniczne. Kreślenia techniczne są na ogół doceniane przez zegarmistrzów, i to już od dawna. Niektórzy mistrzowie mówią nawet, że rysunki fachowe dla zegarmistrza są nie tylko najpiękniejszą, ale i najważniejszą częścią jego teoretycznej wiedzy. Pozwalają one bowiem w wielu przypadkach na szybsze i łatwiejsze rozwiązanie problemu technicznego, aniżeli by można było to osiągnąć obliczaniem.

Oczywiście, w tym przypadku chodzi głównie o konstrukcje geometryczne. Niemniej jednak ważne są dla zegarmistrza i rysunki wykonane w czasie, które stanowią główną grupę rysunków technicznych.

Co to jest rysunek techniczny? Rysunek techniczny jest to wykreślne przedstawienie przedmiotu na papierze w ten sposób, żeby według rysunku można było ten przedmiot wykonać. Stąd wynika cel rysunku technicznego: umożliwienie wykonania narysowanego przedmiotu.

Wprawdzie zegarmistrz, przynajmniej dotychczas, rzadko wykonywał części z rysunku. Dorabiał raczej według części starej albo najczęściej zepsute części tylko naprawiał. Jednak w większych warsztatach rysunek może być konieczny nie tylko do egzaminu, jak to zwykle bywa, ale także pomocny w pracy. Dziś bowiem postęp techniczny zatacza coraz szersze kręgi, zmusza więc i zegarmistrza do stosowania metod ogólnie przyjętych w technice. Jedną zaś z najbardziej podstawowych umiejętności technicznych jest umiejętność czytania, rozumienia i posługiwania się rysunkiem technicznym, który nie bez powodu nazywany jest „międzynarodowym językiem techników”.

Ponieważ rysunek techniczny służy do porozumiewania się ludzi w sprawach wykonywania przedmiotów, musi to być rysunek specjalny. Powinien więc zawierać wszystkie wskazania dotyczące kształtu i wymiarów danego przedmiotu, materiału, z którego należy go wykonać, a czasami nawet sposobu samego wykonania, tzn. powinien dostarczyć wykonawcy wszystkich wskazówek, nie-

zbędnych do wykonania tego przedmiotu w warsztacie. Nie jest on jednak fotografią, lecz zbiorem umownych symboli, których znaczenie jest określone w przepisach PKN, zestawionych w normach „Rysunek techniczny maszynowy” (PKN/M — 01050-01099).

Z tego wynika, iż rysownik nie może wykonywać rysunków według własnego uznania, lecz powinien znać i umieć stosować odpowiednie reguły. Rysunek bowiem musi być koniecznie prawidłowy. A prawidłowe rysunki może wykonywać jedynie ten, kto, oprócz sprawności w posługiwaniu się przyborami do rysowania i zdolności dokładnego wykonania, ma również gruntowne znajomości konstrukcji geometrycznych i norm rysunkowych, a nadto pewne wiadomości z zakresu obróbki metali, mechaniki stosowanej i części maszyn.

Również i wykonawca, chcąc z tego rysunku sobie wyobrazić kształty przedmiotu, musi także znać ogólnie przyjęte zasady rysunku technicznego.

Wszystkie te wiadomości można zdobyć praktyką i wykształceniem teoretycznym. Zegarmistrzowi są one potrzebne i jako rysownikowi, gdy będzie chciał sam rysunek wykonać, i jako wykonawcy, gdy będzie musiał wykonać przedmiot z otrzymanego rysunku.



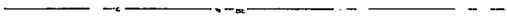

Umiejętności wykonywania i czytania rysunków od razu nabyć nie można, przychodzi ona stopniowo, w miarę przyswajania sobie odpowiednich reguł i przerabiania szeregu ćwiczeń¹⁾.

Przybory i materiały kreślarskie potrzebne do dokładnego wykonania rysunku technicznego opisane zostały już w części 3 „Zegarmistrzostwa” na str. 243—250.

Materiały kreślarskie, papiery, kalki, ołówki, tusze itp. omówiono w części 2 „Zegarmistrzostwa” na str. 110—114.

Rodzaje i grubości linii

Rysunek techniczny jest wtedy zrozumiały, gdy jego linie dostosowane są do ogólnie przyjętych norm. Rozróżniamy na rysunku technicznym 4 zasadnicze rodzaje linii, które widzimy na rys. 333.

1) linia ciągła gruba		grubość = 0
2) linia kreskowa		" = $\frac{q}{2}$
3) linia punktowa cienka		" = $\frac{q}{4}$
4) linia ciągła cienka		" = $\frac{q}{4}$

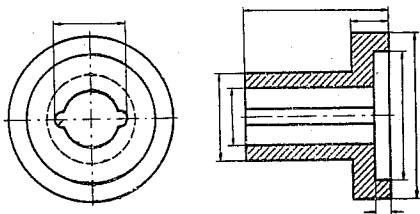
Rys. 333. Rodzaje i grubości linii rysunkowych

¹⁾ Na temat rysunku technicznego wydano specjalne książki, m. in. „Rysunek techniczny” mgr inż. T. Dobrzańskiego, PWT, Warszawa 1958.

Linia *ciągłą grubą* wykreśla się widoczne zarysy i krawędzie przedmiotu, natomiast linia *kreskową* — niewidoczne zarysy i krawędzie przedmiotu. Linia *punktową cienką* zaznacza się osie symetrii, a linia *ciągłą cienką* — linie pomocnicze i wymiarowe oraz krekuje się płaszczyzny przekrojów. Przykład zastosowania wszystkich linii widzimy na rys. 334.

Grubość linii ciągłej grubej dostosowuje się do wielkości arkusza rysunkowego i gęstości linii na rysunku.

Na arkuszu formatu A3 i A4 grubość tej linii powinna wynosić 0,6 mm. Gdyby na takich samych arkuszach rysunek miał dużo linii, to wtedy linia ciągła gruba może mieć 0,4 mm; grubość innych linii będzie odpowiednio mniejsza, jak to wyjaśnia rys. 333.



Rys. 334. Właściwe rodzaje i grubości linii na rysunku technicznym

Pismo techniczne

Na rysunku technicznym konieczne są napisy objaśniające i wymiary. Napisy te i wymiary należy pisać tylko pismem technicznym znormalizowanym, jakie widzimy na rys. 335. Jest to pismo pochyłe, nachylone w prawo od pionu o 15° .

Najłatwiej jest wykonać takie pismo na siatce rombowej, w której bok jednego rombu równa się grubości litery. Wysokość litery



Rys. 335. Pismo techniczne

dużej wynosi 7 takich rombów, czyli 7 grubości pisma, a wysokość małej litery — 5 grubości. Inne wymiary — jak na rys. 335.

Wielkość pisma zależy od formatu arkusza i od rodzaju napisu. Napisy główne (podpisy), np. na formacie A3, powinny mieć 5—8 mm. Cyfry wymiarowe nie powinny być za małe. Na formacie A3 najmniejsze mogą mieć 3 mm.

Dalej podamy jeszcze sposób pisania redisem i wykonywania napisów pismem technicznym.

Podziałki

Rysunki techniczne zasadniczo rysuje się w naturalnej wielkości. Gdy jednak przedmiot jest bardzo mały, jak to w zegarmistrzostwie często się zdarza, wtedy rysujemy go w powiększeniu, gdy zaś jest bardzo duży — w zmniejszeniu. Jednak na rysunku musimy zawsze zaznaczyć, w jakiej podziałce (skali) go wykonano, tzn. ile razy przedmiot na rysunku jest powiększony lub zmniejszony.

Podziałka oznacza stosunek wielkości przedmiotu na rysunku do jego wielkości rzeczywistej.

Stosuje się następujące podziałki:

— przy powiększeniach 10 : 1 5 : 1 2 : 1

— na rysunkach naturalnej wielkości 1 : 1

— przy zmniejszeniach 1 : 2 1 : 5 1 : 10

Jeśli bardzo mały przedmiot narysowany jest w powiększeniu, to pożądanym jest obok rysunek tego przedmiotu w jego naturalnej wielkości (cienkimi liniami i bez wymiarów), aby dać orientację co do rzeczywistych jego rozmiarów. Dotyczy to tylko rysunków poszczególnych części, a nie zespołów; powinno się tego przestrzegać w produkcji przemysłowej.

RZUTY PROSTOKĄTNE

Rzutowanie

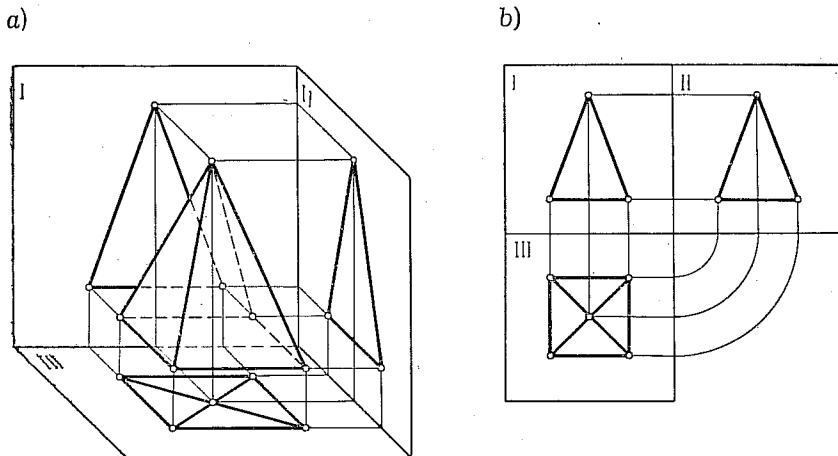
Istnieje kilka sposobów przedstawiania przedmiotów na papierze, ale do rysunków technicznych stosuje się sposób najłatwiejszy i najdokładniejszy; jest nim tzw. r z u t o w a n i e. Fotografia przedstawia przedmiot bardzo dokładnie, ale nie pokazuje jego wnętrza, trudno byłoby na niej przedmiot zwymiarować, a jeszcze trudniej wykonać taki rysunek, jaki daje fotografia.

Trudności te nie występują przy rysunku rzutowym. Jego stroną ujemną jest tylko to, że dla bardziej skomplikowanego przedmiotu trzeba wykonać tyle jego widoków, z ilu stron chcemy go

przedstawić. Jeden rzut daje bowiem wyraźny i łatwo zrozumiały widok przedmiotu tylko z jednej strony.

Zasadę rzutowania wyjaśnia nam rys. 336 a. Jeśli umieścimy jakiś przedmiot (w tym przypadku ostrosłup) między trzema prostopadłymi do siebie płaszczyznami, to patrząc osobno na każdą z tych płaszczyzn, ujrzymy coraz to inną stronę tego przedmiotu.

Widoki tego przedmiotu możemy przenieść na każdą z tych płaszczyzn, prowadząc linie prostopadłe z wierzchołków przedmiotu do płaszczyzny. Po połączeniu poszczególnych punktów na każdej płaszczyźnie powstanie obraz tego przedmiotu. To właśnie



Rys. 336. Zasady rzutowania: a) rzutowanie ostrosłupa, b) rozwinięcie płaszczyzn rzutów

prostopadłe przenoszenie punktów przedmiotu na płaszczyznę nazywamy rzutowaniem, a obraz przedmiotu na płaszczyźnie rzutem prostokątnym albo krótko rzutem.

Takie ułożenie płaszczyzn jak na rys. 336 a jest trudne do narysowania; służy ono tylko do wyjaśnienia zasady rzutowania. Natomiast w praktyce rysuje się rzuty przedmiotu na płaszczyznach rozwiniętych, tzn. ułożonych jakby na jednej płaszczyźnie. Wtedy rzuty z rys. 336 a będą się przedstawiać jak na rys. 336 b, który jest bardzo łatwo wykonać.

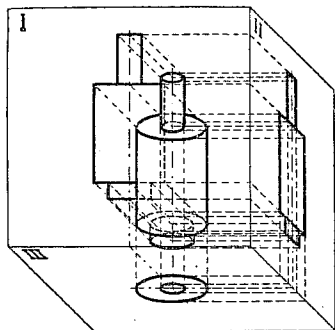
Rozmieszczenie rzutów

Przedmioty występujące na rysunkach technicznych mają najczęściej ściany do siebie prostopadłe. Ponieważ do najłatwiejszego narysowania widoku takiego przedmiotu trzeba płaszczyznę rzutu

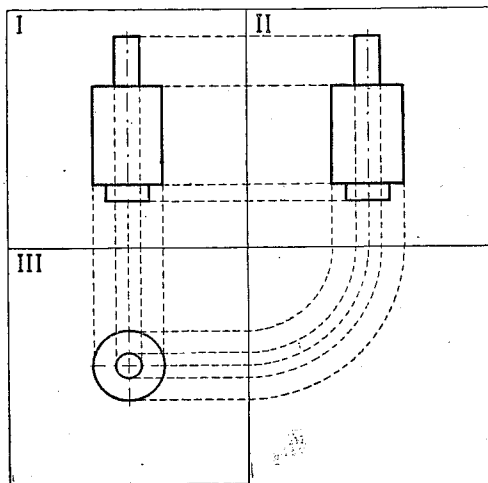
ustawić równoległe do rzutowanego boku, wynika stąd, że można by wykonać 6 rzutów tego przedmiotu, czyli narysować 6 widoków coraz to z innej strony, aby pokazać go całkowicie. Ale przy rysowaniu części maszynowych nigdy nie zachodzi potrzeba wykonywania 6 rzutów. Zwykle wystarczają 3, 2, a nawet tylko jeden, dlatego nie omawiamy rozmieszczenia 6 rzutów tego samego przedmiotu.

Kolejność rozmieszczenia rzutów wynika z rozwinięcia płaszczyzn rzutów. Na rys. 337 a widzimy przedmiot między płaszczyznami, na których znajdują się poszczególne jego rzuty.

a)



b)



Rys. 337. Kolejność rozmieszczenia rzutów: a) przedmiot między płaszczyznami rzutów, b) ten sam przedmiot po rozwinięciu płaszczyzn

Rzut na płaszczyznę	I	nazywamy	rzutem	pionowym,
" "	II	" "	"	bocznym,
" "	III	" "	"	poziomym.

Jeżeli teraz rozwiniemy te płaszczyzny, to wzajemne położenie trzech rzutów będzie takie jak na rys. 337 b. Rzut pionowy jest zawsze na pierwszym planie i dlatego nazywa się także rzutem głównym. Rzut poziomy znajduje się pod rzutem pionowym i przedstawia widok przedmiotu z góry, a rzut boczny jest po prawej stronie rzutu pionowego i przedstawia widok przedmiotu z lewej strony. Rzuty poziomy i boczny powinny leżeć dokładnie na wprost rzutu pionowego, jak to wskazują linie kreskowe. Jeśli z pewnych powodów, np. z braku miejsca na arkuszu, rozmiesz-

czenie rzutów byłoby inne, to kierunek rzutowania powinien być zaznaczony na rysunku strzałką ¹⁾.

Linie kreskowe i zarysy płaszczyzn rzutu rysuje się tylko w początku nauki rysunków technicznych, jako linie ułatwiające rzutowanie i jego zrozumienie. Na normalnym rysunku technicznym linii tych już nie ma (rys. 338).

Jeszcze dalsze uproszczenie rysunku polega na tym, że rysuje się zawsze tylko tyle rzutów, ile jest potrzebnych do pokazania wszystkich szczegółów danego przedmiotu. Na przykład dla omawianego przedmiotu z rys. 337 rzut boczny jest zbyteczny, gdyż daje taki sam widok, jak i rzut pionowy (rys. 338 a). Oś symetrii na rzucie głównym mówi nam, że jest to przedmiot walcowy, wobec tego zbyteczny jest także rzut poziomy — wystarczy więc tylko jeden rzut pionowy (rys. 338 b). Gdyby jednak w tym przedmiocie jeden z czopów miał jakiś szczegół do pokazania, np. spłaszczenie z jednej strony, wówczas drugi rzut byłby konieczny.

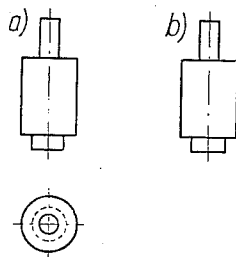
Zaznaczenie linią kreskową niewidocznych szczegółów przedmiotu pozwala nieraz na opuszczenie jednego rzutu.

Gdy mówimy o opuszczaniu rzutów, nie możemy pominąć jednej bardzo ważnej uwagi. Mianowicie opuszczać można tylko rzut boczny lub poziomy, ale nigdy nie wolno opuścić rzutu pionowego, czyli głównego, gdyż on wiąże obydwa poprzednie i bez niego rysunek byłby niezrozumiały.

Przekroje

Liniami kreskowymi nie zawsze można pokazać wszystkie szczegóły przedmiotu, zwłaszcza gdy ma on wiele szczegółów wewnętrznych, wtedy bowiem rysunek byłby mało zrozumiały i trudny do zwymiarowania. W takich przypadkach stosuje się tzw. przekrój. Przekrój jest to taki widok przedmiotu na rysunku, jakby ten przedmiot był przekrojony wzdłuż pewnej osi, najczęściej osi symetrii.

Celem przekroju jest pokazanie kształtu wnętrza przedmiotu (rys. 339). Zarysy przekroju rysuje się takimi samymi liniami

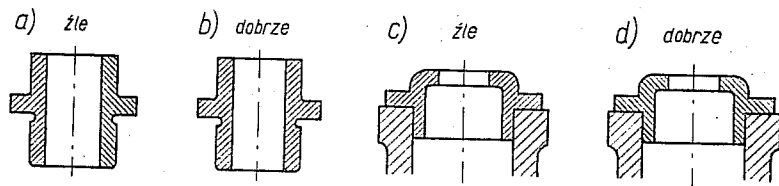


Rys. 338. Rysunek przedmiotu bez zarysów płaszczyzn i linii pomocniczych: a) w dwóch rzutach, b) w jednym rzucie

¹⁾ W niektórych krajach bywa też stosowany inny sposób rozmieszczenia rzutów, tzw. amerykański. Różni się on tym od naszego, że rzut boczny po prawej stronie rzutu pionowego przedstawia widok przedmiotu z prawej strony (nie z lewej), a rzut poziomy przedstawia widok przedmiotu od dołu (nie z góry).

(ciągłymi grubymi), jak i inne zarysy przedmiotu. Płaszczyzny przekroju kreskuje się liniami ciągłymi cienkimi, nachylonymi pod kątem 45° do głównej podstawy rysunku albo do osi symetrii. Części przekrojone tego samego przedmiotu należy kreskować w jednym kierunku, przy czym linie na jednej części powinny stanowić jakby przedłużenie linii na drugiej części (rys. 339 b).

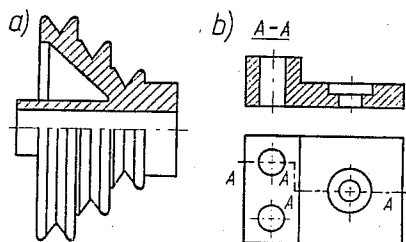
Kreskowanie przekrojów dwóch stykających się przedmiotów nie powinno być w tym samym kierunku (rys. 339 c), ale w dwóch



Rys. 338. Przekroje przedmiotów: a, c) niewłaściwe, b, d) właściwe

kierunkach (rys. 339 d). Przy większej ilości przedmiotów przylegających do siebie wyróżnia się je nie tylko zmianą kierunku kreskowania, ale także i różnymi odstępami między liniami.

Istnieją różne rodzaje przekrojów, które stosuje się w zależności od kształtu przedmiotu, mając zawsze na uwadze pokazanie wszystkich szczegółów przedmiotu na jak najmniejszej ilości rzutów.



Rys. 340. Przekroje: a) półwidok — półprzekrój, b) przekrój łamany

Jeżeli przedmiot ma szczegóły wewnątrz i zewnątrz, a jest symetryczny, to wówczas stosujemy półwidok — półprzekrój (rys. 340a). Rzut takiego przedmiotu wygląda tak, jakby jego ćwiartkę wycięto wzdłuż osi.

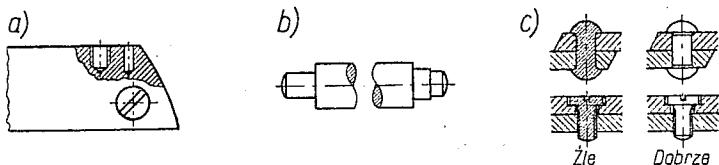
Inny rodzaj przekroju — to tzw. przekrój łamany (rys. 340b). Stosuje się go wtedy, gdy przedmiot ma kilka szczegółów nie leżących w

jednej płaszczyźnie. Musimy więc przekrój wykonać po linii takiej, aby pokazać wszystkie szczegóły na jednym rzucie. W takim przypadku na drugim rzucie zaznacza się linią punktową grubą, przez które miejsca wykonano przekrój.

Jeżeli przedmiot ma jakiś szczegół tylko w jednym miejscu, to nie trzeba wykonywać całego przekroju, ale tylko wyrwanie (rys. 341 a).

Części długie, nie mające szczegółów w swej części środkowej, na rysunku przerywa się i skraca dla zaoszczędzenia miejsca (rys. 341 b).

Takich części maszynowych, jak śruby, nity, kołki itp. nigdy nie należy kroić wzdłuż (rys. 341 c). Gdy natomiast wypadną w przekroju poprzecznym, kroimy je i kreskujemy tak samo, jak inne części.



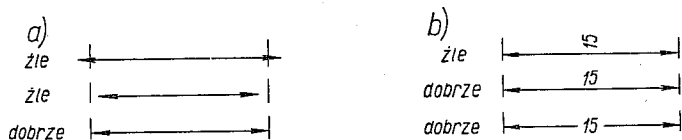
Rys. 341. Uproszczenia: a) wyrwanie, b) przerwanie, c) przekroje śrub, wkrętów, nitów itp.

WYMIAROWANIE

Zasady ogólne

Na rysunku technicznym oprócz kształtów muszą być podane dokładne wymiary przedmiotu. Dlatego po wykonaniu wszystkich koniecznych rzutów i przekrojów trzeba narysowany przedmiot zwymiarować. Do wymiarowania służą liczby wymiarowe i linie wymiarowe.

Liczby wymiarowe piszemy pismem technicznym znormalizowanym. Wymiary długościowe podajemy w milimetrach, nie zaznaczając przy tym żadnego skrótu za liczbą.



Rys. 342. Błędne i właściwe umieszczenie: a) strzałek, b) liczb wymiarowych

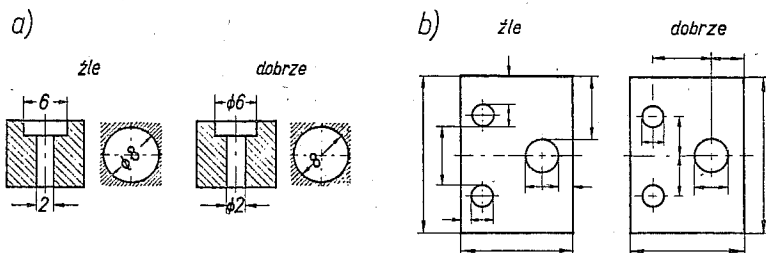
Linie wymiarowe są to linie ciągłe cienkie, zakończone strzałkami. Strzałka powinna dotykać albo krawędzi przedmiotu, albo pomocniczej linii wymiarowej. Błędne i właściwe umieszczenie strzałek przedstawia rys. 342 a.

Liczby wymiarowe można umieszczać nad linią wymiarową albo w przerwie tej linii, zawsze jednak wzdłuż niej, a nie w poprzek (rys. 342 b).

Linie wymiarowe nie powinny się ze sobą przecinać; mogą się jednak przecinać z liniami pomocniczymi, czego także w miarę możliwości należy unikać.

Przy wymiarowaniu średnic przedmiotów o kształtach obrotowych, a więc walców, cylindrów, stożków, przed liczbą wymiarową stawiamy znak ϕ (rys. 343 a). Znak ten należy jednak opuszczać, jeżeli wymiar stawiamy na takim rzucie, na którym wymiarowana powierzchnia obrotowa przedstawiona jest w postaci koła.

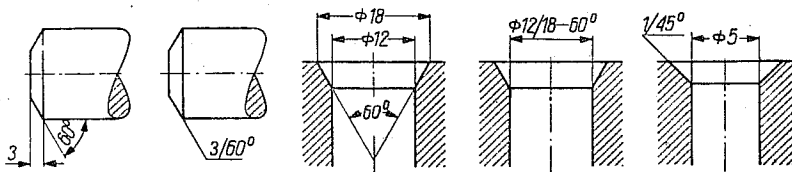
Wymiarowanie rozmieszczenia otworów podaje się nie od ich brzegów, ale od osi symetrii (rys. 343 b). Jeżeli zaś przedmiot



Rys. 343. Błędne i właściwe wymiarowanie: a) średnic, b) rozstawienia otworów.

jest niecałkowicie symetryczny lub jeżeli otwory rozmieszczone są niesymetrycznie, to trzeba także podać odległość osi otworu od jednej z krawędzi, zwykle podstawowej, jak to pokazuje rys. 343 b.

Często zachodzi potrzeba zwymiarowania ścięć krawędzi. Jeżeli to ścięcie jest małe i wykonane tylko dlatego, aby krawędzie nie były za ostre, to go nie wymiarujemy; wystarczy tylko ogólna



Rys. 344. Wymiarowanie ścięć krawędzi (faz)

uwaga na rysunku: krawędzie stępić. Jeżeli zaś to ścięcie powinno być dokładne, to należy je zwymiarować. Kilka sposobów takiego wymiarowania pokazano na rys. 344.

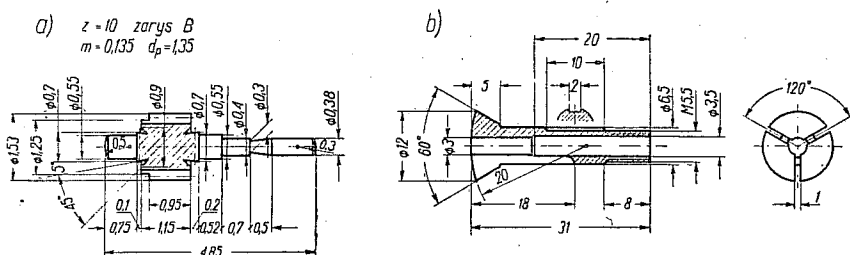
Przy wymiarowaniu należy jeszcze pamiętać o następujących ogólnych zasadach:

1. Nie należy wymiarować powierzchni niewidocznych, zaznaczonych na rysunku liniami kreskowymi (wyjątki dopuszczalne).
2. Trzeba podać wszystkie wymiary konieczne do wykonania przedmiotu.
3. Nie powtarzać w kilku miejscach tego samego wymiaru.
4. Nie podawać wymiarów zbędnych, które same wynikają z innych danych.

Przykłady wymiarowania

W celu łatwiejszego przyswojenia sobie zasad wymiarowania podajemy przykłady wymiarowania rysunków wykonawczych (rys. 345).

Inne przykłady podajemy nieco dalej, przy omawianiu wykonywania rysunków.



Rys. 345. Przykłady wymiarowania: a) zębika minutowego, b) uchwytu zaciskowego

NAPISY I OZNACZENIA

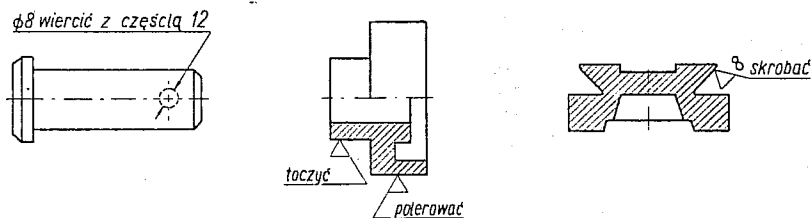
Oprócz wymiarów na rysunku technicznym znajdują się napisy wyjaśniające. Większość tych napisów, a czasem wszystkie, znajdują się w tabliczce rysunkowej, umieszczonej w prawym dolnym rogu arkusza. W odpowiednich miejscach tej tabliczki wpisuje się pismem znormalizowanym nazwę przedmiotu, numer rysunku, materiał lub wykaz części składowych (dla zespołów), nazwę instytucji, w której rysunek został wykonany, i inne (rys. 346).

Konstruował		Znak i nazwa wytwórni	Nr rysunku	
Kreślił				
Sprawdził				
Zatwierdził				
Podziałka	Nazwa rysunku	Zastępuje rys.	Arkuszy	
		Zastąp. przez rys.	Arkusz	

Rys. 346. Wzór tabliczki rysunkowej

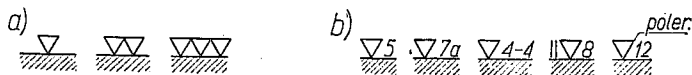
Inne napisy objaśniające piszemy na odnośnikach dotyczących pewnych szczegółów. Są to zwykle uwagi o pasowaniu dwóch części ze sobą lub rodzaju wykończenia powierzchni. Kilka takich napisów widzimy na rys. 347.

Niektóre objaśnienia podawane są na rysunkach w postaci umówionych i znormalizowanych znaków i oznaczeń. Dotyczą one rodzaju obróbki powierzchni i pasowania. Żeby jednak nie wdać się zbyt w szczegóły, z którymi zegarmistrz rzadko się spotyka, podamy tylko kilka przykładów. Natomiast chcących bliżej zapoznać się z tymi sprawami odsyłamy do wspomnianej już książki T. Dobrzańskiego pt. „Rysunek techniczny”.



Rys. 347. Napisy objaśniające

Do oznaczenia stopnia gładkości obróbki powierzchni służył dawniej znak w postaci trójkąta, zwrócony wierzchołkiem ku obrobionej powierzchni (rys. 348 a). Jeden trójkąt oznaczał zwykły sposób obróbki wiórowej, po której widoczne są gołym okiem ślady narzędzia skrawającego. Dwa trójkąty — nierówności mniejsze, także dostrzegalne gołym okiem, ale nie wyczuwalne przy dotyku. Trzy trójkąty oznaczały obróbkę wykończającą dokładną (polerowanie), nierówności niedostrzegalne gołym okiem.



Rys. 348. Znaki obróbki: a) dawne, b) według normy z 1952 r.

Według normy wprowadzonej w r. 1952 klasę gładkości zawsze oznaczamy jednym trójkątem i liczbą odpowiadającą danej klasie, których jest 14 (rys. 348 b).

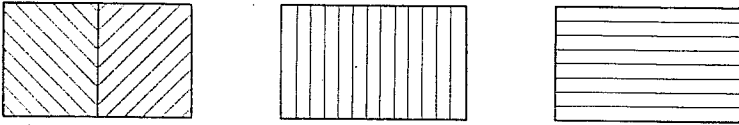
Porównania oznaczeń między sposobem dawnym a obecnym właściwie nie ma. W przybliżeniu można by przyjąć, że jednemu trójkątowi według dawnych oznaczeń odpowiadają klasy 1—4, dwóm trójkątom — klasy 5—8, trzem trójkątom — klasy 9—14.

2. ĆWICZENIA WSTĘPNE

KREŚLENIE LINII

Kreślenie linii ołówkiem

Początki nauki rysunków technicznych po zapoznaniu się z wiadomościami podstawowymi polegają na wykonywaniu linii prostych ołówkiem twardym, np. 3H, ostro zatemperowanym. Należy kreślić tak lekko, żeby po wymazaniu ołówka gumką nie pozostało śladu na papierze. Trzeba też zwracać uwagę na prawidłowe nachylenie ołówka w kierunku prowadzenia i równe trzymanie go przy linijce.



Rys. 349. Ćwiczenie w kreśleniu linii

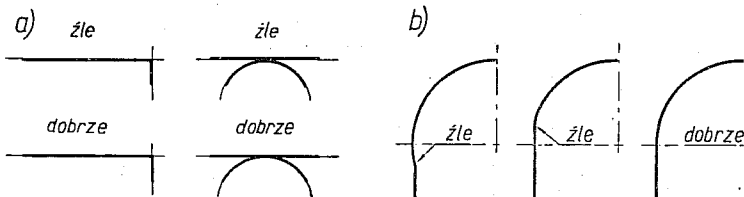
O przyborach używanych przy kreśleniu mówiliśmy w części 3 „Zegarmistrzostwa”.

Najpierw wykreslamy — w jednakowych odstępach — szereg linii poziomych (rys. 349), potem pionowych, a następnie pochylonych pod kątem 45° w jedną, a potem w drugą stronę.

Wyciąganie linii tuszem

Po wykonaniu kilku ćwiczeń ołówkiem przystępujemy do wyciągania linii tuszem. Najważniejszą zasadą przy tym jest takie ustawienie grafionu, aby linia ołówkowa była zawsze w środku linii tuszowej (rys. 350 a). Dotyczy to wszystkich linii, a więc prostych, krzywych i ich połączeń.

Z początku dość trudno przychodzi wykonywanie połączeń linii prostych z łukami. Trzeba uważać, żeby nie tworzyły się zała-



Rys. 350. Ćwiczenia grafionem: a) wyciąganie linii tuszem, b) połączenie prostych z łukami

mania lub za ostre przejścia (rys. 350 b). Nie należy przeciągać łuku cyrklem poza oś, ani też linii prostej poza tę oś.

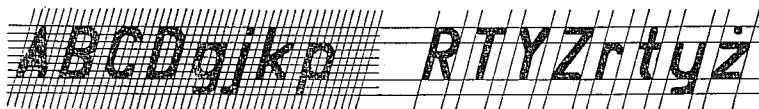
Przy kreśleniu tuszem najpierw wykreślamy linie krzywe, a potem proste. Linie grube należy wykreślić najpierw, a dopiero potem cienkie.

Czasem trudno jest prowadzić linie cienkie, gdyż tusz przy tym łatwo zasycha. Wtedy trzeba częściej oczyszczać grafion, wszakże nie rozkręcając jego ostrzy, aby nie zmienić grubości linii. Jeżeli i to nie pomaga, to widocznie tusz jest za gęsty (2—114).

ĆWICZENIE PISMA

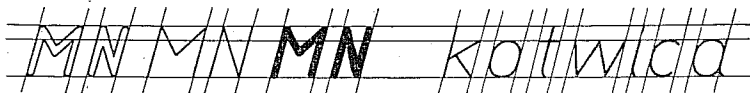
Poznaliśmy już pismo znormalizowane, którym należy opisywać rysunki techniczne. W praktyce nie rysuje się siatki rombowej dla napisu, ale zaznacza się tylko wysokość pisma linią ołówkową i pisze się redisem od ręki.

Na początku, gdy jeszcze nie ma wprawy, można dla dużego pisma narysować siatkę, albo przynajmniej szereg linii pochyłych pod kątem 15° od pionu (75° od poziomu — rys. 351).



Rys. 351. Linie pomocnicze do pisma

Niektórzy używają szablonów celuloidowych do pisma (3—247). Pismo z szablonów wychodzi ładne, ale kto zawsze będzie pisał w szablonie, ten nigdy nie nauczy się pisać odręcznie. Dlatego zalecamy zaraz z początku ćwiczenie się w piśmie odręcznym, aby potem można było ładnie i szybko rysunki opisywać.



Rys. 352. Fazy wykonania pisma

Po wykonaniu linii pomocniczych piszemy poszczególne litery napisu najpierw ołówkiem, a dopiero później poprawiamy je tuszem za pomocą redisówki. Grubość litery wynosi zasadniczo

$\frac{1}{7}$ jej wysokości. Przy napisie głównym o wysokości np. 7 mm grubość litery będzie wynosić 1 mm. Pisząc ołówkiem taką literę, nie potrzeba obwodzić całej jej grubości, lecz napisać tylko cienko ołówkiem, a potem wypełnić tuszem (rys. 352). Czasem nawet wystarczą takie cienkie litery, gdy cały rysunek będzie wykonany ołówkiem.

Redisówki nie należy maczać bezpośrednio w tuszu, ale wpuszczać go piórkiem pod nakładkę. Przy pisaniu należy tak obsadkę trzymać w palcach, by talerzyk redisówki równo przylegał do papieru. Zakończenia poszczególnych linii wykonanych redisówką powinny być zaokrąglone.

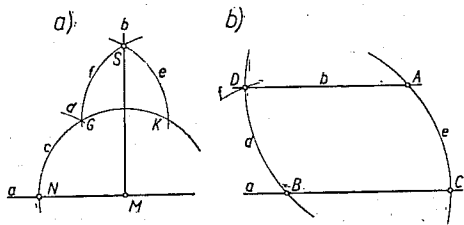
KONSTRUKCJE GEOMETRYCZNE

Przedmioty występujące na rysunkach technicznych mają kształty figur geometrycznych. Dlatego na początku nauki rysunków technicznych rysuje się proste figury geometryczne z pomocą linijki i cyrkla (bez innych przyborów kreślarskich). Są to tzw. konstrukcje na płaszczyźnie. Podamy tu kilka przykładów.

Wykreślanie linii prostopadłej do danej prostej. Istnieje wiele sposobów, ale my ograniczymy się do jednego. W punkcie M (rys. 353 a) na prostej a wystawiamy prostopadłą do tej prostej, posługując się cyrklem i linijką. Z punktu M zakreślamy dowolnym promieniem półkole (łuk) c przecinające prostą a w punkcie N . Z punktu N tym samym promieniem zataczamy krótki łuk d . Z przecięcia się tego łuku z półkolem c otrzymujemy punkt G . Z punktu G zataczamy tym samym promieniem łuk e , który przecina półkole c w punkcie K . Z punktu K zataczamy łuk f aż do przecięcia się z łukiem e w punkcie S . Prosta b poprowadzona z punktu S do M jest właśnie szukaną prostopadłą.

A teraz wykreślimy równoległą b do danej prostej a , przechodzącą przez dany punkt A (rys. 353 b). Najpierw z punktu A zakreślamy dowolnym promieniem łuk d przecinający prostą a w punkcie B i z tego punktu tym samym promieniem zakreślamy łuk e przez punkt A aż do przecięcia się z prostą a w punkcie C . Następnie odcinkiem AC , jako promieniem, zakreślamy, również z punktu B , łuk f , przecinając łuk d w punkcie D . Prosta b przechodząca przez punkty A i D jest szukaną równoległą do prostej a .

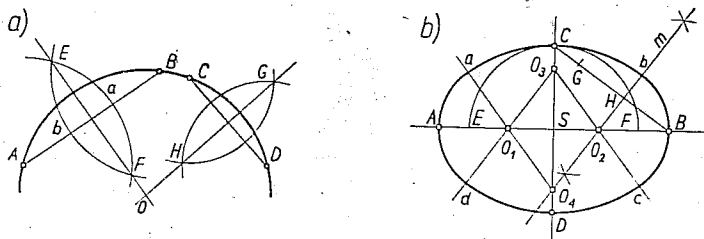
Mamy dany okrąg koła albo jego część i chcemy znaleźć środek tego okręgu, tzn. punkt, z którego został on zatoczony. Najpierw prowadzimy dwie dowolne cięciwy AB i CD (rys. 354 a), następnie dzielimy te cięciwy na połowy. Bierzymy więc w cyrkiel więcej niż połowę cięciwy i tym



Rys. 353. Wykreślanie: a) prostopadłej, b) równoległej

promieniem z punktu A zataczamy łuk a , a z punktu B — łuk b . Przecinające się łuki dają nam punkty E i F . Podobnie czynimy z cięciwą CD i otrzymujemy punkty G, H . Prowadzimy teraz prostą przez punkty E, F oraz drugą prostą przez punkty G, H . Punkt O , powstały z przecięcia się tych prostych, jest szukanym środkiem okręgu.

Wykreślmy owal (uproszczoną elipsę), gdy mamy dane oś wielką AB i małą CD (rys. 354b). Z punktu S (przecięcia się osi wielkiej i małej) prowadzimy półokrąg ECF o promieniu równym SC , tj. połowie osi małej, i łączymy punkt C z punktem B . Na prostej CB odmierzymy odcinek $CG = FB$. Teraz odcinek GB dzielimy konstrukcyjnie na połowy prostą m



Rys. 354. Przykłady: a) odnajdywanie środka koła, b) wykreślanie owalu (uproszczonej elipsy)

przechodzącą przez punkt H . Prosta m przecina oś wielką w punkcie O_2 i oś małą w punkcie O_4 . Odmierzamy na osi wielkiej odcinek $SO_1 = SO_2$, a na osi małej odcinek $SO_3 = SO_4$. Punkty O_1, O_2, O_3 i O_4 są środkami łuków owalu. Z punktów O_1 i O_2 zataczamy łuki o promieniu O_1A , a z punktów O_3 i O_4 zataczamy łuki o promieniu O_4C . Poszczególne łuki łączą się w punktach a, b, c i d .

RYSUNKI SCHEMATYCZNE

Przy wyjaśnianiu działania jakiegoś mechanizmu, którego nie możemy jednocześnie pokazać, konieczny jest rysunek. Ale rysunek szczegółowy skomplikowanego mechanizmu trudno jest wykonać, zresztą, w takim przypadku nie chodzi o wygląd poszczególnych części, ale tylko o wzajemne ich współdziałanie. W takich razach posługujemy się rysunkiem *schematycznym*. Jest to więc rysunek techniczny bardzo uproszczony, a jednak ułatwiający zrozumienie opisów działania.

Są to rysunki łatwe do wykonania, dlatego nadają się do ćwiczenia w początku nauki rysunków technicznych. Nie mówimy tu o nich szczegółowo, ale odsyłamy do gotowych wzorów. Za przykłady takich schematów mogą posłużyć rysunki z poprzednich części „Zegarmistrzostwa”, np. rys. 5—173, 175, 176 oraz 6—146, 222, 223, 315, 316, 380, 385 i wiele innych.

3. WYKONYWANIE RYSUNKÓW MASZYNOWYCH

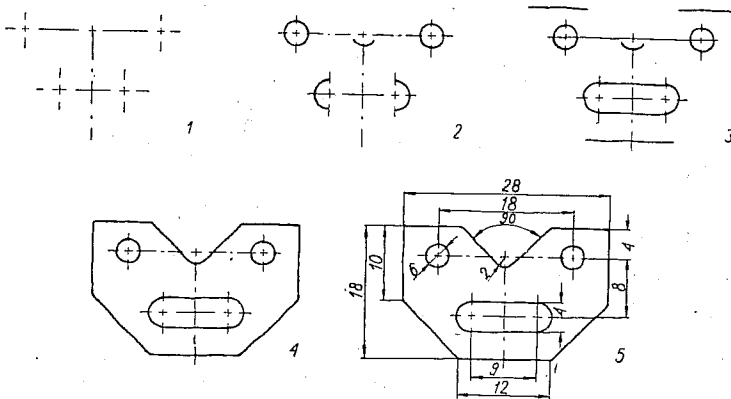
RYSUNKI WYKONAWCZE

Z rysunków maszynowych najważniejsze są rysunki wykonawcze, czyli takie, według których wykonuje się przedstawione na nich przedmioty.

Rysunek techniczny wykonawczy przedstawia przedmiot w ten sposób, żeby wykonawca mógł dany przedmiot odtworzyć z tego rysunku. Z tych też względów musi on przedstawiać dokładnie nie tylko kształt danego przedmiotu, ale również zawierać wszystkie jego wymiary, rodzaj materiału, sposób i dokładność obróbki, przy czym wszystkie oznaczenia elementów składowych rysunku muszą być ujednolicone i zgodne z przyjętymi normami, określającymi sposób kreślenia rysunku technicznego.

Szkice odręczne

Zwykle w pierw przygotowujemy szkic, a potem dopiero wykonujemy według niego właściwy rysunek. Szkic, chociaż jest wykonany tylko ołówkiem i bez zachowania dokładnej podziałki, to jednak musi być wyraźny i w sposób jednoznaczny ma przedsta-



Rys. 355. Kolejność wykonywania szkicu

wić dany przedmiot. Bywa bowiem nieraz i tak, że od razu ze szkicu wykonać trzeba jakąś część. W warsztacie rzemieślniczym częściej nawet zachodzi potrzeba wykonania szkicu niż dokładnego rysunku.

Szkice wykonuje się odręcznie, dlatego lepiej jest je wykonywać na papierze kratkowanym lub milimetrowym. Jest wtedy

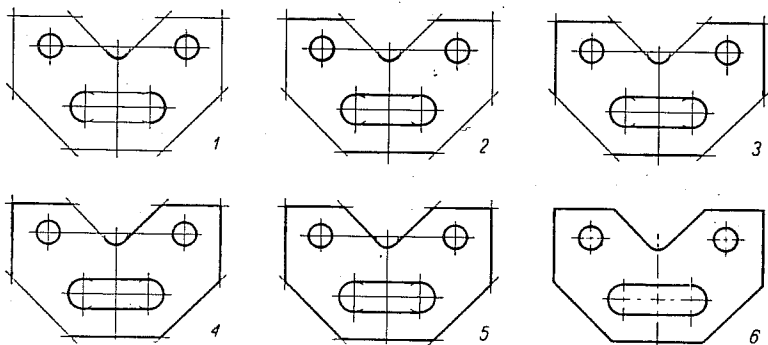
łatwiej wykreślić linię prostą, a także nie trzeba już używać linijki z podziałką do odmierzenia, ale odmierzać według kratek. Należy bowiem pamiętać, że chociaż przy wykonywaniu szkiców nie stosuje się podziałki (skali), to jednak dobrze jest zachować proporcję pomiędzy poszczególnymi wymiarami przedmiotu.

Właściwą kolejność wykonywania szkicu pokazują rys. 355. Najpierw należy wykreślić linie osiowe, później koła i zarysy główne przedmiotu, a w końcu wpisać linie i liczby wymiarowe. Zarysy przedmiotu należy wykreślić linią ciągłą grubą. Zresztą przy szkicu obowiązują te same zasady, co i przy normalnym rysunku, oprócz wspomnianej już skali.

Zaletą szkiców jest możliwość szybkiego ich wykonania. Ale szybkość ta nie może prowadzić do błędnego wykonania szkicu lub do pominięcia jakiegoś wymiaru. Taki szkic byłby całkiem nieużyteczny.

Rysunki wykonane przyborami

Rysunek wykonawczy powinien mieć te same dane, co szkic, ale oprócz tego powinien być starannie i czysto wykonany za pomocą przyborów kreślarskich. Zwykle wykonuje się go na dobrym papierze technicznym lub na kalce i wyciąga się tuszem.



Rys. 356. Kolejność wyciągania tuszem

Rysować należy starannie i dokładnie oraz zachować następującą kolejność czynności:

1. Zdecydować, jakie rzuty i przekroje przedmiotu trzeba będzie narysować, ustalić podziałkę (skale) rysunku oraz dobrać odpowiedniej wielkości arkusz papieru lub kalki.
2. Wykonać ołówkiem ramkę i tabliczkę rysunkową oraz oznaczyć na arkuszu miejsce rzutów i przekrojów.

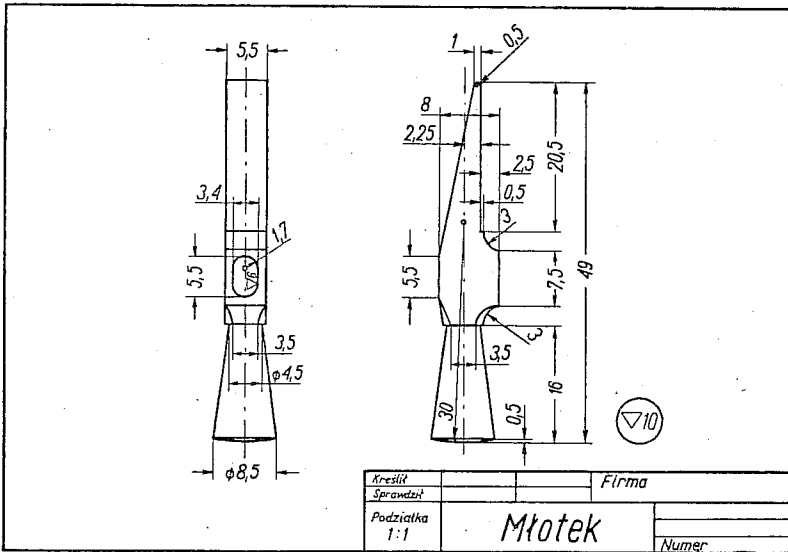
3. Narysować wszystkie rzuty i przekroje lekko ołówkiem twardym, dobrze zaostrzonym.

4. Wykreślić ołówkiem linie pomocnicze, wymiarowe, lecz nie rysować strzałek i nie kreskować przekrojów, natomiast wpisać liczby wymiarowe.

5. Po nakreśleniu i zwymiarowaniu przedmiotu, sprawdzić dokładnie rysunek i poprawić zauważone błędy i omyłki.

6. Zastosować odpowiednią grubość linii i wyciągnąć na czysto cały rysunek ołówkiem lub tuszem, pogubić liczby wymiarowe i narysować strzałki (kolejność wyciągania tuszem wskazuje rys. 356).

7. Zakreskować przekroje.



Rys. 357. Rysunek wykonawczy młotka

8. Umieścić znaki gładkości powierzchni, objaśnienia dotyczące obróbki powierzchniowej, obróbki cieplnej, montażu itp.

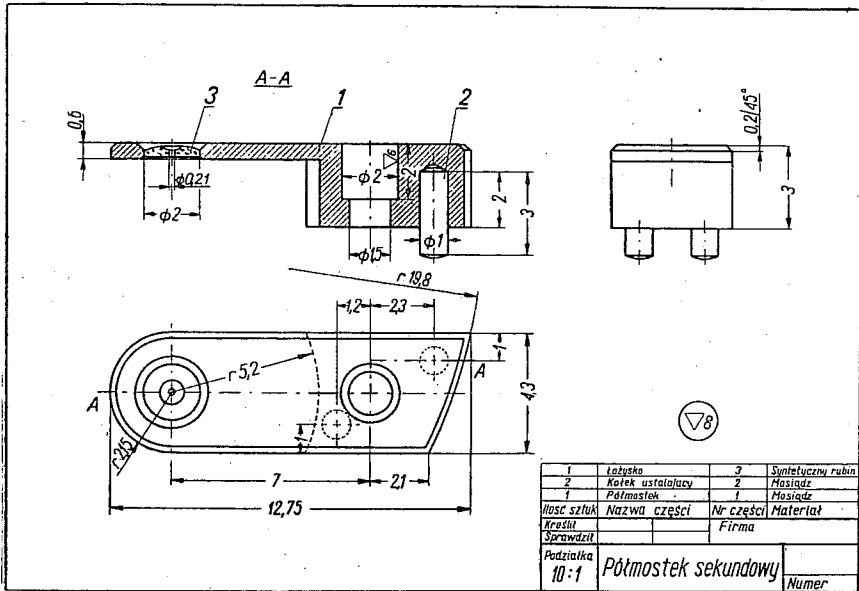
9. Wyciągnąć tuszem tabliczkę rysunkową i wypełnić ją potrzebnymi danymi.

10. Oczyszczyć rysunek i usunąć miękką gumką zbędne linie.

Na rys. 357 podajemy przykład rysunku wykonawczego młotka. Są na nim wszystkie dane potrzebne do jego wykonania. Wiele innych przykładów podajemy w dalszych rozdziałach tej książki, w których omawiamy wykonywanie części i narzędzi zegarmistrzowskich.

RYSUNKI ZŁOŻENIOWE

Części maszyny, a więc i zegarka, są ze sobą jakoś wzajemnie połączone. Sposób tego połączenia części w jakimś mechanizmie lub zespole przedstawia się na rysunku złożeniowym. Taki rysunek służy przy montażu, albo też wyjaśnia i uzupełnia opis działania mechanizmu i współdziałania poszczególnych części. Takich rysunków złożeniowych znajduje się bardzo dużo w części 6 „Zegarmistrzostwa” (np. rys. 156, 157, 160, 161, 164, 165 i wiele innych).



Rys. 358. Rysunek złożeniowy zespołu półmostka

Są to przeważnie przekroje, na których widzimy różnokierunkowe kreskowanie poszczególnych części. Charakterystyczne dla tych rysunków są *odnośniki*, czyli numery, którymi oznaczone są wszystkie części wchodzące w skład danego zespołu lub mechanizmu. Od każdej części odprowadza się linię prostą ciągłą cienką, a przy końcu poziomą krótką i nieco grubszą, nad którą wpisuje się numer kolejny danej części. Odnośniki te rozmieszczamy zwykle w jednym szeregu.

Na rysunku złożeniowym, który ma służyć do celów montażowych, powinna być umieszczona tabliczka z wyszczególnieniem wszystkich części składowych (rys. 358).

Jeżeli rysunek złożeniowy ma niewiele części składowych i jeżeli jest dość miejsca na nim dla zwymiarowania części, to może on być jednocześnie rysunkiem wykonawczym. Przykład takiego rysunku — to rys. 358 przedstawiający zespół półmostka.

RYSUNKI POGLĄDOWE

Celem rysunku poglądowego jest pokazanie wyglądu zewnętrznego maszyny, zespołu lub części maszynowej w ten sposób, aby mieć wyobrażenie o nich. Stąd też rysunki poglądowe są wykonywane w perspektywie stosowanej (zbieżnej) lub częściej równoległej, która jest łatwiejsza (aksonometria). Rysunki takie są dość trudne do wykonania, a ponieważ zegarmistrz ma z nimi mniej do czynienia, obszerniej ich nie omawiamy. Jako przykłady takich rysunków można przytoczyć rysunki z części 6 „Zegarmistrzostwa” (np. rys. 13, 21, 39, 40, 95, 96 i inne).

VIII. POMIARY, TRASOWANIE I TOLERANCJE

1. POMIARY WARSZTATOWE

JEDNOSTKI MIAR

Wykonując na warsztacie jakiś przedmiot, musimy być zaopatrzeni w odpowiednie narzędzia miernicze, za pomocą których możemy stwierdzić rzeczywiste jego wymiary i porównać je z wymiarami podanymi na rysunku.

Mierzenie polega na wyznaczeniu, ile razy dana wielkość jest większa (lub mniejsza) od jednostki miary. Jednostką miary jest wielkość umowna, np. metr (3—43). W naszych warsztatach zegarmistrzowskich mierzymy długości i kąty. Jednostką miary kąta jest stopień, czyli $\frac{1}{360}$ część okręgu. Wprawdzie mierzymy jeszcze wielkości mechanizmów zegarkowych w liniach paryskich, ale coraz częściej spotyka się obecnie te wymiary podawane w milimetrach (6—93).

NARZĘDZIA MIERNICZE

Sprzęt mierniczy obejmuje narzędzia miernicze oraz przybory pomocnicze.

Narzędzia miernicze mogą służyć do wyznaczenia wymiaru z określoną dokładnością — wówczas nazywamy je **wzorcami** lub **przyrządami** — albo też mogą służyć do sprawdzania, czy wymiar rzeczywisty przedmiotu zawarty jest w określonych granicach — wówczas nazywamy je **sprawdzianami**.

Przybory pomocnicze — to cyrkle, macki, kliny, płyty, wałeczki itp. przedmioty, które ułatwiają mierzenie lub pośredniczą w wykonaniu pomiarów.

Warsztatowe narzędzia miernicze służą do pomiaru średnic wałków, wymiarów otworów, gwintów, kątów, gładkości powierzchni itd.

Przyrządy pomiarowe są mechaniczne i optyczne. Różnica między nimi polega na tym, że przy mierzeniu przyrządem mechanicznym przyrząd ten styka się z powierzchniami mierzonymi i wywiera na nie pewien nacisk. Natomiast przy mierzeniu przyrządem optycznym pomiar następuje za pomocą promienia świetl-

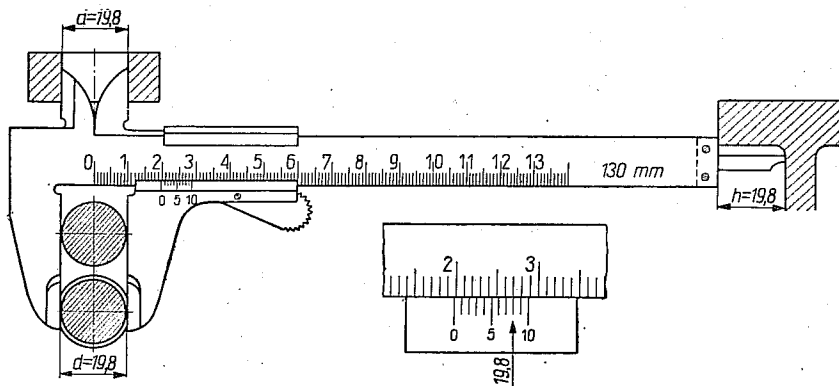
nego lub rzucanego cienia przedmiotu na ekran z podziałką, na której odczytujemy wynik. Stąd też rozróżniamy czynności pomiarowe dotykowe i bezdotykowe.

Optyczne przyrządy pomiarowe mają wiele zalet, ale stosuje się je raczej do pomiarów laboratoryjnych. W warsztacie rzemieślniczym, nawet zegarmistrzowskim, posługujemy się przeważnie dokładnymi narzędziami mierniczymi, które opisaliśmy już w części 3 „Zegarmistrzostwa” na str. 42—58.

SPOSOBY MIERZENIA

O mierzeniu przedmiotów wspominamy w tej książce przy niektórych opisach sposobów ich wykonywania. Chcemy tu jednak podać kilka ogólnych wskazówek, mających ważne znaczenie przy zastosowaniu najczęściej używanych narzędzi mierniczych.

Przed wszystkim powierzchnie przedmiotu mierzonego oraz narzędzia mierniczego powinny być wpieryw dokładnie oczyszczone z opilek i brudu. Zresztą narzędzia pomiarowe należy zawsze chronić przed zabrudzeniem, aby w każdej chwili były gotowe do użycia. Nie tylko uszkodzone, ale także zabrudzone narzędzie miernicze wykaże błędny pomiar.

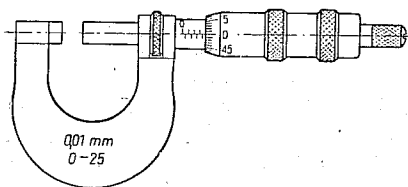


Rys. 359. Suwmiarka

Przy pomiarach, mimo wszystko, występują błędy. Dokładność pomiaru jest różna, zależnie od jakości użytego narzędzia mierniczego i odczytania na nim wyniku pomiaru (błąd osobisty). Dlatego też — jeżeli chcemy odzyskać dokładny wynik pomiaru jakiegoś przedmiotu — nie wystarczy raz tylko go zmierzyć, ale po wykonaniu kilku pomiarów trzeba przyjąć za właściwy wymiar średnią arytmetyczną wszystkich pomiarów.

Do większych przedmiotów używamy suwmiarki (rys. 359), którą możemy mierzyć z dokładnością do 0,1 mm. Mierzenie suwmiarką opiera się na zasadzie noniusza (3—52).

Przy mierzeniu szczególną uwagę należy zwrócić na to, by szczęki suwmiarki równo przylegały do przedmiotu. Ukośne ustawienie przedmiotu między szczękami powoduje błąd pomiaru. Nacisk szczęk powinien być umiarkowany. Za słaby nacisk może spowodować niezupełne zetknięcie się szczęk z mierzonym przedmiotem, skutkiem czego wynik otrzymany na suwmiarce będzie większy od rzeczywistego. Za silny nacisk może spowodować



Rys. 360. Mikrometr warsztatowy

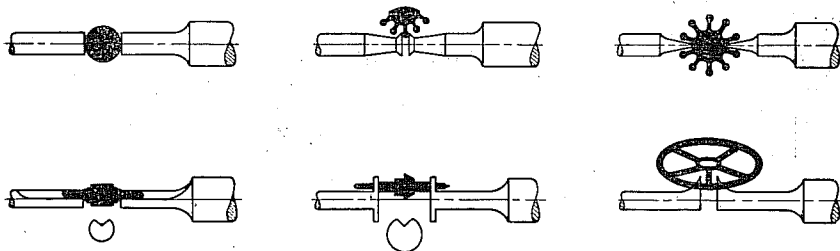
ugięcie się szczęk i odczytanie wymiaru mniejszego od rzeczywistego.

Do mierzenia małych przedmiotów używamy mikrometru (rys. 360). Nieco szczegółów o mikrometrze podano już w części 3 „Zegarmistrzostwa”.

Zasada działania mikrometru polega na istnieniu proporcjo-

nalności ruchu postępowego śruby o jednostajnym skoku, obracającej się w nieruchomej nakrętce, do kąta obrotu. Dzięki podziałce podłużnej, umieszczonej na nieruchomej tulei, oraz podziałce na krawędzi bębna można mierzyć mikrometrem z dokładnością do 0,01 mm.

Ze względu na małe rozmiary i różne kształty przedmiotów występujących w warsztacie zegarmistrzowskim pożądany jest tu mikrometr z wymiennymi kowadełkami. Różne kowadełka mikrometru i sposoby ich zastosowania pokazuje rys. 361. Mikro-



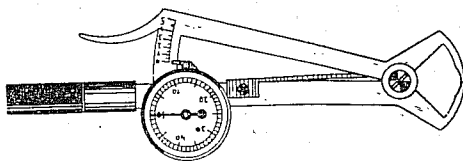
Rys. 361. Mierzenie mikrometrem z wymiennymi kowadełkami

metry z różnymi urządzeniami dodatkowymi nadają się nie tylko do pomiarów zewnętrznych, lecz także i do innych, specjalnych.

Mniej dokładne od mikrometru, ale częściej stosowane do mierzenia małych przedmiotów są macki z podziałką, zwykle dziesiętną, umożliwiającą mierzenie z dokładnością do 0,1 mm (3—51).

Macki dociskane są delikatną sprężyną do mierzonego przedmiotu, dlatego ich nacisk nigdy nie jest za silny.

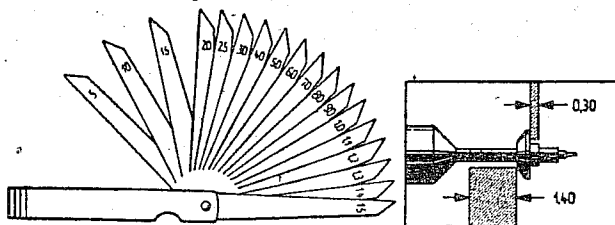
Do dokładnych pomiarów małych części dobrze się nadają macki dziesiętne połączone z czujnikiem (rys. 362). Takiego narzędzia mierniczego nie spotyka się w sprzedaży. Wykonał je jeden z zegarmistrzów i bardzo je zachwala, bo może nim mierzyć z dokładnością do 0,001 mm.



Rys. 362. Macki z czujnikiem

Sam czujnik także od- daje dobre usługi przy mierzeniu, a raczej sprawdzaniu, czy przedmiot na całej długości ma jednakowe wymiary.

Przy toczeniu można mierzyć czujnikiem. Takich czujników używają zegarmistrze zagraniczni. Zakres mierzenia — od 0,01 do 7 mm z dokładnością do 0,01 mm.



Rys. 363. Sprawdziany grubości i sposób ich użycia

Podtoczenia („nasadki”) mierzymy miarkami zbieżnymi (3—57) albo sprawdzianami osobnymi dla każdego podtoczenia, na których zaznaczona jest liczba wskazująca grubość danego sprawdzianu (rys. 363). Sposób mierzenia tymi sprawdzianami jest zrozumiały z samego rysunku. Dokładność mierzenia nie jest tu wysoka, większa jednak niż miarkami zbieżnymi.

2. TRASOWANIE

Przed przystąpieniem do właściwej obróbki jakiegoś przedmiotu zakreslamy wpierw linią jego granice na materiale, z którego będziemy go wykonywać. Jeśli mamy zaznaczone linią, dokąd trzeba zebrać materiał, to nie potrzebujemy tracić czasu na wielokrotne mierzenie, lecz mierzymy dopiero po zebraniu materiału do właściwego miejsca.

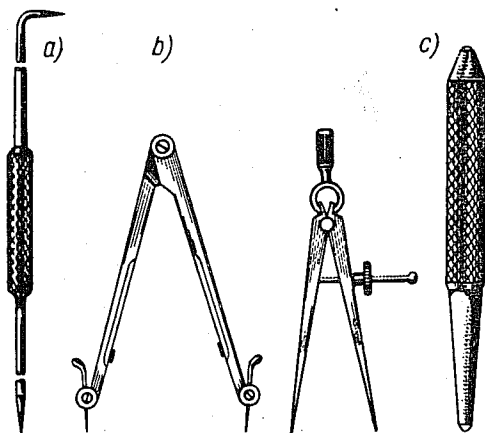
Oprócz linii zarysu obróbki, zaznaczamy także liniami środki okręgów otworów, osie symetrii, punkty do wiercenia itp. Wszystkie te czynności rysowania i zaznaczania na metalu nazywamy **trasowaniem**.

W przemyśle maszynowym trasowanie obejmuje dość szeroki zakres prac i stosuje się je we wszystkich fazach procesu technologicznego.

Ze względu na rodzaj czynności traserskich rozróżnia się *trasowanie na płaszczyźnie* (płaskie) i *trasowanie przestrzenne*. W warsztacie zegarmistrzowskim trasowanie występuje rzadko i to tylko trasowanie płaskie.

NARZĘDZIA TRASERSKIE

Do trasowania, a zwłaszcza do trasowania przestrzennego, potrzebne są specjalne narzędzia, jak płyta traserska, znaczniki słupkowe, wysokościomierze z rysikami i inne. Nie będziemy



Rys. 364. Narzędzia do trasowania: a) rysik, b) cyrkiel, c) punktak

jednak tutaj o nich mówić. Wspomnimy tylko o tych, które mają zastosowanie przy trasowaniu płaskim.

Rysik jest to cienki stalowy pręcik z ostro zaszlifowanymi końcami, przy czym jeden koniec jest prosty, a drugi zagięty (rys. 364 a). Wygodniejszy jest taki, który ma w połowie radełkowane zgrubienie, w celu ułatwienia trzymania. Rysik służy do wykreślenia linii na trasowanym przedmiocie według liniału, kątownika lub wzornika.

Cyrkiel może być zwykły z wymiennymi nóżkami lub ze śrubą nastawczą (rys. 364 b). Cyrkiel służy przede wszystkim do trasowania okręgów i łuków oraz do odmierzania odcinków i innych konstrukcji.

Często są także potrzebne kątowniki, kątomierze i środkowniki, o których mówiliśmy już w części 3 „Zegarmistrzostwa”.

Punktak (rys. 364 c) potrzebny jest przeważnie do znaczenia środków otworów. Przy trasowaniu większych przedmiotów zaznacza się także punktakiem wytrasowane linie, aby łatwiej można było je odnaleźć nawet po pewnym wytarciu podczas obróbki.

SPOSOBY TRASOWANIA

Trasowanie na płaskim kawałku metalu ma przebieg podobny do wykonywania rysunku, oczywiście rysujemy nie ołówkiem ani grafionem, ale rysikiem.

Ażeby trasowane linie lepiej były widoczne, powleka się gładko obrobiony przedmiot stalowy miedzią przez zwilżenie siarczanem miedzi rozpuszczonym w wodzie (2—3 łyżeczki na szklanke wody). Można też bezpośrednio pocierać przedmiot kawałkiem siarczanu, zwilżywszy przedtem przedmiot wodą.

Najłatwiejszy sposób trasowania płaskiego — to trasowanie według wzornika (szablonu). Polega ono na tym, że do materiału, z którego mamy wykonać dany przedmiot, przykładamy wzornik i według jego krawędzi wykreślamy linie zarysu przedmiotu. Ten sposób stosuje się do trasowania większej ilości takich samych części.

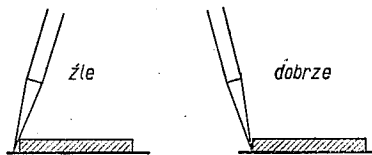
Podobny sposób trasowania ma miejsce w warsztacie zegarmistrzowskim, gdy wykonujemy jakąś część na podstawie części uszkodzonej, która zastępuje nam wzornik. Możemy zastosować tę metodę, gdy wykonujemy np. stalowe części naciągu, jak wodzik, płytkę dociskową itp. Wówczas dobieramy kawałek stali odpowiedniej grubości i na nim obrysowujemy rysikiem kształty wykonywanej części, posługując się uszkodzoną częścią jak wzornikiem.

Na rys. 365 widzimy niewłaściwe i właściwe trzymanie rysika przy liniale podczas trasowania. Dotyczy to także i trasowania według wzornika. Rysik powinien być dobrze zaostroszony i prowadzony tuż przy samej krawędzi wzornika, aby zbyt nie powiększyć przedmiotu.

Bardzo ważną zasadą przy trasowaniu jest ta, żeby **ryse pociągnąć tylko raz**. Powtórne rysowanie nie zawsze się udaje, a często powoduje zniekształcenie rysy lub jej przesunięcie.

Trasowanie według rysunku różni się zasadniczo od opisanego trasowania według wzornika. Tam była to praca prawie całkowicie mechaniczna, nie wymagająca zastanowienia — tutaj wymaga przemyślenia i przebiega podobnie jak wykonywanie rysunku.

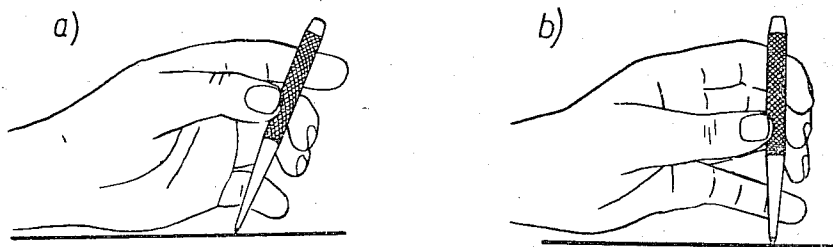
Najpierw więc wykreślamy linie osiowe poziome, następnie pionowe, które w przecięciu z poprzednimi dają nam środki otworów. Teraz, po zaznaczeniu punktami środków otworów i innych punktów dla nóżki cyrkla, wykreślamy cyrklem okręgi i łuki. W końcu uzupełniamy brakujące linie, aby uzyskać całkowity zarys przedmiotu.



Rys. 365. Trasowanie rysikiem

Podczas punktowania dłoni, w której trzymamy punktak, powinna koniecznie spoczywać na stole, lub — gdy przedmiot jest duży — na punktowanym przedmiocie. Przystawiając punktak, odchylamy go nieco górami od siebie (rys. 366 a), aby mieć lepszą widoczność miejsca przecinających się rys, które dokładnie powinno się napunktować. Następnie prostujemy go i uderzamy weń młotkiem (rys. 366 b).

Sposoby znaczenia i trasowania ustawiarą ząbienia, pionownikiem i środkownikiem opisaliśmy w części 3 „Zegarmistrzostwa”.



Rys. 366. Punktowanie: a) przystawianie punktaka, b) wyprostowanie do uderzenia

INNE METODY ZAZNACZANIA

Zamiast trasowania stosowany jest też w zegarmistrzostwie inny sposób wyznaczania kształtów przedmiotu do obróbki, mianowicie *metoda odpuszczania*. Oczywiście, można ją stosować tylko wtedy, gdy mamy wykonać jakąś część stalową na podstawie części uszkodzonej, np. złamanej (lub według wzornika). Przyklejamy tę starą część woskiem do gładko oszlifowanego kawałka stali takiej grubości, jaką ma mieć wykonywana część. Następnie ogrzewamy go aż do odpuszczenia na niebiesko. Ponieważ w miejscu przyklejenia stal się nie zabarwi, pozostanie jasny, chociaż niezbyt dokładny, zarys części na niebieskim tle.

3. TOLERANCJE I PASOWANIA

DOKŁADNOŚĆ WYKONANIA

Dokładność wykonania części zegarka jest różna. Tak samo zresztą jest z każdą maszyną. Dokładność wykonania zależy od przeznaczenia części, rodzaju połączenia z innymi częściami oraz warunków technicznych, jakie spełnia w całości mechanizm.

Z większą dokładnością wykonuje się te części lub ich elementy, które współpracują z innymi, natomiast nie współpracujące nie wymagają takiej dokładności.

Nie należy jednak utożsamiać dokładności wykonania z gładkością powierzchni lub jej połyskiem. Owszem, im większa dokładność, tym powierzchnia musi być gładsza, ale niekoniecznie błyszcząca. Natomiast dokładniej wykonana jest ta część, której wymiar jest bliższy wymiarowi nominalnemu. *Wymiar nominalny* jest to wymiar podstawowy, wynikający z obliczeń wytrzymałościowych, lub ustalony w inny sposób przez konstruktora i postawiony na rysunku. Wszystkie wymiary stawiane na rysunkach są wymiarami nominalnymi.

Wykonanie części o wymiarach dokładnie jednakowych (dokładnie równych wymiarowi nominalnemu) w normalnych warunkach produkcyjnych lub warsztatowych jest niemożliwe. Zawsze powstają pewne błędy wykonania, które zależą od stanu obrabiarki i narzędzia, drgań narzędzia, kwalifikacji pracownika, oraz błędy pomiarów, o których już mówiono przy mierzeniu.

Im dokładniej wykonane są wszystkie części, tym lepsza jest jakość mechanizmu, ale większe są koszty produkcji. Dlatego też dokładnie obrabia się tylko te części, które tego wymagają ze względu na swe zadania w mechanizmie.

TOLERANCJA WYMIARÓW

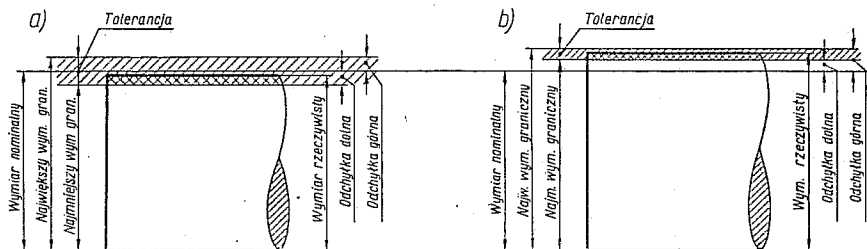
Ponieważ otrzymanie części o absolutnie jednakowych wymiarach jest niemożliwe, przeto musimy się zadowolić wymiarami mieszczącymi się w pewnych granicach. Dotyczy to przede wszystkim produkcji seryjnej, ale ma zastosowanie i przy jednostkowych wyrobach.

Jeśli weźmiemy pod uwagę przykład wałków (lub otworów) wykonywanych seryjnie, to mogą one mieć różne wymiary, ale wielkość tych wymiarów powinna być zawarta między największym wymiarem granicznym (górnym) a najmniejszym wymiarem granicznym (dolnym). Różnica między największym a najmniejszym wymiarem granicznym nazywa się *tolerancją*. Tolerancja określa, w jakich granicach może się wahać wielkość wymiaru. Jeśli więc na rysunku wymiar średnicy wałka oznaczony jest np. tak: $5 \pm 0,01$ — to znaczy, że największy wymiar graniczny może wynosić 5,01 mm, a najmniejszy 4,99 mm. Różnica tych wymiarów wynosi 0,02 mm i zakreśla granice, w których mogą się wahać wymiary tego wałka. Jest to właśnie tolerancja dokładności wykonania.

Różnica między jednym z wymiarów granicznych a wymiarem nominalnym nazywa się *odchylką*. *Odchylką górną* nazywa się

różnicę między największym wymiarem granicznym a wymiarem nominalnym. *Odchyłką dolną* nazywa się różnicę między najmniejszym wymiarem granicznym a wymiarem nominalnym. *Wymiar rzeczywisty* przedmiotu zawiera się między wymiarami granicznymi. *Odchyłką rzeczywistą* nazywa się różnicę między wymiarem rzeczywistym a nominalnym.

Tolerancja w stosunku do wymiaru nominalnego może być skierowana w stronę powiększenia tego wymiaru albo zmniejszenia, lub też w obydwie strony. Jeśli skierowana będzie



Rys. 367. Tolerancje: a) układ symetryczny dwustronny, b) układ niesymetryczny jednostronny

w obydwie strony i jeśli odchyłki będą liczbowo równe, to taki układ nazywamy *symetrycznym dwustronnym* (rys. 367 a). Gdy odchyłki będą różne, wówczas będzie to układ *niesymetryczny dwustronny*. Gdy tolerancja skierowana jest jednostronnie, wtedy będzie układ *niesymetryczny jednostronny* (rys. 367 b).

PASOWANIA

Połączenie dwóch części, z których jedna ma otwór, a druga jest wałkiem wchodzącym w ten otwór, może być nieruchome lub ruchome. Jeżeli wałek jest grubszy niż średnica otworu, to będzie połączony nieruchomo, a jeśli otwór będzie większy od średnicy wałka, to wałek może się w nim obracać. Różnicę między średnicą otworu a średnicą wałka nazywa się *luzem*. Luz może być mniejszy lub większy, w zależności od tolerancji.

Gdy różnica między średnicą otworu a średnicą wałka jest ujemna, wtedy nazywamy ją *wciskiem*. Wcisk również może być różny, zależnie od tolerancji.

Tolerancja luzu lub wcisku równa się sumie tolerancji wałka i otworu. Wymiar nominalny wałka i otworu u obydwu części połączenia powinien być ten sam.

Pasowania części o tym samym wymiarze nominalnym dzielą się na dwie podstawowe grupy:

1) *pasowania ruchowe*, kiedy części złączone mogą się obracać lub przesuwać względem siebie,

2) *pasowania spoczynkowe*, kiedy części złączone nie mogą zmieniać wzajemnego położenia.

Pasowania ruchowe mogą być: przestronne, obrotowe, suwliwe. Spoczynkowe zaś dzielą się na mieszane i wtlaczane. Mieszane mogą być: przylgowe i wciskane.

Tolerancje i pasowania objęte są Polskimi Normami (PKN/M-02100). Normy podają odchyłki tolerancyjne dla wałków i otworów dopiero od 1 mm średnicy, w zegarmistrzostwie zaś mamy do czynienia także z czopami cieńszymi.

Dokładnie ustalić luz czopa w łożysku powała tylko pomiar i rachunek. Im cieńsze są czopy, tym mniej powinny mieć luzu. (6—342).

Podczas naprawy nie oblicza się luzów, ale pasuje się części na wycucie. Ustalenie luzu czopa w łożysku w warsztacie zegarmistrzowskim odbywa się w ten sposób, że czop włożony do łożyska powinien swobodnej osi pozwolić odchylić się od pionu o kąt ok. $10\text{--}15^\circ$ (rys. 368). Nie jest to wprawdzie sposób dokładny, gdyż odchylenie to zależy od wielu czynników, głównie zaś od stosunku długości czopa do jego grubości i wielkości powierzchni oporowej. Jeśli jednak te wielkości nie będą odbiegać od ogólnie przyjmowanych (6—345), to nie popełni się przy tym błędu.

Dokładniej możemy ustalić i badać luz, posługując się miarkami czopów i czopami wzorcowymi (próbny).

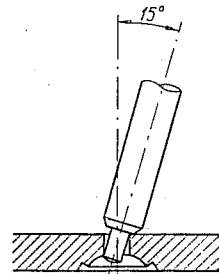
Z małym luzem (obrotowo) pasuje się czopy o średnicy poniżej 0,2 mm. Ze słabo wyczuwalnym luzem pasuje się czopy dobrych zegarków, o średnicy powyżej 0,2 mm.

Bez wyczuwalnego luzu (suwliwie) pasuje się np. oprawki sprężynek wahadła w siodełku.

Z lekkim wciskiem, tak jednak, żeby z pewnym tarciem można było zmienić położenie, pasuje się ćwiertniki na osi minutowej, pierścien włosu na osi balansu, widełki na wałku kotwicy zegarów wahadłowych, wskazówki na ćwiertniku i na tulei godzinowej.

Również z lekkim wciskiem pasuje się niektóre części połączeń rozłącznych, np. pokrywki bębnow, przerzutniki na osi balansu, klocki i kołki włosów, kołki i zatyczki.

Pasowanie mocno wciskane lub wtlaczane stosuje się do części łączonych nierozłącznie. W ten sposób pasujemy tulejki łożyskowe, łożyska kamienne, niektóre kołki ustalające, koła na zębnikach, balans na osi itp.



Rys. 368. Zegarmistrzowski sposób ustalania luzu

IX. WYKONYWANIE NARZĘDZI I CZĘŚCI ZAMIENNYCH

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

Według postawionego we wstępie założenia, po zapoznaniu się z różnymi rodzajami i sposobami obróbki, występującymi w warsztacie zegarmistrzowskim, oraz z rysunkami technicznymi, przystępujemy do wykonywania narzędzi i części zamiennych. Chodzi nam teraz o praktyczne zastosowanie poznanych wiadomości na konkretnych przykładach oraz o nabranie biegłości w poszczególnych pracach. Dlatego tutaj podajemy już tylko krótkie wskazania, jak np.: „piłować kwadrat”, „toczyć czop”, „hartować i odpuścić”, nie wdając się w szczegółowe opisy — bo prace te zostały już wyczerpująco omówione. Zwracamy natomiast szczególną uwagę **na dobór odpowiedniej metody pracy oraz na właściwą kolejność poszczególnych zabiegów i operacji.**

Chociaż większość narzędzi i części można obecnie nabyć, to jednak w wielu przypadkach własnoręczne ich wykonanie jest konieczne, a ponadto dla początkujących zegarmistrzów ma także poważne zalety dydaktyczne. Jest to bowiem pożyteczna okazja do ćwiczenia się w piłowaniu, wierceniu, toczeniu, polerowaniu itp. Czasami potrzebujemy narzędzia o takich kształtach i wymiarach, jakie nam najbardziej odpowiadają, a w sprzedaży go nie ma. Czasami znów jest mniej pracy zarobkowej, więc zamiast kupować narzędzie, zegarmistrz woli sam je wykonać, tym bardziej że praca narzędziem wykonanym własnoręcznie daje mu większe zadowolenie.

Oprócz tego zegarmistrz podnosi swoje kwalifikacje zawodowe i potrafi już nie tylko rozbierać, czyścić i składać zegary i zegarki lub dobierać nowe włosy, regulować zegarki w temperaturach i pozycjach, ale także należyście piłować, toczyć i tak dorabiać części zamienne lub narzędzia, że nie różnią się od oryginalnych. Taki fachowiec jest wszędzie poszukiwany i dobrze zarabia, a to przecież nie jest bez znaczenia.

Wybraliśmy do opisu tylko prostsze i częściej używane narzędzia lub częściej dorabiane części zamienne. Staraliśmy się też podać najlepsze sposoby ich wykonania. Opisy te należy traktować jako przykładowe. Dają one podstawę do dalszego samodzielnego rozszerzania i pogłębiania swojej wiedzy oraz ćwiczenia sprawności fachowej.

Aby uniknąć powtarzań, we wszystkich planach operacyjnych pominięto narzędzia do trasowania (rysik, punktak, młotek, płyta, kątownik, kątomierz), narzędzia do odmierzania i sprawdzania (suwmiarka, mikrometr, macki dziesiętne, miarka stalowa, sprawdzian otworowy itp.) oraz urządzenia lub maszyny do wiercenia (np. wiertarka).

2. PRZYKŁADY WYKONANIA NARZĘDZI

W części 3 „Zegarmistrzostwa” podaliśmy m. in. opisy wykonania niektórych narzędzi i przyrządów. Przed zapoznaniem się z podanymi poniżej praktycznymi przykładami sposobów wykonywania narzędzi, słuszne byłoby przeczytanie również i tamtych opisów.

KĄTOWNIK

Kątownik jest narzędziem prostym, lecz — ze względu na cel, jakiemu ma służyć — wykonanie jego powinno być wyjątkowo staranne.

Kątowniki bywają różnych wielkości. Wykonamy kątownik najczęściej używany przez zegarmistrza, o wymiarach podanych na rys. 369.

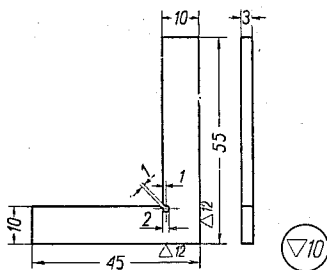
Materiał: stal narzędziowa stopowa — blacha o wymiarach $3 \times 45 \times 55$ mm.

Narzędzia: piłka, pilnik płaski, wiertło $\varnothing 2$ mm.

Materiały pomocnicze: płótno ścierne.

Wykonanie:

1. Natrasować według rysunku
2. Natrasować i wywiercić otwór $\varnothing 2$ mm
3. Wyciąć piłką zarys kątownika z nadmiarem ok. 0,5 mm
4. Przeciąć szczelinę
5. Opiłować boki i płaszczyzny. Zachować kąt prosty wewnętrzny i zewnętrzny
6. Zahartować (odpowiednio do gatunku stali)
7. Odpuścić do barwy brunatnożółtej
8. Oszlifować powierzchnię płótnem ściernym
9. Dotrzeć boki na płycie. Wykonując tę czynność, sprawdzamy kąt przez wykreślanie dwóch prostokątnych za pomocą liniału i wykonanego kątownika.

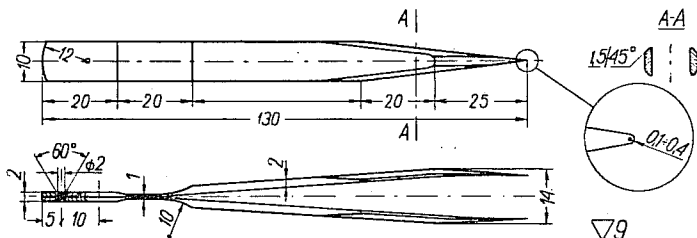


Rys. 369. Kątownik

CHWYTKI

Chwytki stalowe na ogół łatwo jest nabyć. Trudniej natomiast dostać chwytki brązowe, mosiężne, duralowe lub z innego miękkiego metalu, jakich używamy do złożonych i polerowanych części, aby ich nie porysować. Dlatego podajemy sposób wykonania chwytek mosiężnych.

Co do wielkości i kształtu można się orientować według innych chwytek. Lepiej jednak jest mieć rysunek lub przynajmniej szkic wykonawczy z wymiarami (rys. 370). Końce chwytek mosiężnych (i innych miękkich) powinny być nieco zaokrąglone.



Rys. 370. Chwytki

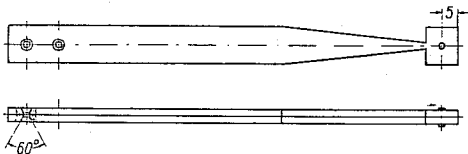
Materiał: mosiądz sprężysty — taśma $2 \times 11 \times 280$; mosiądz miękki — drut $\phi 2$ mm.

Narzędzia: pilka, pilnik płaski, pilnik półokrągły, imadełko, imadło, wiertło $\phi 2$ mm, wiertło $\phi 5$ mm o kącie 60° — do nawiercania, miotek, kowadełko.

Materiały pomocnicze: płótno ścierne.

Wykonanie:

1. Uciąć dwa paski mosiężne o wym. $2 \times 11 \times 140$
2. Oszlifować z jednej strony (będą to strony wewnętrzne)
3. Zakręcić w imadełku stronami szlifowanymi do siebie
4. Wywiercić w obydwu końcach otwory $\phi 2$ mm w odległości 5 mm od końców (rys. 371)
5. Nawiercić otwory na głębokość 1,5 mm z obydwu stron
6. Znitować nitami z drutu mosiężnego. Przygotowany materiał na chwytki ma 140 mm długości. Natomiast długość gotowych chwytek wynosi 130 mm. Końcowe części materiału wraz z jednym nitem zostaną później odcięte. Nituje się tylko dlatego, aby można było łatwo obrabiać obie części chwytek razem



Rys. 371. Chwytki w początkowej fazie wykonywania

chwytek wynosi 130 mm. Końcowe części materiału wraz z jednym nitem zostaną później odcięte. Nituje się tylko dlatego, aby można było łatwo obrabiać obie części chwytek razem

7. Opiłować boki na wymiar 10 mm
8. Opiłować zwężenia, zostawiając przy końcu materiał razem znitowany (rys. 371)

9. W szerszym końcu, na długości 40 mm, spiłować paski po obu stronach równo do grubości 2 mm, czyli po 1 mm z każdej strony
10. Wywiercić otwór pod drugi nit \varnothing 2 mm w odległości 10 mm od poprzedniego
11. Nawiercić na głębokość 0,5 mm z obydwu stron
12. Znitować
13. W odległości 20 mm od końca na długości następnych 20 mm spiłować paski z obydwu stron do grubości 1 mm
14. Wyrównać półokrągłym pilnikiem łagodne przejścia r 10
15. Zaokrąglić koniec r 12
16. Odciąć znitowany koniec na długość 130 mm
17. Opiłować boki
18. Spiłować końce na długości 25 mm
19. Spiłować fazy
20. Stępić krawędzie
21. Zaokrąglić lekko boki i końce
22. Rozchylić obydwie części chwyttek na trwale
23. Całość gładko oszlifować

KOWADEŁKO

Kowadełko przedstawiono na rys. 372.

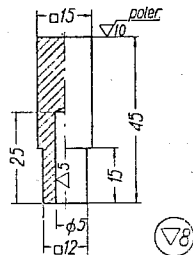
Materiał: stal narzędziowa stopowa — pręt $16 \times 16 \times 46$ mm

Narzędzia: piłka, imadło, pilnik płaski, kątownik, wiertło \varnothing 5 mm

Materiały pomocnicze: płótno ścierne

Wykonanie:

1. Opiłować czoła, tak by całkowita długość wynosiła 45 mm
2. Opiłować jeden bok; sprawdzać płaskość
3. Opiłować bok przeciwległy; sprawdzać równoległość
4. Opiłować bok trzeci; sprawdzać prostokątność
5. Opiłować bok czwarty; sprawdzać prostokątność i równoległość
6. Opiłować odsadzenie; kolejność taka jak w punktach 2, 3, 4, 5
7. Zaokrąglić krawędzie
8. Napunktować i wywiercić otwór \varnothing 5 mm
9. Zahartować (odpowiednio do gatunku stali)
10. Oczyszczyć na biało płótnem ściernym z zewnątrz i w otworze
11. Odpuścić do barwy brunatnożółtej
12. Wypolerować czoła

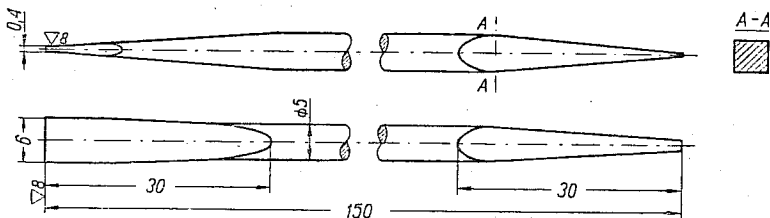


Rys. 372. Kowadełko

WKREŃTAK TRZONKOWY

Zrobimy duży wkreŃtak trzonkowy (rys. 373), używany do zegarów. Lepszy jest wkreŃtak wykonany kuciem na gorąco niż wypilowany na zimno. Jeżeli końce materiału nie są równe, trzeba je spiłować. Zwłaszcza ten koniec, z którego ma być zrobione ostrze wkreŃtaka, należy wyrównać pilnikiem i usunąć

zadziory (mimo że wkrętak będzie kuty na gorąco), gdyż ostrze uformowane z nierównego końca i wygładzone tylko kuciem, wykruszy się po hartowaniu. Grzać do kucia należy w węglu, a nie palnikiem (zob. rozdział o hartowaniu).



Rys. 373. Wkrętak trzonkowy

Materiał: stal narzędziowa węglowa — pręt ϕ 5 mm, dł. 130 mm

Narzędzia: kowadło, młotek, kleszcze, pilnik

Materiały pomocnicze: płótno ścierne, oselka szmerglowa

Wykonanie:

1. Odkuć zbieżny koniec (chwyt) na kwadrat o boku 30 mm
2. Odkuć ostrze
3. Opilować ostrze
4. Zahartować
5. Odpuścić na fioletowo
6. Oszlifować ostrze na oselce
7. Osadzić w trzonku

WKŁADKA WKRĘTAKA

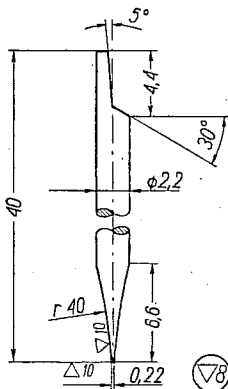
Wkładka wkrętaka jest pokazana na rys. 374.

Materiał: stal srebrzanka — pręt ϕ 2,2 mm

Narzędzia: szczypce do cięcia drutu, ściernica ϕ 80 mm, pilnik płaski

Wykonanie:

1. Odciąć szczypcami pręt długości 40 mm
2. Zrównać czoła
3. Oszlifować zgrubnie wycięcie zabezpieczające przed obracaniem
4. Wypilować dokładnie kąty wycięcia
5. Oszlifować ostrze
6. Zahartować (można hartować po kilka sztuk razem, związanych drutem)
7. Odpuścić na fioletowo



Rys. 374. Wkładka wkrętaka

NABIJAKI

Narzędzia te wykonuje się ze srebrzanki. Odcina się piłką z pręta kawałki długości 85 mm. Końce nabijaków toczy się najlepiej w uchwycie zaciskowym.

Jeżeli nabijaki mają być używane w nabijarce, to średnica wszystkich nabijaków powinna być jednakowa i na całej długości dopasowana suwliwie do tulei prowadzącej nabijarki.

Otwory w nabijakach wierci się od razu na tokarce. Im większa średnica, tym głębszy powinien być otwór. W nabijakach z bardzo małymi otworami wierci się dodatkowo otwór poprzeczny w celu ułatwienia czyszczenia.

Końce pracujące nabijaków hartuje się i odpuszcza do barwy czerwono-brunatnej, a końce, w które się uderza — do barwy błękitnej.

Jako przykład podajemy wykonanie nabijaka przedstawionego na rys. 375.

Materiał: stal srebrzanka — pręt $\varnothing 4,7$ mm

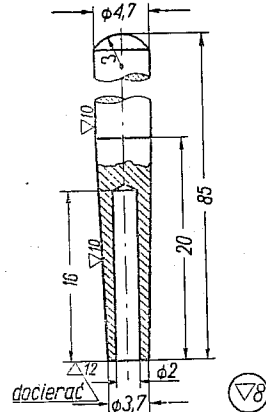
Obrabiarki: tokarka

Narzędzia: piłka, nóż tokarski, wiertło $\varnothing 2$ mm

Materiały pomocnicze: płótno ścierne

Wykonanie:

1. Odciać pręt długości 85 mm z naddatkiem 0,2 mm
2. Stoczyć część pracującą stożkową
3. Stoczyć (splanować) czoło
4. Nawiercić i wywiercić otwór $\varnothing 2 \times 10$
5. Obtoczyć zaokrąglenie drugiego końca $r3$ (zaokrąglenie to można też wykonać pilnikiem)
6. Zahartować i odpuszczyć koniec, w który się uderza
7. Zahartować i odpuszczyć część pracującą
8. Oszlifować gładko całość, pasując nabijak suwliwie do tulei prowadzącej
9. Dotrzeć czoło pracujące nabijaka



Rys. 375. Nabijak ni-townik

ZABIERAKI

Zabierak tokarski, zwany „sercówką”, można wypilować z płaskiego kawałka stali lub twardego mosiądzu (rys. 376) albo też wytoczyć z okrągłego pręta (rys. 377). Podajemy obydwa sposoby¹⁾.

¹⁾ Jeżeli na jakimś rysunku w tym rozdziale nie podajemy niektórych wymiarów, to dlatego, że podczas wykonywania danego przedmiotu wymiary te zasadniczo można dobrać dowolnie, proporcjonalnie do innych. Natomiast prawidłowy rysunek techniczny wykonawczy powinien mieć wszystkie potrzebne wymiary.

Materiał: stal miękka lub mosiądz twardy — płaskownik o wymiarach 5×15 mm

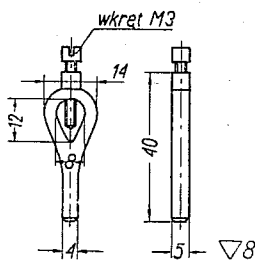
Narzędzia: pilnik płaski, pilnik półokrągły, pileczka, wiertło Φ 8 mm, wiertło Φ 2,4 mm, wiertło Φ 1,6 mm, gwintownik M3

Materiały pomocnicze: płótno ścierne

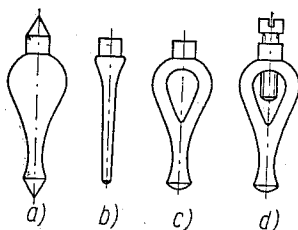
Wykonanie:

1. Napunktować i wywiercić otwór Φ 8 mm
2. Wypilować otwór w jedną stronę na wymiar 12 mm
3. Opiłować czoło
4. Napunktować i wywiercić otwór Φ 2,4 pod gwint M3
5. Nagwintować otwór M3 i dopasować wkret. (Wkret należy wykonać w sposób opisany przykładowo w innym miejscu)
6. Obciąć piłką nadmiar materiału z boków
7. Opiłować boki
8. Oszlifować całość

Poszczególne fazy wykonania zabieraka o takich samych wymiarach jak na rys. 376, lecz z pręta okrągłego i na tokarce, widzimy na rys. 377.



Rys. 376. Zabierak z płaskownika



Rys. 377. Fazy wykonywania zabieraka z pręta okrągłego

Materiał: stal miękka lub mosiądz twardy — pręt Φ 15 mm

Obrabiarki: tokarka

Narzędzia: ręczny nóż tokarski, pilnik płaski, pilnik trójkątny, wiertło Φ 8 mm, wiertło Φ 2,4 mm, gwintownik M3

Wykonanie:

1. Obtoczyć zarysy zewnętrzne według rys. 377 a
 2. Opiłować z dwóch stron na płasko według rys. 377 b
- Dalsze punkty wykonania takie same jak w poprzednim opisie od pierwszego do ostatniego, z wyjątkiem punktu 6 i 7

TRZPIEŃ TOKARSKI Z ZABIERAKIEM

Trzpień tokarski jest to wałek stożkowy o małej zbieżności, zwykle z zamocowanym na stałe zabierakiem. Używamy trzpieni tokarskich o różnych grubościach, zależnie od średnicy otworu toczonego przedmiotu. Podajemy przykład wykonania jednego z nich, pokazanego na rys. 378.

Materiał: stal narzędziowa węglowa —pręt \varnothing 3 mm; mosiądz twardy —
płaskownik (taśma) 2×6 mm

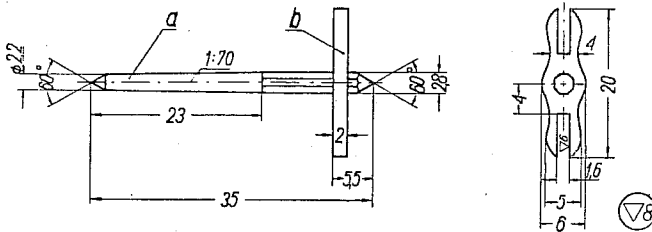
Obrabiarka: tokarka

Narzędzia: piłka, piłeczka, pilnik płaski, pilnik półokrągły, nóż tokarski,
wiertło \varnothing 2,9 mm, nabijak, młotek

Wykonanie:

a. *Trzpień tokarski*

1. Odciąć materiał na długość 35 mm z nadmiarem 0,2 mm
2. Wykonać na obydwu końcach stożki 60°
3. Zahartować
4. Opuścić do barwy błękitnej
5. Ohtoczyć w kłach wewnętrznych stożek 1:70



Rys. 378. Trzpień tokarski z zabierakiem

6. Oszlifować stożek na długości 23 mm
7. Opilować ośmiobok z pomocą zastawki i podstawki rolkowej
8. Oszlifować ośmiobok

b. *Zabierak*

1. Natrasować zabierak (na mosiądzu)
2. Wywiercić otwór \varnothing 2,9 mm
3. Wyciąć piłeczką kształt zabieraka
4. Opilować boki
5. Stępić krawędzie
6. Oszlifować

Montowanie:

1. Zamocować trzpień w imadle (chronić przed uszkodzeniem)
2. Nabić zabierak na trzpień za pomocą nabijaka

Cienkie trzpienie należy wykonywać ze stali ulepszonej cieplnie i przetaczać po nabiciu (lub włożeniu) w zabierak. Zapobiegnie to możliwości skrzywienia.

WIERTŁA PIÓRKOWE

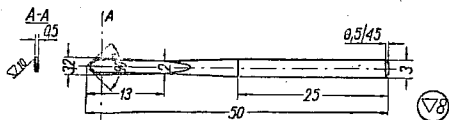
Zwykle wykonuje się serię 12 wiertel piórkowych do otworów o średnicy np. od 0,1 do 2 mm, obustronnie ostrzonych do dwukierunkowego wiercenia (rys. 379). Większe otwory wierci się wiertłami piórkowymi do jednokierunkowego wiercenia w wiertarce lub tokarce. Cienkie wiertła piórkowe wykonuje się pilowaniem, grubsze zaś zwykle toczeniem. Podajemy sposoby wykonania obydwóch rodzajów wiertel.

Materiał: stal srebrzanka — pręt ϕ 3 mm

Narzędzia: pilka, pilnik płaski, młotek, kowadło

Wykonanie:

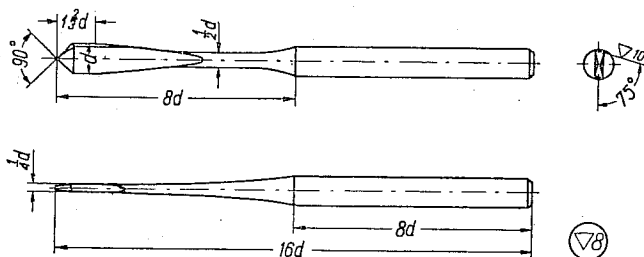
1. Odciąć materiał z pręta na wymiar 50 mm
2. Wyrównać końce pilnikiem
3. Zapilować fazę chwytu $0,5/45^\circ$
4. Spiłować materiał na pióro stożkowo od połowy długości
5. Zagrząć koniec
6. Odkuć na płasko
7. Opilować ścin pod kątem 90° (do mosiądzu) lub 120° (do stali)
8. Zahartować
9. Opuścić: chwyt do barwy błękitnej, szyjkę do ciemnoniebieskiej, pióro do brąznożółtej. Grzać należy od strony chwytu, obserwując przy tym barwy nalotowe
10. Zaostrzyć na kamieniu oliwionym.



Rys. 379. Wiertło piórkowe dwustronnie zaostrzone

Wiertła piórkowe toczone podobne są do wiertel piłowanych. Można je zaostrzyć dwustronnie (do dwukierunkowego wiercenia) lub jednostronnie (do jednokierunkowego wiercenia — rys. 380).

Wymiary poszczególnych elementów wiertła piórkowego zależą od szerokości pióra, które równa się średnicy chwytu wiertła. Jeżeli szerokość pióra wynosi d (rys. 380), to grubość pióra =



Rys. 380. Wiertło piórkowe jednostronnie zaostrzone

= $\frac{1}{4}d$, długość równoległej części pióra = $\frac{12}{3}d$, długość chwytu = $8d$, szyjka w najcieńszym miejscu = $\frac{1}{2}d$, cała długość wiertła = $16d$.

Wiertła piórkowe można toczyć z jednego dłuższego pręta i po skończeniu toczenia odcinać, albo też wpierw pociąć materiał na odpowiednie kawałki. Opisujemy ten drugi sposób.

Materiał: stal srebrzanka — pręt okrągły ϕ d

Obrabiarki: tokarka

Narzędzia: pilka, uchwyt zaciskowy, nóż tokarski, pilnik płaski

Wykonanie:

1. Stoczyć czoło chwytu
2. Sfazować
3. Obtoczyć drugi koniec na stożek o kącie 90° lub 120°
4. Wytoczyć szyjkę
5. Spiłować pióro na piasko z dwóch stron
6. Spiłować boki pod kątem 75°
7. Zahartować, odpuścić i ostrzyć jak w poprzednim opisie

POGŁĘBIACZ

Wykonamy uproszczony pogłębiacz otworu na łeb wkrętu. Zakładamy, że średnica łba wkrętu ma 2,7 mm, a średnica szyjki — 1,3 mm. Inne wymiary jak na rys. 381.

Materiał: stal srebrzanka — pręt ϕ 2,8 mm
mosiądz twardy — pręt ϕ 2 mm

Obrabiarki: tokarka

Narzędzia: nóż tokarski, wiertło ϕ 1,3 mm, pilnik płaski, imak

Wykonanie:

a. Pogłębiacz

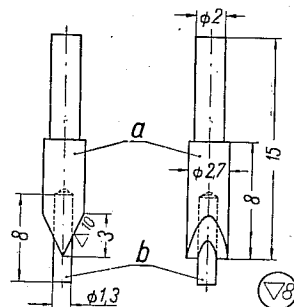
1. Odciąć pręt długości 15 mm
2. Oszlifować do grubości 2,72 mm
3. Stoczyć (splanować) czoło
4. Wywiercić od czoła otwór ϕ 1,3 mm
5. Zamocować w imaku i spiłować ostrze na kształt klina
6. Podtoczyć chwyt ϕ 2 mm
7. Zahartować i odpuścić (podobnie jak wiertło)
8. Oszlifować ostrze

b. Kołek prowadzący (pilot)

1. Obtoczyć kołek mosiężny do ϕ 1,3, pasując go na wcisk do otworu
2. Odciąć nadmiar długości
3. Zaokrąglić jeden koniec

Montowanie:

1. Wcisnąć kołek zaokrąglonym końcem do otworu
2. Usunąć zadziory z końca



Rys. 381. Uproszczony pogłębiacz

GWINTOWNIKI

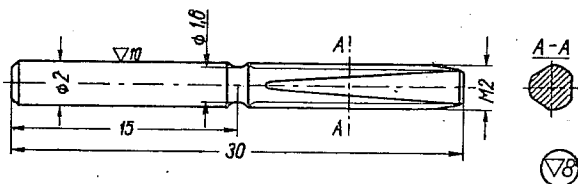
Gwintowniki wykonuje się ze stali narzędziowej węglowej lub stopowej. Można też użyć srebrzanki, która jest pewną odmianą stali niskostopowych. Przed rozpoczęciem obróbki należy ją wyżarzyć.

U małych gwintowników chwyt pozostawiamy okrągły i zwykle dwa razy grubszy niż część gwintowana, gdyż pokręcamy go

bezpośrednio palcami lub w imaku; u większych — piłujemy na końcu czop kwadratowy dla pokrętła.

Grubsze gwintowniki gwintujemy w imadle, zakładając szczęki ochronne, aby nie pokaleczyć chwytu gwintownika, małe zaś bezpośrednio na tokarce.

Krawędzie tnące tworzymy przez spiłowanie trzech płaszczyzn (rys. 382, przekrój A—A). Oczywiście, byłoby lepiej nafrezować rowki wiórowe, jak to bywa zwykle u gwintowników wykonanych fabrycznie. Ale w braku urządzenia do frezowania musimy zadowolić się i takim uproszczonym sposobem. U większych gwintowników można też rowki wypiłować pilnikiem.



Rys. 382. Gwintownik

Płaszczyzny należy spiłować stożkowo, tzn. że ku końcowi są one coraz szersze, a więc tutaj gwint jest zupełnie spiłowany i pozostaje tylko rdzeń gwintownika: dalej ku chwytowi kilka nitów gwintu pozostaje na całym obwodzie. Płaszczyzny te powinny być wszystkie jednakowe. Oprócz spiłowania płaszczyzn bocznych sam koniec gwintownika piłuje się na stożek, tworząc tzw. *nakrój*, dla łatwiejszego wprowadzenia w otwór.

Materiał: stal narzędziowa węglowa,
albo stal narzędziowa stopowa,
albo stal srebrozanka

Obrabiarki: tokarka

Narzędzia: nóż tokarski zwykły, nóż z zaokrąglonym końcem, narzynki M2, szczypce

Wykonanie:

1. Obtoczyć chwyt walcowy
2. Splanować czoło; stępić krawędź
3. Zamocować w uchwycie drugim końcem
4. Obtoczyć pod gwint
5. Wytoczyć w połowie rowek
6. Stoczyć lekko stożkowo przy końcu
7. Wyrównać czoło; stępić krawędź
8. Nagwintować narzynką M2
9. Opiłować trzy płaszczyzny na części nagwintowanej; usunąć zadziory
10. Zahartować (stal węglową i srebrozankę chłodzić w wodzie, stopową — w oleju)
11. Odpuścić, trzymając w szczypcach nad płomieniem część chwytową gwintownika: część gwintową do barwy brązowoczerwonej, a część chwytową do ciemnoniebieskiej
12. Wytrawić znak gwintu M2 na chwycie

MŁOTEK

Fabryczne młotki zegarmistrzowskie mają rąb leżący dokładnie w linii prostej, dzielącej młotek wzdłuż na połowy, podczas gdy powinien on być o całą swą grubość przesunięty w stronę trzonka (rys. 383).

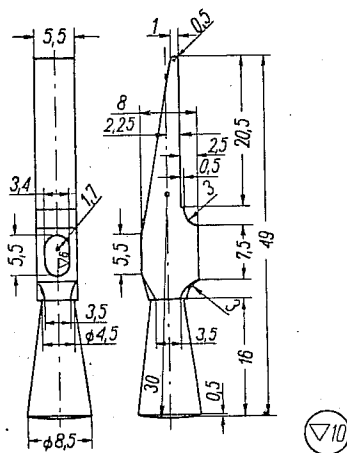
Obrabiarki: tokarka

Materiał: stal narzędziowa węglowa — pręt $\varnothing 11 \times 60$

Narzędzia: nóż tokarski, pilnik płaski, pilnik półokrągły, pilnik okrągły, wiertło $\varnothing 2,5$ mm

Wykonanie:

1. Zrównać czoła pilnikiem
2. Wykonać nakiełki
3. Obtoczyć obuch stożkowo
4. Opilować zgrubnie kształt części środkowej i rąbu
5. Wywiercić dwa otwory obok siebie $\varnothing 2,5$ mm
6. Przepiłować pozostały materiał między otworami, by utworzyć jednolity otwór trzonkowy
7. Opilować część środkową młotka
8. Opilować rąb
9. Usunąć ślad nakiełka z obucha i lekko go zaokrąglić oraz stępić krawędź
10. Stępić krawędzie przy otworze trzonkowym
11. Zahartować
12. Odpuścić: rąb i obuch do barwy żółtej, część środkową do barwy niebieskiej
13. Oszlifować gładko całość



Rys. 383. Młotek zegarmistrzowski

NITOWNICA

Nitownicę pokazaną na rys. 384 łatwiej byłoby wykonać na frezarce. Powinna ona bowiem mieć równą powierzchnię, a także boczne podcięcia w celu uchwycenia w imadle. Jednak podajemy sposób wykonania jej pilnikiem, gdyż — jak wiemy — frezarki są w naszych warsztatach rzadkością, a będzie to także dobra okazja ćwiczenia się w dokładnym pilowaniu dłuższych płaszczyzn leżących pod kątem.

Otwory średnicy 0,2—0,9 mm mają długość 1,5 mm; u tych wszystkich otworów spodnia ich część ma średnicę 2,5 mm. Natomiast otwory średnicy 1—3 mm mają długość 3 mm, a ich spodnia część ma średnicę 3,5 mm.

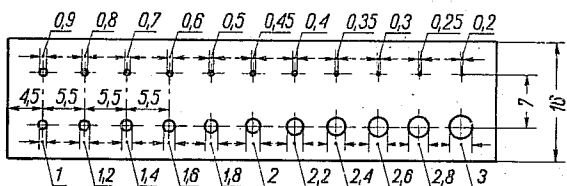
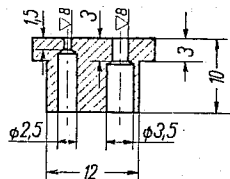
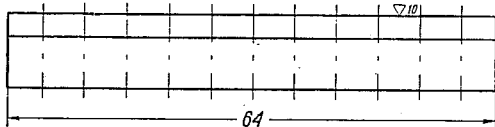
Materiał: stal narzędziowa węglowa lub stopowa o wym. $12 \times 18 \times 65$ mm

Narzędzia: piłka, pilniki płaskie: zdzierak i gładzik, wiertła $\varnothing 0,1$ — $3,5$ mm, rozwiertaki, płyta szlifierska

Materiały pomocnicze: płótno ścierne, proszek ścierny

Wykonanie:

1. Odciąć materiał
2. Spiliować płasko stronę wierzchnią (czołową)
3. Opiliować stronę spodnią
4. Opiliować boki — bez wcięć
5. Spiliować końce



Rys. 384. Nitownica

6. Wypiliować boczne podcięcia
7. Naznaczyć i napunktować otwory od strony spodniej dla obu rzędów oraz od strony zewnętrznej tylko dla rzędu 0,2—0,9
8. Wywiercić otwory 0,2—0,9 na głębokość ok. 2 mm
9. Nawiercić otwory ϕ 2,5 mm w jednym szeregu tak, by pozostało do przewiercenia 1,5 mm
10. Nawiercić otwory ϕ 3,5 mm w drugim szeregu tak, aby pozostało do przewiercenia 3 mm
11. Wywiercić poszczególne otwory ϕ 1—3 mm, używając wiertel o 0,1 mm cieńszych od poszczególnych wymiarów
12. Rozwiercić otwory na dokładne wymiary 1—3 mm
13. Oszlifować całość płótnem ściernym; krawędzie stępić
14. Zahartować i odpuścić
15. Dotrzeć powierzchnię na płycie szlifierskiej miłym proszkiem ściernym

3. PRZYKŁADY WYKONANIA CZĘŚCI ZAMIENNYCH

W części 6 „Zegarmistrzostwa” opisano konstrukcję zegarów i zegarków, a więc także konstrukcję poszczególnych ich części. Z tego względu, przed przystąpieniem do wykonywania części tu opisanych, należałoby stamtąd zaczerpnąć szczegółowych wiadomości konstrukcyjnych.

Brakującą część do zegara lub zegarka można dorobić jednym z trzech sposobów:

- 1) według wzoru, którym jest zwykle stara część,
- 2) według przymierzania do pozostałych części,
- 3) według rysunku wykonawczego.

Zegarmistrze najczęściej korzystają z dwóch pierwszych sposobów. Nie są one najlepsze, ale na ich wybór wpływa widocznie nieznamość rysunków technicznych, albo też unikanie pozornej straty czasu na zrobienie szkicu. Znacznie łatwiej jest wykonać jakąś część, mając przed sobą rysunek lub szkic techniczny. Oczywiście, do wykonania szkicu trzeba brać pomiary ze starej części lub z pozostałych części zegarka. Dlatego sposób brania pomiarów (jeśli jest to konieczne) podajemy najpierw, a potem opisujemy wykonywanie części z gotowego już rysunku wykonawczego.

Trasowanie przedmiotu na materiale można by zastąpić albo fotografowaniem sposobem chemigraficznym (co jednak nie dla każdego zegarmistrza jest dostępne), albo też przylutowaniem starej części lub innego wzornika do materiału, z którego mamy wykonać daną część.

KOLEK STOŻKOWY (ZATYCZKA)

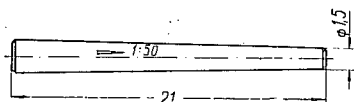
Jedne z pierwszych ćwiczeń ucznia zegarmistrzowskiego — to piłowanie kołków (zatyczek). Powierzchni takich kołków nie polerujemy ani nawet zbytnio nie wygładzamy, lecz pozostawiamy widoczne poprzeczne rysy od pilnika, jak to wskazuje znak obróbki na rys. 385.

Materiał: stal konstrukcyjna — drut
 $\varnothing 2 \times 30$ mm

Narzędzia: obcinaki, imak, pilnik płaski, klocek do piłowania

Wykonanie:

1. Odciąć z drutu kawałek długości ok. 30 mm; wyprostować
2. Zamocować w imaku, tak by wystająca część miała 22 mm długości
3. Opilować stożkowo do $\varnothing 1,5$ na kločku zamocowanym w imadle według sposobu podanego w rozdziale o piłowaniu (imak obracać w palcach ku sobie, posuwając pilnik od siebie)
4. Zrównać koniec i stępić krawędzie
5. Odciąć z nadmiarem ok. 0,5
6. Wyrównać czoło i stępić krawędzie



Rys. 385. Kołek stożkowy

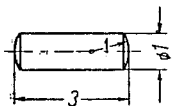
KOLEK WALCOWY (USTALAJĄCY)

Opisujemy wykonanie kołka walcowego toczeniem na tokarce, gdyż ten sposób daje lepsze wyniki niż piłowanie (rys. 386).

Materiał: stal konstrukcyjna — drut $\varnothing 1,5 \times 3,2$ mm

Obrabiarki i wyposażenie: tokarka, uchwyt zaciskowy

Narzędzia: nóż tokarski, pilnik piaski



$\nabla 10$

Rys. 386. Kolek walcowy

Wykonanie:

1. Zamocować w uchwycie zaciskowym tokarki
2. Obtoczyć równolegle na całej długości do $\varnothing 1$ mm
3. Zaokrąglić czoło
4. Krawędź stępić pilnikiem
5. Odciać na długość
6. Zaokrąglić drugie czoło; krawędź stępić

TULEJKA ŁOŻYSKOWA (WĘŻYDŁO)

Gdy brak gotowych tulejek lub specjalnego drutu (średnica otworu 0,2—4,5 mm, a średnica zewnętrzna 1,0—7,5 mm), wówczas tulejki takie wykonuje się następująco (rys. 387):

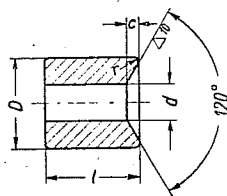
Materiał: mosiądz twardy — drut

Obrabiarki: tokarka

Narzędzia: obcinaki, pilnik, nawiertak, wiertło, nóż tokarski

Wykonanie:

1. Uciąć kawałek drutu, wyprostować
2. Zrównać pilnikiem czoło
3. Zamocować drut w uchwycie zaciskowym tokarki
4. Naznaczyć nawiertakiem na środku czoła zagłębienie
5. Wywiercić otwór głębszy niż długość czopa i o średnicy 0,1—0,3 mm mniejszej niż jego średnica
6. Obtoczyć zewnętrzną powierzchnię tulejki nieco stożkowo, ale ściślej do otworu gniazda
7. Wytoczyć zagłębienie smarowe
8. Krawędź zaokrąglić
9. Wypolerować zagłębienie smarowe
10. Odciać tulejkę piłką lub nożem tokarskim
11. Zrównać odcięte czoło tulejki pilnikiem (na placu)
12. Krawędzie stępić



$\nabla 8$

Rys. 387. Tulejka łożyskowa

KLUCZ ZAMKA WŁOSA

Zamek włosy płaskiego składa się z kołka i klucza. Podajemy sposób dorobienia klucza, gdy kołek jest już dokładnie osadzony w przesuwce (rys. 388).

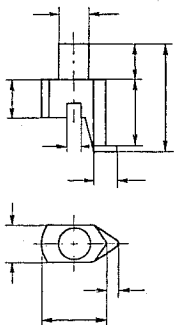
Materiał: mosiądz twardy — pręt

Obrabiarki: tokarka

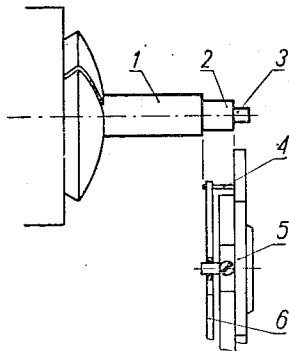
Narzędzia: nóż tokarski, pilnik, wiertło $\varnothing 1$ mm

Wykonanie:

1. Zamocować materiał w uchwycie zaciskowym tokarki
2. Obtoczyć czop 3 (rys. 389), pasując go do otworu przesuwki 5. Długość czopa powinna być większa od grubości przesuwki o pół jego średnicy
3. Wykonać podtoczenie 2 o długości kołka 4. Średnica tego podtoczenia ma być taka, by między kluczem a kołkiem 4 powstała szczelina nie większa niż podwójna grubość włosa (6—554)
4. Wyjąć pręt z tokarki i opiłować klucz z dwóch stron na płasko
5. Opiłować krawędź dotykającą włosa prawie na ostro
6. Odciać klucz od pręta (można nożem w tokarce)



Rys. 388. Klucz zamka włosa



Rys. 389. Toczenie klucza do zamka włosa

7. Opiłować czoło
8. Spiłować do połowy wysokości część pozostałą
9. Wykonać wcięcie do otwierania wkrętakiem
10. Stępić krawędzie

Dalszą czynnością będzie zanitowanie klucza — najlepiej nabijarką — w przesuwce, ale tak, aby można go było obracać oraz aby zakuwka nie dotykała wieczka koperty.

WKREŃ

Wkręt jest przedstawiony na rys. 390.

Materiał: stal automatowa — pręt ciągniony $\phi 5 \times 8$ mm

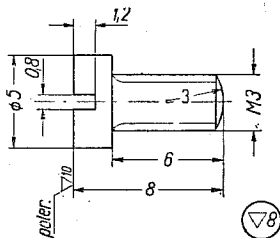
Obrobiarki i wyposażenie: tokarka (frezarka), uchwyt zaciskowy

Narzędzia: nóż lewy, narzynka M3, pilnik do rowków, polerownik

Materiały pomocnicze: płótno ściernie, środki polerownicze

Wykonanie:

1. Obtoczyć trzon długości 6 mm pod gwint M3; splanować na wymiar 5 mm
2. Stoczyć czoło trzonu $r 3$
3. Nagwintować
4. Usunąć zadziory po gwintowaniu
5. Odciać z nadmiarem 0,3
6. Stoczyć (splanować) czoło łba; zdjąć zadziory



Rys. 390. Wkręt

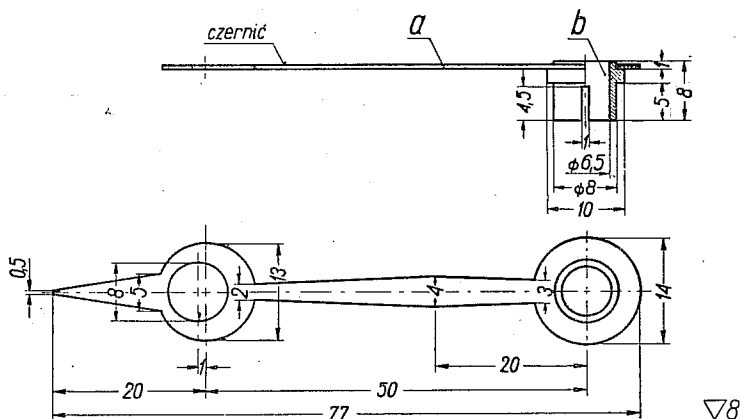
7. Wypiliować (lub wyfrezować) rowek 0,8×1,2 mm
8. Usunąć zadziory
9. Nacyjanować (tylko w razie potrzeby)
10. Opolerować czoło

WSKAZÓWKA GODZINOWA DO ZEGARA

Wskazówka godzinowa do zegara jest przedstawiona na rys. 391.

Materiał: stal sprężynowa 80×15×0,7 mm; mosiądz twardy — pręt Φ 10 mm

Narzędzia: płyta do szlifowania, wiertło Φ 0,5 mm, piłeczka, nabijak do wyginania, rozwiertak Φ 8 mm, rynienka, nóż tokarski, nabijak-nitownik, pilnik, rozwiertak Φ 6,5 mm, piłka grubości 1 mm



Rys. 391. Wskazówka godzinowa do zegara

Materiały pomocnicze: proszek ścierny (oselka), siarczan miedzi, mydło, opiłki

Wykonanie:

a. Wskazówka

1. Wyrównać i oszlifować obydwie strony blachy; zwilżyć jedną stronę roztworem siarczanu miedzi
2. Natrasować kształt wskazówki i środki otworów na oko i na tuleję
3. Wywiercić obydwa otwory
4. Wyciąć piłeczką zarys wskazówki
5. Wygiąć wskazówkę wzdłuż nabijakiem
6. Rozwiercić otwory do Φ 8 mm
7. Oszlifować boki i stępić krawędzie
8. Zahartować: natrzeć mydłem, nagrzać na węglu drzewnym do koloru czerwonego i pionowo zanurzyć w wodzie
9. Oszlifować na białe
10. Odpuścić na niebiesko — w piasku lub opiłkach
11. Naciąć krawędzie otworu wskazówki od strony zewnętrznej

b. Tuleja wskazówki

1. Wywiercić otwór ϕ 6 mm, długości 11 mm w pręcie mosiężnym
2. Odciąć na długość 8 mm
3. Obtoczyć na trzpieniu tokarskim obydwie odsadzenia według rysunku; usunąć zadziory
4. Wykonać piłką szczerelinę w tulei według podanych wymiarów

Montowanie:

1. Nasadzić wskazówkę na tuleję
2. Zanitować przez wywinięcie brzegów
3. Rozwiercić otwór rozwiertakiem na ϕ 6,5 mm

NASTAWNIK

Nastawnik jest przedstawiony na rys. 392.

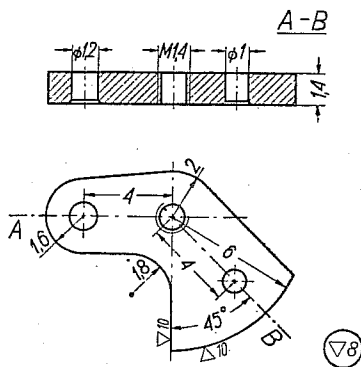
Materiał: stal węglowa do hartowania — płytka grubości wzoru

Narzędzia: wiertła ϕ 1,2 mm i 1 mm, gwintownik M1,4, piłeczka, polerownik

Materiały pomocnicze: przybory do lutowania, środki polerownicze.

Wykonanie:

1. Naznaczyć otwór na oś nastawnika
2. Wywiercić otwór ϕ 1 pod gwint M1,4
3. Przylutować wzór do materiału, pasując otworami na siebie lub trasować zarys nastawnika
4. Wyciąć piłeczką nastawnik tuż przy wzorze lub przy natrasowanej linii
5. Odlutować wzór od wyciętego nastawnika
6. Opłować dokładnie boki
7. Wywiercić otwór na kołek nastawczy ϕ 1,2 mm
8. Wywiercić otwór na kołek za-trzaskowy ϕ 1 mm
9. Nagwintować otwór M1,4
10. Oszlifować całość
11. Zahartować
12. Odpuścić



Rys. 392. Nastawnik

Następnie wykonać 2 kołki ϕ 1,2 mm i 1 mm w sposób podany przy rys. 386, wcisnąć je do nastawnika i zanitować, w końcu opolerować miejsca pracujące.

PÓLMOSTEK BALANSU

Półmostek balansu przedstawiono na rys. 393.

Materiał: mosiądz twardy — płytka grubości 3 mm,
stal automatowa — pręt ϕ 1,5 mm

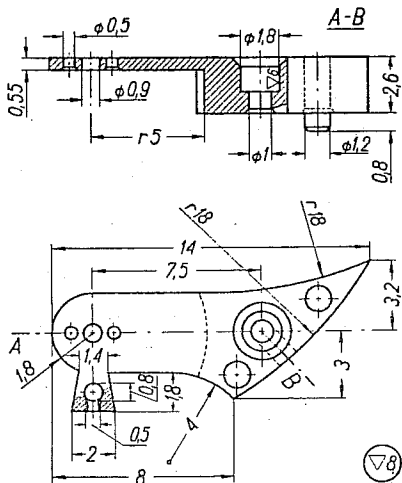
Obrobiarki i wyposażenie: tokarka, tarcza łkowa

Narzędzia i przyrządy: piłka, nóż tokarski, punktak, wiertła: ϕ 0,5, 0,8, 0,9, 1,0, 1,2 mm, pogłębiacz czołowy ϕ 1,8 mm, wkrętak, pilnik, pionownik, piłeczka, gwintownik, płyta szlifierska

Materiały pomocnicze: proszek ścierny, lak lub szelak, spirytus denaturowany

Wykonanie:

1. Wyciąć płytkę o wymiarach 20×10×3 mm
2. Oszlifować płasko jedną stronę na płycie szlifierskiej
3. Przykleić oszlifowaną stronę do tarczy lakowej
4. Stoczyć (splanować) do grubości 2,7 mm
5. Po odlakowaniu płytki zaznaczyć symetrycznie punkcikiem jej środek
6. W napunktowanym miejscu wywiercić otwór \varnothing 1 mm na wkręt
7. Pogłębić otwór na łeb wkrętu
8. Przykręcić płytkę do płyty zegarka i od strony tarczy wywiercić dwa otwory \varnothing 1,2 mm na kołki ustalające
9. Płytkę odkręcić i owiercić te dwa otwory od spodu
10. Wypilować szczelinę do podważania przy rozbieraniu
11. Wykonać z drutu mosiężnego dwa kołki ustalające \varnothing 1,2 (rys. 386) i do otworów w płycie dopasować wciskowo
12. Wbić od spodu w płytkę obydwie kołki ustalające i ściąć ich krawędzie
13. Znowu przykręcić płytkę do płyty zegara
14. Zamocować razem na tarczy kleszczowej lub w pionowniku i naznaczyć otwór na łożysko
15. Wywiercić otwór \varnothing 0,9 mm na kamień łożyskowy i odkręcić płytkę od płyty
16. Natrasować linię przez środki otworów na wkręt i kamień łożyskowy oraz zewnętrzny kształt półmostka według szkicu
17. Wyciąć piłeczką i opiłować zewnętrzny kształt półmostka
18. Przykleić półmostek na tarczy lakowej i wykonać wytoczenie o promieniu 5 mm, pozostawiając resztę grubości półmostka 0,6 mm
19. Odjąć półmostek z tarczy lakowej i wygotować go w spirytusie w celu usunięcia resztek laku
20. Wywiercić otwory na „kokeretki” o \varnothing 0,5 mm
21. Nawiercić od spodu na łby wkrętów
22. Wywiercić otwór 0,8 na klocek włosa
23. Wywiercić otwór pod gwint 0,5
24. Nagwintować otwór
25. Oszlifować wierzch półmostka na płycie szlifierskiej
26. Ściąć krawędzie



Rys. 393. Półmostek balansu

Sprawą montażu jest wcisnięcie kamienia łożyskowego i przykręcenie płytki z kamieniem nakrywkowym.

Wygodniej jest wytoczyć w większej płycie ślepy otwór o 2 mm większy niż średnica balansu i z tego „pudełka” wyciąć półmostek według rysunku. Inne szczegóły — jak wyżej.

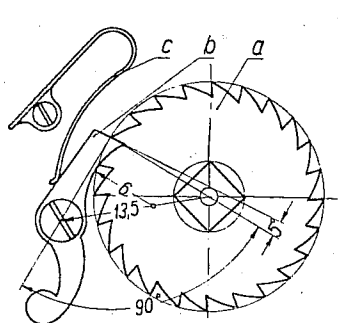
Mostki wykonuje się podobnie.

URZĄDZENIE ZAPADKOWE DO ZEGARA

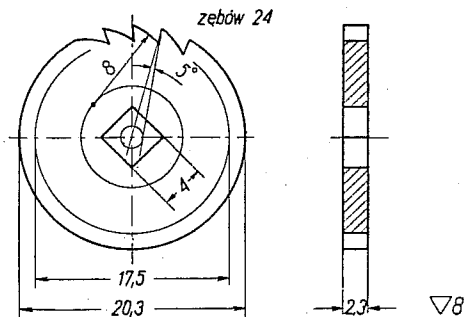
Wykonamy całe urządzenie zapadkowe, a więc koło zapadkowe, zapadkę z wkrętem i sprężynką zapadki, również z wkrętem.

Załóżmy, że koło zapadkowe średnicy 20,3 mm będzie miało 24 zęby. Wysokość zębów wynosi 1,4 mm, podcięcie zębów 5° . Wpierw wykonujemy szkic urządzenia zapadkowego (rys. 394).

Wykonując szkic, najpierw kreślimy linie osiowe oraz koło wierzchołkowe. Następnie dzielimy to koło na 24 części, odmierzamy 5° na podcięcia zębów i stycznie do ramienia tego kąta wykreślamy koło, z którym stykać się będą czoła wszystkich



Rys. 394. Urządzenie zapadkowe do zegara



Rys. 395. Koło zapadkowe

zębów. Natomiast tylne krawędzie zębów wykonujemy lukami o promieniu 8 mm (rys. 395), w celu zwiększenia ich wytrzymałości. Oś obrotu zapadki leży na stycznej wyprowadzonej z wierzchołka zęba, z którym styka się zapadka. Odległość osi obrotu zapadki od środka koła zapadkowego wynosi 13,5 mm.

Materiał: mosiądz twardy walcowany — blacha grubości 2,5 mm;
stal konstrukcyjna — grubości 2,6 mm
stal sprężynowa — blacha grubości 0,3 mm

Obrabiarki i wyposażenie: tokarka, tarcza kleszczowa, trzpień centrujący

Narzędzia i przyrządy: pilniki, wiertła, szczypce, rozwiertak

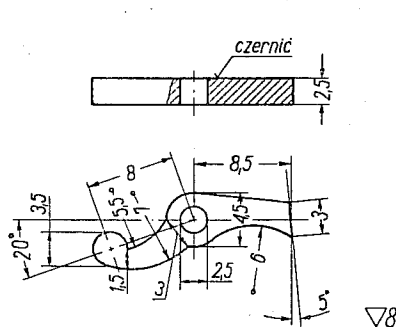
Materiały pomocnicze: płótno ścierne

Wykonanie:

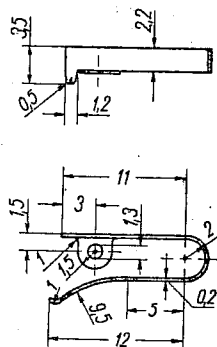
a. Koło zapadkowe (rys. 395)

1. Umocować materiał na tarczy kleszczowej
2. Splanować obustronnie
3. Obtoczyć krążek ϕ 20,3 mm
4. Wywiercić otwór ϕ 4 mm
5. Zdjąć z tokarki; usunąć zadziory
6. Natrasować zęby i otwór kwadratowy (jeśli zęby będą płitowane)
7. Wypilować otwór na kwadrat (pasować do chwytu kwadratowego wałka sprężyny)

8. Wypilować (lub nafrezować) zęby
9. Usunąć zadziory
 - b. Zapadka (rys. 396)
 1. Natrasować zarys i naznaczyć otwór
 2. Wywiercić otwór Φ 2 mm (rozwiąć i pasować do szyjki wkrętu)
 3. Natrasować kształt zapadki
 4. Wypilować kształt zapadki
 5. Oszlifować całość
 6. Poczernić



Rys. 396. Zapadka



Rys. 397. Sprężynka zapadki

c. Sprężynka zapadki (rys. 397)

1. Natrasować kształt sprężynki
2. Wywiercić otwór Φ 1,3 mm na wkręt
3. Wyciąć sprężynkę nożyczkami
4. Wypilować stopkę i występ ustalający; krawędzie stępić
5. Wygiąć w imadle stopkę
6. Wygiąć szczypcami część sprężynującą
7. Zahartować
8. Odpuścić na niebiesko

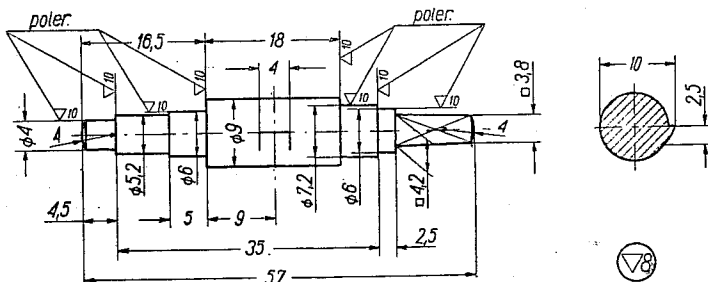
WAŁEK SPRĘŻYNY DO ZEGARA

Mając dorobić wałek sprężyny do zegara, należy wpięrow sporządzić jego szkic. Na rys. 398 mamy podane wszystkie wymiary konieczne do wykonania wałka.

Dla większego wałka pomiary robimy suwmiarką i mikrometrem, a dla małego — mackami dziesiętnymi i mikrometrem. Wymiar na rys. 398 wynoszący 18 mm, otrzymamy, gdy zmierzemy grubość bębna i od tego wymiaru odejmiemy grubość dna bębna, tuż przy otworze, oraz grubość pokrywki bębna. Wymiar 35 mm bierzemy z mechanizmu, gdy płyty są skrócone. Średnice i długość podtoczeń stosujemy do otworów w płytach i grubości płyt.

Jeżeli hak ma być wypilowany z wałka, to pozostawiamy na środku wałka wystający kołnierz takiej grubości, jaki jest otwór w sprężynie. Jeżeli zaś hak ma być wprawiony osobno, to wiercimy w wałku otwór, gwintujemy go i wkręcamy weń wkret, z którego formujemy kształt haka.

Środkową część wałka, która jest najgrubsza, ścinamy przy czopach pod kątem 30° w stosunku do ścianki pionowej, aby nie ocierała o bęben, ale jeżeli przy otworze bębna i pokrywki jest wystający wąski kołnierz, to ścięcie to jest niepotrzebne.



Rys. 398. Wałek sprężyny do zegara ściennego

Materiał: stal automatowa — pręt $\phi 12 \times 70$ mm

Obrabiarki i wyposażenie: tokarka, kły, zabierak, podstawka rolkowa do pilowania

Narzędzia i przyrządy: komplet noży tokarskich, polerownik, pilnik piaski, pilnik półokrągły

Materiały pomocnicze: płótno ścierne, proszki polerownicze

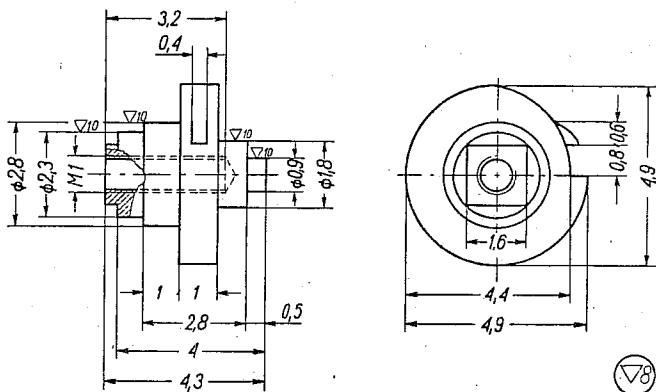
Wykonanie:

1. Odciąć materiał z pręta, opiliować końce
2. Wykonać nakiełki dla kłków zewnętrznych
3. Założyć zabierak na materiał i umocować go między kłkami tokarki
4. Obtoczyć całość na $\phi 11$ mm
5. Odmierzyć i zaznaczyć 4 mm na hak
6. Obtoczyć $\phi 9$ po obu stronach występu na hak
7. Odmierzyć symetrycznie 18 mm i zaznaczyć
8. Obtoczyć $\phi 7,2$ z nadmiarem ok. 0,05
9. Odwrócić w kłach, przekładając zabierak na drugi, toczony koniec
10. Obtoczyć $\phi 6 \times 5$ z nadmiarem ok. 0,05
11. Obtoczyć $\phi 5,2$ do stanu wykończenia
12. Obtoczyć $\phi 4$ z nadmiarem ok. 0,05
13. Zaznaczyć nożem wymiar 16,5 (dość głęboko) do ucięcia
14. Wykończyć polerownikiem $\phi 6$
15. Wykończyć polerownikiem $\phi 4$
16. Zaznaczyć nożem wymiar 35 na drugim końcu wałka
17. Odwrócić w kłach, zakładając zabierak na $\phi 5,2$
18. Obtoczyć $\phi 6 \times 2,5$ z nadmiarem ok. 0,05
19. Obtoczyć $\phi 5,6$ pod kwadrat 4,2
20. Zaznaczyć całkowitą długość 57

21. Stoczyć ϕ 5,6 pod kwadrat na stożek, tak by przy końcu średnica wynosiła 5 mm na kwadrat 3,8. Krawędzie kwadratu nie będą ostre, lecz lekko zaokrąglone
22. Opiłować kwadrat, zatrzymując wrzeciono tokarki i prowadząc pilnik po podstawie rolkowej
23. Usunąć zadziory płótnem ściernym
24. Wykończyć polerownikiem ϕ 7,2
25. Wykończyć polerownikiem ϕ 6
26. Wypilować hak; usunąć zadziory
27. Odciąć końce z nakiełkami
28. Zaokrąglić czola

WAŁEK SPRĘŻYNY DO ZEGARKA

Podobnie jak przy dorabianiu wałka sprężyny do zegara, tak i przy dorabianiu wałka sprężyny do zegarka, należy wpierv wykonać szkic z wymiarami, żeby podczas toczenia nie wyjmować za każdym razem wałka z tokarki, by go przymierzyć do bębna, ale opierać się na wymiarach.



Rys. 399. Wałek sprężyny do zegarka

Bywają różne odmiany wałków sprężyny, zależnie od konstrukcji zegarka. Wykonamy wałek najczęściej spotykany, jaki widzimy na rys. 399.

Położenie wałka w tokarce powinno być takie, żeby czop kwadratowy dla koła naciągowego znajdował się od strony konika. Chodzi bowiem o to, aby bez odwracania wałka wywiercić w nim otwór dla wkrętu mocującego koło naciągowe.

Materiał: stal węglowa do hartowania lub srebrozanka — pręt ϕ 5

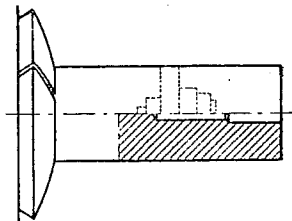
Obrabiarki i wyposażenie: tokarka z suportem, uchwyty zaciskowe, podstawa rolkowa do piłowania

Narzędzia i przyrządy: komplet noży tokarskich, przyrząd do frezowania, pilnik płaski, polerownik, wiertło ϕ 0,8, gwintownik M1

Materiały pomocnicze: płótno ścierne, środki polerownicze

Wykonanie:

1. Umocować materiał w uchwycie zaciskowym tak, by jego koniec wystawał na ok. 6 mm (lub więcej — patrz punkt 4)
2. Obtoczyć na całej długości \varnothing 4,9 mm
3. Stoczyć (splanować) czoło
4. Wywiercić otwór \varnothing 0,8 i głębokości 3,2. Kto nie ma pewności, że uda mu się prosto nagwintować otwór w wałku, niech pozostawi nieco więcej materiału od strony czopa kwadratowego i niech wywierci głębszy otwór o dwóch średnicach (rys. 400). Początkowa część otworu niech ma średnicę równą średnicy zewnętrznej gwintownika — w celu pewnego prowadzenia go — dalsza część otworu — średnicę rdzenia gwintu. Po nagwintowaniu i całkowitym wytoczeniu odcinamy wpiery koniec z otworem, a następnie cały wałek od strony uchwytu
5. Nagwintować otwór M1
6. Odmierzyć szerokość najgrubszej części wałka i zaznaczyć nożem
7. Obtoczyć \varnothing 2,8 z nadmiarem ok. 0,03
8. Obtoczyć \varnothing 2,3 z nadmiarem ok. 0,03
9. Obtoczyć \varnothing 2,25 pod kwadrat 1,6
10. Opilować lub wyfrezować kwadrat
11. Wyfrezować hak
12. Obtoczyć \varnothing 1,8 z nadmiarem ok. 0,03
13. Obtoczyć \varnothing 0,9 z nadmiarem ok. 0,03
14. Zaznaczyć nożem długość wałka i uciąć
15. Opilować hak
16. Usunąć zadziory płótnem ściernym
17. Zahartować i odpuścić na niebiesko
18. Umocować w uchwycie zaciskowym za największą średnicę i polerować dwa czopy
19. Odwrócić w uchwycie i polerować drugie dwa czopy



Rys. 400. Sposób wiercenia otworu w wałku sprężyny

BĘBEN SPRĘŻYNY DO ZEGARKA

Wymiary bębna bierzemy z bębna starego, jeśli jest, a gdy nie ma — ustalamy je z wyfrezowania w płytach oraz obliczamy zażebienie z istniejących części zegarka, według sposobów podanych w części 6 „Zegarmistrzostwa” na str. 291—301. Sporządzamy szkic i wpisujemy na nim wszystkie dane konieczne do wykonania bębna (rys. 401).

Materiał: mosiądz twardy — blacha o wym. $3 \times 20 \times 20$
mosiądz twardy — blacha o wym. $1 \times 20 \times 20$

Obrabiarki i wyposażenie: tokarka z suportem, tarcza kleszczowa, tarcza łukowa, frezarka lub urządzenie do frezowania przy tokarce, trzpień centrujący

Narzędzia i przyrządy: komplet noży tokarskich, wiertła \varnothing 1,6 i 2,6, rozwiertaki, pilnik kwadratowy, dziurkacz sprężyn

Materiały pomocnicze: szelak lub lak, płótno ścierne

4. Wywiercić otwór ϕ 1,6
5. Obtoczyć krążek ϕ 15,4 — pochylenie 5° — z nadmiarem ok. 0,03
6. Przykleić szelakiem stroną toczoną na tarczy lakowej
7. Stoczyć w pobliżu otworu na grubość 0,7
8. Odmierzyć i zaznaczyć występ przy otworze
9. Stoczyć dalej do grubości 0,3; odkleić
10. Wypilować z boku wycięcie do otwierania
11. Pasować do bębna
12. Rozwiercić otwór tak, by pasował do czopa wałka sprężyny

KOŁO WYCHWYTU GRAHAMA

Średnicę wierzchołkową koła wychwykowego ustalamy z odległości osi kotwicy i koła, a ilość zębów z przekładni chodu i długości wahadła. Inne wymiary obliczamy według proporcji zaznaczonych na rys. 402 w odniesieniu do średnicy wierzchołkowej.

Materiał: mosiądz twardy — blacha o wym. $1,2 \times 35 \times 35$ mm

Obrabiarki i wyposażenie: tokarka z tarczą kleszczową, tarcza lakowa, frezarka lub urządzenie do frezowania na tokarce.

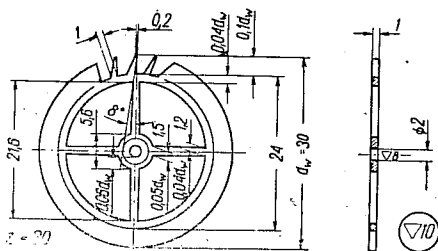
Narzędzia i przyrządy: noże tokarskie, wiertło ϕ 2 mm, piłęzka, pilniki: kwadratowy, soczewkowy, mieczowy, nożowy i płaski

Materiały pomocnicze: szelak lub lak, płótno ścierne, środki polerownicze.

Wykonanie:

1. Zamocować materiał na tarczy kleszczowej
2. Stoczyć (splanować) całą powierzchnię na płasko (grubość wióra ok. 0,1 mm)
3. Naznaczyć środek trzpieniem centrującym
4. Wywiercić otwór ϕ 2
5. Wytoczyć krążek ϕ 30 aż do odcięcia; usunąć zadziory płótnem ściernym
6. Przykleić szelakiem stroną toczoną na tarczy lakowej
7. Stoczyć (splanować) powierzchnię na grubość 1 mm; odkleić
8. Zamocować na frezarce i w dwóch operacjach wyfrezować uzębienie frezem tarczowo-czołowym (cz. 3, rys. 192)
9. Natrasować ramiona
10. Wywiercić między ramionami otwory
11. Wyciąć piłęzką pola międzyramienne
12. Opilować (odpowiednimi pilnikami) ramiona, piastę i wieniec
13. Opolerować powierzchnie boczne i zęby

Dalszą pracą będzie *osadzenie na osi*. Oczywiście nigdy nie osadzamy koła bezpośrednio na osi, ale albo na częściowo stoczonym zębniku, albo też na specjalnie wykonanej piaście, co najmniej 3 razy grubszej niż samo koło. Po osadzeniu należy sprawdzić centryczność osi i wyważyć koło.



Rys. 402. Koło wychwykowe

PALETA GRAHAMA

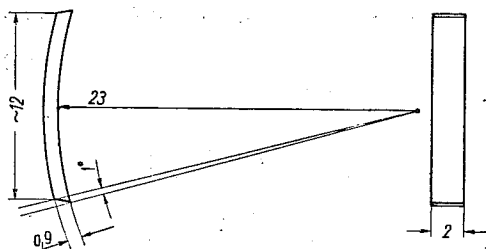
Dorabiamy zazwyczaj obie palety (rys. 403). Sposób ich wykonania jest jednakowy. Różnią się tylko kierunkiem pochylenia powierzchni impulsu, na co trzeba zwrócić uwagę przy ich szlifowaniu i polerowaniu.

Materiał: stal narzędziowa stopowa lub srebrzanka — pręt $2 \times 3 \times 75$ mm

Obrabiarki i wyposażenie: tokarka, tarcza kleszczowa, uchwyty stożkowe

Narzędzia i przyrządy: piłka, pilnik, palnik, nóż tokarski, płaskoszli-fierz, płyta

Materiały pomocnicze: boraks, kawałek mosiądzu, proszki szlifierskie i polerownicze



Rys. 403. Paleta Graham

Wykonanie:

1. Odciąć kawałek materiału długości 75 mm
2. Wygiąć go w pierścień; sprawdzać na płaskiej płycie, czy nie wichruje
3. Zrównać czoła pilnikiem, aby pozostała jak najmniejsza szczelina do zlutowania
4. Zlutować na twardo
5. Oszlifować piasko pierścieni z jednej strony
6. Umocować na tarczy kleszczowej
7. Wytoczyć wewnętrzną średnicę na wymiar 23 mm
8. Umocować na uchwycie stopniowym
9. Stoczyć z zewnątrz do grubości 0,9 mm
10. Stoczyć (splanować) z boku do szerokości 2 mm
11. Oszlifować płótnem ściernym; zdjąć z tokarki
12. Pociąć na 6 odcinków, zaczynając od miejsca lutowanego
13. Opiłować zgrubnie powierzchnie impulsu
14. Zahartować i odpuścić na kolor słomkowy
15. Oszlifować i opolerować powierzchnie impulsu w płaskoszli-fierzu na płycie

OŚ PRZEKŁADNI

Konieczność przygotowania zębniaka do osadzenia na nim koła rzadko dziś zachodzi — co najwyżej przy zegarach lub zegarkach specjalnie cennych albo traktowanych jako sztuki egzaminowe.

Gdy już wiemy, ile zębniak ma mieć zębów i jaką średnicę, konieczny jest szkic z wymiarami tak średnic czopów i podtoczeń, jak i rozmieszczenia poszczególnych podtoczeń i wtczeń wzdłuż osi (rys. 404). Wymiary bierzemy z mechanizmu.

Materiał: surowa oś pośrednia z zębniakiem o 8 zębach, module 0,55 i zarysie zęba półostrym B

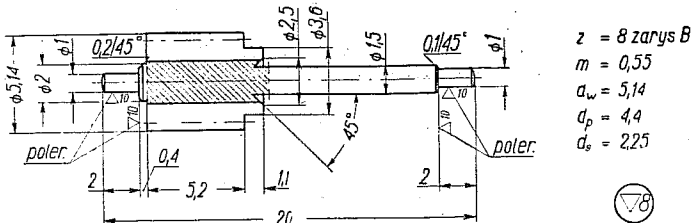
Obrabiarki i wyposażenie: tokarka, latarka centrownicza, czopiarka

Narzędzia i przyrządy: noże tokarskie, pilnik płaski, polerownik

Materiały pomocnicze: płótno ścierne

Wykonanie:

Do prawidłowego ząbkowania się przekładni konieczne jest zupełnie centryczne obracanie się zębniaka. Na wycentrowanie zębniaka należy więc zwrócić baczną uwagę.

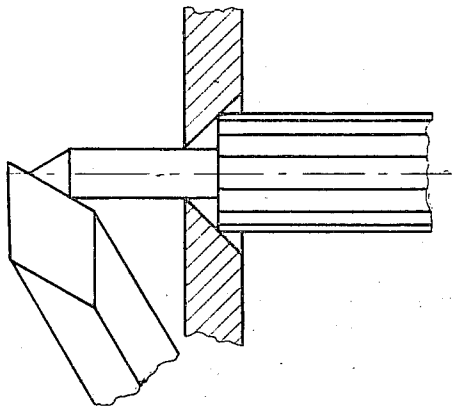


Rys. 404. Oś pośrednia z zębniakiem

1. Sprawdzić w tokarce centryczność stożków surowej osi przy zbliżonej podstawie
2. Ewentualną niecentryczność stożków starannie poprawić w latarce centrowniczej nożem tokarskim (rys. 405)
3. Wykonać podtoczenie do zanitowania koła. Średnica tego podtoczenia równa się zwykle kołu podziałowemu zębniaka, a długość określona jest grubością nitowanego koła z dodatkiem 0,05—

—0,2 mm na zanitowanie. Podtoczenie to powinno mieć zbieżność rozwiertarka, którym powiększa się nieco otwór w piaście koła. Chodzi bowiem o to, aby koło dopasowane było na wcisk, a zanitowanie było tylko zabezpieczeniem od zsunęcia. W celu ułatwienia zanitowania koła robi się w czole podtoczenia głębokie wtoczenie (rys. 184 c)

4. Skrócić zbędną długość zębów zębniaka. W bardziej obciążonych zębniakach, np. w przekładni napędu, pozostawiamy zęby — o ile miejsce pozwala — prawie aż do czopów. Ma to na celu usztywnienie osi i uniknięcie jej sprężynowania. Szczegóły w rozdziale o toczeniu



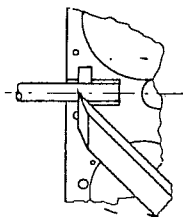
Rys. 405. Poprawienie stożka zębniaka

5. Wytoczyć czopy
6. Ściąć krawędzie podtoczeń czopów pod kątem 45°
7. Opolerować czopy
8. Opolerować zęby
9. Zaokrąglić czola

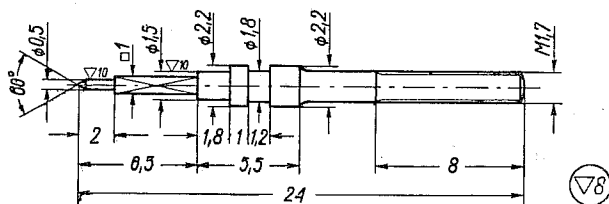
WAŁEK NACIĄGOWY

Wykonanie wałka naciągowego, zwłaszcza do zegarków małych, jest pracą trudniejszą niż np. wykonanie większej osi balansu, którą tylko się toczy. Najpierw wykonujemy szkic i wpisujemy nań wymiary; bierzemy je z mechanizmu zegarka, do którego dorabiamy wałek. Przedtem usuwamy z tego mechanizmu urządzenie nastawcze i przekładnię wskazań oraz — dla bezpieczeństwa — wychwył.

Przy ustalaniu wymiarów czopa końcowego zwracamy uwagę, aby nie miał w otworze zbytniego luzu, gdyż to zmniejszyłoby



Rys. 406. Mierzenie podtoczenia na zębnie naciągowej



Rys. 407. Wałek naciągowy

dokładność zazębienia. Czop końcowy nie powinien być za krótki, by po wysunięciu wałka do pozycji nastawczej część jego pozostała jeszcze w otworze; ani też za długi, aby nie dotykał bębna lub zębnie minutowego.

Wymierzanie długości poszczególnych czopów wałka jest dość trudne, gdy nie mamy odpowiednich przyrządów pomiarowych. Pomagamy sobie wtedy w ten sposób, że wkładamy cienki pręcik w otwór i zaznaczamy ryskę nożem tokarskim (rys. 406). Używamy przy tym lupy, aby uzyskać większą dokładność.

Wałek naciągowy przedstawiono na rys. 407.

Materiał: stal węglowa konstrukcyjna do hartowania lub srebrzanka — pręt ϕ 2,5 i długości 30 mm

Obrabiarki i wyposażenie: tokarka z suportem, uchwyty zaciskowe do tokarki, urządzenie frezarskie lub podstawa rolkowa

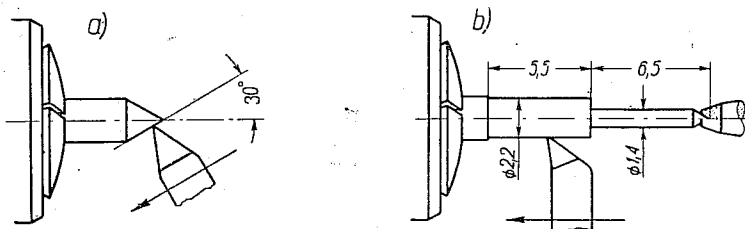
Narzędzia i przyrządy: komplet noży tokarskich, polerownik, piłka tarczowa ϕ 20 mm lub pilniki płaskie 2×4 mm, narzynka M1,7 z oprawką, piłka

Materiały pomocnicze: płótno ścierne

Wykonanie:

1. Odciąć materiał z pręta, opiłować końce
2. Wyprostować

3. Ulepszyć cieplnie przez hartowanie i odpuszczenie na kolor jasnyniebieski
4. Zatoczyć w uchwycie zaciskowym stożek 60° na obydwu końcach (rys. 408 a)
5. Obtoczyć w uchwycie zaciskowym z podparciem na kle wewnętrznym $\phi 1,4 \times 6,5$ pod kwadrat 1
6. Obtoczyć $\phi 2,2 \times 5,5$ (rys. 408 b)
7. Obtoczyć $\phi 1,5 \times 18$ z nadmiarem ok. 0,03
8. Wytoczyć rowek $\phi 1,8 \times 1,2$
9. Wykończyć polerownikiem $\phi 1,5$
10. Usunąć zadziory, stępić krawędzie płótnem ściernym
11. Wyfrezować kwadrat przyrządem frezarskim lub piłować, prowadząc pilnik na podstawce rolkowej, zatrzymawszy przedtem wrzeciono to-karki



Rys. 408. Toczenie: a) stożka końcowego, b) części środkowej wałka

12. Usunąć zadziory
13. Obtoczyć czop końcowy $\phi 0,5$ z nadmiarem ok. 0,03
14. Wykończyć polerownikiem
15. Wyjąć materiał z uchwytu, oznaczyć długość 24 mm
16. Odwrócić, zamocować w uchwycie za $\phi 2,2$, podeprzeć kłem wewnętrznym
17. Zaznaczyć nożem długość 24
18. Obtoczyć pod gwint M1,7 z łagodnym przejściem do $\phi 2,2$
19. Odciąć nadmiar materiału, zaokrąglić czoła pilnikiem, wygładzić płótnem ściernym
20. Nagwintować M1,7 $\times 8$
21. Usunąć zadziór po gwintowaniu
22. Sprawdzić wymiary przez nałożenie części współpracujących

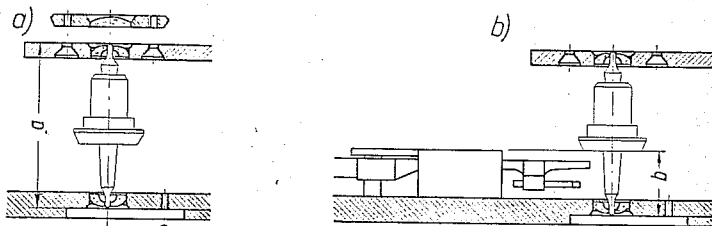
OŚ BALANSU

Ze wszystkich części zegarkowych oś balansu wykonuje się chyba najczęściej w pracowniach zegarmistrzowskich, dlatego też stanowi ona zwykle jedno z zadań przy egzaminie mistrzowskim. Z tego więc względu wykonanie osi balansu opisujemy obszerniej niż innych części.

Jeśli mamy starą oś balansu, która do czasu uszkodzenia dobrze służyła, to przy wykonywaniu nowej osi używamy jej za wzór. Jednakże lepiej jest sporządzić szkic i wpisać na nim po-

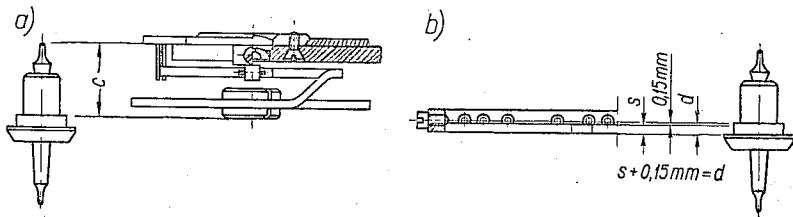
szczególne wymiary tej osi (rys. 411). Jeżeli zaś stara oś zagięta lub jeśli była nieodpowiednia, musimy wziąć wymiary z mechanizmu i napisać je na szkicu.

Całą długość osi balansu a — od czoła jednego czopa do czoła drugiego — otrzymamy, gdy odjawszy kamienie nakrywkowe, zmierzemy mikrometrem lub mackami dziesiętnymi odległość między zewnętrznymi powierzchniami kamieni łożyskowych i uwzględnimy konieczny luz wzdłużny (rys. 409 a).



Rys. 409. Sposób mierzenia: a) całej długości osi balansu, b) przedniej części osi balansu

Następny wymiar b , tj. długość czopa przedniego¹⁾ z podtoczeniem na przerzutnik, uzyskamy, mierząc odległość od zewnętrznej strony przedniego kamienia łożyskowego do wierzchu półmostka kotwicy (rys. 409 b).



Rys. 410. Sposób mierzenia: a) tylnej części osi balansu, b) ustalanie wymiaru na podtoczenie dla balansu

Wymiar c tylnej części osi, tj. od czoła czopa tylnego łącznie z podtoczeniem na pierścieniu włosu, otrzymamy wówczas, gdy umieściwszy włos z pierścieniem w półmostku balansu, zmierzemy grubość pierścienia łącznie z tylnym kamieniem łożyskowym (rys. 410 a), ale tak, aby pierścień nie zniekształcał włosu, który powinien być w pozycji możliwie płaskiej. Oczywiście nie będzie to wymiar ścisły, lecz tylko orientacyjny, gdyż wiotkość włosu

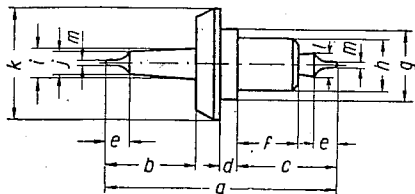
¹⁾ Podobnie jak płyty (6—73), tak samo oznacza się i czopy; czop przedni od strony tarczy, a czop tylny od tyłu mechanizmu.

nie pozwala mu na utrzymanie stałej pozycji i na dokładne zmierzenie go. Ostatecznie ustalamy ten wymiar dopiero wtedy, gdy zmierzymy ramię balansu i sprawdzimy, czy balans nie będzie się ocierał o koło minutowe lub o mostek kotwicy.

Wysokość podtoczenia na ramię balansu d uzyskujemy z dokładnego pomiaru jego grubości, dodając 0,10—0,15 mm na zaniżowanie (rys. 410 b).

Wymiar f podtoczenia na pierścień włosa ustalamy z grubości tegoż pierścienia, dodając nieco na szfrowanie.

W ten sposób mielibyśmy ustalone wszystkie wymiary długościowe, oprócz środkowego kołnierza. Wymiar ten otrzymamy, gdy sumę wymiarów b , c , d odejmiemy od całej długości a . Grubość kołnierza tworzy konieczny odstęp między wieńcem balansu a półmostkiem kotwicy.



Rys. 411. Wymiarowanie osi balansu

Średnice czopów ustala się według otworów kamieni łożyskowych, średnice podtoczeń na przetrzutnik, balans i pierścień włosa — według otworów w tych elementach.

Wobec tego do wykonania nowej osi balansu konieczne są tylko trzy pomiary długościowe:

1) od zewnętrznych stron kamieni łożyskowych — wymiar a całej długości osi balansu;

2) od zewnętrznej strony przedniego kamienia łożyskowego do wierzchu półmostka kotwicy — wymiar b dla podtoczenia na przetrzutnik;

3) od zewnętrznej strony tylnego kamienia łożyskowego do przedniej powierzchni pierścienia włosa — wymiar c dla podtoczenia na pierścień włosa (rys. 411).

Materiał na oś balansu można umocować na tokarce:

— w kłach,

— w uchwycie zaciskowym,

— w zagłębieniu tarczy lakowej.

Każdy z wymienionych sposobów ma wady i zalety.

Toczenie w kłach większość zegarmistrzów uważa za najdokładniejsze. Sposób ten umożliwia też wyjmowanie toczzonego przedmiotu tyle razy z kłów, ile to jest potrzebne dla sprawdzenia wymiarów i odwrócenia w celu uzyskania lepszego dostępu noża. Wiele też racji przemawia za toczeniem osi w uchwycie zaciskowym tokarki, ale bez wyjmowania z uchwytu i bez odwracania.

Wygodnie jest również stosować metodę mieszaną. Mianowicie, wykonanie zgrubne (bez toczenia czopów) przeprowadzić w uchwycie

cie zaciskowym, a wykończenie w kłach. Pozwala to na znaczne przyspieszenie zgrubnego toczenia i umożliwia dokładne wykończenie.

Mocowanie w zagłębieniu tarczy lakowej stosuje się raczej do ostatecznego wykończenia czopów, zwłaszcza gdy nie mamy dosyć dokładnych uchwytów zaciskowych. Należy przy tym unikać silniejszych docisków, aby przedwcześnie nie wykruszyć szelaku. Gdy jeden czop jest już gotowy, wyjmuje się uchwyt z wrzeciona, lekko podgrzewa się tarczę z osią, odwraca się oś drugim końcem i wykończa drugi czop.

Ostateczne polerowanie czopów przeprowadza się na czopiarence, a zaokrąglenie czół czopów w tarczy dośrodkowej.

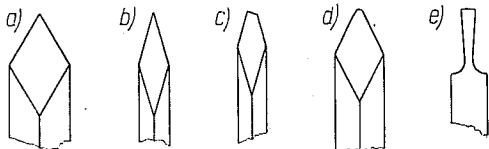
Materiał: stal srebrozanka — pręt ϕ 2 mm

Obrabiarki i wyposażenie: tokarka z suportem, kły wewnętrzne, uchwyty zaciskowe, czopiarka, wkładka czopiarki, tarcza dośrodkowa

Narzędzia i przyrządy: komplet noży tokarskich ręcznych (rys. 412) albo noży suportowych, polerownik piaski, polerownik do czopów lejkowych

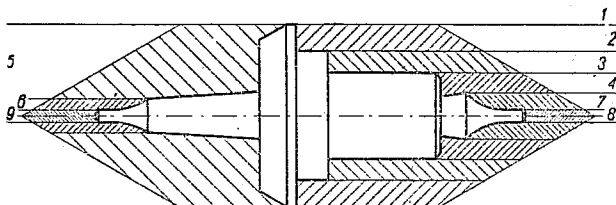
Wykonanie:

a. Toczenie w kłach



1. Ulepszyć materiał cieplnie przez hartowanie i odpuszczenie na kolor jasnoniebieski
2. Zatoczyć w uchwycie zaciskowym stożek 60° na obydwu końcach
3. Założyć zabierak i umocować materiał między kłami wewnętrznymi tokarki
4. Obtoczyć na średnicę kołnierza — zabieg 1 (rys. 413), nóż z zaokrąglonym końcem (rys. 412 d)
5. Wykonać podtoczenie na ramię balansu — zabieg 2, nóż zwykły (rys. 412 a)
6. Poprawić krawędź podtoczenia nożem ściętym (rys. 412 c)

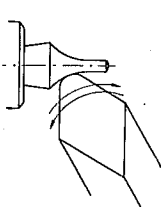
Rys. 412. Noże do toczenia osi balansu



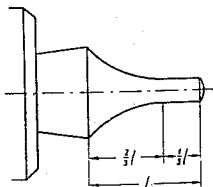
Rys. 413. Kolejność obróbki osi balansu w kłach

7. Wykonać podtoczenie na pierścień włosa — zabieg 3, nóż zwykły
8. Poprawić krawędź podtoczenia nożem ściętym
9. Wykonać lekkie wtoczenie, aby pozostał kołnierzyk na zanitowanie balansu — nóż ostry (rys. 412 b)

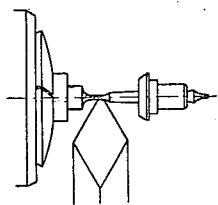
10. Wykonać podtoczenie części pośredniej między czopem a podtoczeniem na pierścien włosy — zabieg 4
11. Ściąć krawędź u podtoczenia na pierścien włosy
12. Wyjąć z tokarki, przełożyć zabierak na podtoczenie dla pierścienia włosy, założyć między kły
13. Wykonać podtoczenie na przerzutnik — zabieg 5. Podtoczenie to ma zbieżność zwykle 1:40, bo o tej zbieżności wykonywany jest zwykle otwór w przerzutniku. Średnica tego podtoczenia powinna być tak dopasowana, by po wciśnięciu przerzutnika pozostało jeszcze $\frac{1}{3}$ długości na dobitcie
14. Sfazować kołnierz
15. Wytoczyć czop o łagodnym przejściu (rys. 414) — zabieg 6, nóż z zaokrąglonym końcem. Długość walcowej części czopa powinna się równać w przybliżeniu podwójnej jego grubości, natomiast część przejściowa czopa powinna być 2 razy dłuższa od walcowej (rys. 415)



Rys. 414. Toczenie przejścia czopa



Rys. 415. Stosunek walcowej części czopa do przejściowej



Rys. 416. Toczenie czopa przedniego

16. Odmierzyć długość czopa i zaznaczyć nożem koniec do odcięcia
17. Wyjąć z tokarki, przełożyć zabierak, założyć między kły
18. Wytoczyć drugi czop — zabieg 7
19. Zaznaczyć koniec do odcięcia
20. Wyjąć z tokarki
21. Odciać końce z nadmiarem około 0,03 i zgrubnie zaokrąglić — zabieg 8 i 9
22. Przymierzyć do mechanizmu i sprawdzić długość
23. Opolerować obydwie czopy na czopiarce
24. Opolerować czoła czopów w tarczy dośrodkowej

b. Toczenie w uchwycie zaciskowym

Tak przy toczeniu osi w kłach, jak i w uchwycie zasadnicza kolejność pracy jest ta sama. Najważniejsza różnica polega może na tym, że w kłach odwraca się toczoną o dowolną ilość razy i przekłada się zabierak, w uchwycie zaś nie wolno odwracać, lecz toczy się całą oś bez przerwy. Dlatego też praca idzie szybciej.

Materiał na oś powinien być tak długi, aby po uchwyceniu wystawał z uchwytu nie tylko na długość osi, lecz aby jeszcze pozostało kilka milimetrów w celu łatwego dostępu noża przy toczeniu czopa przedniego (rys. 416).

1. Umocować materiał ulepszony cieplnie w uchwycie zaciskowym. Zabiegi od 1 do 4 wykonujemy tak samo, jak przy toczeniu w kłach. Następnie od razu wykończamy nożem jeden czop (tylny) na dobre
2. Wytoczyć czop tylny wraz z częścią przejściową
3. Zaokrąglić czoło
4. Opolerować czop
5. Opolerować czoło

6. Wykonać podtoczenie na przerzutnik
7. Sfazować kołnierz
8. Wytoczyć czop przedni, zaczynając od części przejściowej, najgrubszej (rys. 416)

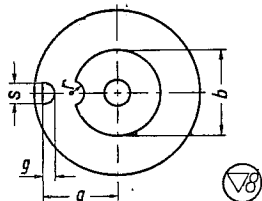
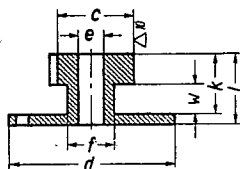
Czop łatwo się łamie, jeśli po wytoczeniu części walcowej obrabia się jeszcze część przejściową. Gdy czop staje się niebezpiecznie cienki, należy w miejscu, gdzie ma być przecięty, wytoczyć rowek, lecz nie zbyt głęboki. Tym sposobem uniknie się złamania czopa w niewłaściwym miejscu. Jeśliby całość odłamała się przed ukończeniem, można oś dokończyć między kłami lub na tarczy dośrodkowej.

Zaokrąglony nóż powoduje większe opory skrawania, dlatego lepiej jest toczyć część przejściową czopa przedniego nożem zwykłym, aby uniknąć przedwczesnego złamania. Ostrzegamy też przed zakładaniem tylnego czopa w kiel wewnętrzny konika do toczenia przedniej części osi, gdyż wskutek choćby tylko nieznacznej niewspółosiowości kła z wrzecionem, może się oś przedwcześnie złamać.

9. Odciąć oś z nadmiarem ok. 0,05
 10. Zaokrąglić zgrubnie czoła
 11. Przymierzyć do mechanizmu
- Dalsze wykończenie wykonujemy podobnie jak przy toczeniu w kłach.

PRZERZUTNIK

Gdy mamy dorobić przerzutnik, a starego na wzór nie ma lub jest nieodpowiedni, wówczas bierzemy pomiary z pozostałych części zegarka. Najpierw wykonujemy szkic, jak na rys. 417, a następnie na miejsce liter wpisujemy odpowiednie wymiary:



Rys. 417. Przerzutnik

a — uzyskamy, gdy zmierzmy odległość od środka łożyska osi balansu do środka łożyska wałka kotwicy i odejmiemy od tego długość drążka kotwicy (od środka wałka do zewnętrznej krawędzi wycięcia widełek), doliczając pół grubości palca przerzutowego *g*.

b — uzyskamy, gdy po ustawieniu drążka widełek przy jednym ze słupków ograniczających, weźmiemy dwukrotną odległość od środka łożyska osi balansu do końca bezpiecznika i odejmiemy od niej ok. 0,2 mm na luz.

c — uzyskamy, gdy promieniem *r*, wynoszącym połowę szerokości palca przerzutowego *s*, zakreslimy wycięcie dla bezpiecznika.

d — uzyskamy, gdy do podwojonego wymiaru *a* dodamy ok. 0,4 mm.

e, *w*, *k*, *l* — uzyskamy z pomiarów osi balansu oraz odległości kotwicy i bezpiecznika od płyty lub od ramienia balansu.

Materiał: mosiądz twardy — pręt okrągły

Obrabiarki i wyposażenie: tokarka, uchwyt zaciskowy

Narzędzia i przyrządy: wiertło, noże tokarskie, pilnik okrągły i pół-okrągły, polerownik, rozwiertak

Materiały pomocnicze: płótno ścierne, proszek ścierny

Wykonanie:

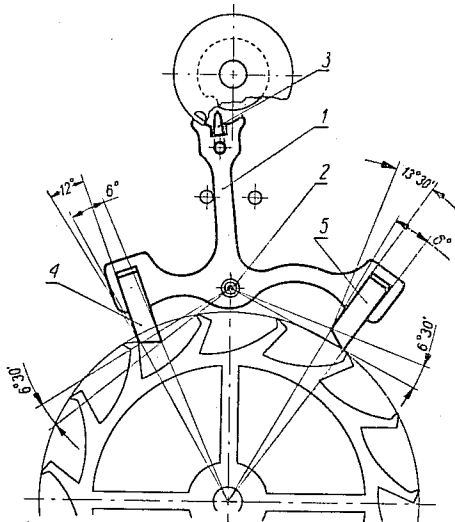
1. Umocować materiał w uchwycie zaciskowym tokarki
2. Stoczyć (splanować) czoło
3. Wywiercić otwór średnicy e na głębokość większą niż wymiar l
4. Obtoczyć całość na średnicę krążka — wymiar d
5. Odmierzyć grubość krążka i zaznaczyć nożem z obydwu stron
6. Obtoczyć na średnicę kołnierza — wymiar b
7. Wytoczyć szyjkę — średnica f
8. Stoczyć (splanować) drugą stronę krążka aż do odcięcia
9. Usunąć zadziory płótnem ściernym
10. Wywiercić otwór średnicy g na palec przerzutowy
11. Wypilować otwór na kształt przekroju palca przerzutowego. W braku cienkiego pilnika półokrągłego, można posłużyć się cienką igłą zeszlifowaną do połowy i zaostrzoną na kamieniu szmerglowym na wzór polerownika (niektórzy zegarmistrze otwór ten przebijają kształtowym przebijką o przekroju palca przerzutowego)
12. Wypilować wycięcie w kołnierzu
13. Nasadzić na trzpień tokarski i opolerować obwód kołnierza
14. Rozwiertać otwór stożkowo, tak by pasował do osi balansu

Dalsza praca będzie polegała na osadzeniu i zaszlakowaniu palca przerzutowego w krążku oraz nabiciu przrzutnika na oś balansu. Jeśli ząbienie z widełkami okaże się nieco za płytkie, należy lekko podłużyć drążek kotwicy i dopasować bezpiecznik.

KOTWICA WYCHWYTU SZWAJCARSKIEGO

Dorobienie kotwicy do zegarka jest dość trudne, przede wszystkim dlatego, że jest ona bardzo mała, a także dlatego, że nie jest łatwo ustalić jej wymiary, mimo że w jakimś zegarku są wszystkie inne części, a nie ma tylko kotwicy.

Najpierw należy wykonać szkic w powiększeniu, np. 10:1 (rys. 418), i na podstawie pomiarów ustalić główne wymiary



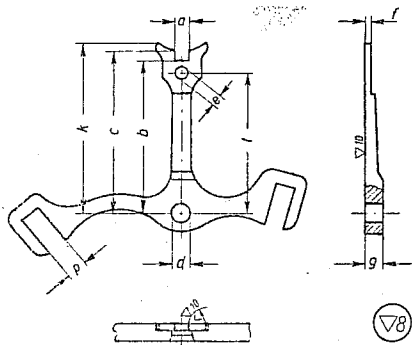
Rys. 418. Zespół kotwicy

1 — kotwica, 2 — wałek kotwicy, 3 — bezpiecznik, 4 — paleta wejściowa, 5 — paleta wyjściowa

kotwicy. Odległości między środkami poszczególnych łożysk mierzymy cyrklem ostrym. Po nakreśleniu osi koła wychwytowego, osi balansu i osi kotwicy rysujemy jej zarysy w następującej kolejności ¹⁾:

1. Wykreślić ze środka koła wychwytowego dwa kąty po 30°
2. Zakreślić cyrklem wewnętrzny obwód koła wychwytowego
3. Nakreślić zęby koła wychwytowego, zaczynając od zęba spoczywającego na palecie wejściowej
4. Wykreślić kąty szerokości palet 6°
5. Wykreślić kąty impulsu na paletach $6^\circ 30'$
6. Wykreślić kąt przyciągania na palecie wejściowej 12°
7. Wykreślić kąt przyciągania na palecie wyjściowej $13^\circ 30'$
8. Wykreślić kołnierz przrzutnika według pomiarów
9. Wykreślić krążek przrzutnika
10. Wykreślić wycięcie widełek o szerokości palca przrzutowego
11. Wykreślić rożki widełek
12. Wykreślić bezpiecznik
13. Uzupełnić zarysy całej kotwicy

Po dokładnym wykreśleniu zarysów kotwicy w skali 10 : 1 wpisujemy na tym rysunku, lub lepiej na osobnym rysunku wykonawczym (rys. 419), potrzebne do wykonania wymiary 10 razy mniejsze. Niektóre z tych wymiarów uzgadniamy z pomiarami, które możemy wziąć z mechanizmu.



Rys. 419. Kotwica

Długość kotwicy możemy zmierzyć cyrklem ostrym: od środka łożyska kotwicy do środka palca przrzutowego będącego w pozycji środkowej. W tej samej pozycji możemy też ustalić długość bezpiecznika. W skrajnym położeniu kotwicy bezpiecznik powinien sięgać do obwodu kołnierza przrzutnika. Szerokość drażka widełek ustalamy z odległości

słupków ograniczających, zmniejszając ją o ruch kotwicy wynoszący 10° . Grubość kotwicy dopasowujemy do grubości palet, jednakowoż drażek kotwicy i widełki są zwykle znacznie cieńsze.

Długość wałka kotwicy ogranicza odległość półmostka od płyty, a jego grubość ustalamy według czopów, których średnicę określają otwory łożyskowe.

¹⁾ Szczegółowy sposób wykreślenia wychwyty szwajcarskiego znajduje się w części 6 „Zegarmistrzostwa” na str. 444 i następujących.

Materiał: stal automatowa $7 \times 7 \times 0,7$ mm (na kotwice); mosiądz — drut $\varnothing 2,5$ mm (na bezpiecznik); stal $\varnothing 0,8$ mm (na wałek); 2 palety gotowe ze sztucznego rubinu, mosiądz — płytka $10 \times 10 \times 2$ mm

Obrobiarki i wyposażenie: tokarka, uchwyt zaciskowy

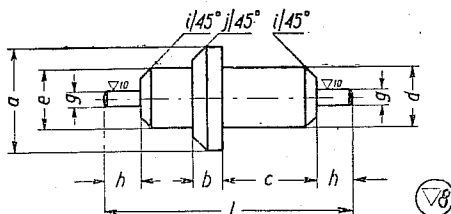
Narzędzia i przyrządy: wiertła, piłeczka, pilniki, polerownik, noże to-karskie

Materiały pomocnicze: szelak, płótno ścierne lub kamień oliwiony, spi-rytus denaturowany

Wykonanie:

a. *Kotwica* (rys. 419)

1. Oszlifować obydwie strony materiału
2. Przykleić szlakiem materiał na płytce mosiężnej w celu usztywnienia
3. Natrasować zarysy kotwicy i zaznaczyć otwory
4. Wywiercić otwór dla wałka kotwicy
5. Wywiercić otwór dla bezpiecznika
6. Wyciąć piłeczką główne zarysy kotwicy (razem z płytką mosiężną)
7. Naciąć piłeczką wycięcia dla palet
8. Naciąć piłeczką wycięcie widełek
9. Opilować rożki widełek
10. Opilować główne zarysy kotwicy
11. Ścienić dżędek kotwicy i widelki
12. Oszlifować powierzchnie i boki
13. Odkleić kotwicę
14. Usunąć zadziory
15. Opolerować boki wycięcia widełek
16. Opolerować równą po-wierzchnię



Rys. 420. Wałek kotwicy

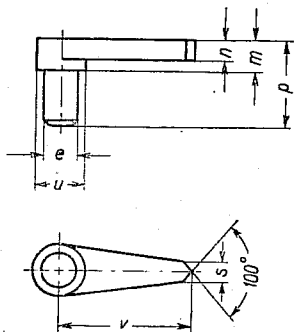
b. *Wałek kotwicy* (rys. 420)

1. Zamocować materiał w uchwycie zaciskowym tokarki
2. Obtoczyć całość na średnicę kołnierza a
3. Odmierzyć szerokość kołnierza b i zaznaczyć nożem
4. Wykonać podtoczenie c o średnicy d (pasować do kotwicy)
5. Wytoczyć czop
6. Zaokrąglić czoło czopa
7. Sfazować powierzchnię oporową czopa
8. Opolerować czop
9. Wykonać podtoczenie o średnicy e
10. Sfazować kołnierz
11. Wytoczyć czop
12. Sfazować powierzchnię oporową
13. Odciać
14. Zamocować w uchwycie za średnicę d
15. Zaokrąglić czoło czopa
16. Opolerować czop

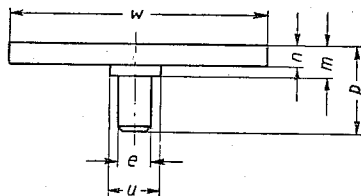
c. *Bezpiecznik* (rys. 421)

1. Umocować materiał w uchwycie zaciskowym tokarki
2. Obtoczyć na średnicę zewnętrzną w (rys. 422)
3. Odmierzyć grubość kołnierza n i zaznaczyć nożem
4. Obtoczyć do średnicy u

5. Wytoczyć czop średnicy e (pasować do kotwicy)
6. Zrównać czoło
7. Sfazować krawędź czoła
8. Odcinając planować powierzchnię kołnierza
9. Spiłować boczne części kołnierza
10. Odciać jedną z pozostałych części poprzecznych
11. Opiłować boki na równo
12. Opiłować zaokrąglenie



Rys. 421. Bezpiecznik



Rys. 422. Przygotowanie materiału na bezpiecznik za pomocą toczczenia

13. Sfazować koniec bezpiecznika pod kątem 100°
14. Usunąć zadziory
15. Oszlifować

Montowanie:

1. Osadzić palety w kotwicy i przykleić na gorąco szelakiem
2. Wcisnąć bezpiecznik
3. Wcisnąć wałek za pomocą nabijarki
4. Wyważyć całą kotwicę

WYKAZ PIŚMIENICTWA

Publikacje w języku polskim

- Adel K.: Poradnik zegarmistrza. WPLiS, Warszawa, 1959.
- Albiński K.: Elektroerozyjna obróbka metali. PWT, Warszawa 1954.
- Anczyc S.: Techniczne stopy metali. Kraków 1928.
- Bielecki S.: Narzędzia ślusarskie. Warszawa 1938.
- Bujok A.: Lutowanie twarde. PWT, Warszawa 1952.
- Chrzanowski M.: Geometria dla robotników. PWT, Warszawa 1954.
- Czerwiński W.: Podręcznik warsztatowy. PZWS, Warszawa 1946.
- Czerwiński W.: Poradnik mechanika-metalowca. PZWS, Warszawa 1947.
- Danielewicz L.: Technika amatorska obróbki metali. Cieszyn 1924.
- Dobrowolski J.: Polerowanie elektrolityczne. PWT, Warszawa 1952.
- Dobrzański T.: Rysunek techniczny. PWT, Warszawa 1958.
- Encyklopedia Powszechna Gutenberga, Kraków 1932.
- Gajewski Z.: Poradnik dla użytkowników i wytwórców narzędzi mierniczych. PWT, Warszawa 1952.
- Górski E.: Frezowanie. PWT, Warszawa 1956.
- Hummel B.: Ślusarz. Warszawa 1948.
- Kamiński W.: Obróbka skrawaniem i obrabiarki. PWT, Warszawa 1954.
- Kamkin A.: Rysunki maszynowe. Inst. Przemysł.-Rzem., Włocławek 1931.
- Kasperowicz W.: Mechanik precyzyjny. Warszawa 1948.
- Kawęcki W.: Frezowanie — najprostsze roboty. PWT, Warszawa 1955.
- Komissarow W. I.: Ślusarstwo. PWSZ. Warszawa 1953.
- Kosieradzki P.: Obróbka cieplna metali. PWT, Warszawa 1955.
- Lewicki T.: Części maszyn. Warszawa 1951.
- Lewis H.: Lutowanie miękkie. PWT, Warszawa 1951.
- Lisiak S.: Gwintowanie ręczne. Warszawa 1954.
- Litwin E.: Zaoczny kurs zegarmistrzowski. Łódź 1955.
- Łajner W. i Kudriawcew N.: Podstawy galwanostegii. Warszawa 1955.
- Mały poradnik mechanika. PWT, Warszawa 1954.
- Mechanik, tom II. SIMP, Warszawa 1932.
- Moszyński W.: Wykład elementów maszyn. PWT, Warszawa 1948—51.
- Ochęduszek K.: Koła zębate, II. Wykonanie i montaż. PWT, Warszawa 1951.
- Olszewski S.: Naprawa zegarków i wykonywanie części (skrypt). Gdańsk 1948/9.
- Piotrowski P.: Ślusarstwo. PWT, Warszawa 1951.
- Piotrowski P.: Najprostsze roboty tokarskie w kłach. PWT, Warszawa 1954.
- Piotrowski P.: Obróbka metali pilnikiem. PWT, Warszawa 1954.
- Piatkiewicz W.: Galwanotechnika praktyczna. Rękopis z 1950 r.
- Poradnik techniczny — Mechanik, tom II-1B, II-2, II-4, III-1A, III-1-1, III-2, III-2-1, III-2-2, III-2-3. PWT, Warszawa 1951—1959.
- Różycki M.: Ultradźwięki. PWT, Warszawa 1955.
- Samochocki A. i Łoguncow I.: Technologia obróbki cieplnej. PWSZ, Warszawa 1954 r.

- Sievert H.*: Podręcznik dla zegarmistrzów. Cech Złotników i Zegarm., Bydgoszcz 1939.
- Sitarz Cz.*: Kurs galwanotechniki. ZDR, Warszawa 1953—1956.
- „Skarżysko” — Zakłady Metalowe: Dokumentacja tokarki zegarmistrzowskiej i frezarki pionowej oraz poziomej. Skarżysko 1956—1957.
- Stobodkin D.*: Materiały metodyczne do nauczania metalowców materiałoznawstwa. PWSZ, Warszawa 1956.
- Suchocki E.*: Obliczenia mechanizmu budzika popularnego B80/100E. Łódź 1949.
- Suchocki E.*: Zarys technologii przekładni mechanizmów zegarowych (skrypt). Podkowa Leśna 1956.
- Szpecht A.*: Rysunek zawodowy. WPSZ, Warszawa 1953.
- Tablice technologiczne rzemiosł metalowych. Warszawa 1948.
- Tomaszewski A.*: Geometria powierzchni części maszynowych. PWT, Warszawa 1955.
- Trybński W.*: Szlifowanie i szlifierki. PWT, Warszawa 1950.
- Wiszowaty K.*: Technika drobnych konstrukcji. PIT, Warszawa 1947/8.
- Zastawniak F.*: Złotnictwo i probiernictwo. WPLiS, Warszawa 1956.
- Zemła B.*: Zarys technologii metali. Warszawa 1956.

Czasopisma

- Horyzonty Techniki (miesięcznik). Warszawa 1950—1957.
- Kalendarz Techniczno-Warsztatowy. Warszawa 1937.
- Mechanik (miesięcznik techniczny). Warszawa 1949—1957.
- Młody Technik (miesięcznik dla młodzieży). Warszawa 1954 i 1956.
- Pomiary, Automatyka i Kontrola (miesięcznik). Warszawa 1956.
- Przegląd Chemiczny (miesięcznik). Warszawa 1954.
- Przyjaciel Rzemieślnika (dwutygodnik). Warszawa 1950.
- Złotnik i Zegarmistrz (miesięcznik). Poznań 1937—1938.

Publikacje w językach obcych

- Bergeon*: Uhrenfurnituren und Werkzeuge. Le Locle 1954.
- Böckle O.*: Lehrbuch für das Uhrmacherhandwerks. I. Halle 1951.
- Brauns W.*: Lehrbuch für das Uhrmacherhandwerks. II. Halle 1951.
- British Horological Institute. Correspondence Course. London 1952.
- Burkart W.*: Neuzeitliche Schleif- und Polierpraxis. Saulgau 1954.
- Burstyn W.*: Lötten. Berlin 1940.
- Buxbaum B.*: Feilen. Berlin 1932.
- Carle D.*: With the Watchmaker at the Bench. London 1943.
- Carle D.*: Practical Watch Repairing. London 1947.
- Carle D.*: Watchmakers' & Clockmakers' Encyclopedic Dictionary. London 1950.
- Carle D.*: Practical Clock Repairing. London 1952.
- Carle D.*: The Watchmakers Lathe and how to use it. London 1952.
- Davis W.*: Gears for Small Mechanisms. London 1956.
- Donauer E.*: Falsche und richtige Drehmethoden. Zürich 1937.
- Dubbel H.*: Taschenbuch für den Maschinenbau. Berlin 1935.
- Ebauches S. A.*: Catalogue Officiel des pièces d'origine pour le rhabillage des montres suisses. Soleure 1949.
- Eckl H.*: Materialkunde für Uhrmacherei und Feinmechanik. Horn 1952.
- Eyer mann E.*: Chemisch-Technisches Rezept- und Nachschlagebuch. Halle 1952.

- Flume R.: Das Flume-Buch. Berlin 1938.
 Flume R.: Der Flume-Brief. Berlin 1951—1960.
 Fried B. H.: The Watch Repairer's Manual. London 1949.
 Gruber A.: Leitfaden für die Gehilfen- u. Meisterprüfung im Uhrmacherhandwerk. Leipzig 1938.
 Hanke J.: Die Uhrmacherlehre. Leipzig 1923.
 Haswell J.: Horology. London 1947.
 Helwig A.: Das Drehen von Trieben und Wellen in der Uhrmacherei. Halle 1953.
 Hood G.: Modern Methods in Horology. Illinois 1944.
 Hottenroth J.: Die Taschen- und Armbanduhr. II. Uhrenlehre. Pforzheim 1943.
 Hüttig A.: Der Drehstuhl Ideal. Halle 1921.
 Isensee L.: Fragen u. Antworten für Gehilfenprüfung. Halle 1930.
 Jendritzky H.: Werkstattwinke des Uhrmachers. Halle 1949.
 Kirsten K. u. Rinno M.: Schmieden, Biegen, Stanzen, Richten, Treiben, Drücken, Ziehen, Scheren u. Schneiden, Hannover 1942.
 Krause H.: Rezepte für die Maschinen- und Metallwaren-Industrie. Leipzig 1940.
 Krumm G.: Lehrgang für den Fachzeichnenunterricht des Uhrmachers. Leipzig 1925.
 Krumm G.: Leitfaden für den Fachunterricht. Band VIII. Berlin 1930.
 Levin L., Levin S.: Practical Benchwork for Horologists. Los Angeles. 1950.
 Linnartz J.: Das Fachzeichnen des Uhrmachers. Halle 1949.
 Loeske L.: Praktisches Hilfsbuch für Uhrmacher. Berlin 1910.
 Müller O.: Das Gewindeschneiden. Berlin 1939.
 Neumann-Lezius H.: Handbuch der Feinmechanischen Technik. Wiesbaden 1952.
 Pinkin A. M.: Remont czasow. Moskwa 1952.
 Player J. W.: Britten's Watch & Clock Makers Handbook Dictionary and Guide. London 1955.
 Richter-Voss O. R.: Bauelemente der Feinmechanik. Berlin 1952.
 Sackmann E.: Geleitbuch für die Uhrmacherlehre. Halle 1921.
 Saunier C.: Watchmakers' Handbook. London 1948.
 Schreck L.: Die Lehre an der Deutschen Uhrmacherschule in Glashütte. Berlin 1928.
 Schultz W.: Der Uhrmacher am Werkstisch. Berlin 1933.
 Schwannatus W.: Der Taschenuhrgehäusemacher. Leipzig 1932.
 Schwarzer J.: 26 Wochen Grundlehre für Uhrmacher. Halle 1950.
 Spitzer F.: Rezepte für die Werkstatt. Berlin 1936.
 Tarasow S. W.: Technologia czasowego proizwodstwa. Moskwa 1956.

Czasopisma i periodyki

- „Deutsche Uhrmacher-Zeitung“ (miesięcznik). Stuttgart 1934—1957.
 „Deutscher Uhrmacher-Kalender“. Stuttgart 1919—1953.
 „Diebeners Uhrmacher-Jahrbuch“. Stuttgart 1957.
 „Horological Journal“ (miesięcznik). London 1949, 1950, 1953.
 „Journal Suisse d'Horlogerie“ (dwumiesięcznik). Lausanne 1948, 1954—1957.
 „Neue Uhrmacher-Zeitung“ (dwutygodnik). Ulm/Donau 1948—1957.
 „Neues Uhrmacher-Jahrbuch“ (kalendarz). Ulm/Donau 1950, 1955.
 „Die Schweizer Uhr“ (dwutygodnik). Solothurn 1955, 1958.
 „Schweizerische Uhrmacher-Zeitung“ (miesięcznik). Lausanne 1944.
 „Die Uhr“ (dwutygodnik). Bielefeld 1951, 1954.
 „Der Uhrmacher“ (miesięcznik). Graz 1950—1956.

POPZREDNIE CZĘŚCI „ZEGARMISTRZOSTWA”

Część 1. **Historia, nauka i praca.** Niepokalanów 1948 i 1950. Stron 110, rysunków 55.

Część 2. **Materiałoznawstwo zegarmistrzowskie i części zamienne.** Niepokalanów 1948 i 1950. Stron 192, rysunków 221.

Część 3. **Maszyny, narzędzia i przybory zegarmistrza.** Niepokalanów 1949. Stron 310, rysunków 537.

Część 4. **Czas, kosmografia i zegary słoneczne.** Niepokalanów 1950. Stron 80, rysunków 28.

Część 5. **Zegary wieżowe.** Niepokalanów 1952. Stron 411, rysunków 220.

Część 6. **Konstrukcja i działanie zegarów i zegarków mechanicznych.** Niepokalanów 1956. Stron 766, rysunków 1020.

SKOROWIDZ

A

acetonowy klej 320
austenit 178

B

barwy nalotowe 193
— stali przy nagrzewaniu 182
barwienie aluminium 284
— brązu 284
— cynku 284
— metali 283
— — szlachetnych 286
— miedzi 284
— mosiądzu 285
— stali 285
bezpieczeństwo i higiena pracy przy
toczeniu 131
bezpiecznik 391
bęben polerowniczy 248
— sprężyny 377
biel polerownicza 238

C

caponlak, p. lakier zaponowy
cementyt 178
chemiczne trawienie metali 271
chłodzenie 32, 185
chłodzenie i smarowanie przy wier-
ceniu 73
chwytki 356
ciągadła (przeciągadła) 23
ciągnięcie 23
cięcie 33
— nożycami ręcznymi 40
— piłką 33
— przecinakiem 41
— szczypcami 39
cyjanownie 202
cynowanie ultradźwiękowe 175
czerwień 238

czopiarka 233, 265
czopiarki zmechanizowane 266
czyszczenie pilnika 47
— ultradźwiękowe 175
ćwiczenia tokarskie 118

D

diamant 214
diamentyzna 234
dmuchawka 311
„docieranie” gwintów 163
drażarka elektroiskrowa 171
drażarka ultradźwiękowa 174
dziurkacz sprężyn 44

E

elektroerozyjna obróbka 167
elektrokorund 215
elektrolityczne polerowanie 268
elektropolerowanie 268
eloksalacja 288
emaliowanie 281

F

ferryt 178
frezowanie 132
— czołowe 140
— kół 146
— kształtowe 142
— na tokarce 133
— obwiedniowe 142
— płaszczyzn 140
— podziałowe 142
— rowków i wieloboków 141
— uzębień 142
— walcowe 140
— zębników 149
— zębów 134
frezy 135
— do frezowania zębów 165

G

galwanizacja 288
galwanotechnika 288
geometria zębów freza 137
gięcie 14
— rur 18
gładkość powierzchni 208
gładziaki 84
gładzidła do polerowania nacisko-
wego 246, 259
grzanie 180
— płomieniowe 183
— stali 183
— stali w kąpielach 185
— stali w puszcze 184
gwincidło 157
gwintowanie 151
— gwintownikami 161
— „lewe” 163
— narzynkami 160
— maszynowe 155
— na tokarce 162
— ręczne 155
gwintowniki 157, 363
gwinty metryczne 151
— szwajcarskie 153
gwinty Whitwortha 152
— zegarowe 153
— znormalizowane 152

H

hartowanie 179
— części zegarowych 205
— frezów 204
— gwintowników 204
— narzędzi skrawających 203
— noży 203
— przebijaków 204
— przerywane 180, 188
— srebra i złota 207
— wady 191
— wiertel 203
— wkrętów 205
— zwykłe 180
hartownicze kąpiele 186

I

imadła 47

K

kalibrownica, p. welcarka
kamień oliwiony 215

karborund 214
kąpiele chłodzące 186
— dwuwarstwowe 188
— hartownicze 186, 189
kął ostrza 26, 27
kątownik 355
kąty narzędzia skrawającego 27
— noży tokarskich 90
— zębów 34
kiełki tokarskie 102
kitowanie 320
kity 320
klej acetonowy 320
kleje 316
klejenie 316
— drewna 318
— drewna z metalami 318
— metali 317
— metalu z gumą 319
— przedmiotów celuloidowych 319
klepanie 12
klucz zamka włosy 368
kły tokarskie 101
kolek stożkowy 367
— walcowy 367
koło wychwytu Grahama 379
— zapadkowe 373
konserwacja frezów 138
konstrukcje geometryczne 337
korund 214
kotwica wychwytu szwajcarskie-
go 339

kowadełko 354
krawędzie ostrza 26
kreda 238
kreślenie ołówkiem 335
kształt ostrza 26
kształtowanie materiałów 11
kształty noży suportowych 91
kucie 12

L

lakier zaponowy 279
lakiery 279
lakierowanie 280
lampy lutownicze 310
lutowanie 305
— aluminium 311
— miękkie 306
— przedmiotów chromowanych 312
— srebra 312
— stopów cynowo-cynkowych 312
— twarde 313, 315

lutowia 217, 305
— miękkie 306
— twarde 313
lutownica 309
— ultradźwiękowa 174
luty, p. lutowia
luz 352

L

łączenie 290
— nierozłączne 295
— rozłączne 291
— tworzyw sztucznych 319
łączniki gwintowe 293
łupek 215

M

macki z czujnikiem 347
malowanie 278
martenzyt 179
materiałoznawstwo 10
materiały ścierne 211, 214
matowanie chemiczne 271
— galwaniczne 271
— mechaniczne 270
— metali 270
mikrometr warsztatowy 346
mikroproszki 213
młotek 365
mocowanie frezowanych kół 148
— na tarczy kleszczowej 112
— na tarczy lakowej 113
— noży na wsporniku tokarskim 100
— — tokarskich 94
— — w imaku 96
— przedmiotów do piłowania 47
— — na tokarce 101
— w kłach tokarskich 101
— w uchwytach 106
— moletowanie, p. radeikowanie

N

nabijaki 359
nacinanie lewych gwintów 163
nagrzewanie stali szybkotnącej 183
nakrętki 293
nalot 193
napisy i oznaczenia na rysunkach 333
naprawa zegara i zegarka 7

narzędzia polerownicze 240
— skrawające 26
narzynki 155
nastawnik 371
natryskiwanie powłok 281
nawęglanie 200
nawiercanie 80
nawijanie sprężyn śrubowych 21
nitowanie 295
— bezpośrednie 301
— pośrednie 301
nitownica 365
nity 295
nowoczesne rodzaje obróbki 167
noże tokarskie 89
— — suportowe i ręczne 89
— — ustawianie 94

O

obrabiarki ultradźwiękowe 173
obróbka bezwiórowa 11
— cieplna 11, 176
— — stali 203
— — stopów miedzi 206
— ciepłno-chemiczna 11, 200
— elektroerozyjna 169
— elektroiskrowa 167
obróbka materiałów 11
— mechaniczna 11
— plastyczna 11
— skrawaniem 11, 24
— termoelektrolityczna 170
— wiórowa (skrawaniem) 119, 24
oczyszczanie przed nakładaniem powłok 275
odchyłka 351
odcinanie wałka w tokarce 124
odkształcenie 11
odpuszczanie 192
— przedmiotów według barw 194
— według nalotu 195
— — opalania oleju 197
— w kąpielach 197
— wkretów 205
odtłuszczanie 276
oleje i tłuszcze chłodzące 187
opiłki 47
opory skrawania 32
oselka 216, 221
ostrze 26
ostrzenie frezów 137—8
— narzędzi tnących 219
— noży 93
— polerowników 245

ostrzenie wiertel 66
oś balansu 383
oś przekładni 380
oświetlenie toczonego przedmiotu 131
owiercanie 82

P

paleta Grahama 380
palniki 310
papiery ściernie 216
pasta do lutowania 308
pasty polerownicze 239
pasowanie 352
— ruchowe 353
— spoczynkowe 353
perlit 178
pęknięcia hartownicze 186
piaskowiec 215
pilniki 45
pilniki ściernie 223
piłeczki 37
piłka 33
piłowanie 45, 50, 55
— boków i krawędzi 61
— czopów wielobocznych 62
— miękkich i twardych metali 54
— na korku 50
— płaszczyzn 56
— powierzchni 55
— wykończające 55
— zgrubne 54
pismo techniczne 325
— znormalizowane 336
płótno ściernie 216, 222
płyty polerownicze 243
podkładki 294
podłużanie 13
podtaczanie zębników 127
podtrzymka przy tokarce zegarm. 122
podziałka 326
podzielnica frezarki 143
pogłębiacze zegarmistrzowskie 80, 363
pogłębianie 80
pokrywanie obrobionych powierzchni (powłoki) 275
polerowanie 231
— aluminium 253
— a szlifowanie 231
— czoła zębника 258
— czopów 233, 260
— — lejkowych 264
— — na czopiarce 262

— — — tokarce 261
— kół i zębników 257
— elektrolityczne 233, 268
— maszynowe 233, 248
— metali 252
— — szlachetnych 253
— naciskowe 259
polerowanie na tarczach polerowniczych 248
— natryskowe 249
— płaszczyzn 253
— ręczne 233, 250
— stali 252
— stopów i miedzi 252
— ścięcia krawędzi 254
— toceniem 130
— wałków i podtoczeń 255
— w bębnych polerowniczych 248
— wkrętów 256
— zębów zębника 257
polerownik 244
— do czopów 247
— drewniany 246
— skórzany 248
polerki 248
polska tokarka zegarmistrzowska 88
połączenia gwintowe 293
— klinowe 291
— nierozłączne 290
— rozłączne 290
— sprężyste 295
— sworzniowe i kołkowe 292
— włączane 303
pomiar warsztatowy 344
poprawiarka zazębienia, p. welcarka
powierzchnie ostrza 26
powietrze chłodzące 189
powłoki metalowe 282
— nakładane mechanicznie 277
— wytwarzane elektrochemicznie 287
— — elektrolitycznie 287
półmostek balansu 371
prostowanie 18
— blach 20
— drutu 19
— osi 19
— wałków 19
proszki polerownicze 216
próby stali 182
przebijanie otworów 42
przeciąganie otworów 78
przecinanie 41
— piłą tarczową 38
— piłką 35

przegrzanie przy hartowaniu 181
przekroje 329
przepalenie przy hartowaniu 181
przerzwanie blachy 36
przerzutnik 368
przybory kreslarskie 324
przygotowanie pod powłoki 275
przymiar do gwintów 165
pumeks 215
pył ścierny 213

R

radełkowanie 273
rozplaszczanie 14
roztaczanie otworów 124
roztwory wodne 187
rozwiercenie otworów 82
rozwiertaki 82
rolerowanie, p. polerowanie czopów
róż polerowniczy, p. czerwien
ruch przedmiotu w ośrodku chłodzącym 190
rysunki poglądowe 343
— schematyczne 338
— techniczne 323
— wykonawcze 339
— złożeniowe 342
rzutowanie 326

S

sercówka, p. zabierak
skała, p. podziałka
skrawanie 29
skrobanie 210
smarowanie 164
sorbit 192
spawanie 305
spęczanie (zgrubianie) 14
spoiwa, p. lutowia
— ściernic 217
sprężyna 290
sprężynka zapadki 373
stal 9, 178
— narzędziowa 183
— — stopowa 29
— — węglowa 29
— szybko tnąca 29
— węglowa 182
stellity 29
stępienie gwintu 164
struktury metali i stopów 176

suport 119
— pionowy z wrzecionem frezarskim 133
suwmiarka 345
szczolki obrotowe 242
szkice odręczne 339
szlamowanie 213
szlif marmurowy 227
— matowy 227
— ozdobny 230
— prosty 225
— słoneczny 228
szlifowanie 210
— na osełkach 221
— płaszczyn i wałków 219
— płótnem ściernym 222
— proszkiem ściernym 225
— ręczne 221
— ściernicami 219
szmergiel 215
„sztychle”, p. noże tokarskie
szybkość skrawania 29
— — przy frezowaniu 139
— — — toczeniu 86
— — — wierceniu 72

S

ściernica 211, 216
ściananie 41
środki polerownicze 233
śruby 293

T

tarcza do wykończającego szlifowania 218
— dzwonkowa 241
— filcowa 242
— kleszczowa 112
— lakowa 113
— polerownicza 241
— szlifierska 211
technologia 9
— rzemieślnicza 10
— zegarmistrzowska 7
temperatura hartowania 180
tinol 309
tłuszcz i oleje chłodzące 187
toczenie 84, 118
— diamentem 131
— długich wałków 122
— i podtaczanie czopów 125
— mimośrodków 130

toczenie nożem ręcznym 121
— — suportowym 119
— powierzchni czołowych 123
— — kształtowych 127
— stożków 126
— w kłach 103
— — — nożem suportowym 103
— wykończające 130
tolerancje 350
topniki 307
— do lutowania twardego 314
trasowanie 347
trawienie metali 271
troostyt 192
trypla 234
trzcina tokarski 360
trzymanie młotka 12
— noża ręcznego 97
tulejka łożyskowa 368
tworzywo 10

U

uchwyt ośmiowkrętowy 112
— samocentrujący 109
— stopniowy 111
— wiertarski 111
— zaciskowy 106
ultradźwięki 166, 173
urządzenie zapadkowe 373

W

wałek kotwicy 391
— naciągowy 382
— sprężyny do zegara 374
— — — zegarka 376
wapno wiedeńskie 235
wcisk 352
wciskanie wskazówki 304
welcarka 150
welcowanie zębów 150
węgiel drzewny 238
węgiel 214
węgliki spiekane 29
węzydło, p. tulejka łożyskowa
„widia”, p. węgliki spiekane
wiercenie 43, 63, 71, 74
— na tokarce 69
— otworów wielobocznych 78
— wiertliskiem 2—156, 7—68
— w cienkich blachach 76
— — metalach miękkich 74
— — stali 74
— — szkłe 75

— — tworzywach sztucznych 74
— — wałkach i osiach 76
wiertła 65
— piórkowe 361
— usuwanie ułomków 79
wiór 31
wkrećak trzonkowy 357
wkrećki 293
wkrety 293, 369
wkładka wkrećaka 358
woda chłodząca 187
wskazówka godzinowa 370
wspornik tokarski 100
właczanie 303
— balansu na oś 304
wyciąganie linii tuszem 335
wycinanie 41
wydłużanie 13
wyginanie 15
— blachy 17
— drutu 15
— płaskowników 16
— rur 18
— wskazówek 17
wygładzanie powierzchni 209
wyjmowanie z otworów złamanych
narzędzi 172
wykonywanie części zamiennych 366
— narzędzi 354
— ogniwi łańcuchów 22
wykończanie powierzchni 208
wymiarowanie rysunków 331
wytaczanie rowków 124
wytrawianie metali 272
wyżarzanie 198
— normalizujące 181
— stali węglowych 199
wzorce gładkości 208

Z

zabieraki 359, 104
zakuwanie nitów 297
zapadka 373
zaponowanie 279
zaprawa praktyczna 10
zatyczka, p. kołek
zegarmistrzostwo 7
zginanie rur 18
zgrzewanie 305
ziarna materiałów ściernych 213
zieleni pokrownicza 238
złamanie gwintownika 164

Ż

żelazo 178

Następna praca z zakresu zegarmistrzostwa p. t.

ZEGARMISTRZOSTWO

NAPRAWA ZEGARÓW I ZEGARKÓW MECHANICZNYCH

jest w opracowaniu

Tytuły ważniejszych rozdziałów

- I. Mechanizmy chodu zegarów:
badanie i rozbieranie, szkielety, napędy, naciągi, urządzenia nastawcze, przekładnie, łożyskowania, ząbienia, wychwyty, regulatory, czyszczenie, składanie i smarowanie, tarcze i wskazówki, obudowy, regulacja.
- II. Mechanizmy budzenia:
badanie i rozbieranie, napędy, naciągi, przekładnie, wychwyty, nastawianie i włączanie, zastawianie i wyłączanie, składanie, smarowanie i regulacja.
- III. Mechanizmy bicia:
zapadowe, grzebieniowe, kwadransowe, kurantowe, elementy dźwięku, urządzenia regulacyjne.
- VI. Zegarki:
(podobny podział opisów naprawy, jak w pkt. I)

Witajcie miłośnicy zegarmistrzostwa 😊,

Niniejszym prezentuję pierwszy w Polsce i na Świecie
zarchiwizowany komplet polskiej literatury zegarmistrzowskiej.

Zachowany na wieki wieków dla potomnych w postaci cyfrowej.

Mam nadzieję, że ta nietypowa publikacja przyczyni się do
podtrzymania tego fachu przed wymarciem i dzięki takim hobbystom
jak ja i Wy, upowszechni się masowo choćby dzięki usługom przez internet.

Jeżeli natraficie na rzadkie pozycje z tej dziedziny, dajcie proszę znać
i w miarę technicznych możliwości dodam ją do obecnego kompletu
12-stu tomów „Zegarmistrzostwa” Podwapińskiego, polskiego Sieverta
„Podręcznik zegarmistrza” z 1939 roku, „Nowoczesnego zegarmistrza”
Jendritzkiego, „Słów kilka...” Czapka z 1850 roku i innych.

Milej lektury 😊

Piotr Samulik

Email: samulikp@o2.pl

<http://crazywatches.w.interia.pl>

