

ZWIĄZEK ZAKŁADÓW DOSKONALENIA ZAWODOWEGO

Wiesław Czerwiec
Andrzej Maciszewski
Tadeusz Moliński

ZEGARMISTRZOSTWO MATERIAŁOZNAWSTWO



N
O
N
N

BIURO WYDAWNICTW HWiU „LIBRA”
Warszawa 1980

ZWIĄZEK ZAKŁADÓW DOSKONALENIA ZAWODOWEGO

Wiesław Czerwiec
Andrzej Maciszewski
Tadeusz Moliński

M-101

ZEGARMISTRZOSTWO MATERIAŁOZNAWSTWO



BIURO WYDAWNICTW HWiU „LIBRA”
Warszawa 1980

Opiniodawcy
LUDWIK BUCZYŃSKI, ZYGMUNT RYMUZA

Redaktor
JERZY OLBRICH

Redaktor techniczny
WOJCIECH ŁUKASZCZYK

Korektor
ZESPÓŁ

Podręcznik zawiera podstawowe wiadomości o materiałach stosowanych w mechanizmach zegarowych. Przeznaczony jest dla słuchaczy kursów zuwodowych w rzemiośle zegarmistrzostwo prowadzonych przez ZDZ.

Materiał nauczania zawarty w podręczniku obowiązuje słuchaczy przygotowujących się do egzaminu mistrzowskiego; słuchaczy przygotowujących się do egzaminu czeladniczego nie obowiązują partie materiału oznaczone linią ciągłą na marginesie.

SPIS TREŚCI

1. WIADOMOŚCI WSTĘPNE	5
2. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z CHEMII	8
2.1. Budowa materii	8
2.2. Rodzaje reakcji chemicznych	11
2.3. Okresowy układ pierwiastków	19
2.4. Związki organiczne i ich właściwości	21
3. METALE I ICH STOPY	30
3.1. Ogólne wiadomości o metalach i ich stopach	30
3.2. Krystaliczna budowa metali i ich stopów	31
3.3. Właściwości fizyczne metali i ich stopów	33
3.4. Właściwości technologiczne metali i ich stopów	42
4. STOPY ŻELAZA Z WĘGLEM	47
4.1. Otrzymywanie surówek żelaza	47
4.2. Metody wytwarzania stali	49
4.3. Stale węglowe	51
4.4. Stale stopowe	58
5. METALE NIEŻELAZNE I ICH STOPY	66
5.1. Wiadomości wstępne	66
5.2. Miedź	66
5.3. Stopy miedzi	69
5.4. Aluminium i jego stopy	71
5.5. Inne metale	74
5.6. Węgliki spiekane	78
5.7. Metale szlachetne	79
5.8. Stopy łożyskowe	81
5.9. Luty	84

BIURO WYDAWNICTW HWIU „LIBRA” WARSZAWA, UL. NOWY ŚWIAT 11A3

Nakład 3000+75 egz. Obj. ark. wyd. 8,49; ark. druk. 8. Papier piśmienny 70 g/m², kl. V. Form. 70×100/16. Podpisano do druku w czerwcu 1979 r. Druk ukończono w styczniu 1980 r. Poz. 9440/III

Białostockie Zakłady Graficzne, Białystok, Al. 1000-lecia Państwa Polskiego 2. Zam. nr 1261/78 S-105.

6. KOROZJA METALI	88
6.1. Wiadomości ogólne o korozji	88
6.2. Sposoby zabezpieczania metali przed korozją	90
7. MATERIAŁY KRYSTALICZNE	95
7.1. Kamienie naturalne i sztuczne	95
7.2. Materiały do szlifowania i polerowania	99
8. TWORZYWA SZTUCZNE	105
8.1. Wiadomości wstępne	105
8.2. Tworzywa termoplastyczne	108
8.3. Tworzywa termoutwardzalne	110
9. SMARY	112
9.1. Tarcie w łożyskach ślizgowych	112
9.2. Rodzaje smarów	115
10. PŁYNY STOSOWANE W ZEGARMISTRZOSTWIE	119
10.1. Płyny do czyszczenia	119
10.2. Inne płyny	121
11. MATERIAŁY POMOCNICZE	122
LITERATURA	125

1. WIADOMOŚCI WSTĘPNE

Wszystko co nas otacza, co można wykryć za pomocą zmysłu wzroku, dotyku, smaku, słuchu, powonienia lub za pomocą specjalnych przyrządów nazywa się materia, a nauka o niej — materiałoznawstwem.

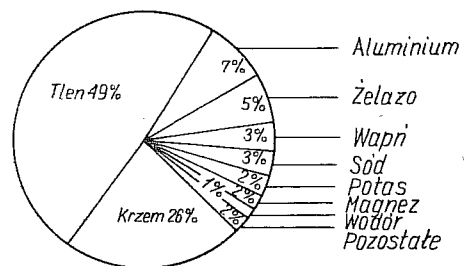
Materia, która ma w określonych warunkach stałe właściwości nazywa się substancją. Substancje mogą istnieć w trzech stanach skupienia: stałym, ciekłym i gazowym. Na przykład: para wodna, woda i lód są tą samą substancją występującą w trzech stanach skupienia (istniejących w określonych warunkach). Każda substancja zajmuje pewną objętość oraz ma określoną masę.

Najbardziej rozpowszechnionymi materiałami konstrukcyjnymi stosowanymi w zegarmistrzostwie są metale i ich stopy. Od kilkudziesięciu lat z coraz większym powodzeniem stosowane są również tworzywa sztuczne. Poza metalami i tworzywami sztucznymi w zegarmistrzostwie mają też zastosowanie takie materiały, jak: materiały ceramiczne, szkło, skóry, oleje i inne. Znaczenie ich jest jednak nieporównywalnie mniejsze.

Każda substancja zbudowana jest z maleńkich drobin, zwanych cząsteczkami. Dla danej substancji są one jednakowe, różnią się jednak od cząsteczek innej substancji. Wszystkie cząsteczki substancji przyciągają się. Przyciąganie to jest największe w ciałach stałych (a więc gęstość tych ciał jest największa), mniejsze w ciekłych, a w ciałach gazowych nie ma prawie sił przyciągania się cząsteczek. Cząsteczki substancji są zbudowane z jednego, dwóch, trzech lub wielu jednakowych lub różnych atomów. Pojęcie atomu związane jest z pojęciem pierwiastka. Pierwiastkiem nazywa się zbiór identycznych atomów mających jednakowe właściwości i wymiary. Do chwili obecnej w przyrodzie odkryto 103 rodzaje pierwiastków. Z atomów tych pierwiastków utworzone są cząsteczki wszystkich substancji.

Występujące w przyrodzie pierwiastki można podzielić na metale i niemetale. Metale od niemetali odróżniają się pewnymi charakterystycznymi właściwościami: połyskiem metalicznym, plastycznością, nieprzezroczystością, dobrą przewodnością cieplną i elektryczną. Tylko nieliczne

pierwiastki występują w przyrodzie w stanie wolnym nie związane chemicznie z innymi pierwiastkami tak, jak np. złoto, tlen, azot. Na rys. 1—1



Rys. 1-1. Występowanie pierwiastków w przyrodzie

podano procentową zawartość poszczególnych pierwiastków występujących na świecie.

Zdecydowana większość pierwiastków występujących w przyrodzie tworzy związki chemiczne z innymi pierwiastkami. Takie związki chemiczne bardzo często są zanieczyszczone (tworzą mieszaniny) innymi związkami lub pierwiastkami. Aby z takiego zanieczyszczonego związku (nazywa się to rudą danego pierwiastka) otrzymać czysty pierwiastek (technicznie czysty, gdyż zawsze będzie on w ułamkach procentu zanieczyszczony) stosowane są skomplikowane procesy hutnicze (mielenie, wzbogacanie, wytop itd.).

Polska jest krajem ubogim w surowce mineralne. Mamy jedynie pod dostatkiem węgla, miedzi i siarki. Inne surowce głównie ropę naftową i rudy żelaza importujemy. Import rud ze względu na kosztowny transport jest tylko w tym przypadku opłacalny — gdy odbywa się na małych odległościach. W innych przypadkach importuje się czyste pierwiastki w postaci półwyrobów. Jednak koszty są wtedy znacznie wyższe. Jak z tego wynika dla gospodarki narodowej szczególne znaczenie ma racjonalne i oszczędne wykorzystanie wszystkich materiałów (nie tylko importowanych).

Do konstrukcji wszelkiego rodzaju mechanizmów zegarowych stosuje się materiały o specyficznych właściwościach. Ze względu na to, że koszt materiałów jest mały w stosunku do robocizny — koszt jej stanowi w tej dziedzinie techniki przeważającą część kosztów bezpośrednich. Należy przy tym zwrócić uwagę, że w robociznie mechanizmów zegarowych, produkowanych zwykle w niedużych ilościach, największy na ogół udział ma wynagrodzenie wysoko kwalifikowanych robotników i to udział większy niż w robociznie większości innych maszyn i urządzeń. W tej sytuacji opłaca się stosować materiały droższe o wyższej jakości, jeżeli ich zastosowanie nie tylko zmniejszy ilość robocizny lecz umożliwi osiągnięcie wyższej jakości wykonania mechanizmu, a co za tym idzie również lepszej jego pracy.

Stosowany podział pierwiastków na metale, które odznaczają się cechami metalicznymi i na niemetale (metaloidy), które się tymi cechami nie odznaczają, nie jest ścisły. Istotną przyczyną, która ma decydujący wpływ na te cechy (według ostatniej teorii) przypisuje się tzw. stanowi metalicznemu występującemu w metalach i stopach metalicznych. Stan ten jest wynikiem pewnego charakterystycznego wiązania metalicznego atomów, który polega na tym, że w węzłach sieci nie znajdują się atomy tego samego pierwiastka lub w stopach atomy różnych pierwiastków, lecz ich rdzenie atomowe. Rdzenie — są to atomy pozbawione pewnych elektronów, które (w odróżnieniu od pozostałych elektronów ściśle związanych z jądrem atomowym) pod postacią gazu elektronowego nie należą już do poszczególnych rdzeni atomowych, lecz stanowią wspólną własność wszystkich rdzeni atomowych, lecz stanowią wspólną własność wszystkich rdzeni atomowych, lecz stanowią wspólną własność wszystkich rdzeni atomowych. Gaz elektronowy jest bardzo luźno związany z pozostałymi rdzeniami atomowymi w węzłach sieci i ma stosunkowo dużą swobodę w poruszaniu się.

2. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z CHEMII

2.1. Budowa materii

Wszystkie substancje mogą występować w trzech stanach skupienia: stałym, ciekłym i gazowym.

Stan stały. W stanie stałym istnieją tak duże siły spójności przy bardzo gęsto rozmieszczonych atomach, że zostaje utrzymany kształt ciała. Cząsteczki i atomy w niektórych ciałach są rozmieszczone regularnie, najczęściej w postaci określonych tworów geometrycznych.

Stan ciekły. Obejmuje substancje, w których cząsteczki są ze sobą luźno powiązane i wskutek tego mogą zmieniać swoje położenie. Przyjmują one kształt naczyń w których się znajdują. Substancje takie nazywamy ciałami ciekłymi albo po prostu cieczami.

Stan gazowy. W takim stanie cząsteczki ciała znajdują się w ciągłym ruchu, nie są ze sobą związane siłami spójności (albo te siły są bardzo niewielkie), szybko się rozprzestrzeniają zajmując każdą dostępną przestrzeń, przyjmują kształt i objętość zamkniętego naczynia, w którym się znajdują.

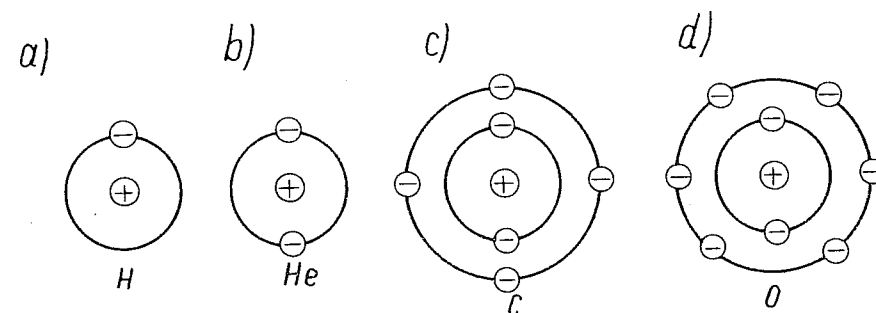
Ciała mogą zmieniać swój stan skupienia w zależności od temperatury i ciśnienia. Np. stosując odpowiednio duże ciśnienie i niskie temperatury -180°C (93 K) można skroplić powietrze a nawet doprowadzić je do stanu stałego.

Przechodzenie ciał ze stanu ciekłego w gazowy nazywa się parowaniem. Niektóre pierwiastki, np. jod, podczas podgrzewania przechodzą od razu ze stanu ciekłego w gazowy; takie zjawisko nazywa się sublimacją.

Najmniejszą częścią danego pierwiastka jest atom. Atom składa się z jądra w którym skupiona jest prawie cała masa atomu. Jądro składa się z neutronów (jest to część obojętna elektronu) oraz z protonów o ładunku dodatnim. Dookoła jądra, po orbitach kołowych, krążą elektrony (rys. 2-1), które mają ładunek ujemny.

Masa elektronu jest około 1840 razy mniejsza od masy neutronu.

Wymiary atomów są bardzo małe i wynoszą od kilku do kilkunastu nanometrów (nm); $1\text{ nm}=0,000\ 000\ 001\text{ m}$.



Rys. 2-1. Schemat budowy atomu: a) wodoru (H), b) helu (He), c) węgla (C), d) tlenu (O)

W każdym atomie na pierwszej orbicie mogą krążyć tylko dwa elektrony, na drugiej osiem, na trzeciej czternaście itd. Od ilości krążących elektronów na ostatniej orbicie zależy wartościowość atomu (pierwiastka). Atom wodoru jest jednowartościowy, bo może przyłączyć do swojej orbity jeszcze jeden elektron, węgla — czterowartościowy, bo może przyłączyć cztery elektrony (tak żeby ostatnia orbita była całkowicie wypełniona ośmioma elektronami), tlenu — dwuwartościowy itd. Atom helu ma wartościowość równą zero.

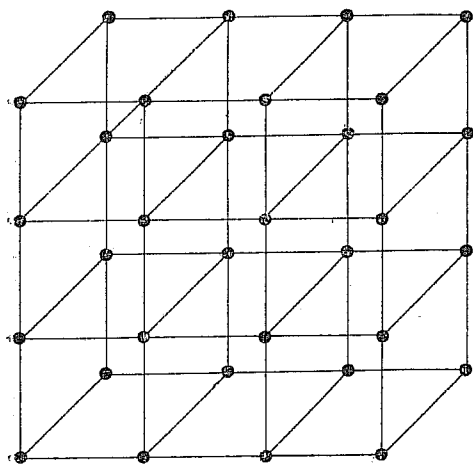
W normalnym stanie atomy są obojętne. Czasem pod wpływem czynników zewnętrznych (np. promieniowania, zjawisko to występuje bardzo często w gazach) następuje oderwanie elektronu z jednej orbity i przejście na orbitę wyższą — atom zostaje wtedy wzbudzony. Podczas powrotu elektronu na orbitę uprzednio zajmowaną wydzielają się energia, która objawia się w postaci świecenia gazu. Zjawisko to jest wykorzystane w żarówkach neonowych.

W pewnych warunkach, gdy elektron zostanie bardzo mocno pobudzony, następuje jego oderwanie od atomu, atom nie jest wtedy elektrycznie obojętny — taki atom nazywa się jonem. Na tym zjawisku oparty jest proces elektrolizy chemicznej. Jeżeli elektron został oderwany od atomu, powstaje jon dodatni, przyłączenie elektronu powoduje powstanie atomu o ładunku ujemnym czyli jonu ujemnego.

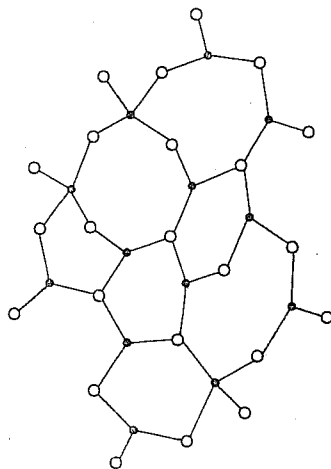
Wszystkie materiały konstrukcyjne występują w stanie stałym. Stan stały, jak już to podano, charakteryzuje się takim skupieniem atomów, jonów lub cząstek, w którym substancja ma zarówno określoną objętość jak i kształt.

Ciała stałe mogą występować jako substancje krystaliczne i bezpo-

stacjowe. Pierwsze z nich charakteryzują się pełną regularnością ułożenia atomów w przestrzeni, drugie — bezładnym ułożeniem atomów. Typowymi przedstawicielami ciał krystalicznych są metale i ich stopy, typowymi przedstawicielami ciał bezpostaciowych — tworzywa sztuczne. Ciała krystaliczne przechodząc ze stanu ciekłego w stan stały uzyskują strukturę o prawidłowym rozmieszczeniu atomów, tworząc sieć krystaliczną (rys. 2-2). Węzły sieci przestrzennej (czarne koła) odpowiadają punktom, dookoła których drgają atomy w krystalicznym ciele stałym. Metale i ich stopy w stanie stałym mają zawsze strukturę kry-



Rys. 2-2. Sieć przestrzenna krystaliczna



Rys. 2-3. Sieć płaska szkła kwarcowego (SiO₂)

staliczną. Natomiast ciała stałe bezpostaciowe nie mają prawidłowego rozmieszczenia atomów. Takim przykładem ciała bezpostaciowego może być szkło, którego sieć przedstawiona jest na rys. 2-3. Na rysunku tym widoczny jest brak prawidłowości rozłożenia atomów krzemu i tlenu. Najbardziej typowymi stałymi ciałami bezpostaciowymi są związki organiczne wielocząsteczkowe z których zbudowane są tworzywa sztuczne.

Wszystkie ciała w zależności od temperatury mają określoną energię wewnętrzną. Przy wzroście temperatury następuje wzrost tej energii objawiający się wzrostem częstości i amplitudy drgań atomów i cząsteczek. Gdy temperatura ciała stałego przekroczy określoną wartość, drgania atomów i cząsteczek są tak duże, że następuje zerwanie wiązań między nimi (sił przyciągania), atomy i cząsteczki tracą uporządkowane ułożenie — następuje topnienie ciała stałego. Aby ta zmiana struktury mogła nastąpić musi być dostarczona pewna ilość ciepła z otoczenia. Podobnie podczas wrzenia cieczy musi być dostarczona pewna ilość

energii w postaci ciepła parowania, dla pokonania sił przyciągania istniejących między atomami i cząstkami cieczy.

Wszystkie metale z wyjątkiem trzech (rtęci, cezu i galu) są ciałami stałymi w temperaturze bliskiej temperatury otoczenia i mają określoną strukturę krystaliczną. Temperatura topnienia cezu wynosi 28°C (301 K), galu 29°C (302 K), rtęci — 38,9°C (234,1 K).

Związki wielocząsteczkowe mogą być w temperaturze otoczenia ciałami ciekłymi (np. oleje) lub ciałami stałymi, jak tworzywa sztuczne stałe. Struktura tworzyw sztucznych może być całkowicie bezpostaciowa lub w określonych warunkach częściowo krystaliczna.

TABELA 1

Pierwiastki najczęściej występujące w przyrodzie

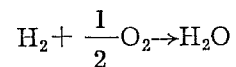
Metale			Niemetale					
Nazwa	Sym-bol	Masa atomowa	Nazwa	Sym-bol	Masa atomowa	Nazwa	Sym-bol	Masa atomowa
Zelazo	Fe	55,85	Złoto	Au	197,20	Tlen	O	16,00
Miedź	Cu	63,54	Srebro	Ag	107,88	Wodór	H	1,008
Cynk	Zn	65,38	Platyna	Pt	195,23	Azot	N	14,088
Cyna	Sn	118,70	Rtęć	Hg	200,61	Węgiel	C	12,01
Ołów	Pb	207,21	Antymon	Sb	121,76	Chlor	Cl	35,46
Glin	Al	26,97	Potas	K	39,10	Brom	Br	79,92
Nikiel	Ni	58,69	Sód	Na	23,00	Jod	J	126,91
Chrom	Cr	52,01	Wapń	Ca	40,08	Siarka	S	32,066
Wolfram	W	183,92	Molibden	Mo	95,95	Fosfor	P	30,98
Wanad	V	50,95	Kobalt	Co	58,94	Krzem	Si	28,09
Magnez	Mg	24,32	Kadm	Cd	112,41	Bor	B	10,82

W tabeli 1 podano zestawienie pierwiastków najczęściej spotykanych w przyrodzie. Podano ich oznaczenia symbolowe oraz masy atomowe. W przyrodzie bardzo niewiele pierwiastków występuje samodzielnie, nie tworząc związków chemicznych, są to między innymi złoto, miedź, azot, tlen. Większość pierwiastków występuje w postaci związków chemicznych. Metale tworzą związki chemiczne z niemetalami. Taki związek chemiczny powstaje w ten sposób, że metal ze swojej ostatniej orbity przekazuje wolne atomy do ostatniej orbity niemetalu. Nietmetale natomiast mogą tworzyć również związki chemiczne między sobą.

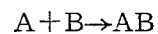
2.2. Rodzaje reakcji chemicznych

Reakcjami chemicznymi nazywamy zjawiska, podczas których zmieniają się w sposób trwały wszystkie właściwości substancji. Reakcją chemiczną jest spalanie benzyny, węgla, jest nią również rdzewienie stali, powstawanie soli kuchennej z połączenia sodu z chlorem itp.

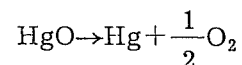
Reakcje chemiczne dzielą się na trzy zasadnicze rodzaje: syntezy, analizy i wymiany. Reakcja syntezy zachodzi wtedy, gdy z dwóch lub więcej ciał powstaje jedno nowe ciało. Przykładem jest powstawanie cząsteczki wody z cząsteczki wodoru H_2 i atomu tlenu O_2



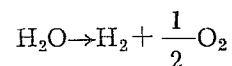
Wzór syntezy można przedstawić symbolicznie



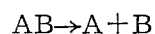
Reakcja analizy zachodzi wtedy, kiedy z jednego związku chemicznego powstaje dwa lub więcej ciał o innych właściwościach różniących się od siebie i od związku chemicznego. Przykładem analizy jest rozkład tlenku rtęci podczas jego podgrzewania na tlen i rtęć:



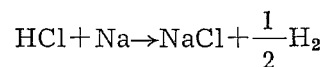
lub też hydroliza wody (z dodatkiem niewielkiej ilości np. soli kuchennej). Podczas przepływu prądu na elektrodach wydziela się tlen i wodór



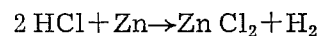
Symbolicznie przedstawia się reakcję analizy



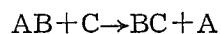
Reakcja wymiany zachodzi wtedy, gdy dwie cząsteczki wymieniają się pewnymi atomami, tworząc nowe związki. Przykładem może być reakcja wymiany chloru z cząsteczkami chlorowodoru przy jego działaniu na sól i tworzeniu się chlorku sodu



oraz znany z praktyki warsztatowej sposób przyrządzania tzw. cieczy do lutowania. Do kwasu solnego (HCl) wrzuca się kawałek cynku (Zn); następuje wydzielanie się wodoru (burzenie się cieczy), który został z kwasu wyparty przez cynk. Powstaje chlorek cynku, który jest znany jako ciecz do lutowania



Symbolicznie reakcję wymiany można przedstawić następująco:



W reakcji wymiany liczba produktów reakcji jest równa liczbie substancji wyjściowych.

Wszystkie wyżej opisane reakcje chemiczne mogą zachodzić tylko w określonych warunkach (temperatura, przepływ prądu itp.), lub przy obecności odpowiednich katalizatorów. Katalizator jest czynnikiem, który przyspiesza reakcje chemiczne nie wchodząc w skład nowo powstałego związku.

Nie wszystkie związki chemiczne mogą wymieniać swoje składniki z innymi pierwiastkami lub związkami. Jedne łączą się łatwo, z innymi trudniej, a jeszcze z innymi nie łączą się wcale. Zależy to od właściwości ciał, zwanej powinowactwem chemicznym, które może być silne, słabe lub nie istnieć.

Przy reakcji wymiany składniki wymieniają się tak, aby utworzyć nowe połączenie, w którym wymieniane składniki będą w silniejszym powinowactwie chemicznym niż w połączeniach poprzednich.

Reakcje chemiczne między ciałami mogą zachodzić dopiero w określonych warunkach. Np. reakcja rozkładu czerwonego tlenku rtęci zachodzi tylko wtedy, gdy dostarczymy z zewnątrz pewne ilości ciepła. Jeżeli tylko dopływ przerwiemy — reakcja ustanie. Odwrotnie można zaobserwować przy omówionym sposobie przyrządzania cieczy do lutowania. Tutaj nie tylko nie trzeba podgrzewać kwasu solnego, ale po wrzuceniu kawałka cynku temperatura cieczy wyraźnie wzrasta. Ciepło zostało wydzielone na zewnątrz.

Reakcje podczas których ciepło zostaje wydzielane na zewnątrz nazywamy egzotermicznymi, natomiast reakcje, którym trzeba dostarczyć ciepło z zewnątrz — endotermicznymi. Np. reakcje spalania ciał należą do reakcji egzotermicznych, gdyż podczas ich przebiegu wydziela się ciepło.

Początkowo musieliśmy ogrzać mieszaninę siarki i żelaza, miało to jednak na celu tylko wytworzenie odpowiedniej temperatury, przy której wystąpiło powinowactwo chemiczne między składnikami, a później ciepło wydzielało się już wskutek przebiegającej reakcji. Natomiast reakcja rozkładu tlenku rtęci jest reakcją endotermiczną. Wydzielanie lub pochłanianie ciepła podczas reakcji chemicznych wskazuje na to, że substancje wchodzące w reakcję zawierają w sobie pewien zapas energii przed reakcją oraz po reakcji. Jest to energia ukryta, ujawniająca się tylko podczas reakcji chemicznych. Energia ta nazywa się energią chemiczną.

Obecnie szeroko wykorzystujemy energię chemiczną zawartą np. w węglu, ropie naftowej itp. do ogrzewania i do napędzania maszyn. W ogniowach elektrycznych w wyniku reakcji chemicznej wydziela się energia elektryczna.

Większość substancji spotykanych w przyrodzie posiada cząsteczki składające się z różnych rodzajów atomów. Woda np. ma cząsteczki złożone z atomów tlenu i wodoru, siarczek żelaza — z siarki i żelaza.

Taką substancję, której cząsteczki złożone są z atomów różnego rodzaju nazywamy związkiem chemicznym.

W związku chemicznym pierwiastki (atomy) łączą się ze sobą zawsze w stałym stosunku wagowym — jest to prawo stałości składu.

Prawo stałości składu zostało sformułowane w 1799 roku przez uczonego francuskiego Proust'a. Prawo stałości składu (inaczej prawo stosunków stałych) można wyjaśnić na podstawie teorii atomistycznej. Łączenie się pierwiastków polega na łączeniu ich atomów, na przykład jeden atom żelaza łączy się z jednym atomem siarki, tworząc cząsteczkę FeS. Atomy żelaza i siarki posiadają określoną masę. Masa atomowa żelaza=56, masa atomowa siarki=32. Przy obliczeniach chemicznych niewygodnie jest posługiwać się wielkościami tak małymi, jak masy atomów wyrażone w gramach. Np. cząsteczka wodoru H_2 waży $3,3 \cdot 10^{-20}N$. Dlatego w chemii nie wyrażamy masy atomów w gramach, lecz posługujemy się tzw. względnymi masami atomowymi. Za jednostkę masy atomów przyjęto masę jednego atomu wodoru jako najlżejszego pierwiastka. Względna masa atomowa jest to stosunek masy danego atomu do masy jednego atomu wodoru. A więc atom żelaza waży 56 razy więcej od atomu wodoru.

W cząsteczce związku FeS (siarczek żelaza) stosunek wagowy żelaza do siarki wynosi $56 : 32 = 7 : 4$. Ten sam stosunek wagowy zostanie zachowany dla każdej liczby cząsteczek, a więc w każdej próbce związku FeS stosunek wagowy żelaza do siarki wynosi $7 : 4$. W takim właśnie stosunku łączy się żelazo z siarką.

Do reakcji w wyniku której otrzymamy nowy związek chemiczny — siarczek żelaza — należy dostarczyć określoną ilość ciepła. Przed reakcją siarka i żelazo tworzyły mieszaninę, po reakcji syntezy powstał związek chemiczny, w którym nie można było wyróżnić osobno ani cząsteczek siarki ani cząsteczek żelaza.

Mieszaniną nazywamy zbiór dwóch lub więcej pierwiastków (lub związków chemicznych), które nie wchodzi w reakcję między sobą i które można w każdej chwili oddzielić. Np. olej i woda nawet po najlepszym wymieszaniu tworzyć będą zawsze mieszaninę.

Roztworem nazywamy zbiór dwóch lub więcej pierwiastków (lub związków chemicznych), które rozpuszczają się w sobie. Np. woda i alkohol, woda i kwas siarkowy itp.

Często jesteśmy świadkami przemian chemicznych, w których obserwujemy jak gdyby zanikanie substancji. Po spaleniu świecy nie spostrzegamy żadnych produktów reakcji, po spaleniu drewna pozostaje tylko mała ilość popiołu. Jednak są to obserwacje powierzchowne: nie wzięliśmy tu pod uwagę gazowych produktów reakcji, których nie widzimy.

Przy każdej reakcji chemicznej masa substancji biorących udział w reakcji jest zawsze równa masie substancji otrzymanych w wyniku

reakcji. A więc masa substancji podczas przemian chemicznych nie ulega zmianie.

Prawo zachowania masy odkrył w 1748 r. Michał Łomonosow. Ogrzewał on w zatopionym naczyniu szklanym metal z powietrzem i sprawdził, że masa naczynia po reakcji nie uległa zmianie. To zjawisko można łatwo wytłumaczyć za pomocą teorii atomistyczno-cząsteczkowej. Przed reakcją i po reakcji pozostają te same atomy, nie powstają żadne nowe, ani nie giną dawne, ulegają tylko przegrupowaniu. Nic dziwnego, że łączna masa substancji reagujących nie może się zmienić.

Prawo stosunków wielokrotnych. Prawo to po raz pierwszy zostało sformułowane przez Daltona. Odkrył on mianowicie, że jeżeli dwa pierwiastki tworzą ze sobą kilka związków, to ilości wagowe jednego pierwiastka łączące się z jedną i tą samą ilością wagową drugiego pierwiastka pozostają do siebie w stosunku niewielkich liczb całkowitych. Np. tlen i azot tworzą ze sobą pięć związków (tlenków azotu): N_2O , NO, N_2O_3 , NO_2 i N_2O_5 . Obliczmy teraz ilości tlenu przypadającego stale na 28 gramów azotu

N_2O — 28 g azotu i 16 g tlenu

NO — 14 g azotu i 16 g tlenu lub
28 g azotu i 32 g tlenu

N_2O_3 — 28 g azotu i 48 g tlenu

NO_2 — 14 g azotu i 32 g tlenu lub
28 g azotu i 64 g tlenu

N_2O_5 — 28 g azotu i 80 g tlenu

Jeżeli teraz obliczymy stosunek ilości tlenu w związkach (podkreślone wartości) to okaże się, że $16:32:48:64:80 = 1:2:3:4:5$, a więc pozostają do siebie w stosunku niewielkich liczb całkowitych.

Kwasy. Kwasami nazywamy takie związki chemiczne, które mają w swoim składzie wodór oraz pierwiastek niemetaliczny, odznaczają się kwaśnym smakiem i zabarwiają papierek lakmusowy na czerwono.

Kwasy dzielą się na organiczne i nieorganiczne. Kwasy nieorganiczne z kolei można podzielić na tlenowe i beztlenowe.

Kwasy tlenowe otrzymuje się zwykle przez działanie tlenku niemetalu na wodę:

tlenek niemetalu + woda → kwas

np. $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ (kwas siarkowy)

$CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$ (kwas węglowy)

Najczęściej spotykanymi kwasami beztlenowymi jest kwas chlorowodorowy, zwany solnym (HCl) oraz siarkowodorowy (H_2S).

Kwasy mają bardzo szerokie zastosowanie w przemyśle. Stosowane są do czyszczenia powierzchni metali z ich tlenków, do wytrawiania, farbowania, przy produkcji papieru, nawozów sztucznych itp.

Najbardziej znany i najczęściej stosowany jest kwas siarkowy H_2SO_4 . W postaci rozcieńczonej reaguje z większością metali z wyjątkiem ołowiu i metali szlachetnych. Podczas jego rozcieńczania należy pamiętać, że kwas dolewa się do wody, a nie odwrotnie, gdyż podczas dolewania wody do kwasu następuje wybuch, który może spowodować poparzenie. Kwas siarkowy rozcieńczony o gęstości 1240 kg/m^3 stosowany jest do akumulatorów ołowianych oraz do ogniw galwanicznych.

Kwas azotowy HNO_3 jest dobrym środkiem utleniającym, działa niszcząco na metale. W warsztatach stosuje się mieszaninę kwasu azotowego i siarkowego do czyszczenia metali z warstwy utlenionej. Przedmiot zanurza się na krótko do mieszaniny, a następnie bardzo dokładnie myje w bieżącej wodzie.

Kwas solny HCl bardzo łatwo reaguje z metalami. W warsztatach jest stosowany do lutowania i czyszczenia naczyń. Mieszanina kwasu solnego z azotowym w stosunku 3:1 nazywana jest „wodą królewską”, rozpuszcza ona wszystkie metale razem ze złotem i platyną.

Zasady. Zasady otrzymuje się poprzez działanie tlenku metalu na wodę

tlenek metalu + woda \rightarrow zasada

np. $Na_2O + H_2O \rightarrow 2 Na OH$ (wodorotlenek sodowy)

$CaO_2 + H_2O \rightarrow Ca (OH)_2$ (wodorotlenek wapnia)

Zasady charakteryzują się występowaniem grupy wodorotlenowej (OH). Mają one smak zbliżony do smaku mydła i barwią papierek lakmusowy na niebiesko. Wodne roztwory zasad metali lekkich np. wodorotlenek sodowy (NaOH), wodorotlenek potasu (KOH) nazywane są ługami i stosowane są przy wyrobie mydła i papieru. Ług sodowy (NaOH) inaczej nazywany sodą żrącą stosowany jest do czyszczenia zatłuszczonych i zabrudzonych przedmiotów.

Roztwory soli. Roztwór zawierający kwas można zobojętnić dolewając do niego odpowiednią ilość zasady. Wtedy papierek lakmusowy nie zmieni barwy. Jeżeli z otrzymanego w ten sposób roztworu odparujemy wodę, to w naczyniu zostanie ciało stałe nie mające cech ani zasady, ani kwasu — są to sole.

Solami nazywamy związki chemiczne, których cząsteczki zawierają atomy metali i reszty kwasowe.

Kwas + zasada \rightarrow sól + woda

np. $H_2SO_4 + 2 KOH \rightarrow K_2SO_4 + 2 H_2O$ (siarczan potasu + woda)

$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ (sól kuchenna + woda).

Niektóre sole powstają podczas działania kwasami na metale,

np. $2 HCl + Zn \rightarrow ZnCl_2 + H_2$ (chlorek cynku + wodór)

Sole mają bardzo duże znaczenie dla organizmów żywych oraz w przemyśle. Wyrabia się z nich wszelkiego rodzaju nawozy sztuczne, służą do wyrobu mydeł, szkła, w medycynie itp.

Hydroliza jest to zjawisko chemicznego oddziaływania wody na substancje. W roztworach wodnych soli zachodzi również reakcja między cząsteczkami soli i wody, a więc mamy tu do czynienia ze zjawiskiem hydrolizy. Hydroliza powoduje, że roztwory soli, w których oczekujemy odczynu obojętnego, zachowują się podobnie, jak kwasy lub jak zasady. Reakcja hydrolizy soli jest reakcją odwrotną do reakcji zobojętnienia i w jej wyniku powstaje kwas plus zasada. Najsilniej hydrolizują sole powstałe ze słabych kwasów i zasad, a sole powstałe z mocnych kwasów i zasad prawie nie ulegają hydrolizie.

Elektrolity. Wśród różnych substancji wyróżniamy dobre i złe przewodniki elektryczności. Dobrymi przewodnikami są metale. Natomiast przykładem dobrego izolatora może być siarka oraz woda. Nie przewodzą też prądu elektrycznego w stanie stałym sole i wodorotlenki oraz liczne związki organiczne, np. cukier, alkohol etylowy itp. Zupełnie inaczej przedstawia się sprawa przewodnictwa roztworów tych substancji. Takie substancje, których roztwory przewodzą prąd elektryczny nazywamy elektrolitami. Należą do nich zasady, kwasy i sole. Te, które nie przewodzą prądu nazywamy nieelektrolitami. Przykładami nieelektrolitów mogą być cukier, gliceryna, alkohol etylowy itp.

W czasie rozpuszczania elektrolitów w wodzie następuje rozpad cząsteczek elektrolitów na jony dodatnie, zwane kationami i ujemne, zwane anionami. Rozpad cząsteczek elektrolitów na kationy i aniony nazywa się dysocjacją elektrolityczną. Ponieważ liczba dodatnich ładunków kationów jest zawsze równa liczbie ujemnych ładunków anionów, to roztwór elektrolitu jest elektrycznie obojętny.

Podczas dysocjacji elektrolitycznej wszystkie kwasy wytwarzają kationy wodorowe (H^+), aniony zaś są złożone z reszt kwasowych

np. $H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{--}$

natomiast wszystkie zasady dysocjują w taki sposób, że wytwarzają aniony wodorotlenkowe (OH^-) i kationy metali

np. $Na OH \rightarrow Na^+ + OH^-$

Niektóre kwasy i zasady mogą być elektrolitami mocnymi, to jest takimi, które ulegają całkowitej dysocjacji na jony, inne są elektrolitami słabymi, gdyż tylko w nieznacznej części dysocjują na jony.

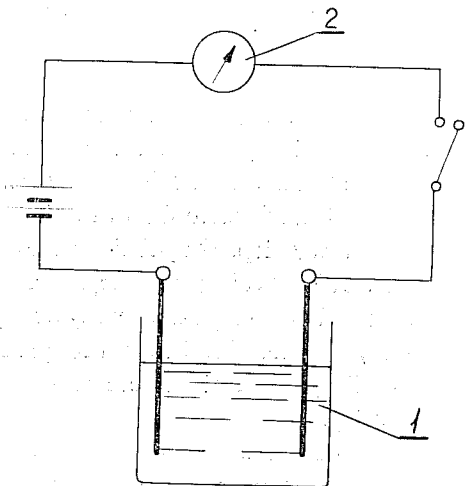
Moc kwasów i zasad (moc elektrolitu) określamy stopniem dysocjacji elektrolitycznej, czyli stosunkiem liczby cząsteczek rozłożonych na jony do pierwotnej liczby cząsteczek, albo inaczej — stosunkiem stężenia cząsteczek zdysocjowanych do całkowitego stężenia roztworu. Im więcej jest jonów — tym większa jest moc kwasu lub zasady. Im bardziej rozcieńczony jest roztwór — tym większy jest stopień dysocjacji.

Stopień dysocjacji jest ułamkiem mniejszym od jedności. Do mocnych elektrolitów zaliczamy te, w których stopień dysocjacji wynosi lub przekracza 30%.

Do mocnych kwasów i zasad należą HCl, HNO₃, H₂SO₄, NaOH, KOH, a do słabych H₂SO₃, H₂CO₃, H₃PO₄, NH₄OH i inne. Do mocnych elektrolitów należą również większość soli.

Stopień dysocjacji elektrolitycznej różnych roztworów elektrolitów można wyznaczyć przez badanie ich przewodnictwa elektrycznego.

Doświadczenie



Rys. 2—4. Badanie przewodnictwa elektrycznego roztworów elektrolitów: 1 — elektrolit, 2 — galwanometr

Montujemy obwód elektryczny według rys. 2-4 (na 1 litr roztworu przypada 0,1 gramoatomu wodoru). Jeżeli w 1 litrze roztworu znajduje się gramorównoważnik substancji wówczas taki roztwór nazywa się normalny. Gramorównoważnik związku obliczamy dzieląc masę gramocząsteczki (mola) związku przez liczbę zawartych w niej gramoatomów wodoru. Np. roztwór 1-molowy kwasu siarkowego H₂SO₄ jest 2-normalny, gdyż w 1 litrze roztworu znajdują się 2 gramoatomy wodoru. Jeżeli 1 litr roztworu będzie zawierał 1/2 mola, to jest 98 g:2=49 g kwasu siarkowego, wówczas roztwór ten będzie 1-normalny. Roztwór 0,1 normalny kwasu siarkowego zawiera w 1 litrze 49:10=4,9 g kwasu siarkowego o stężeniu (oczywiście) 100%. Następnie do 0,1 normalnych roztworów różnych elektrolitów wkładamy elektrody węglowe, za każdym razem zanurzając je na tę samą głębokość i zachowując między nimi tę samą odległość. Przewodnictwo elektryczne mierzymy galwanometrem.

Bardzo mały stopień dysocjacji elektrolitycznej ma czysta woda, gdyż na kilkaset milionów cząsteczek tylko jedna cząstka jest zdysocjowana na jony. Praktycznie więc, czysta woda nie przewodzi wcale

prądu elektrycznego. Stężenie gramojonowe czystej wody, czyli liczba gramocząsteczek wodoru w 1 litrze wynosi: $1/10\ 000\ 000=10^{-7}$

Podobnie oznacza się stężenie jonowe innych roztworów. Stężenie jonowe oznacza się symbolem „pH”. Dla czystej wody pH=7. Jeżeli roztwór wykazuje pH mniejsze od 7 (to znaczy zawiera więcej jonów H), to roztwór jest kwaśny, a przy pH większym od 7 — roztwór jest zasadowy. Pomiar pH roztworów przeprowadza się najczęściej metodą kolorymetryczną polegającą na zmianie zabarwienia pewnych substancji chemicznych pod wpływem różnego pH roztworów. Wyznaczanie pH ma bardzo duże znaczenie nie tylko w przemyśle chemicznym lecz również w gleboznawstwie i lecznictwie.

2.3. Okresowy układ pierwiastków

Wśród pierwiastków zostały wyróżnione metale i niemetale. Klasyfikacja ta nie jest kompletna i w pełni wystarczająca. Od dawna więc poszukiwano podstaw, które lepiej pozwoliłyby uporządkować wiadomości o pierwiastkach i ich związkach, poznać ich podobieństwa i różnice, tłumaczyć budowę materii i mechanizm procesów jej przemian, a nawet przewidywać istnienie nieznanymi substancji, a także ich właściwości.

Było przeprowadzanych kilka prób klasyfikacji pierwiastków w 1817 r. przez niemieckiego chemika J. Döbereinera, w 1864 r. przez Anglika J. Newlandsa i niemieckiego uczonego L. Meyer'a. Jednak najlepszej i najbardziej wyczerpującej klasyfikacji, która przyczyniła się do wielu odkryć naukowych, dokonał w drugiej połowie XIX wieku rosyjski uczonej Dymitr Mendelejew.

Mendelejew ułożył pierwiastki według wzrastających ciężarów atomowych, zwracając uwagę na różnice między ciężarami atomowymi kolejnych pierwiastków, uwzględniał przy tym wartościowość i właściwości pierwiastków. Zauważył wtedy, że w takim szeregu w ściśle określonych miejscach spotyka się pierwiastek o podobnych właściwościach. Odkrył on prawo okresowości, według którego pierwiastki o podobnych właściwościach nie występują przypadkowo, ale spotyka się je okresowo w miarę wzrostu ich ciężarów atomowych.

Szereg ułożony z pierwiastków zestawiał w tabelę. W kolumnach pionowych znalazły się pierwiastki podobne, tworzące rodziny. Pozostawił w niej jednak wolne miejsca dla pierwiastków, których istnienie przewidywał, z góry określając ich właściwości. Rzeczywiście zostały one w późniejszym okresie odkryte — były to skand, gal i german.

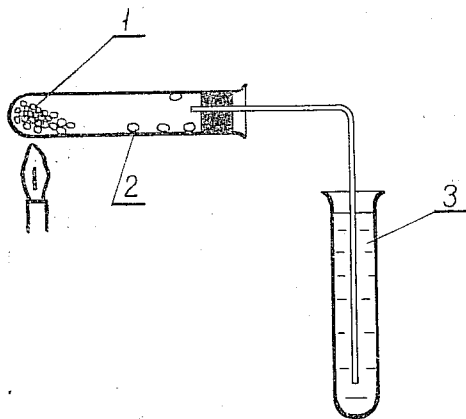
Współczesny układ okresowy pierwiastków (tabela 2) różni się dość znacznie od tablicy opublikowanej przez Mendelejewa. Zostały bowiem wypełnione nie tylko wolne miejsca pozostawione przez Men-

wiastków poznano około 100 000. Do związków nieorganicznych zawierających węgiel zalicza się tlenek i dwutlenek węgla, kwas węglowy i jego sole, dwusiarczki węgla i węgliki metali. Związki węgla należące do chemii organicznej wykazują charakterystyczny skład oraz budowę cząsteczek i różnią się od związków nieorganicznych specyficznymi właściwościami. Na innych zasadach opiera się też słownictwo i systematyka związków organicznych.

Oprócz węgla w skład związków organicznych wchodzi przede wszystkim wodór i tlen. Niektóre związki zawierają także chlor, azot, siarkę lub fosfor. Inne pierwiastki mają znikomy udział w tworzeniu związków organicznych. Obecność węgla w substancji organicznej można wykryć w różny sposób. Niektóre z nich podczas prażenia ulegają rozkładowi (np. cukier) i wydzielają węgiel, są też takie, które palą się kopcącym płomieniem (np. acetylen) i powstaje sadza. Najczęściej jednak stosuje się ogrzewanie substancji z tlenkiem miedziowym. Wykrywa się w ten sposób nie tylko węgiel, ale także wodór.

Doświadczenie

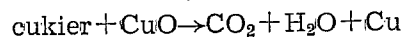
Do probówki wsypujemy mieszaninę cukru (skrobi) i tlenku miedziowego i zatykamy ją korkiem z rurką, której drugi koniec zanurzamy do probówki z klarowną wodą wapienną. Następnie probówkę



Rys. 2-5. Wykrywanie węgla w związku organicznym: 1 — cukier + tlenek miedziowy, 2 — woda, 3 — woda wapienna

z badaną substancją ogrzewamy (rys. 2-5). Obserwujemy pojawienie się kropeł wody na zimnych ściankach probówki oraz zmętnienie wody wapiennej. W probówce pozostaje miedź.

Zmętnienie wody wapiennej wskazuje, że substancja badana zawiera węgiel, który utlenił się tlenem, pochodzącym z tlenku miedziowego CuO. Powstał bowiem dwutlenek węgla wywołujący zmętnienie wody wapiennej. Woda (na ściankach probówki) powstała zaś przez utlenienie wodoru wchodzącego w skład substancji organicznej. Tlenek miedziowy został zredukowany do wolnej miedzi:

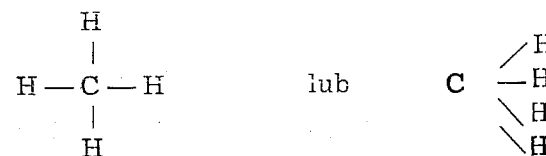


Charakterystyczną właściwością związków organicznych jest to, że zbudowane są zwykle z wielkiej liczby cząsteczek, dochodzących nawet do kilkudziesięciu tysięcy, dzięki specyficznej zdolności łączenia się w długie łańcuchy atomów węgla. Takiej zdolności łączenia się atomów między sobą nie wykazuje żaden inny pierwiastek. W innych pierwiastkach zdolność ta występuje rzadko i w bardzo skromnym zakresie. W większym stopniu tylko w krzemie.

Właściwości związku wielkocząsteczkowego nie tylko zależą od liczby atomów (lub cząsteczek), ale również od ich rozmieszczenia w cząsteczce. Dlatego przy omawianiu związku organicznego, oprócz napisania jego symbolu cząsteczkowego (wzoru sumarycznego), podaje się również wzory strukturalne, które przedstawiają nam rozmieszczenie poszczególnych atomów w cząsteczce.

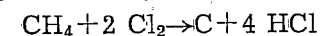
Do najprostszych związków organicznych zalicza się związki węgla z wodorem, zwane węglowodorami. Najprostszym węglowodorem jest metan. Jest to gaz dość rozpowszechniony w przyrodzie, znajduje się w gazie ziemnym, występuje w niektórych kopalniach węgla i soli kaemiennej.

Wzór strukturalny metanu CH₄

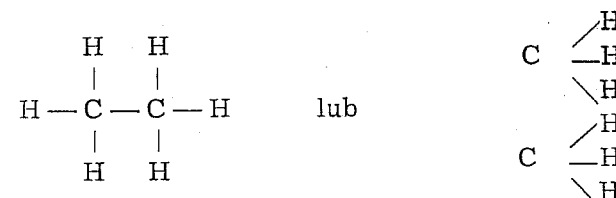


Atom węgla, który jest czterowartościowy wiąże się z czterema atomami wodoru pojedynczymi wiązaniami i nie może już przyłączyć innych atomów. Dlatego metan jest związkiem chemicznym biernym albo inaczej węglowodorem nasyconym. Nie ulega działaniu kwasów i zasad, wprowadzony do wody bromowej nie reaguje z bromem, nie utlenia się też w roztworze nadmanganianu potasowego zakwaszonego kwasem siarkowym.

Mieszanina metanu z chlorem wybucha po jej zapaleniu. Podczas tej reakcji wydzielają się węgiel i tworzy się chlorowódor.



Następnym węglowodorem jest gaz etan C₂H₆ o wzorze strukturalnym:



albo wzór uproszczony CH₃ — CH₃

Jest to gaz chemicznie bierny, palny. Pali się słabo świecącym płomieniem, przy czym powstaje woda i dwutlenek węgla.

Propan C_3H_8 lub o uproszczonym wzorze strukturalnym $CH_3 - CH_2 - CH_3$ jest gazem bezbarwnym.

Kolejne węglowodory to butan o wzorze C_4H_{10} , pentan C_5H_{12} , heksan C_6H_{14} itd.

TABELA 3

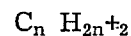
Właściwości fizyczne niektórych węglowodorów nasyconych

Nazwa	(Wzór)	Temperatura		Gęstość w stanie ciekłym: t/m ³	Stan skupienia w zwykłych warunkach
		topnienia K	wrzenia K		
Metan	CH_4	90	109	0,42	gaz
Etan	C_2H_6	91	185	0,55	„
Propan	C_3H_8	86	231	0,58	„
Butan	C_4H_{10}	138	273,6	0,60	„
Pentan	C_5H_{12}	143	309	0,63	ciecz
Heksan	C_6H_{14}	179	342	0,66	„
Heptan	C_7H_{16}	183	371	0,69	„
Oktan	C_8H_{18}	216	398	0,70	„
Nonan	C_9H_{20}	219	423	0,72	„
Dekan	$C_{10}H_{22}$	243	496	0,73	„
Pentadekan	$C_{15}H_{32}$	283	543	0,772	ciecz
Heksadekan	$C_{16}H_{34}$	291	561	0,775	stały

Zamieszczona powyżej tabela 3 podaje właściwości fizyczne kilkunastu węglowodorów nasyconych. Począwszy od pentanu nazwy węglowodorów nasyconych z końcówką -an tworzy się od greckich nazw liczebników (pentos — pięć, heksos — sześć itd.).

Przedstawiony w tabeli 3 skład cząsteczek sąsiednich węglowodorów różni się grupą atomów CH_2 — zwaną grupą metylową; węglowodory tworzą w ten sposób szereg homologiczny związków o podobnych właściwościach.

Skład chemiczny węglowodorów nasyconych można wyrazić ogólnym wzorem

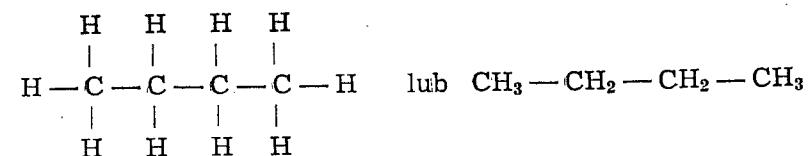


w którym n oznacza liczbę atomów węgla w cząsteczce.

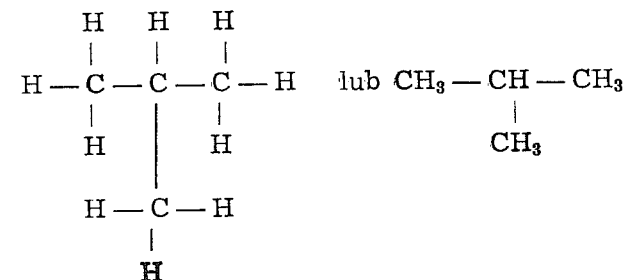
Węglowodory nasycone często nazywane są alkanami lub też ze względu na ich bierność chemiczną nazywają się parafinami.

Dokładniejsze badania węglowodorów wykazały, że począwszy od butanu istnieje więcej niż jeden węglowodór o tym samym wzorze sumarycznym i ciężarze cząsteczkowym, lecz o innych właściwościach fizycznych.

Okazało się, że w cząsteczkach butanu zwanego normalnym atomy węgla tworzą łańcuch prosty

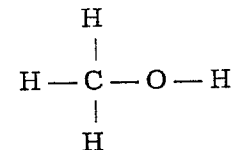


natomiast w drugiej odmianie, zwanej izobutanem, łańcuch jest rozgałęziony



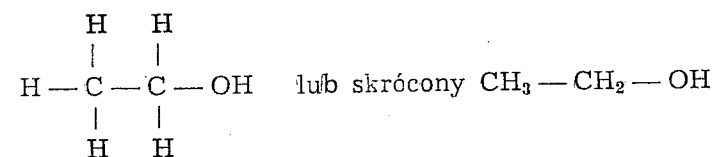
Zjawisko to, polegające na występowaniu różnych substancji o tym samym składzie chemicznym, ale o odmiennej budowie cząsteczek nazywamy izomerią.

Połączenie węglowodorów z grupą wodorotlenową OH daje alkohole. Alkohole są więc węglowodorami, w których jeden lub więcej atomów wodoru zastąpiono przez grupę OH. W ten sposób z metanu otrzymuje się alkohol metylowy (CH_3OH)



Alkohol metylowy (spirytus drzewny) otrzymywany jest podczas suchej destylacji drewna. Jest bardzo silną trucizną, nawet jego pary mogą spowodować utratę wzroku. Dlatego też należy obchodzić się z nim bardzo ostrożnie.

Alkohol metylowy używany jest jako paliwo do silników, do mycia i czyszczenia. Jest produktem wyjściowym do produkcji wielu cennych barwników, środków farmaceutycznych i tworzyw sztucznych. W handlu znajduje się spirytus, który zawiera 95,5% alkoholu i 4,5% wody. Jego wzór cząsteczkowy ma postać C_2H_5OH , a wzór strukturalny



Nazywa się go etanolem, alkoholem etylowym lub potocznie spirytusem.

Alkohol etylowy produkowany jest w gorzelniach z ziemniaków lub żyta (gdyż zawierają one dużo skrobi). Powstaje również pod wpływem

drożdży w procesie fermentacji soków owocowych. Używany jest do celów spożywczych, leczniczych, wyrobu perfum. Skażony substancjami trującymi (często alkoholem metylowym) i zabarwiony na kolor fioletowy dla jego rozpoznania stosowany jest do celów przemysłowych i w gospodarstwie domowym pod nazwą denaturatu.

Kwasy organiczne. Kwasy organiczne są to związki, które powstają przy utlenianiu alkoholi. Zawierają w swojej cząsteczce grupę COOH (grupa karboksylowa). Do najbardziej znanych kwasów organicznych należą:

- Kwas mrówkowy CH_2O_2 lub H-CO-OH . Występuje w jadzie mrówek (stąd nazwa), pszczoł i innych owadów, także we włoskach pokrzywy. Używany jest do produkcji barwników, w garbarstwie, w medycynie (dezynfekcja), a także produkcji tworzyw sztucznych,
- Kwas octowy $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ lub $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{OH}$. Otrzymywany jest przez utlenianie alkoholu etylowego. Potocznie nazywa się go octem. Jest używany do celów spożywczych oraz do produkcji tworzyw sztucznych, barwników, klejów, rozpuszczalników.

Węglowodany. W świecie roślinnym i zwierzęcym spotykamy substancje, które tworzą liczną i niezwykle ważną grupę związków zwanych węglowodanami.

W skład cząsteczek węglowodanów oprócz węgla i wodoru wchodzi również tlen. Większość węglowodanów odznacza się słodkim smakiem i te nazywane są cukrami. Powszechnie dobrze znanymi węglowodanami są: glikoza (cukier gronowy), sacharoza (cukier buraczany, czyli trzcinyowy), skrobia i celuloza (błonnik).

Glikoza $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ występuje w owocach i miodzie. Stosowana jest w lecznictwie i przemyśle spożywczym. Glikoza wykazuje właściwości redukcyjne.

Sacharoza $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ jest znana z życia codziennego pod nazwą cukru — otrzymywana z buraków lub trzciny cukrowej.

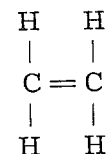
Powstawanie związków wielkocząsteczkowych. Cząsteczki substancji nieorganicznych składają się zwykle z kilku lub kilkunastu atomów, natomiast cząsteczki substancji organicznych mogą być zbudowane nawet z setek tysięcy atomów. Takie cząsteczki są zbudowane z cząstek związku podstawowego, zwanego monomerem. Do monomerów należą: etylen, chlorek winylu, styren itp.

Przez połączenie ze sobą monomerów tworzą się wielkie cząsteczki zwane polimerami. Nazwę polimeru tworzy się przez dodanie poli (wiele) na początku nazwy monomeru np. polietylen (poli — etylen), polistyren itd.

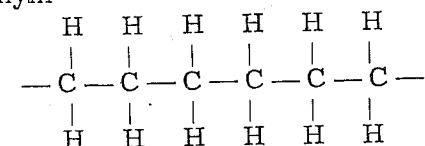
Z polimerów zbudowane są komórki wszystkich żywych organizmów na ziemi. Polimery, jako twory naturalne, znane były ludzkości już od

dawna, mimo, że ich budowa została wyjaśniona stosunkowo niedawno i od niedawna zaczęto je również wytwarzać w sposób sztuczny.

Powstawanie związków wielkocząsteczkowych odbywa się w ten sposób, że w pewnych sprzyjających warunkach (wysokie ciśnienie, podwyższona temperatura i w obecności katalizatorów) następuje rozerwanie podwójnego wiązania pomiędzy atomami węgla, np. w etylenie (C_2H_4)



W atomach węgla powstają wolne wartościowości, wskutek tego cząsteczki etylenu łączą się między sobą, tworząc bardzo długi łańcuch zawierający niekiedy ponad tysiąc atomów węgla. Powstaje polietylen o wzorze strukturalnym



Polimeryzacji ulegają również cząsteczki butadienu. Otrzymuje się w ten sposób kauczuk syntetyczny, który służy do wyrobów artykułów gumowych. Kauczuk naturalny otrzymuje się z soku drzew kauczukowych, których ojczyzną jest Brazylia.

Kauczuk nie rozpuszcza się w wodzie, natomiast w rozpuszczalnikach pęcznieje. Ogrzany do wyższych temperatur staje się lepki, w niskich jest kruchy. Z tych powodów kauczuk przez dłuższy czas nie mógł znaleźć szerszego zastosowania. Dopiero odkrycie w 1893 roku procesu wulkanizacji kauczuku sprawiło, że kauczuk stał się niezwykle ważnym i cennym surowcem.

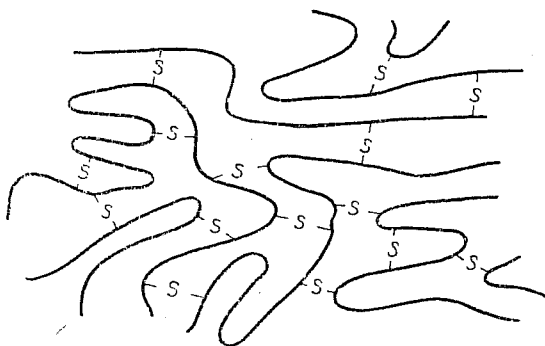
Najczęściej wulkanizuje się kauczuk na gorąco, ogrzewając go z dodatkiem 2–4% siarki. Wulkanizowany kauczuk nazywa się gumą. Guma zaś wykazuje większą elastyczność oraz sprężystość i zachowuje te właściwości w szerszym zakresie temperatur (od 40°C do 120°C) niż kauczuk.

Podczas wulkanizacji kauczuku bardzo długie łańcuchy węglowe zostają połączone za pomocą atomów siarki (rys. 2–6). W ten sposób usieciowany siarką kauczuk, czyli guma staje się bardziej sprężysty.

Podczas rozciągania pozwijane łańcuchy wulkanizowanego kauczuku rozprostowują się, ale połączone atomami siarki nie mogą przesuwać się względem siebie zbyt swobodnie. Po ustaniu działania siły rozciągającej kauczuk wraca do swej poprzedniej postaci.

Polimeryzacja jest reakcją, podczas której nie wydzielają się produkty uboczne. Natomiast proces polikondensacji tym różni się od poli-

meryzacji, że przebiega stopniowo i w czasie tego procesu wydzielają się produkty uboczne, np. woda. Skład chemiczny takiego polikondensatu jest różny od składu chemicznego monomeru.



Rys. 2-6. Kauczuk usieciowany siarką (guma)

Zasady bhp przy przechowywaniu oraz obchodzeniu się z substancjami chemicznymi. Substancje chemiczne, przy nieodpowiednim przechowywaniu, mogą ulegać samoczynnemu niszczeniu na skutek oddziaływania atmosferycznego lub też same niszczyć sprzęt. Należy zwracać szczególną uwagę na związki, które są łatwo palne, wydzielają szkodliwe zapachy lub szybko rozkładają się.

Substancje chemiczne należy przechowywać w pomieszczeniach suchych, dobrze wietrzonych i nie narażonych na bezpośrednie działanie promieni słonecznych.

Kwasy nieorganiczne powinny być przechowywane w szklanych pojemnikach (butlach) zabezpieczonych przed uderzeniami mechanicznymi. W tym celu butle umieszcza się w wiklinowych koszach lub skrzyniach z wiórkami lub słomą. Butle powinny być zamknięte szklanym korkiem z naciągniętym na nie kapturkiem gumowym.

Kwas azotowy można przechowywać w naczyniach aluminiowych lub stalowych niklowanych. Kwas siarkowy — w ołowianych i stalowych.

Benzyne i olej przechowywać można w pojemnikach stalowych lub butelkach o szczelnym zamknięciu.

Podczas obchodzenia się ze środkami żrącymi (mocnymi kwasami) należy szczególnie surowo przestrzegać przepisów bhp. Rozcieńczenie kwasu siarkowego należy przeprowadzać przez dolanie kwasu do wody, a nie odwrotnie ze względu na możliwość jego wybuchu. W pomieszczeniach, gdzie przechowywane są substancje chemiczne łatwo palne oraz w czasie ich używania nie można palić papierosów, gdyż grozi to wybuchem. W pomieszczeniach ze środkami chemicznymi powinny znajdować się gaśnice. Pomieszczenia te powinny mieć dobrą, naturalną wentylację.

W przypadku zapalenia się pojemnika ze związkiem chemicznym należy usunąć z miejsc zagrożonych butle i naczynia z palnymi cieczami

i kwasami. Płomienie należy gasić gaśnicą z dwutlenkiem węgla lub piaskiem i mokrymi ściereczkami nie dopuszczając do rozpryskiwania się palącej cieczy.

Cwiczenia

1. Prawo zachowania masy.
Do szklanej kolby zawierającej około 10 ml roztworu siarczanu miedziowego wstawić ostrożnie małą probówkę zawierającą około 10 ml roztworu wodorotlenku sodowego. Zatkać szczelnie kolbę korkiem kauczukowym i zważyć dokładnie na wadze. Nachylić lekko kolbę, aby roztwory się zmieszały. Co obserwujemy? Zważyć kolbę ponownie po reakcji. Czy masa kolby uległa zmianie? Napisać reakcję.
2. Otrzymywanie kwasu siarkowego.
W cylindrze spalić siarkę. Przykryć cylinder szkiełkiem. Otrzymany dwutlenek siarki przez kilka minut wstrząsać z niezbyt dużą ilością wody. Zanurzyć do wody papierek lakmusowy. Napisać reakcję.
3. Otrzymywanie wodorotlenku wapniowego.
Do probówki z wodą wrzucić trochę tlenku wapniowego. Zawartość probówki silnie wstrząsnąć. Zanurzyć papierek lakmusowy. Napisać reakcję.

Pytania

1. Omówić trzy stany skupienia ciał.
2. Omówić budowę atomu.
3. Czym różni się ciało o budowie krystalicznej od bezpostaciowej?
4. Co nazywamy reakcją chemiczną?
5. Podać przykłady i omówić reakcje syntezy, analizy i wymiany.
6. Co to jest prawo stosunków stałych?
7. Omówić otrzymywanie, właściwości i zastosowanie kwasu siarkowego.
8. Omówić właściwości i zastosowanie zasad.
9. Jak powstają sole?
10. Co to jest dysocjacja elektrolityczna?
11. Jakie elektrolity są mocne, a jakie słabe?
12. Co nazywamy związkami organicznymi?
13. Podać wzór strukturalny metanu i etanu.
14. Omówić otrzymywanie, właściwości i zastosowanie alkoholi i kwasów organicznych.
15. Czym się różni polimeryzacja od polikondensacji?
16. Omówić przepisy bhp dotyczące przechowywania substancji chemicznych.
17. Jak powstaje jon?
18. Omówić na przykładach reakcje egzotermiczne i endotermiczne.
19. Co to jest energia chemiczna?
20. Co to jest prawo stosunków wielokrotnych?
21. Jaki roztwór nazywamy roztworem normalnym?
22. Co oznacza symbol „pH”?
23. Omówić na planszy okresowy układ pierwiastków.
24. Co to jest izomeria?
25. Jak otrzymuje się gumę?

3. METALE I ICH STOPY

3.1. Ogólne wiadomości o metalach i ich stopach

Wszystkie pierwiastki występujące w przyrodzie można podzielić na metale i niemetale. Metale różnią się od niemetali:

- odmiennymi właściwościami chemicznymi; tlenki metali są na ogół bezwodnikami zasad, podczas gdy tlenki niemetali są bezwodnikami kwasów,
- znaczną przewodnością cieplną i dobrą przewodnością elektryczną, malejącą ze wzrostem temperatury; przewodność cieplna i elektryczna jest spowodowana dużą ruchliwością swobodnych elektronów gazu elektronowego.

Oprócz tego większość metali odznacza się w porównaniu z niemetalami:

- silnym połyskiem, czyli dużą zdolnością do odbijania światła,
- znaczną podatnością na odkształcenia plastyczne,
- dobrymi właściwościami mechanicznymi, co wiąże się z dość gęstym ułożeniem rdzeni atomowych w sieci,
- dobrą lejnością, czyli dużą zdolnością do wypełniania w stanie ciekłym form odlewniczych, co wiąże się z małą na ogół lepkością metali w stanie ciekłym.

Czyste metale znajdują zastosowanie przede wszystkim w przemyśle elektrotechnicznym i chemicznym, w przemyśle maszynowym natomiast zastosowanie czystych metali jest małe. Przyczyną jest to, że czyste metale (z nielicznymi wyjątkami) mają gorsze właściwości mechaniczne niż stopy metali. Stopy metali uzyskuje się przez połączenie różnych metali przez ich stopienie, wymieszanie i odlanie. Przez stop rozumie się także połączenia metali, a nawet metali z niemetalami, które mają cechy odpowiadające stanowi niemetalicznemu.

Czyste metale, w porównaniu ze stopami, mają gorsze właściwości odlewnicze (skłonność do rozpuszczania gazów), gorszą obrabialność i mniejszą podatność na wiele zabiegów technologicznych z powodu znacznej miękkości i plastyczności, co wpływa na przywieranie materiału do

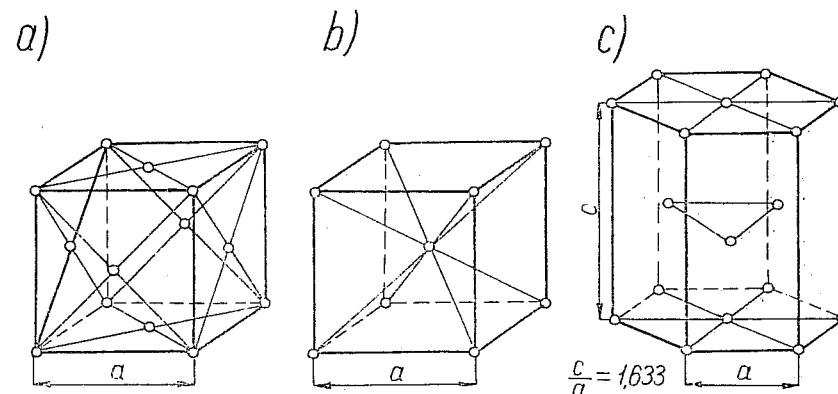
narzędzia i ich topienie się. Czyste metale natomiast odznaczają się większą odpornością na niszczące działanie czynników chemicznych i elektrochemicznych (czyli większą odpornością na korozję) oraz lepszą przewodnością cieplną i elektryczną.

W zależności od sposobu połączenia pierwiastków w stopie, stopy dzielą się na takie, które stanowią roztwór stały składników, stopy w których składniki tworzą mieszaninę mechaniczną oraz stopy w których składniki łączą się ze sobą chemicznie. W zależności od największej zawartości procentowej jednego ze składników stopy dzielą się na stopy: żelaza, miedzi, aluminium itp.

Właściwości stopów zależą od ilości i rodzaju składników w stopie. Np. czysta miedź źle się obrabia metodą skrawania. Dodanie około 1% ołowiu polepsza jej obrabialność, powstaje wtedy łamliwy i kruchy wiór, a powierzchnie obrabiane otrzymuje się czyste bez zadziorów. Innym przykładem może być proces dodawania niewielkiej ilości węgla do żelaza w procesie hutniczym. Otrzymuje się wtedy stop o dobrych właściwościach wytrzymałościowych i dużej twardości, stop taki (stop żelaza z węglem) nazywa się stałą. Właściwości metali i ich stopów można podzielić na fizyczne, chemiczne, mechaniczne i technologiczne.

3.2. Krystaliczna budowa metali i ich stopów

Jedną z charakterystycznych cech metali jest ich budowa krystaliczna (w odróżnieniu od niemetali). Wszystkie metale są zbudowane z atomów, których rozłożenie (w stanie stałym) jest zawsze ściśle określone. Tworzą one regularne układy podobne do brył geometrycznych. Na rys. 3-1 przedstawione są trzy najczęściej występujące sposoby

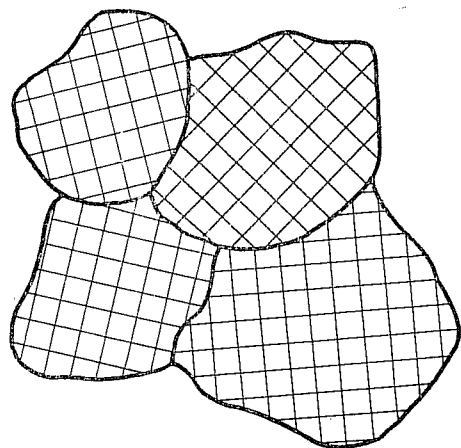


Rys. 3-1. Różne rozmieszczenie atomów w pojedynczej komórce metali: a) komórka płasko centryczna, b) komórka przestrzennie centryczna, c) komórka heksagonalna

ułożenia atomów metali w pojedynczych komórkach. Czyste żelazo w temperaturze do około 900°C ma w swojej komórce atomy rozłożone w wierzchołkach sześciangu i jeden w jego środku (rys. 3-1b). Taką strukturę mają również wolfram i chrom. W temperaturze większej od 900°C żelazo uzyskuje strukturę płasko centryczną. Taką strukturę w zwykłej temperaturze ma aluminium, miedź i inne metale.

Pojedyncze komórki metali są ze sobą połączone i tworzą krystaliczne siatki przestrzenne (patrz rys. 2-2). W stanie ciekłym atomy metalu znajdują się w stanie nieustalonym, w bezładnym ruchu. Podczas stygnięcia metalu ruch atomów zaczyna zanikać, zaczynają się tworzyć w różnych miejscach zwanych ośrodkami krystalizacji — zarodki krystalizacji, a więc metale i ich stopy uzyskują budowę krystaliczną podczas przechodzenia ze stanu ciekłego w stan stały. Od ośrodków krystalizacji zaczynają się rozrastać kryształy dotąd dopóki cały metal nie przejdzie w stan stały.

Podczas rozrastania, kryształy zaczynają stykać się ze sobą, cisną na siebie i tracą swój regularny kształt (rys. 3-2). Powstałe w ten sposób

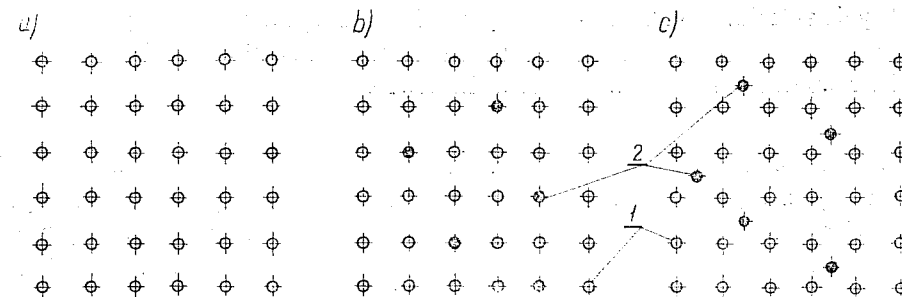


Rys. 3-2. Orientacje krystalograficzne ziarn w metalu

kryształy mają kształt nieregularny i nazywane są ziarnami. Im więcej jest ośrodków krystalizacji, tym ziarna są drobniejsze, struktura metalu jest bardziej zwarta i ścisła, a więc bardziej wytrzymała.

Sposób powstawania stopów metali wyjaśnia rysunek 3-3. Metal w stanie czystym miał strukturę przedstawioną na rysunku 3-3a. Jeżeli doda się do niego pierwiastek stopowy (kółka zacienione) to składnik zwany metalem rozpuszczalnikiem zachowuje swoją sieć przestrzenną, a atomy drugiego składnika — rozpuszczonego — rozmieszczone są w sieci metalu rozpuszczalnika w sposób nie uporządkowany. Atomy pierwiastka rozpuszczonego mogą być rozmieszczone w węzłach sieci przestrzennej metalu rozpuszczalnika (tzw. roztwory różnowęzłowe) lub w wolnych przestrzeniach międzywęzłowych (tzw.

roztwory międzywęzłowe). Rys. 3-3 przedstawia schematycznie strukturę roztworu stałego.



Rys. 3-3. Schematy struktury roztworu stałego: a) czysty metal, b) roztwór stały różnowęzłowy, c) roztwór stały międzywęzłowy; 1 — atomy metalu rozpuszczalnika, 2 — atomy metalu rozpuszczonego

3.3. Właściwości fizyczne metali i ich stopów

Do właściwości fizycznych zalicza się: gęstość, temperaturę topnienia, rozszerzalność cieplną, przewodność cieplną i elektryczną, właściwości magnetyczne, wygląd zewnętrzny oraz właściwości mechaniczne, które dzielimy na właściwości wytrzymałościowe i twardość.

Gęstość. Gęstość wszystkich substancji była dotychczas wyrażana najczęściej w g/cm^3 lub t/m^3 i w jednostkach pochodnych. Obecnie, według Międzynarodowego Układu Jednostek Miar SI, gęstość wyraża się w kg/m^3 lub w t/m^3 . Wzajemna zależność jest tu następująca:

$$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ t/m}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Gęstość metali i ich stopów różni się znacznie od siebie i dlatego w zależności od gęstości dzieli się je na metale (i stopy) lekkie, o gęstości do 5 t/m^3 i ciężkie — powyżej 5 t/m^3 . Do grupy metali lekkich należą np. aluminium ($2,7 \text{ t/m}^3$) i magnez ($1,7 \text{ t/m}^3$), a do ciężkich np. żelazo ($7,2 \text{ t/m}^3$), miedź ($8,9 \text{ t/m}^3$), ołów ($11,3 \text{ t/m}^3$). Znajac gęstość metalu lub stopu można na podstawie wymiarów części podanych na rysunku technicznym obliczyć jego ciężar.

Temperatura topnienia. Temperatura topnienia jest to taka temperatura, w której dane ciało przechodzi ze stanu stałego w stan ciekły. Dotąd temperaturę wyrażano w stopniach Celsjusza (C). Obecnie w układzie SI stosuje się skalę bezwzględną w kelwinach (K), według której zero stopni Celsjusza odpowiada 273 K.

Metale czyste mają stałą temperaturę topnienia i w zależności od niej dzielimy je na łatwo topliwe (cyna, ołów), trudno topliwe (żelazo, chrom, nikiel, platyna) i bardzo trudno topliwe (molibden, wolfram). Tem-

peratura topnienia stopów, które składają się z kilku pierwiastków, nie jest ściśle określona ze względu na różne temperatury topnienia poszczególnych składników. Temperaturę topnienia stopów ustala się w pewnych zakresach. Znajomość temperatury topnienia metali i stopów jest szczególnie ważna w hutnictwie i spawalnictwie.

Rozszerzalność cieplna. Rozszerzalność cieplna jest to zjawisko, które powoduje zwiększenie wymiarów ciała pod wpływem przyrostu temperatury (i odwrotnie przy ochładzaniu). Skutki tego zjawiska uwzględnia się przy konstruowaniu elementów maszyn, które pracują w zmiennych temperaturach oraz przy konstrukcji dokładnych przyrządów pomiarowych, również i przy konstrukcji zegarów.

W większości przyrządów problem ten rozwiązuje się w ten sposób, że dodaje się do układu pomiarowego — kompensator cieplny. Kompensator działa na takiej zasadzie, jak np. płytka bimetalowa wykonana z dwóch materiałów o różnej rozszerzalności cieplnej. Przyrost temperatury powoduje wyginanie jej w jedną stronę, chłodzenie — wyginanie w drugą. Zjawiska rozszerzalności cieplnej wykorzystywane są w procesach technologicznych, np. przy połączeniach skurczowych. Ogrzanie pierścienia metalowego cienkościennego powoduje wzrost średnicy wewnętrznej i zewnętrznej. Po założeniu na wałek (który nie był podgrzany) i ochłodzeniu pierścienia bardzo mocno zaciska się na nim.

Ze stopów o małej rozszerzalności cieplnej wykonuje się elementy narzędzi i przyrządów pomiarowych.

Przewodność cieplna. Przewodność cieplna — zdolność przewodzenia ciepła — jest jedną z bardziej charakterystycznych cech metali. Metale szybko nagrzewają się i szybko oddają ciepło. Znajomość przewodności cieplnej metali ma bardzo duże znaczenie w budowie maszyn, zwłaszcza w konstruowaniu części narażonych na zmiany temperatury i w obróbce cieplnej.

Najlepszymi przewodnikami ciepła są srebro, miedź, aluminium; najgorszymi — ołów, bizmut i nowe srebro.

Przewodność elektryczna. Przewodność elektryczna jest to zdolność przewodzenia prądu elektrycznego. Najlepszymi przewodnikami są metale, które posiadają na ostatniej orbicie najmniej wolnych elektronów (łatwo mogą oderwać się od jądra i utworzyć tzw. chmurę elektronową). Do nich należą: miedź, aluminium oraz niektóre stopy.

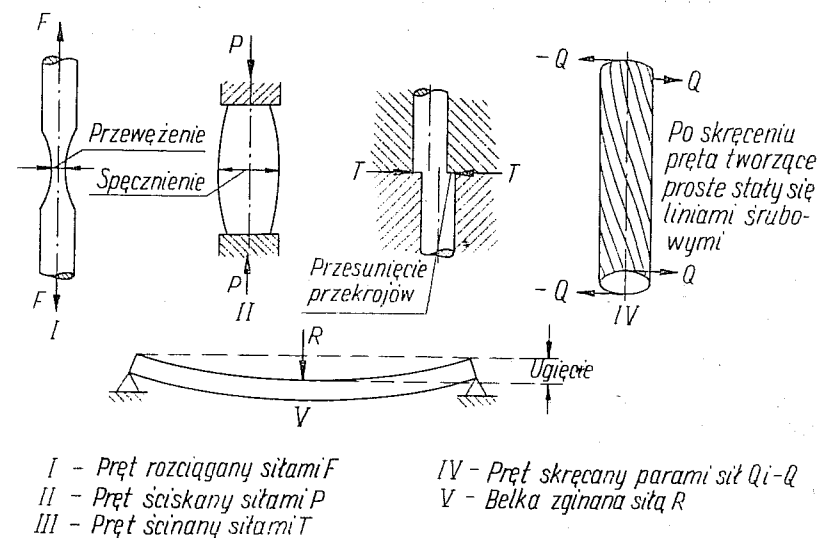
Z dobrych przewodników wykonuje się np. przewody elektryczne. Metale źle przewodzące prąd wykorzystywane są w konstrukcji grzejników (spirale grzejne) lub żarówek. Zwykle przewodność elektryczna metali idzie w parze z ich przewodnością cieplną, a więc metale prze-

wodzące dobrze prąd elektryczny są również dobrymi przewodnikami ciepła i odwrotnie.

Właściwości magnetyczne. Właściwości magnetyczne metali polegają na zdolności ich magnesowania się. Najlepsze właściwości magnetyczne ma stal oraz żelazo i nikiel. Właściwości magnetyczne metali wykorzystuje się w praktyce np. do budowy elektromagnesów, często stosowanych do napędu w zegarach elektrycznych.

Właściwości mechaniczne metali i stopów

Właściwości wytrzymałościowe. Do właściwości wytrzymałościowych metali i stopów zalicza się wytrzymałość na rozciąganie, ściskanie, zginanie i wytrzymałość zmęczeniową. Wytrzymałość metali jest to zdolność do przeciwstawiania się zmianom kształtu pod wpływem sił zewnętrznych. Na przedmiot mogą działać siły rozciągające, ściskające itp. (patrz rys. 3-4), które powodują różne odkształcenia materiału.



Rys. 3-4. Rodzaje obciążeń i odkształceń

Badania wytrzymałościowe przeprowadza się na specjalnych maszynach wytrzymałościowych, w ściśle określonych warunkach i na próbkach o znormalizowanych kształtach i wymiarach.

Rodzaje odkształceń i naprężeń. Jeżeli ciało nie ulega deformacji pod działaniem sił zewnętrznych to odkształcenie nazywamy sprężystym. Natomiast jeżeli ciało uległo deformacji po usunięciu działania siły zewnętrznej, mówimy, że mamy do czynienia z odkształceniem trwałym, plastycznym.

Naprężenie δ jest to stosunek siły P przypadającej na daną powierzchnię S

$$\delta = \frac{P}{S}$$

Miarą naprężenia w układzie jednostek SI jest 1 N/m^2 lub MN/m^2 . W dotychczas jeszcze stosowanym technicznym układzie jednostek naprężenie δ określone jest siłą wewnętrzną 1 kG przypadającą na 1 cm^2 pola przekroju, czyli 1 kG/cm^2

$$1 \text{ kG/cm}^2 = \frac{9,80665 \text{ N}}{10^{-4} \text{ m}^2} = 98066,5 \text{ N/m}^2 \approx 0,1 \text{ MN/m}^2$$

Naprężenia mogą być normalne lub styczne do przekroju, na który działają siły. Przy rozrywaniu, ściskaniu i wyboczeniu występują naprężenia normalne, natomiast przy ściskaniu i skręcaniu występują naprężenia styczne.

Dla ciał doskonale sprężystych obowiązujące jest prawo Hooke'a, które mówi, że naprężenie δ jest proporcjonalne do odkształcenia

$$\delta = E \cdot \varepsilon$$

gdzie: δ — naprężenie,

ε — wydłużenie względne $\frac{\Delta l}{l}$

E — moduł sprężystości przy rozciąganiu.

Zarówno δ i E są mierzone w N/m^2 lub bywają jeszcze wyrażane w kG/cm^2 .

Przy ścinaniu odkształcenie spowodowane jest siłą poprzeczną działającą stycznie. Odkształcenie postaciowe jest proporcjonalne do naprężenia stycznego T

$$T = G \cdot \gamma$$

gdzie: γ — odkształcenie

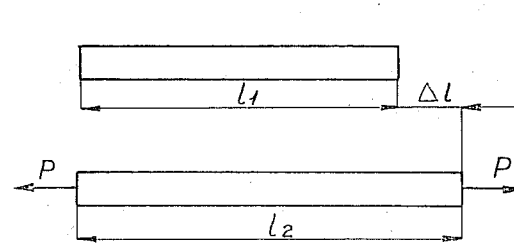
T — naprężenie styczne w N/m^2

G — moduł odkształcenia postaciowego N/m^2

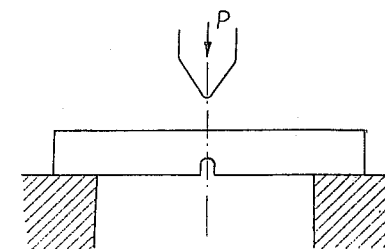
Moduł odkształcenia postaciowego i naprężenie styczne można również wyrażać w kG/cm^2 . Odwrotność G nazywamy podatnością na ścinanie.

Wydłużeniem materiału poddanego rozciąganiu nazywa się różnicę między wymiarem po przyłożeniu sił rozciągających (l_2), a wymiarem przedmiotu w stanie spoczynku (l_1). Wydłużenie bezwzględne $\Delta l = l_2 - l_1$ (rys. 3-5).

Wydłużenie względne jest to stosunek wartości bezwzględnej do wartości początkowej i podawane jest w procentach



Rys. 3-5. Wydłużenie materiału po przyłożeniu sił rozciągających P

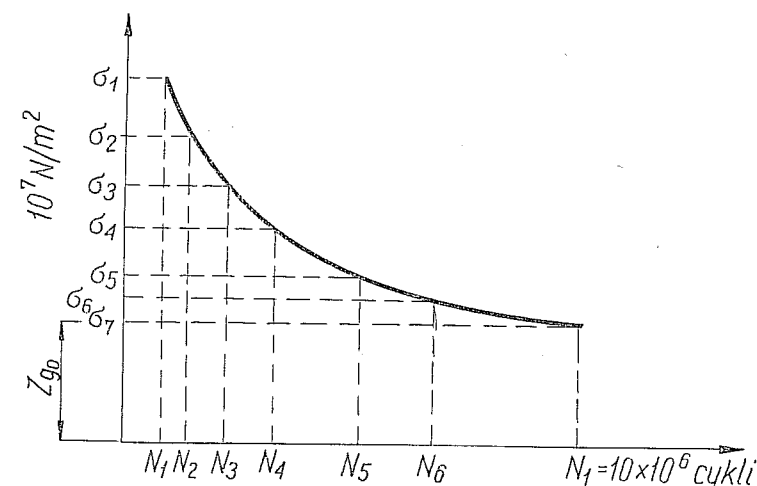


Rys. 3-6. Schemat pomiaru udarowości

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_1} = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \cdot 100\%$$

Udarowość. Udarowość jest to odporność materiału na złamanie za pomocą jednego uderzenia. Próby udarowości przeprowadza się na młocie wahadłowym typu Charpy'ego i na specjalnych próbkach z karbem lub bez karbu (rys. 3-6).

Wytrzymałość zmęczeniowa. Wytrzymałością na zmęczenie nazywamy takie największe naprężenie zmienne, przy którym materiał nie ulega zniszczeniu przy N -krotnej ilości zmian tego naprężenia. Np. liczba zmian cykli N dla stali wynosi $10 \cdot 10^6$, a dla metali nieżelaznych od $(50 \div 100) \cdot 10^6$. Badania wytrzymałości na zmęczenie dokonuje się za pomocą specjalnych maszyn, gdyż wytrzymałość na zmęczenie określa się zawsze doświadczalnie, biorąc kilka lub kilkanaście próbek i obciążając każdą kolejno malejącymi naprężeniami. Wynik nanosimy na wykres kreśląc tzw. krzywą Wöhlera (rys. 3-7). Wynik na-

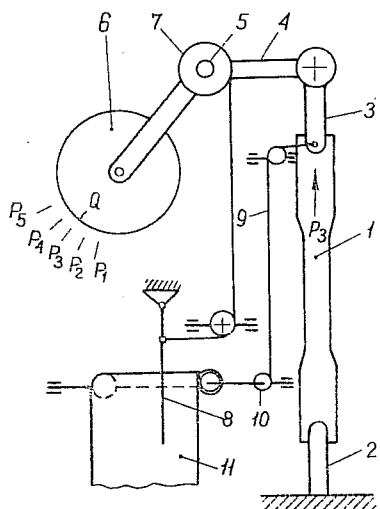


Rys. 3-7. Krzywa Wöhlera δ — naprężenia, N — liczba cykli zmian naprężenia, Z_{g0} — wytrzymałość na zmęczenie (odpowiada 10^7 ilości cykli)

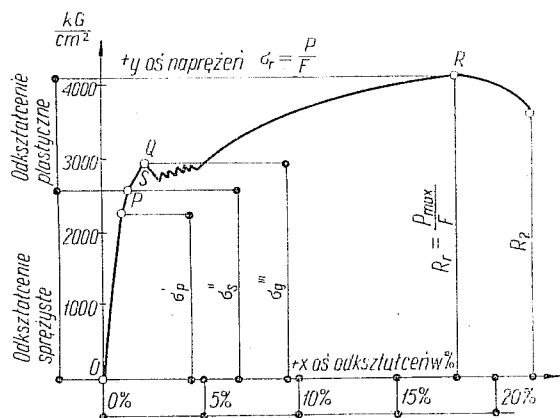
nosimy wtedy (liczbę cykli przy stałym naprężeniu), gdy próbka ulegnie zniszczeniu (rozerwaniu).

Naprężenia w czasie doświadczenia zmieniają się w ten sposób, że próbka jest na przemian np. rozciągana i ściskana. Przedmioty o powierzchni gładkiej, polerowanej są bardziej odporne na zmęczenie niż przedmioty chropowate z nacięciami lub korbami.

Wytrzymałość na rozciąganie. Jedną z ważnych prób wytrzymałościowych jest próba na rozrywanie. Badanie materiałów na rozciąganie przeprowadza się na maszynach zwanych zrywarkami. Schematycznie zasadę działania zrywarki przedstawia rys. 3-8.



Rys. 3-8. Schemat działania zrywarki



Rys. 3-9. Wykres rozciągania stali miękkiej

Próbka 1 o specjalnym kształcie (w połowie długości jest wykonana przewężka) zamocowana jest w dwóch uchwytach: stałym 2 i ruchomym 3. Uchwyt 3 przymocowany jest do belki 4, która może obracać się na osi 5. Na drugim końcu belki umieszczony jest ciężar 6 o masie Q . Zmianę siły P działającej na próbkę uzyskuje się przez różne kątowe wychylenie ciężaru.

Po przyłożeniu siły P próbka zaczyna się wydłużać. Poprzez zespół kółek nić 9 obraca kółko 10 i przesuwają taśmę rejestratora 11. Kółko 7 obraca się razem z belką 4 i rysik 8 rysuje na papierze wykres rozciągania: wydłużenia bezwzględne próbki 1 w funkcji siły rozciągającej P .

Zrywarki posiadają urządzenie rejestrujące każdorazowo wielkość siły chwilowej w zależności od wydłużenia próbki. Wykres otrzymujemy na papierze 11 nawiniętym na bęben.

Do otrzymanego wykresu dorysowujemy oś rzędnych i odciętych i wtedy posiadamy obraz graficzny funkcji wyrażającej zależność mię-

dzy siłą zewnętrzną a odkształceniem próbki. Taki wykres rozciągania stali miękkiej przedstawia rys. 3-9.

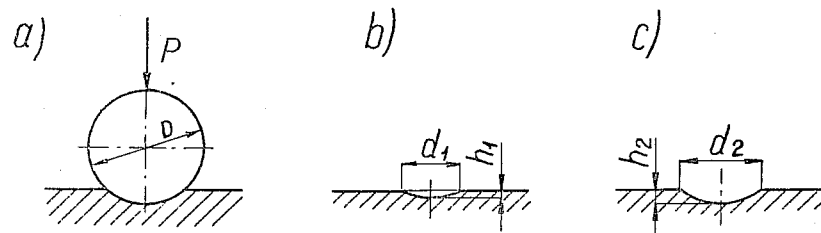
Odcinek OP jest linią prostą, co oznacza, że na tym odcinku naprężenia są wprost proporcjonalne do wydłużeń. Punkt P nazywa się granicą proporcjonalności, to znaczy naprężenia są jeszcze proporcjonalne do odkształceń. Punkt S nazywa się granicą sprężystości. Przekroczenie punktu S powoduje odkształcenie trwałe materiału. Praktycznie granica sprężystości pokrywa się prawie z granicą proporcjonalności.

Punkt Q nazywa się granicą plastyczności. Przekroczenie punktu Q powoduje płynięcie próbki, tj. duże odkształcenie nieproporcjonalne do naprężenia. Punkt R nazywa się wytrzymałością doraźną. Po przekroczeniu naprężeń odpowiadających punktowi R następuje zniszczenie próbki, to znaczy jej zerwanie.

Wytrzymałość doraźna określona doświadczalnie nie może być brana do obliczeń wytrzymałościowych. W obliczeniach tych operuje się naprężeniem dopuszczalnym k_r , które jest kilkakrotnie mniejsze od naprężenia doraźnego R_r . Naprężenie dopuszczalne k_r nie może przekroczyć granicy proporcjonalności. Dla innych rodzajów naprężeń wprowadzamy również naprężenie dopuszczalne k z odpowiednim indeksem wskazującym na rodzaj naprężenia. Naprężenie dopuszczalne dla: rozrywania — k_r , ściskania — k_c , ścinania — k_t , skręcania k_s , zginania — k_g .

Badanie twardości metali. Twardością metali nazywa się opór jaki stawia materiał przy wciskaniu w niego innego materiału, lub opór jaki stawia przy próbie zarysowania go ostrzem. Znajomość twardości metali ma duże znaczenie przy stosowaniu ich na części maszyn oraz przy doborze metody obróbki materiałów. Materiał twardy będzie się na ogół (z wyjątkiem żeliwa) o wiele gorzej skrawał od materiału miękkiego. Między twardością materiału i jego wytrzymałością na rozciąganie istnieje również proporcjonalność.

Próby twardości przeprowadza się różnymi metodami. Do najczęściej stosowanych należy metoda Brinella, Rockwella i Vickersa. Próba twardości metodą Brinella, polega na wgniataniu twardej, hartowanej kulki stalowej o określonej średnicy D w płaską i możliwie gładką powierzchnię próbki — rys. 3-10. Im materiał będzie miększy tym kulka będzie



Rys. 3-10. Pomiar twardości metodą Brinella: a) schemat, b) odcisk w materiale twardym, c) odcisk w materiale miękkim

się więcej wgłębiała. Twardość w stopniach Brinella oznacza się przez HB i oblicza się ze wzoru

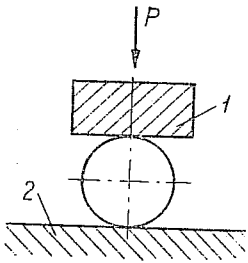
$$HB = \frac{P}{S}$$

gdzie P — jest to siła docisku kulki do powierzchni badanej,

S — powierzchnia odcisku — powierzchnia czaszy kulistej, która powstała w materiale.

Powierzchnię tę można łatwo obliczyć ze wzoru znając wartość d i D (d — średnica odcisku).

W zależności od twardości badanego materiału stosuje się kulki o różnych średnicach i różne naciski. Twardość HB można również określić w przybliżeniu (często stosuje się to w praktyce warsztatowej) za pomocą młotka „Poldi”. Zasada działania młotka polega na tym, że kulkę, która znajduje się w specjalnej oprawce uderza się młotkiem poprzez płytkę wzorcową 1 (rys. 3-11). Twardość określa się poprzez porów-

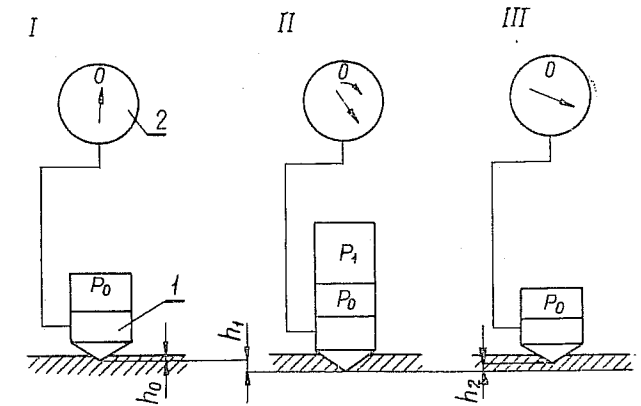


Rys. 3-11. Zasada działania młotka „Poldi”: 1 — płytka wzorcowa, 2 — badany materiał

nianie wielkości odcisku na badanym materiale 2 z odciskiem na płytce wzorcowej 1, której twardość jest znana.

Próba badania twardości metodą Rockwella polega na wciskaniu w badany materiał z określoną siłą stożka diamentowego o kącie wierzchołkowym 120° , za pomocą specjalnego przyrządu zwanego twardościomierzem. Pomiar twardości metodą Rockwella polega na dwustopniowym wciskaniu stożka w płaską i gładką powierzchnię badanego przedmiotu. Kolejne fazy pomiaru HR są następujące (rys. 3-12).

- I. Obciążenie wstępne siłą P_0 . Stożek 1 zagłębia się w materiał na głębokość h_0 . Stożek połączony jest z czujnikiem 2 o działce elementarnej 0,002 mm (2 μ m). Czujnik po zagłębieniu się stożka w materiał ustawiany jest w położeniu zerowym.
- II. Do obciążenia wstępnego P_0 dodaje się obciążenie główne P_1 . Stożek od położenia zerowego (h_0) zagłębia się w materiał na głębokość h_1 .
- III. Zdejmuje się obciążenie główne P_1 . Na skutek sprężystego oddziaływania materiału, stożek unosi się do góry o wartość h_2 . Różnica $h = h_1 - h_2$ jest podstawą do określenia twardości materiału.



Rys. 3-12. Schematyczne przedstawienie zasady pomiaru twardości HRC

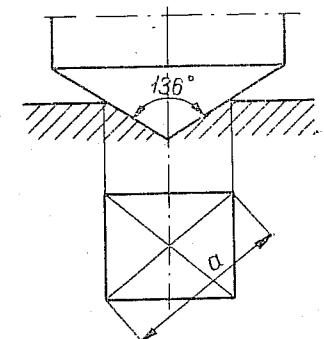
Twardość Rockwella HRC przy pomiarze stożkowym nazywa się różnicą

$$HRC = 100 - \frac{h}{0,002}$$

Twardość Rockwella można mierzyć kulką (zamiast stożka), którą podobnie jak stożek wciska się w trzech fazach w badany materiał. Twardość Rockwella przy pomiarze kulką oznacza się HRB

$$HRB = 130 - \frac{h}{0,002}$$

Inną metodą jest pomiar twardości metodą Vickersa. Metoda Vickersa różni się od metody Rockwella tym, że zamiast stożka diamentowego w badany materiał wciska się ostrosłup diamentowy o podstawie kwadratowej i kącie wierzchołkowym 136° . Odcisk w badanym materiale otrzymuje się o zarysie kwadratowym. Pomiar twardości odbywa się przez zmierzenie przekątnej a odcisku (rys. 3-13) i odczytanie twardości z tablicy. Twardość Vickersa oznacza się przez HV.



Rys. 3-13. Schemat pomiaru twardości HV

W tabeli 4 porównano skalę twardości Rockwella (HRC) ze skalą Brinella (HB).

TABELA 4

Porównanie skali twardości Rockwella (HRC) ze skalą Brinella (HB) przy obciążeniu 150 kG (ok. 1500 N)

HRC	HB	HRC	HB	HRC	HB	HRC	HB	HRC	HB	HRC	HB
20	216	28	265	36	331	44	414	52	506	60	607
21	222	29	272	37	340	45	425	53	518	61	621
22	228	30	280	38	350	46	436	54	530	62	635
23	234	31	288	39	360	47	447	55	542	63	650
24	240	32	296	40	377	48	458	56	555	64	665
25	246	33	304	41	381	49	470	57	568	65	682
26	252	34	313	42	392	50	482	58	581		
27	258	35	322	43	403	51	494	59	594		

3.4. Właściwości technologiczne metali i ich stopów

Właściwością technologiczną metali i ich stopów nazywa się ich podatność do przeróbki w wyniku której otrzymuje się przedmiot o żądanych kształtach i wymiarach. Do właściwości technologicznych zalicza się skrawalność, ścieralność, lejność i plastyczność.

Skrawalność. Jest to podatność materiału do obróbki skrawaniem. Materiały twarde, źle się skrawają i szybko tępią narzędzia skrawające. Materiały zbyt miękkie również nie odznaczają się dobrą skrawalnością, gdyż zalepiają ostrza narzędzi skrawających. Często przy skrawaniu takich materiałów powstają wióry ciągłe, które uniemożliwiają obróbkę, szczególnie na automatach tokarskich. Z tych względów, do takich materiałów dodaje się odpowiednie dodatki stopowe, które powodują, że wiór jest kruchy i łamliwy, np. do mosiądzu dodaje się około 1% ołowiu.

Dobrą skrawalnością odznacza się taki metal, który:

- możemy obrabiać przy minimalnym zapotrzebowaniu mocy,
- umożliwia długie zachowanie zdolności skrawania przez ostrza narzędzi,
- daje wystarczająco gładką powierzchnię.

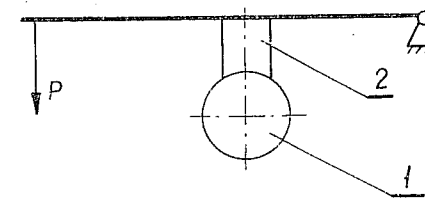
Ścieralność. Ścieralnością nazywamy stopień zużycia powierzchni trącej, wyrażony ilością ubytku metalu badanej części w ściśle określonych warunkach technicznych i w czasie.

Badanie ścieralności przeprowadza się trzema metodami: Amslera, Timkena i Sawina.

Metoda Amslera polega na badaniu ścieralności nieruchomej próbki o specjalnym kształcie, która współpracuje z powierzchnią obroto-

wej tarczy. Próbka jest dociskana do tarczy z odpowiednią siłą. Ścieralność określamy przez ubytek wagowy badanej próbki.

Metoda Timkena polega na badaniu ubytku ciężaru krążka i współpracującej przeciwpróbki (rys. 3-14).



Rys. 3-14. Schemat próby ścieralności metodą Timkena: 1 — krążek (próbka), 2 — przeciwpróbka

Metoda Sawina polega na określeniu objętości metalu startego z próbki, o którą tarł krążek z węglików spiekanych o średnicy 35 mm i szerokości 3 mm. Krążek wykonuje w czasie próby 3000 obr/min. Czas trwania próby 200 sekund.

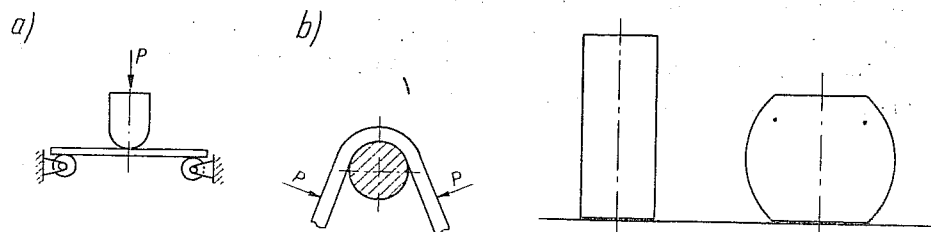
Ścieralność jest jednocześnie oprócz właściwości technologicznej również cechą użytkową materiału.

Lejność. Lejność jest to właściwość materiału polegająca na dobrym wypełnianiu form roztopionym materiałem i otrzymaniem dobrego odlewu lub wypraski (szczególnie przy przeróbce tworzyw sztucznych). Lejność materiału zależy od szeregu czynników, takich jak: rzadkość roztopionego metalu (lub jego stopu), ilość rozpuszczonych i wydzielanych gazów podczas wypełniania formy, rodzaj składników stopowych itp.

Plastyczność. Plastyczność jest to podatność materiału na zmianę kształtu (deformację) podczas kucia, prasowania, walcowania lub tłoczenia. Materiały miękkie są plastyczne na zimno, twarde — zwiększają swoją plastyczność przy nagrzewaniu, a materiały twarde i kruche nie mogą być poddawane przeróbce plastycznej, gdyż szybko pękają (ulegają zniszczeniu).

Próby technologiczne. Próby technologiczne mają na celu oznaczenie podatności materiału do przeróbki określonymi sposobami technologicznymi, w wyniku których mamy otrzymać żądany wyrób. Próby te są zwykle dosyć proste i możliwe do wykonania w zwykłych warunkach warsztatowych. Do najbardziej rozpowszechnionych należą próby zginania, kucia (lub spęczania), tłoczenia i próba hartowności.

Próba zginania lub zaginania może odbywać się na zimno lub na gorąco. Ma ona na celu określenie przydatności metalu na wyroby, które podczas ich wytwarzania ulegają wyginaniu. Wykonuje się ją przez umieszczenie materiału na dwóch podporach i wyginanie go za pomocą nacisku materiału albo zginanie dookoła sworznia (rys. 3-15). Do cien-



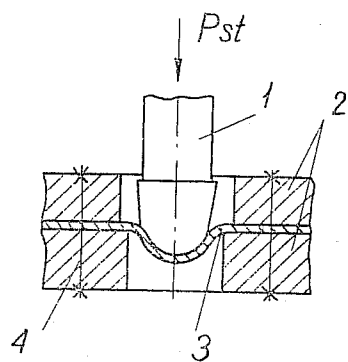
Ryc. 3-15. Próba zginania: a) na podporach, b) dookoła sworznia

Rys. 3-16. Próba spęczania

kich blach i drutów stosuje się często próbę przeginania wielokrotnego, polegającą na równomiernym przeginaniu materiału zamocowanego w imadle raz w jedną a raz w drugą stronę ($+90^\circ \div -90^\circ$). Jeżeli po ustalonej liczbie przegięć (określa to norma PN-57/M-04408) materiał nie wykazuje pęknięć, to uważamy go za dobry.

Próbie kucia lub spęczania na zimno stosuje się do materiałów przeznaczonych na nity, śruby, sworznie itp. Próbkę ustawia się w położeniu pionowym na kowadle młota albo prasy i za pomocą uderzeń w czoło próbki zmniejsza się jej wysokość do określonego wymiaru wskutek czego próbka staje się beczkowata (rys. 3-16). Materiał uważamy za dobry, jeżeli na bocznej powierzchni próbki nie powstają pęknięcia.

Próba tłoczności określa stopień przydatności blach i taśm do głębokiego tłoczenia. Do próby tej potrzebna jest specjalna matryca z tłokiem, a próbę można przeprowadzić na małej prasie warsztatowej (rys. 3-17).



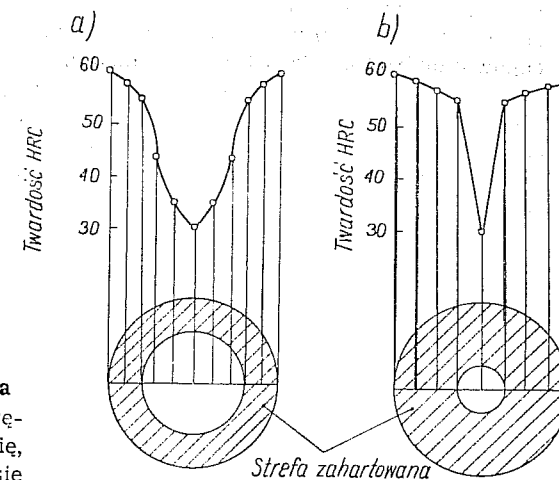
Rys. 3-17. Próba tłoczności blach: P_{st} — siła statyczna wywierana za pomocą prasy; 1 — tłok, 2 — matryca, 3 — badany materiał, 4 — śruby skręcające

O stopniu tłoczności blachy sędzimy według głębokości wytłoczonego tłoczniem wgłębienia, gdy nastąpiło pierwsze pęknięcie.

Próba hartowności. Jedną z ważniejszych prób technologicznych stali jest badanie jej hartowności. Hartowność stali jest zależna od składu chemicznego, od szybkości chłodzenia i od substancji chłodzącej (olej, woda lub powietrze), od struktury materiału (wielkości ziaren), rodzaju

i ilości dodatków stopowych itp. Najprostszy sposób sprawdzania hartowności stali polega na badaniu jej przełomu.

Po zahartowaniu próbkę łamie się. Część zahartowana stali jest jaśniejsza i odcina się wyraźnie na przełomie od części niezahartowanej. Na rys. 3-18 podano wykresy twardości stali płytko i głęboko hartującej się.



Rys. 3-18. Wykresy twardości na przekroju zahartowanych prętów: a) stal płytko hartująca się, b) stal głęboko hartująca się

Pokazy

1. Pokaz modelu obrazującego zasadę krystalicznej budowy metali i ich stopów oraz rozmieszczenie atomów w stopie metalu tworzącym roztwór stały.
2. Pokaz pomiaru twardości metali za pomocą młotka „Poldi”.
3. Pokaz pomiaru twardości metodą Rockwella, Vickersa i Brinella.
4. Pokaz próbki zniszczonej na skutek zmęczenia materiału.
5. Pokaz przełomu próbek stalowych płytko i głęboko hartujących się. Wskazać głębokość zahartowania każdej próbki.
6. Pokaz toczenia pręta wykonanego z mosiądzu M58 i MO58 (z dodatkiem ołowiu) na tokarce zegarmistrzowskiej. Wskazać różnice między wiórami i jakością otrzymanych powierzchni.

Ćwiczenia

1. Obliczyć najmniejszą średnicę d pręta stalowego, jeżeli jest on rozciągany siłą osiową $P=20$ kG, wiedząc, że dopuszczalne naprężenie dla stali wynosi $k_r=10$ kG/mm².
2. Obliczyć naprężenie w drucie stalowym o średnicy 0,3 mm rozciąganego siłą 50 kG. Czy drut ulegnie zerwaniu (patrz rys. 3-9)?
3. Zbadać twardość płytki stalowej o grubości 10 mm nie obrabianej cieplnie. Jaką metodą najlepiej zbadać tę twardość?
4. Na zrywarce wykonać wykres rozciągania dla stali niskowęglowej.

Pytania

1. Wymienić najważniejsze różnice między metalami i niemetalami.
2. Dlaczego czyste metale są rzadko stosowane w zegarmistrzostwie?

3. Co zaliczamy do właściwości fizycznych metali?
4. Czym różni się temperatura topnienia stopu od temperatury topnienia czystego metalu?
5. Do czego służy kompensator cieplny?
6. Od czego zależy przewodność cieplna i elektryczna metali?
7. Jak można podzielić właściwości wytrzymałościowe metali?
8. Omówić prawo Hooke'a.
9. Omówić (na planszy) wykres rozciągania stali miękkiej.
10. Omówić metody pomiaru twardości metali.
11. Omówić właściwości technologiczne metali i stopów.
12. Do czego służą próby technologiczne? Omówić najważniejsze próby.
13. Omówić krystaliczną budowę metali i ich stopów.
14. W jaki sposób powstaje budowa krystaliczna metali?
15. Co nazywamy wytrzymałością zmęczeniową i jak się ją określa?

4. STOPY ŻELAZA Z WĘGLEM

4.1. Otrzymywanie surówek żelaza

Surówka jest to stop żelaza z węglem o zawartości 3÷4,5% węgla. Surówki otrzymuje się z rud żelaza w piecach hutniczych. W zależności od procentowej zawartości żelaza rudy posiadają swoje nazwy. Do głównych rud żelaza należą: magnezyt, hematyt, limonit i syderyt.

Magnezyt zawiera najwięcej czystego żelaza (60÷70%) występuje na Uralu, w Szwecji i USA. Hematyt zawiera 40÷55% żelaza, występuje w ZSRR, USA i Maroku. Limonit zawierający 20÷45% żelaza jest najbardziej rozpowszechnioną rudą. Występuje w Polsce w okręgu częstochowskim i radomsko-kieleckim oraz we Francji. Syderyt zawierający 25÷40% żelaza występuje również w Polsce.

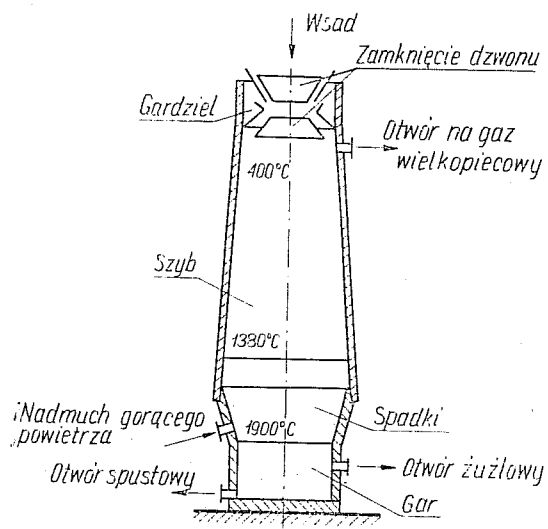
Rudy, które posiadają mniej niż 45% czystego żelaza (a więc wszystkie rudy krajowe) podlegają sztucznemu wzbogaceniu, polegającemu na wstępnym oczyszczeniu rud z domieszek skalnych, najczęściej metodą elektromagnetyczną.

Otrzymywanie surówek z rud odbywa się w piecach hutniczych zwanych wielkimi piecami. Do wyrobu surówki oprócz rudy potrzebne są jeszcze materiały wsadowe: koks i topniki. Koks służy do wytworzenia wysokiej temperatury. Topniki mają za zadanie oddzielenie zanieczyszczeń niemetalicznych od surówki.

Na rys. 4-1 przedstawiono schemat wielkiego pieca. Piece mają wysokość od 35 metrów i średnicę od 2 do 8 metrów, są one ładowane od góry przez otwór zasypowy. Produkcja w wielkim piecu odbywa się w sposób ciągły i trwa bez przerwy 2-3 lata, potem piec poddaje się remontowi.

W ciągu jednej doby piec zużywa do 5 pociągów materiałów wsadowych, które są ładowane od góry poprzez układ dzwonowy. Gorące spaliny zwane „gazem wielkopieczowym” odprowadza się na zewnątrz. Służą one do nagrzewania powietrza do ok. 800°C, które wprowadza się od dołu pieca. Jest ono niezbędne do przebiegu procesu otrzymywania surówki (procesu wielkopieczowego).

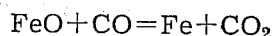
W górnej części gara znajduje się otwór do usuwania pływającego żużla po powierzchni stopionej surówki. Przez otwór spustowy w dalszej



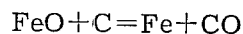
Rys. 4-1. Schemat wielkiego pieca

części gara dokonuje się co kilkanaście godzin spustu surówki. Piec jest do połowy gara wypełniony materiałami wsadowymi ułożonymi warstwami: warstwa koksu, warstwa rudy i warstwa topników.

W piecu zachodzą dwa rodzaje redukcji (odłączenia). W połowie szybu znajduje się dużo tlenku węgla CO, który ma silne właściwości odtleniające i odbiera tlen z rudy; zachodzi wtedy reakcja



W dolnej części zachodzi redukcja bezpośrednia, która polega na łączeniu się tlenu zawartego w rudzie z węglem zawartym w koksie



Czyste żelazo stopniowo ulega nawęgleniu i opada na dno gara. W garze roztopione żelazo rozpuszcza w sobie krzem, mangan oraz niewielkie ilości siarki i fosforu. Z wielkiego pieca otrzymuje się nie żelazo, lecz jego stop z węglem i innymi domieszkami — zwany surówką żelazową oraz żużel i gaz wielkopiecowy.

Surówka zawiera 3÷4,5% węgla. Węgiel występuje w surówce albo w postaci grafitu (C) albo cementytu — węglika żelaza (Fe₃C). Jeżeli większa ilość węgla w surówce występuje w postaci grafitu, to taką surówkę nazywa się surówką szarą, a jeżeli w postaci cementytu to nazywa się białą.

Surówka biała jest twarda i krucha, trudna do obróbki mechanicznej. Na drodze odwęglania otrzymuje się z niej stal. Surówka szara (na-

zywana odlewniczą) jest odporna na sciskanie, posiada dobrą lejność dzięki swej rzadkopląnności. Daje się dobrze obrabiać skrawaniem. Po przetopieniu w piecach odlewniczych i dodaniu do niej składników stopowych otrzymuje się z niej żeliwo.

Żeliwo jest to stop żelaza z węglem (2÷3,6% węgla) z niewielkimi domieszkami krzemu, manganu, fosforu i siarki. Domieszki te wpływają korzystnie na właściwości odlewnicze żeliwa, wytrzymałość, lejność, miękkość. Jedyne siarka jest pierwiastkiem szkodliwym. Żeliwo otrzymuje się w specjalnych piecach zwanych żeliwiakami. W zależności od rodzaju topników, ich składu chemicznego i szybkości chłodzenia z żeliwiaka otrzymuje się żeliwo: białe, szare, stopowe i ciągliwe.

Żeliwo białe — jest kruche i twarde, nie nadaje się do obróbki skrawaniem. Wyrabia się z niego walce drogowe, szczęki kruszarek do kamieni itp.

TABELA 5

Właściwości fizyczne żeliwa szarego wg PN-63/H-83101

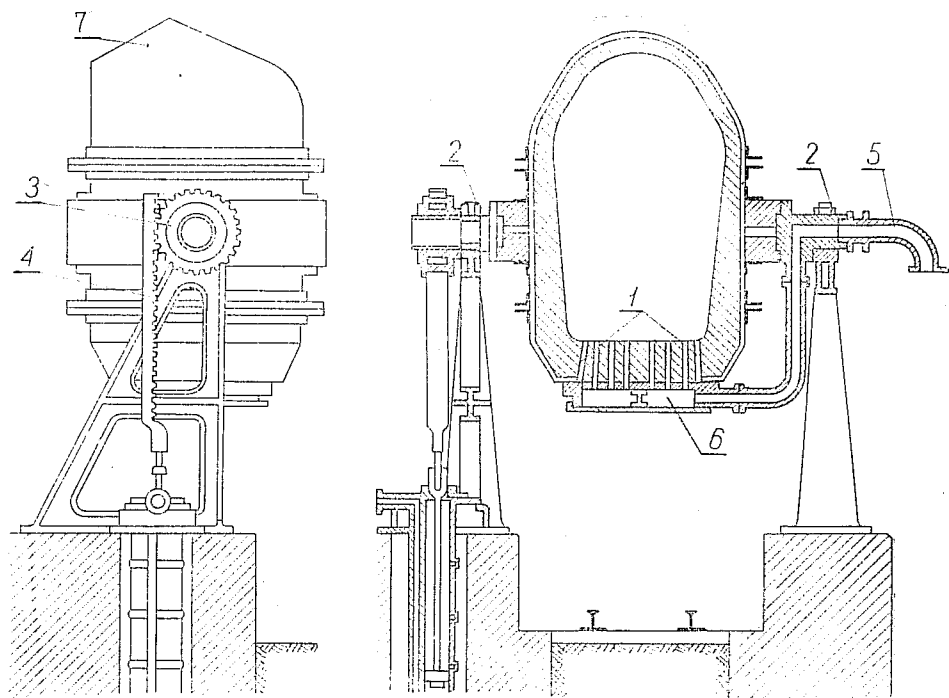
Nazwa właściwości	Jednostki	Wartość
Gęstość	kg/m ³	6700÷7400
Temperatura topnienia	°C	1135—1350
Skurcz odlewniczy	%	0,5—1,2
Twardość HB	MPa	1300—2300
Wytrzymałość na rozciąganie R _r	MPa	
ŻL 10		100
ŻL 15		140
: :		:
ŻL 40		390

Żeliwo szare ma wiele korzystnych właściwości (tabela 5) i dlatego jest szeroko stosowane. Dodając do żeliwa odpowiednie środki modyfikujące otrzymuje się w żelwie równo rozłożone płatki węgla w całej masie. Takie żeliwo nazywa się modyfikowanym, ma ono wysoką wytrzymałość, nadaje się do obróbki skrawaniem, jest odporne na korozję i ma dobre właściwości odlewnicze.

4.2. Metody wytwarzania stali

Stal jest to stop żelaza z węglem o zawartości 0,05÷2% węgla. Stal otrzymuje się w specjalnych piecach konwertorowych poprzez odwęglanie surówki (wypalanie węgla) trzema metodami.

Metoda Bessemera — polega na świeżeniu (spalaniu) surówki strumieniem powietrza, który przez nią przechodzi. Tlen zawarty w powietrzu powoduje spalanie węgla zawartego w surówce. Wytwarza się przy tym olbrzymia ilość ciepła, co pozwala na utrzymywanie stali w stanie płynnym. Budowę konwertora do wyrobu stali przedstawia rys. 4-2.



Rys. 4-2. Konwertyor Bessemera: 1, 5, 6 — dysze doprowadzające powietrze, 2 — obrotowe czopy, 3 i 4 — mechanizm obrotu, 7 — gardziel do załadunku i opróżniania konwertora

Surówkę do konwertora wprowadza się w stanie płynnym. Proces odwęglania trwa około 20 minut. Potem do stali wprowadza się odpowiednie domieszki w celu uzyskania jej korzystnych właściwości. Wadą tej metody jest to, że nie można stali odsiarczyć ani odfosforować (są to domieszki szkodliwe).

Metoda Thomasa jest metodą podobną. Zaletą jej jest to, że można nią przerabiać surówkę zawierającą większe ilości fosforu do 2,5% i siarki do 0,1%, dzięki wyłożeniu ścianek konwertora dolomitem.

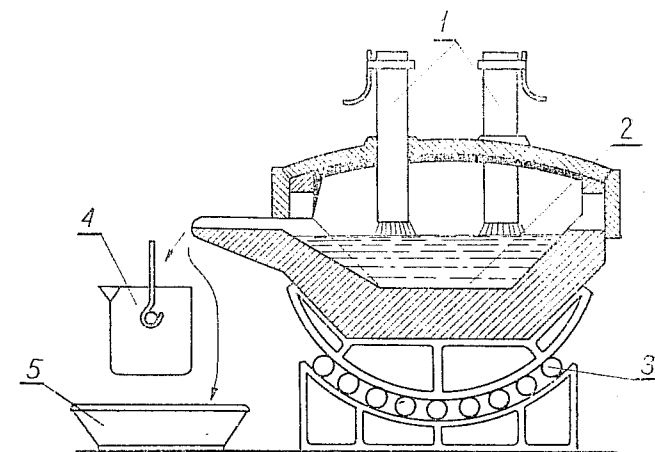
Metoda Siemens-Martina — jest obecnie najbardziej rozpowszechnioną metodą otrzymywania stali ze względu na prostą konstrukcję pieca, możliwość otrzymania wysokich temperatur i dobrą jakość otrzymywania stali. Wsadem metalowym w tej metodzie jest surówka lub złom żelazny. Piec opalany jest gazem czadnicowym (otrzymywanym z węgla),

który styka się nad topniskiem z tlenem, następuje spalanie gazu, a spaliny ogrzewają topnisko. Odwęglanie surówki odbywa się głównie za pomocą tlenu zawartego w rudzie żelaza, którą dodaje się do surówki. Proces martenowski trwa około 8 godzin.

Wytapianie stali w piecach elektrycznych. Stal otrzymana metodą martenowską zawiera w sobie duże ilości zanieczyszczeń, głównie siarki i fosforu. Do oczyszczania stali i otrzymywania jej najlepszych gatunków: stali stopowych i specjalnych — służą piece elektryczne.

Piece elektryczne umożliwiają otrzymywanie bardzo wysokich regulowanych temperatur, dzięki czemu do stali można dodawać składniki stopowe o wysokiej temperaturze topnienia, np. wolfram, molibden, które bardzo korzystnie wpływają na właściwości wytrzymałościowe stali. W piecach tych nie ma atmosfery utleniającej (piec nie nagrzewa się gazami lecz prądem elektrycznym) i dlatego otrzymuje się stal o minimalnej zawartości szkodliwych domieszek, takich jak: siarka, fosfor.

Piece elektryczne dzielą się na elektrodowe i indukcyjne. Zasadę działania pieca elektrodowego przedstawia rysunek 4-3. Po załado-

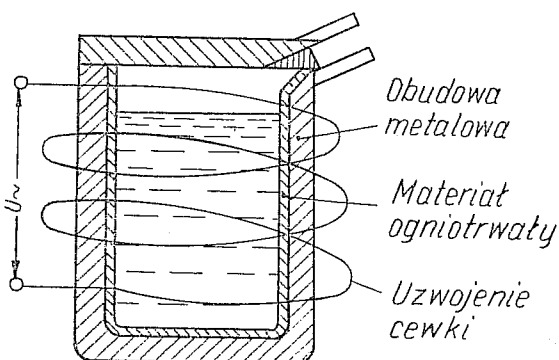


Rys. 4-3. Piec elektryczny elektrodowy

waniu pieca wsadem metalowym 2, do elektrod 1 podłącza się napięcie. Następuje przepływ prądu w postaci łuku elektrycznego — wydzielenie się ciepła i topnienie metalu. W celu usunięcia fosforu dodaje się do pieca wapno. Na powierzchni tworzy się żużel fosforowy, który zlewa się do kadzi 4 przechylając piec umieszczony na kołyszce 3. Po zakończonym procesie stal wlewa się do zlewnicy 5. Gorące wlewki wywozi się do walcowni.

Piec indukcyjny (rys. 4-4) zbudowany jest z metalu w kształcie tygła wyłożonego wewnątrz materiałem ogniotrwałym. Piec owinięty

jest naokoło grubym drutem miedzianym. Uzwojenie wykonane w postaci cewki zasilane jest z generatora prądu zmiennego niskiej czę-



Rys. 4-4. Schemat pieca indukcyjnego

stotliwości. Pod wpływem zmiennego prądu w metalowej obudowie powstają prądy wirowe, które nagrzewają tygiel razem ze wsadem i w ten sposób następuje topienie metalu. Odsiarczanie oraz odfosforowanie przeprowadza się podobnie jak w piecach elektrodowych za pomocą wapna.

Ogólnie wszystkie stale (ze względu na zawartość składników stopowych) można podzielić na stale węglowe i stale stopowe. Stale stopowe zawierają jeden (oprócz węgla) lub kilka składników stopowych, które korzystnie wpływają na ich właściwości. Natomiast stale węglowe wytapiane są bez specjalnych dodatków, zawierają jedynie niewielkie domieszki (poniżej 1%) krzemu, manganu, fosforu i siarki.

Ze względu na przeznaczenie stale dzielą się na konstrukcyjne, narzędziowe i specjalne. W celu łatwego rozpoznawania gatunków stali przechowywanych w magazynach, na bocznej powierzchni materiału maluje się kolorowe paski, które oznaczają grupę stali:

- czerwony — stale węglowe konstrukcyjne zwykłej jakości,
- brązowy — stale konstrukcyjne wyższej jakości,
- zielony — stale niskostopowe konstrukcyjne,
- żółty — stale sprężynowe,
- biały — stale stopowe do nawęglania i azotowania,
- niebieski — stale konstrukcyjne do ulepszania cieplnego,
- czarny — stale narzędziowe,
- fioletowy — stale stopowe specjalne.

4.3. Stale węglowe

Stale węglowe są to stopy żelaza z węglem zawierającym do 2% C. W zależności od zawartości węgla dzielą się na:

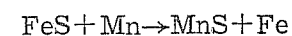
- stale niskowęglowe zawierające do 0,25% węgla,
- stale średniowęglowe zawierające od 0,25 do 0,6% węgla,
- stale wysokowęglowe zawierające powyżej 0,6% węgla.

Zawartość węgla w stali wpływa zdecydowanie na jej właściwości. Ze wzrostem zawartości węgla maleje plastyczność, lecz zwiększa się twardość i wytrzymałość na rozciąganie; zmniejsza się ciężar właściwy i przenikalność magnetyczna lecz rośnie oporność właściwa. Niektóre domieszki, takie jak krzem o zawartości do 0,4% zwiększają wytrzymałość i sprężystość, natomiast mangan do 0,8% zwiększa jej wytrzymałość mechaniczną. Pierwiastkami szkodliwymi są fosfor i siarka, powodujące kruchość stali i dlatego fosforu nie powinno być więcej niż 0,07%, a siarki 0,05%.

Według PN-57/M-01000 do stali węglowych zalicza się te gatunki, w których zawartość poszczególnych pierwiastków stopowych nie osiąga następujących ilości: Mn — 0,8%, Si — 0,4%, Ni, Cr — 0,3%, W, Co, Cu — 0,2%, Al — 0,1%, Mo, V, Ti — 0,05%.

W wyjątkowych przypadkach zawartość fosforu w stali może być pożyteczna. Na przykład fosfor w stali polepsza jej skrawalność, a przy jednoczesnej zawartości miedzi zwiększa odporność stali na korozję. Siarka natomiast jest pierwiastkiem wyjątkowo szkodliwym. Tworzy z żelazem związek chemiczny — siarczek żelazowy FeS, który utrzymuje się na granicy ziarn i powoduje kruchość nagrzanego stopu, wskutek czego stal nie nadaje się do przeróbki plastycznej na gorąco.

Tylko pod jednym względem wpływ siarki na stal jest korzystny: siarka polepsza skrawalność stali. Natomiast dodatek manganu do stali zmniejsza szkodliwe działanie siarki, gdyż w ciekłej stali następuje reakcja



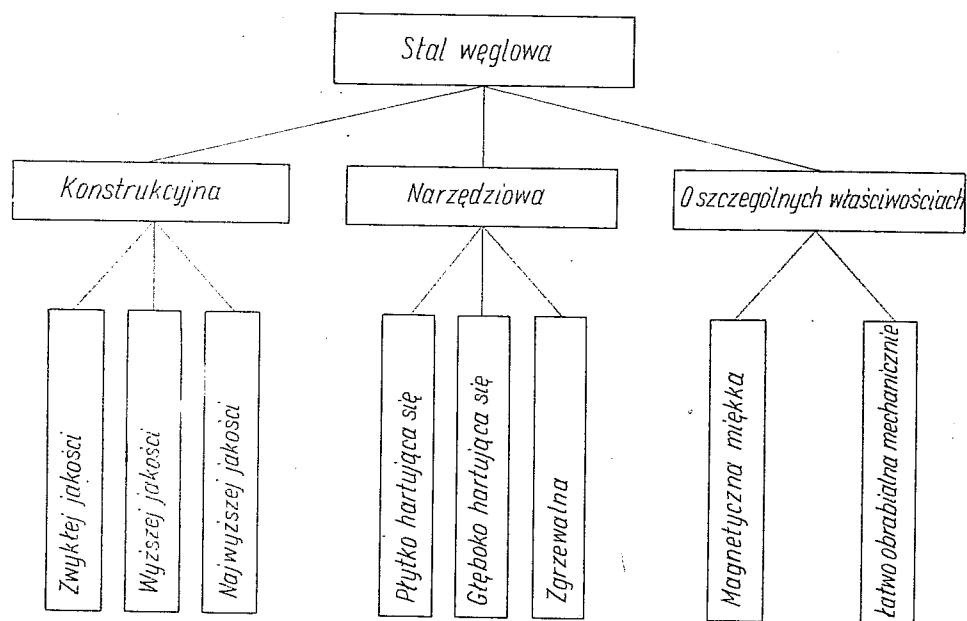
i tworzy się siarczek manganowy, który jest związkiem plastycznym, w porównaniu z FeS, który jest związkiem bardzo kruchym.

Na rys. 4-5 przedstawiony jest schematycznie podział stali węglowych. Stal węglowa konstrukcyjna ma średnią gęstość 7,8 t/m³. Posiada takie korzystne właściwości, jak dużą wytrzymałość na rozciąganie, sprężystość. Jest stalą dobrze hartującą się. Stale węglowe konstrukcyjne zwykłej jakości dzielą się na trzy grupy.

Grupa I — stale o określonej wytrzymałości na rozciąganie. Oznacza się je literami St i cyframi od 0 do 7, określającymi kolejny numer stali w miarę rosnącej zawartości węgla, a wraz z nim rosnącej wytrzymałości (tabela 6). Stal ta jest stosowana na takie części maszyn, jak podstawy, korpusy, obudowy, kołki.

Grupa II — stale o określonym składzie chemicznym oznaczają się literami MSt i cyframi od 0 do 7 w miarę rosnącej zawartości węgla,

z tym, że cyfra oznacza w dziesiątkach procentu zawartość manganu w stali.



Rys. 4-5. Podział stali węglowych

Np. MSt 3 — zawiera ok. 0,3% węgla i 0,3÷0,6% manganu

MSt 7 — zawiera ok. 0,6% węgla i ok. 0,7% manganu.

Ze stali tych wykonuje się części konstrukcyjne gięte lub wykonywane obróbką skrawaniem.

Grupa III — stale o określonej wytrzymałości i określonym składzie chemicznym, oznaczona jest literami St — cyfrą 0÷4 i literą S — oznaczającą „spawalna”. Np. St0S; St3S.

Często na końcu znaku stali grupy II i III jest litera X — oznacza ona stal nieuspokojoną, czyli niedostatecznie odtlenioną, litera Y — oznacza stal półuspokojoną, Cu — stal o podwyższonej zawartości miedzi, U — o gwarantowanej udarności, I — odpornej na starzenie, G — o podwyższonej zawartości manganu. Np. symbol MSt3X oznacza stal o określonym składzie chemicznym — nieuspokojoną.

Stal węglową konstrukcyjną wyższej jakości oznacza się liczbą dwucyfrową, określającą średnią zawartość węgla w stali o setnych częściach procentu i dużą literą na końcu, przy czym litera G oznacza stal o zwiększonej zawartości manganu, X — stal nieuspokojoną, Y — półuspokojoną, U — o wymaganiej udarności.

Najważniejsze gatunki stali konstrukcyjnych wyższej jakości podano w tabeli 7.

TABELA 6

Właściwości wytrzymałościowe i technologiczne stali węglowych konstrukcyjnych zwykłej jakości i określonej wytrzymałości wg PN-61/H-84020

Znak stali	Właściwości wytrzymałościowe				Właściwości technologiczne	
	R _m MPa	R _c min. MPa		A ₅ min.		
		dla prętów o grubości do 40 mm, kształowników o grubości do 15 mm i blach o grubości 5 do 20 mm	dla prętów o grubości 40 do 100 mm, kształowników o grubości powyżej 15 do 20 mm i blach o grubości pow. 20 do 40 mm	przy R _m MPa		%
St0	314-540	196	—	—	22	d=2a
St1	314-392	196	—	—	33	d=0
St2	333-412	216	206	—	31	d=0
St3	373-462	235	216	370-390	27	d=0,5a
				390-420	26	
				420-460	25	
St4	441-510	255	—	410-430	25	d=2a
				430-470	24	
				470-510	23	
St5	490-608	275	265	490-520	21	d=3a
				520-560	20	
				560-610	19	
St6	588-706	304	294	590-620	16	—
				620-660	15	
				660-710	14	
St7	687-834	343	333	690-740	11	—
				pow. 740	10	

Stal węglowa narzędziowa odznacza się większą niż w stali konstrukcyjnej zawartością węgla, drobnoziarnistością oraz dobrą hartownością.

Stale węglowe narzędziowe dzielą się na:

- płytko hartujące się, są to stale N6E, N8E, N9E, N11E i N12E, gdzie N oznacza stal narzędziową, cyfra — procentową zawartość węgla w dziesiątkach procenta, a litera E — stal płytkohartującą się, np. N9E — posiada około 0,9% węgla,

TABELA 7

Skład chemiczny stali węglowych konstrukcyjnych wyższej jakości wg PN-66/H-84019

Znak stali	Skład chemiczny w %				
	C	Mn	Si	P max	S max
08X	0,05—0,11	0,25—0,50	max 0,03	0,040	0,040
08	0,05—0,11	0,35—0,65	0,17—0,37	0,040	0,040
10X	0,07—0,14	0,25—0,50	max 0,07	0,040	0,040
10	0,07—0,14	0,35—0,65	0,17—0,37	0,040	0,040
15X	0,12—0,19	0,25—0,50	max 0,07	0,040	0,040
15	0,12—0,19	0,35—0,65	0,17—0,37	0,040	0,040
20	0,17—0,24	0,35—0,65	0,17—0,37	0,040	0,040
25	0,22—0,30	0,50—0,80	0,17—0,37	0,040	0,040
30	0,27—0,35	0,50—0,80	0,17—0,37	0,040	0,040
35	0,32—0,40	0,50—0,80	0,17—0,37	0,040	0,040
40	0,37—0,45	0,50—0,80	0,17—0,37	0,040	0,040
45	0,42—0,50	0,50—0,80	0,17—0,37	0,040	0,040
50	0,47—0,55	0,50—0,80	0,17—0,37	0,040	0,040
55	0,52—0,60	0,50—0,80	0,17—0,37	0,040	0,040
60	0,57—0,65	0,50—0,80	0,17—0,37	0,040	0,040
65	0,62—0,70	0,50—0,80	0,17—0,37	0,040	0,040

Stale o podwyższonej zawartości manganu

15G	0,12—0,19	0,70—1,00	0,17—0,37	0,040	0,040
20G	0,17—0,24	0,70—1,00	0,17—0,37	0,040	0,040
50G	0,48—0,56	0,70—1,00	0,17—0,37	0,040	0,040
60G	0,57—0,65	0,70—1,00	0,17—0,37	0,040	0,040

Stale 30, 40, 50 i 60 nie są zalecane.

— głęboko hartujące się, są to stale N6, N8, N9, N11 i N12, z których wyrabia się noże, ostrza, koła zębate, osie, tuleje, sprężyny napędowe itp.

Stale łatwo obrabialne mechanicznie. Wśród tych gatunków stali specjalne miejsce zajmuje stal o bardzo dobrych właściwościach skrawalnych — stal automatowa. W każdym zakładzie produkującym mechanizmy zegarowe wydziały mechaniczne są podstawowymi jednostkami produkcyjnymi pod względem zajmowanej powierzchni, zużycia energii i liczby obrabiarek, mimo że obecnie zaznacza się postępująca tendencja wprowadzania doskonalszych (bezwiórowych) metod produkcji części i ograniczenia udziału obróbki skrawaniem w procesach produkcyjnych.

Polepszenie skrawalności stali jako podstawowego materiału konstrukcyjnego ma wciąż bardzo duże znaczenie praktyczne. Skomplikowany charakter zagadnienia obrabialności metalu narzędziami skrawającymi wy-

nika przede wszystkim z braku ścisłego określenia skrawalności. Tę ostatnią można oceniać z punktu widzenia dopuszczalnej szybkości skrawania (bardzo ważnego czynnika, określającego zdolność produkcyjną obrabiarki), oporów skrawania oraz jakości obrabianej powierzchni. Nie udało się dotychczas zadowalająco wyjaśnić zależności między skrawalnością a właściwościami mechanicznymi stali, jedynie z dużym przybliżeniem można przyjąć, że zwiększenie twardości zmniejsza skrawalność, jednak stale o jednakowej twardości mogą różnić się wyraźnie skrawalnością wskutek różnic struktury i składu chemicznego.

Duże znaczenie ma tu również przewodnictwo cieplne stali. W stalach o małym przewodnictwie podczas skrawania ciepło skupia się w miejscu skrawania, ogrzewa krawędź trącą narzędzia, a przez to zmniejsza jego trwałość. Wielkość ziarna stali wpływa bardzo silnie na jej skrawalność — nie wpływając wyraźnie na twardość. Stal gruboziarnista wykazuje mniejszą ciągliwość, a w związku z tym lepszą skrawalność — wiór jest krótki i łamliwy.

Skład chemiczny stali ma również bardzo silny wpływ na skrawalność. Zwiększenie zawartości węgla w stali powodując wzrost jej twardości, pogarsza skrawalność. Tym niemniej bardzo miękkie stale węglowe wykazują złą skrawalność, wskutek dużej ciągliwości i plastyczności, podczas obróbki powstaje długi, trudno łamliwy wiór.

Fosfor i siarka (jak była o tym mowa) wpływają korzystnie na skrawalność. Zmniejszają zużycie narzędzi skrawających oraz polepszają jakość powierzchni wyrobów otrzymanych w wyniku obróbki. Dlatego do produkcji wyrobów lub elementów mechaniczno-zegarowych nie przenoszących dużych naprężeń stosuje się tzw. stale automatowe, czyli stale niskowęglowe o zwiększonej zawartości siarki i fosforu.

Do wad stali automatycznych należy zaliczyć nie tylko zmniejszoną plastyczność i ciągliwość, lecz również większą skłonność do korozji.

Stwierdzono także, że skrawalność stali polepszają nieduże dodatki ołowiu (0,1÷0,2%), który zwiększa łamliwość wióra, działając jednocześnie jako smar. Skład chemiczny stali automatowych podano w tabeli 8.

TABELA 8

Skład chemiczny stali automatowych wg PN-57/H-84026

Znak stali	Skład chemiczny w %				
	C	Mn	Si	P	S
A 10	0,07÷0,14	0,60÷0,90	max 0,15	0,06÷0,13	0,15÷0,30
A 12	0,08÷0,16	0,60÷0,90	0,15÷0,35	0,08÷0,15	0,08÷0,20

Najlepszą skrawalność wykazuje stal automatowa A12. Ze stali tej wyrabia się zębniaki w mechanizmach zegarowych, koła zębate, osie, waliki itp.

Stale do wyrobu nitów. Są to stale oznaczane symbolami St2N, St3N, St4N. Litera N oznacza przeznaczenie tych stali — do wyrobu nitów, słupków dystansowych i kołków, które są osadzane za pomocą nitowania.

4.4. Stale stopowe

Stale stopowe są to takie stale, w których zawartość jednego ze składników stopowych wynosi powyżej: manganu 0,9%, krzemu i niklu 0,5%, chromu i miedzi 0,3%, wolframu i kobaltu 0,2%, molibdenu, wanadu, tytanu i aluminium powyżej 0,1%.

Istnieje kilka klasyfikacji stali stopowych:

- według struktury w stanie równowagi,
- według struktury po ochłodzeniu w powietrzu,
- według składu chemicznego,
- według ilości dodatków stopowych,
- według przeznaczenia.

Dwie pierwsze grupy podziału klasyfikują stale w zależności od struktury, tzn. w zależności od ilości i rodzaju składników występujących w tych stalach, np. czy jest tam przewaga węgla związanego w postaci węglików Fe_3C , czy też węgiel występuje w stanie wolnym itp.

Zmieniając warunki chłodzenia, można otrzymać w stali o tym samym składzie chemicznym różne struktury. W zależności od składu chemicznego stale stopowe dzieli się na stale niklowe, chromowe, chromowo-niklowo-molibdenowe itp. Podstawą klasyfikacji jest tu zawartość w stali odpowiednich pierwiastków stopowych. W zależności od procentowej zawartości dodatków stopowych dzielą się na: niskostopowe — o zawartości dodatków poniżej 2,5%, średniostopowe — 2,5 ÷ 5% i wysokostopowe — powyżej 5% zawartości dodatków stopowych.

Na rys. 4-6 przedstawiony jest podział stali stopowych w zależności od przeznaczenia. Oznaczenie symbolowe każdej stali stopowej składa się z liczby oznaczającej średnią zawartość węgla w setnych procentach oraz oznaczeń literowych. Litery oznaczają średnie zawartości pierwiastków, gdy ich zawartość przekracza 1%. G oznacza mangan, H — chrom, N — nikiel, M — molibden, T — tytan, F — wanad, J — aluminium, W — wolfram, K — kobalt, S — krzem, B — bar.

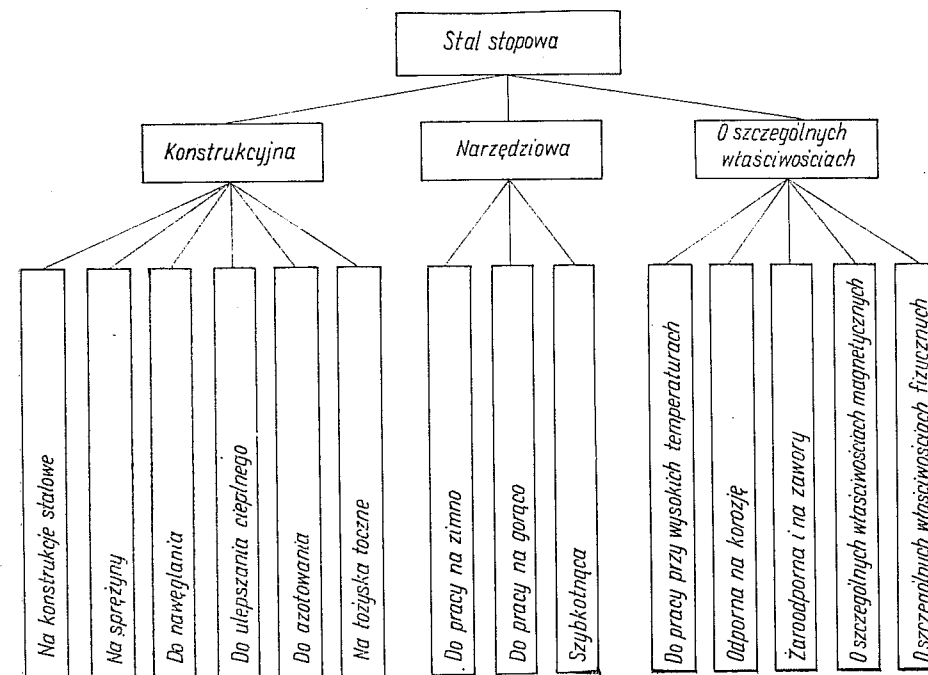
Zawartość poszczególnych pierwiastków stopowych wpływa zasadniczo na właściwości stali.

Nikiel (N) — zwiększa wytrzymałość oraz ciągliwość stali.

Chrom (H) — zwiększa twardość, wytrzymałość, sprzyja głębokiemu hartowaniu; zwiększa odporność na korozję atmosferyczną (powyżej 13% chromu).

Mangan (G) — zwiększa sprężystość, wytrzymałość, hartowność, odporność na ścieranie.

Krzem (S) — zwiększa sprężystość, polepsza zdolności magnesowania stali.



Rys. 4-6. Podział stali stopowych w zależności od przeznaczenia

Wolfram (W) — zwiększa twardość, odporność na wysokie temperatury (temperatura topnienia wolframu ok. 3410°C).

Molibden (M) — zwiększa wytrzymałość i hartowność.

Kobalt (K) — zwiększa twardość.

Tytan (T) — zwiększa odporność na działanie kwasów.

Aluminium (J) — polepsza zdolność do azotowania się stali.

Bar (B) — zwiększa hartowność stali.

Stale konstrukcyjne dzielą się na:

- a) Stale na konstrukcje stalowe; stale tego typu są stosowane w budownictwie.
- b) Stale na sprężyny (tabela 9) — mają od 0,45% do 0,75% węgla, około 0,5 ÷ 1,1% manganu oraz 0,4 do 2,8% krzemu. Krzem wpływa najsilniej na sprężystość.
- c) Stale do nawęglania — charakteryzują się zwiększoną ilością chromu, magnezu oraz czasem zawartością niklu lub tytanu (tabela 10). Nawęglanie tych stali przeprowadza się w proszku węglowym w specjalnych skrzyniach w temperaturze 870 ÷ 900°C lub w kąpeli o temperaturze 900 ÷ 930°C. Ze stali tych wykonuje się koła zębate, wałki, osie, ślimaki oraz inne części, które są narażone na ścieranie.

Skład chemiczny stali stopowych do nawęglania wg PN-65/H-84028

Znak stali	Skład chemiczny w %							
	C	Mn	Si	P max	S max	Cr	Ni	inne
15H	0,12—0,18	0,60—0,90	0,17—0,37	0,035	0,035	0,70—1,00	max 0,30	—
20H	0,17—0,23	0,50—0,80	0,17—0,37	0,035	0,035	0,70—1,00	max 0,30	—
14HG	0,13—0,20	1,00—1,30	0,17—0,37	0,035	0,035	0,80—1,10	max 0,30	—
20HG	0,16—0,22	0,90—	0,17—0,37	0,035	0,035	0,90—1,20	max 0,30	—
15HGM	0,12—0,19	0,80—	0,17—0,37	0,035	0,035	0,80—1,10	max 0,30	Mo=0,08—0,15
18HGM	0,16—0,24	0,90—	0,17—0,37	0,035	0,035	0,90—1,20	max 0,30	Mo=0,20—0,30
18HGT	0,17—0,23	0,80—	0,17—0,37	0,035	0,035	1,00—1,30	max 0,30	Ti=0,05—0,12
17HGN	0,15—0,21	1,00—	0,17—0,37	0,035	0,035	0,80—1,10	0,60—0,90	—
15HGN	0,13—0,19	0,70—1	0,17—0,37	0,035	0,035	0,80—1,10	1,30—1,60	—
15HN	0,12—0,19	0,40—1	0,17—0,37	0,035	0,035	1,40—1,70	1,40—1,70	—
18H2N2	0,15—0,22	0,40—0,60	0,17—0,37	0,035	0,035	1,80—2,10	1,80—2,10	—

d) Stale do ulepszenia cieplnego — zawierają od 0,1 do 0,45% węgla oraz manganu i chromu (czasem krzemu) ponad 1%. Np. 30G2 zawiera ok. 1,8% manganu, 30H, 35H i 40H — zawierają po ok. 1% chromu.

Obróbka cieplna tych stali polega na ich hartowaniu w oleju i następnie odpuszczaniu w temperaturze 500—600°C. Wykonuje się z nich niekiedy koła zębate, sprężyny itp.

e) Stale do azotowania — składy chemiczne tych stali przedstawione są w tabeli 11. Proces azotowania przeprowadza się w specjalnych

TABELA 11

Skład chemiczny stali do azotowania wg PN-65/H-84034

Znak	Skład chemiczny w %								
	C	Mn	Si	P max	S max	Cr	Ni max	Mo	Al
38HJ	0,35—0,43	0,20—0,50	0,17—0,37	0,035	0,035	1,50—1,80	0,25	—	0,50—0,80
83HMJ	0,35—0,42	0,30—0,60	0,17—0,37	0,025	0,025	1,35—1,65	0,25	0,15—0,25	0,70—1,10

piecach przez które przepływa amoniak (NH₃). Azotowanie jest procesem długotrwałym. Ma na celu otrzymanie bardzo twardych powierzchni odpornych na ścieranie.

f) Stale na łożyska toczne (tabela 12) — od stali tych wymaga się przede wszystkim dużej twardości oraz odporności na ścieranie. Składnikiem stopowym jest zazwyczaj chrom, który korzystnie wpływa na proces

TABELA 9

Skład chemiczny stali sprężynowych stopowych wg PN-65/H-84032

Grupa stali	Znak stali	Zawartość składników w %							
		C	Mn	Si	S max	P max	Cr	Ni max	V
Krzemowa	50S	0,45 0,55	0,5 0,8	0,4 0,6	0,05	0,05	—	—	
	45S	0,40 0,50	0,60 0,90	1,0 1,3	0,05	0,05	max 0,30	0,40	
	40S2	0,35 0,42	0,60 0,80	1,40 1,70	0,05	0,05	max 0,30	0,40	
	50S2	0,47 0,55	0,60 0,90	1,50 ² 1,80	0,040	0,040	max 0,30	0,30	
	55S2	0,52 0,60	0,60 0,90	1,50 ² 1,80	0,040	0,040	max 0,30	0,30	1)
	60S2	0,57 0,65	0,60 0,90	1,50 ² 1,80	0,040	0,040	max 0,30	0,30	
	60S2A	0,56 0,64	0,60 0,90	1,60 2,00	0,030	0,030	max 0,30	0,30	
	70S3	0,66 0,74	0,60 0,90	2,40 2,80	0,030	0,035	max 0,30	0,30	
	Manganowo-krzemowa	60SG	0,55 0,65	0,80 1,00	1,30 1,80	0,030	0,030	max 0,30	0,30
Krzemowo-manganowo-chromowa	60SGH	0,55 0,65	0,90 1,10	1,00 1,30	0,035	0,035	0,40 0,60	0,40	
Chromowo-manganowa	50HG	0,46 0,54	0,80 1,00	0,15 0,40	0,030	0,030	0,9 1,2	0,30	
Chromowo-krzemowa	50HS	0,45 0,55	0,30 0,50	0,80 1,20	0,035	0,035	0,9 1,2	0,30	
	50HSA	0,45 0,55	0,30 1,50	0,80 1,20	0,030	0,030	0,9 1,2	0,30	
Chromowo-wanadowa	50HF	0,46 0,54	0,50 0,80	0,15 0,40	0,030	0,030	0,8 1,1	0,030	0,10 0,20

1) Na podstawie porozumienia stron dopuszcza się zawartość wanadu 0,15%, 0,25%.

2) Za zgodą zamawiającego dopuszcza się zawartość krzemu do 2,00%.

TABELA 12

Skład chemiczny stali na łożyska toczne wg PN-53/H-84041

Gatunek	Skład chemiczny w %					
	C	Mn	Si	Cr	S max	P max
LH6	1,05—1,15	0,2—0,4	0,15—0,35	0,40—0,70	0,02	0,027
LH9	1,00—1,10	0,2—0,4	0,15—0,35	0,90—1,20	0,02	0,027
LH15	0,95—1,10	0,2—0,4	0,15—0,35	1,30—1,65	0,02	0,027
LH15SG	0,95—1,10	0,9—1,2	0,40—0,65	1,30—1,65	0,02	0,027

hartowania. Temperatura hartowania wynosi ok. 840°C, a chłodzenie odbywa się w oleju.

Stale stopowe narzędziowe dzielą się na:

- a) Stale stopowe do pracy na zimno. Oznaczenie stali składa się z liter N oraz liter i cyfr oznaczających dodatki stopowe, przy czym W — oznacza wolfram, V — wanad, C — chrom, M — mangan, S — krzem, L — molibden, Z — krzem + chrom + wolfram, P — chrom + nikiel + wanad. Stale te odznaczają się dużą odpornością na ścieranie, są przeznaczone do pracy w temperaturze otoczenia.

NWV4 — stosuje się do wykonywania rylców grawerskich, rysików traserskich, kółek do cięcia szkła,

NWC — stosuje się do wykonywania gwintowników, narzynek, sprawdzianów, narzędzi pomiarowych,

NW1 (srebrzanka) — stosuje się do wykonywania rozwiertaków, wiertel, kołków, osi,

NZ3 — stosuje się do wykonywania matryc, ostrzy nożyc,

NC5 — stosuje się do wykonywania brzytw, pierścieni do przeciągania prętów, skrobaków itp.;

- b) Stale stopowe do pracy na gorąco oznaczane są literą W. Stale tej grupy są odporne na ścieranie, odpuszczanie, uderzenie i wysokie temperatury, np.: WWN1, WWS itp.;

- c) Stale szybko tnące oznaczone są literą S. Posiadają wysoką odporność na ścieranie i dużą twardość. Są stosowane do wyrobu narzędzi, do wysokowydajnego skrawania i wykonuje się z nich:

SW9 — narzynki i gwintowniki maszynowe,

SW14 — noże tokarskie i strugarskie, frezy,

SW18 — narzędzia do obróbki twardych i trudnoskrawalnych materiałów,

SK5 — noże i frezy do obróbki kół zębatych.

Stale stopowe o szczególnych właściwościach dzielą się na:

- Stale do pracy przy wysokich temperaturach. Są to stale, które w wysokich temperaturach odznaczają się dobrymi właściwościami mechanicznymi. Są to zasadniczo stale chromowo-niklowe o dużej zawartości chromu (13—30%), niklu (1—20%) i zawartości węgla 0,1—

—0,4%. W celu zwiększenia wytrzymałości na pełzanie dodaje się 0,5—1% molibdenu. Przykładem jest stal H5M.

- Stale odporne na korozję, (nierdzewne), są odporne na działanie wód naturalnych, czynników atmosferycznych, pary wodnej, roztworów alkalicznych i rozcieńczonych kwasów organicznych. Są to zasadniczo stale chromowe o zawartości chromu minimum 12%. Nie-
rdzewność tych stali rośnie wraz ze wzrostem zawartości chromu i z malejącą zawartością węgla. Najczęściej stosowane są stale o symbolach 1H13 i 2H13.

- Stale kwasoodporne — również w tych stalach głównymi składnikami są chrom i nikiel. Zawartość chromu jest większa, niż w stalach nierdzewnych i wynosi 16—20%, a ilość niklu od 8 do 12% (węgla ok. 0,2%). Są to stale odporne na działanie kwasów organicznych i większości nieorganicznych z wyjątkiem HCl i H₂SO₄. Najczęściej stosowana jest stal 1H18N9T.

- Stale żaroodporne — są to stale odporne na utlenianie się w wysokiej temperaturze. Przykładem jest stal H9S2 stosowana na zawory.

- Stale o specjalnych właściwościach magnetycznych — na magnesy stałe, na prądnice i transformatory. Mogą to być zarówno stale węglowe jak i stopowe.

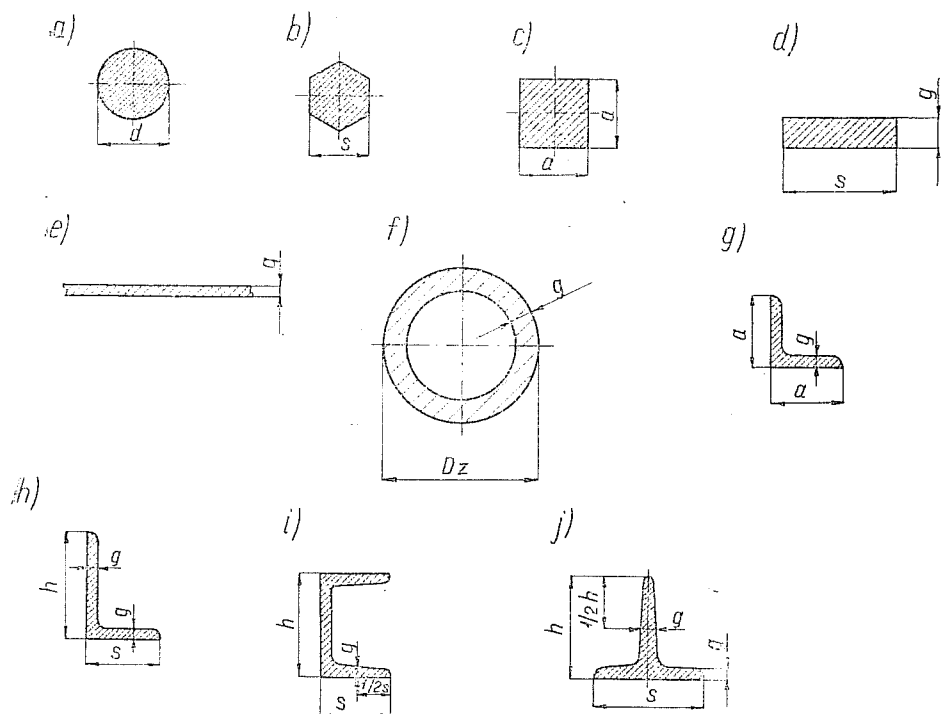
Materiały magnetyczne są to materiały wytwarzające pole magnetyczne lub dające się namagnesować pod wpływem działania pola magnetycznego. Materiały magnetyczne dzielimy na:

- a) Materiały magnetyczne miękkie — tzn. takie, które dają się łatwo przemagnesowywać (są magnesami tylko w obrębie działania linii pola magnetycznego, a poza nim nie wykazują żadnych właściwości magnetycznych). Do nich należą żelazo technicznie czyste, stal niskowęglowa i stopy niskokrzemowe, żeliwo. Są one stosowane do budowy rdzeni elektromagnesów i przekładników, silników elektrycznych i transformatorów.

- b) Materiały magnetyczne twarde (magazynują energię magnetyczną) — są używane do produkcji magnesów trwałych. Są to przede wszystkim stopy Cu - Ni - Co stosowane bardzo często do układania magnetycznego balansu zegarka, wirnika licznika energii elektrycznej oraz do budowy sprzęgła magnetycznych.

- Stale o szczególnych właściwościach fizycznych — mogą to być np. stale odporne na zużycie, z których najbardziej znana jest stal Hadfielda, zawierająca ok. 1% Cr i ok. 12% Mn.

Postacie handlowe wyrobów hutniczych. Najbardziej rozpowszechnione profile wyrobów hutniczych podane są na rys. 4—7. Dla każdego wyrobu podano symbolowo wymiary, których wartości dokładnie okreś-



Rys. 4-7. Postacie handlowe wyrobów hutniczych: a) pręty okrągłe, b) pręty sześciokątne, c) pręty kwadratowe, d) pręty płaskie oraz taśmy, e) blachy, f) rury bez szwu, g) kątowniki równoramienne, h) kątowniki nierównoramienne, i) ceowniki, j) teowniki

lają odpowiednie normy wraz z tolerancjami ich wykonania. Ma to na celu ułatwienie konstruktorowi jak najekonomiczniejszego wykorzystania materiału (tzn. umożliwienie wykonania części przy zastosowaniu jak najmniejszej liczby zabiegów i operacji technologicznych). Wytwory te wykonane są ze stali i jej stopów oraz materiałów nieżelaznych.

Ćwiczenia

1. Na tokarce zegarmistrzowskiej toczyć pręt ze stali automatowej A10 lub A12, a następnie pręt ze stali St2N. Porównać rodzaje wiórów w pierwszym i drugim przypadku oraz ocenić jakość toczonych powierzchni.
2. Podać skład chemiczny stali stopowych H17N2, 2H18N9, H18N10M, 1H18N9. Jaki jest ich przypuszczalny zakres stosowania?

Pokazy

1. Pokaz przelomu żeliwa białego i szarego, surówki i stali automatowej.
2. Pokaz planszy wielkiego pieca z urządzeniami towarzyszącymi.

Pytania

1. Co nazywamy surówką?
2. Omówić proces wielkopiecowy.
3. Omówić rodzaje i właściwości żeliwa.
4. Co nazywamy stalą?
5. Omówić metody wytwarzania stali.
6. Omówić ogólny podział stali.
7. Omówić podział stali węglowych.
8. Omówić wpływ różnych czynników na skrawalność stali.
9. Omówić skład chemiczny stali automatowej.
10. Co nazywamy stalami stopowymi?
11. Podać skład chemiczny stali na sprężyny.
12. W jakim celu przeprowadza się obróbkę nawęglania i azotowania?
13. Omówić postacie handlowe wyrobów hutniczych.
14. Omówić występowanie rud żelaza na świecie.
15. Podać reakcje chemiczne zachodzące w wielkim piecu.
16. Omówić wytapianie stali w piecach elektrycznych.
17. Jakie zalety mają piece elektryczne?
18. W jakim przypadku zawartość fosforu i siarki w stali jest korzystna?
19. Omówić podział stali stopowych.

Niektóre właściwości fizyczne czystej miedzi (Cu-99,995)

Nazwa właściwości	Wg układu SI	Wg układów innych
Gęstość	8960 kg/m ³	8,96 g/cm ³
Temperatura topnienia	1356 K	1083°C
Współczynnik rozszerzalności liniowej	16,86 · 10 ⁻⁶ · K ⁻¹	16,86 · 10 ⁻⁶ · 1/°C
Współczynnik przewodności cieplnej właściwej w temp. 293 K	394,0 W/(m · K)	0,941 cal/(cm · s · °C)
Opór elektryczny właściwy w temp. 293 K	1,754 · 10 ⁻⁸ Ω · m	1,754 · 10 ⁻² Ω · mm ² /m
Moduł sprężystości podłużnej	118,66 MPa	12100 kG/mm ²

5. METALE NIEŻELAZNE I ICH STOPY

5.1. Wiadomości wstępne

Metale żelazne oraz ich stopy mają duże znaczenie w przemyśle budowy maszyn, zbrojeniowym, chemicznym, a także w przemyśle precyzyjnym, którego jednym z ważniejszych działów jest wytwarzanie mechanizmów zegarowych. Zaletą metali żelaznych jest przede wszystkim odporność wielu z nich na korozję, estetyczny wygląd oraz dobra obrabialność i plastyczność.

Rudy metali żelaznych występują w przyrodzie w ilościach o wiele mniejszych od żelaza. W naszym kraju niektóre w ogóle nie występują (np. cyna) lub występują w tak małych ilościach (chodzi o procentową zawartość pierwiastka w rudzie), że ich wydobycie i przerób jest nieopłacalny. Dlatego też należy gospodarować nimi oszczędnie i zawsze dobrze się zastanowić, czy użycie danego metalu żelaznego jest konieczne i czy nie da się ich zastąpić (co ostatnio coraz częściej jest praktykowane) tworzywami sztucznymi.

Polska jest zasobna w rudy niektórych metali kolorowych. Najwięcej mamy rud miedzi. Wydobycie rudy miedzi w 1974 roku wynosiło 13,8 mln ton (w 1971 r. — 9 mln ton), rud ołowiuowo-cynkowych 7 mln ton (w 1971 r. — 4,8 mln ton).

W produkcji metali żelaznych pierwsze miejsce w 1974 roku zajmowała produkcja cynku 233.000 ton, miedzi 195.000 ton (1971 r. — 92.000 ton), aluminium 102.000 ton i ołowiu 72.000 ton. Pod względem produkcji cynku Polska zajmuje czwarte miejsce wśród krajów europejskich.

5.2. Miedź

Miedź jest metalem o barwie czerwonej. Ze względu na swą przewodność elektryczną i cieplną, odporność na korozję i plastyczność ma duże zastosowanie techniczne jako czysty metal. W tabeli 13 podano

niektóre właściwości fizyczne czystej miedzi (Cu 99,995%). W przyrodzie miedź występuje w postaci rud miedzi.

Najważniejszymi rudami są:

- *chalkopiryt* (CuFeS₂) — zawiera 20% Cu, występuje w ZSRR, USA, Australii, Hiszpanii,
- *chalkozyn* (Cu₂S) — zawiera 75% Cu, występuje w ZSRR, USA,
- *bornit* (Cu₃FeS₂) — zawiera 62% Cu, występuje w Kanadzie, Niemczech, Anglii, Włoszech; w Polsce niewielkie ilości bornitu występują w województwie kieleckim i na Dolnym Śląsku.

Bogate rudy miedzi są bardzo rzadko spotykane, najczęściej zawartość miedzi w rudach nie przekracza 6%, a nawet wynosi tylko 0,5—1%. Takie pokłady rudy miedzi odkryto w Polsce w okolicach Lublina i Głogowa (woj. poznańskie). Miedź z rud miedzi, otrzymuje się metodami podobnymi do otrzymywania stali, w piecach szybowych lub konwertorach. W ten sposób otrzymuje się miedź konwertorową lub czarną zawierającą dużo zanieczyszczeń i gazów. Następnie miedź poddaje się rafinowaniu (oczyszczaniu) hutniczemu i elektrolitycznemu. Rafinowanie hutnicze polega na roztopieniu miedzi w piecach pło-

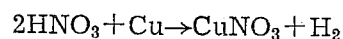
mieniowych i przepuszczeniu przez nią powietrza. Powietrze wypala zanieczyszczenia, które zbierają się na powierzchni miedzi w postaci żużla. Następnie miedź należy odtlenić, w tym celu do pieca wkłada się węgiel drzewny. Węgiel spalając się odbiera tlen z miedzi.

Spalanie węgla odbywa się w sposób energiczny, wydziela się dużo ciepła, powstaje wysoka temperatura, następuje gotowanie miedzi i jej samoczynne mieszanie. Po skończonym procesie miedź rozlewa się do form wykonanych z żeliwa.

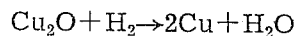
Rafinowanie elektrolityczne polega na otrzymywaniu czystej miedzi z miedzi czarnej, którą umieszcza się w kąpeli elektrolitycznej i następnie przepuszcza prąd. Anodę stanowi miedź czarna, katodę arkusz czystej miedzi. Po przepuszczeniu prądu następuje zjawisko elektrolizy w wyniku której czysta miedź osadza się na płytach miedzianych. W ten sposób uzyskuje się miedź o najwyższej czystości.

Właściwości chemiczne. Miedź jest odporna na działanie czynników atmosferycznych, trudno utlenia się w suchym powietrzu. W atmosferze wilgotnej pokrywa się zielonym nalotem (tlenkami miedzi — zwanymi patyną), który szczelnie pokrywa powierzchnię przedmiotu i chroni w ten sposób głębsze warstwy przed utlenianiem.

Miedź bardzo dobrze rozpuszcza się w kwasie azotowym



a trudniej w innych kwasach. Gdy miedź narażona jest jednocześnie na działanie podwyższonych temperatur i działanie wodoru zachodzi tzw. choroba wodorowa. Wodór mający małą średnicę atomową dyfunduje w głąb metalu, redukuje tlenek



i jako produkt reakcji powstaje para wodna, która ulegając rozprężeniu przy podwyższonej temperaturze powoduje powstawanie pęknięć.

Miedź jest metalem o dobrych właściwościach plastycznych, daje się kuć i walcować na zimno na bardzo cienkie blachy. W czasie przeróbki plastycznej utwardza się, a dla powtórnego uzyskania plastyczności należy ją wyżarzać.

Huty miedzi dostarczają na rynek trzy gatunki miedzi, które różnią się między sobą stopniem zanieczyszczeń:

M1 — stopień czystości miedzi 99,9‰,

M2 — stopień czystości miedzi 99,7‰,

M3 — stopień czystości miedzi 99,5‰.

Zastosowanie miedzi jest bardzo szerokie. Ze względu na bardzo dobrą przewodność prądu elektrycznego miedź znalazła szerokie zastosowanie w przemyśle elektrotechnicznym. Wykonuje się z niej również końcówki lutownic warsztatowych. Znalazła również zastosowanie

w przemyśle artystycznym do wyrobu przedmiotów wytłaczanych. Stosuje się ją do pokrywania przedmiotów wykonanych z innych metali w celu ochrony przed korozją oraz w celach ozdobnych. Miedzią pokrywa się również wszystkie przedmioty przed niklowaniem i chromowaniem.

Miedź daje się bardzo dobrze obrabiać skrawaniem. Bardzo dobrze się spawa i lutuje lutami miękkimi i twardymi. Czystą miedź Cu o zawartości czystego metalu 99,9‰ stosuje się na przewody elektryczne. Największe zastosowanie znalazły jednak stopy miedzi: mosiądze i brązy.

5.3. Stopy miedzi

Stopy bogate w miedź mają właściwości zbliżone do miedzi, tj. dużą plastyczność i odporność na korozję. Stopy te są roztworami metali w miedzi, mają taką samą strukturę jak miedź, w której część węzłów zajęta jest przez atomy innego metalu.

Stopem miedzi o największym zastosowaniu w zegarmistrzostwie jest stop miedzi z cynkiem (o zawartości cynku zwykle od 15 do 50‰) zwany mosiądzem.

Mosiądze odlewnicze. Oprócz cynku i miedzi w mosiądzu często występują inne składniki stopowe i w zależności od ich rodzaju rozróżnia się mosiądze ołowiowe, manganowe, aluminiowe, żelazowe i krzemowe.

Oznaczenie symbolowe tych mosiądzów (podobnie jak wszystkich stopów metali nieżelaznych) formuje się w ten sposób, że na początku znaku stawia się symbol chemiczny metalu zasadniczego (Cu), po nim umieszcza się symbol metalu będącego głównym dodatkiem stopowym (Zn) z cyfrą wskazującą procentową jego zawartość w stopie, a dalej w kolejności zmniejszających się zawartości procentowych podaje się pozostałe dodatki stopowe z cyframi ich procentowych zawartości. Gdy zawartość składnika dodatkowego nie przekracza 1‰ to wówczas cyfrę opuszcza się. Np. CuZn43Mn4Pb3Fe jest znakiem mosiądzu manganowo-ołowiowo-żelazowego, w którym zawartość cynku wynosi ok. 43‰, manganu ok. 4‰, ołowiu ok. 3‰ i żelaza ok. 1‰.

Oprócz powyższych oznaczeń, które są kłopotliwe (zbyt długi zapis) stosuje się jeszcze znacznie krótsze cechy. Na pierwszym miejscu stawiamy literę M (składnik miedź), drugie miejsce zajmuje litera odpowiadająca dodatkowi stopowemu. W największej ilości (główny składnik stopowy cynk nie wchodzi do cechy) — będzie to np. mangan, który również oznacza się literą M, a następnie stawia się cyfrę odpowiadającą procentowej zawartości miedzi, a więc np. 47. Wyżej omawianemu mosiądzwowi nadana została cecha MM47. W mosiądżach odlewniczych ołów i krzem poprawiają zdecydowanie lejność, natomiast

aluminium, mangan i żelazo podwyższają właściwości wytrzymałościowe. Oprócz tego aluminium i krzem przyczyniają się do wzrostu odporności mosiądzu na korozję, a mangan na korozję wody morskiej.

Ołów w mosiādzach poprawia poza lejnoścιą jeszcze skrawalnosc, przyczynia się do powstawania kruchego wióra, co umożliwia obrabianie takiego mosiādzu na automatach. Mosiādze znalazły zastosowanie przy konstrukcjach kół zębatych i płyt łożyskowych mechanizmów zegarowych. Najczęściej na odlewy stosowane są mosiādze MM47, MM55, MM58, MO59, MA67, MK80, MKO80.

Mosiādze do przeróbki plastycznej. W mosiādzach tych, oprócz składników, które wchodzą w skład mosiādżów odlewniczych dochodzi jeszcze w niewielkich ilościach cyna, nikiel i fosfor. Najczęściej stosuje się mosiādze MO59, M58, M59, M60, MO63, MN65, M68, M70, M80, M96. Jak z tego widać są to głównie mosiādze dwuskładnikowe (miedź — cynk), gdyż one najłatwiej obrabiają się plastycznie, przeważnie na zimno.

Mosiādze do przeróbki plastycznej stosowane są zazwyczaj w postaci prętów, drutów, blach, rur i taśm. W czasie przeróbki plastycznej na zimno mosiādż utwardza się i dlatego w celu usunięcia zgniotu należy go wyżarzać w temperaturze 550–580°C. Wszystkie mosiādze można łączyć za pomocą lutowania miękkiego i twardego oraz metodą spawania.

Mosiādze wysokoniklowe (nowe srebro). Są to mosiādze o barwie srebrzystej i zawartości niklu od 12÷18%. Najczęściej stosowane są: MZN18, MZN15, MZN12; nadają się one bardzo dobrze do przeróbki plastycznej. Są one odporne na korozję, mają małą przewodność cieplną. Stosowane są przeważnie na wyroby wytłaczane, nakrycia stołowe, oprawy narzędzi chirurgicznych i drobne części w przemyśle elektrotechnicznym oraz na sprężynki stykowe w układach stykowych niskoprądowych (teletechnicznych), ze względu na dobre przewodnictwo elektryczne i dobrą sprężystość.

Brązy. Są to stopy miedzi, w których głównym składnikiem stopowym mogą być różne metale, z wyjątkiem cynku lub niklu. W zależności od nazwy głównego składnika stopowego rozróżnia się brązy cynowe, aluminiowe, berylowe, fosforowe, manganowe i ołowiowe.

Brązy cynowe, jako doskonały stop na odlewy i do przeróbki plastycznej znane były od dawna. Jednak ze względu na konieczność importu drogiej cyny wypierane są przez brązy aluminiowe i krzemowe. Brązy cynowe są odporne na słabe kwasy i zasady. Pod wpływem czynników atmosferycznych pokrywają się patyną (powłoką tlenkową).

Są dobrze obrabialne skrawaniem, dają się dobrze lutować lutami twardymi i miękkimi.

Do przeróbki plastycznej stosowane są brązy o zawartości do 10% cyny, np. B7 (ok. 7% cyny) — stosowany jest na sprężyny włosowe zegarowe, przepony, membrany manometrów; BB2 (brąz berylowy ok. 2% berylu) odznacza się bardzo dobrą wytrzymałością i twardością, stosuje się na sprężyny płaskie, kółka wychwytowe w mechanizmach zegarków. Do przeróbki plastycznej stosuje się najczęściej brązy cynowo-cynkowe B43, krzemowe BK31, aluminiowe BA5, BA7, z których wykonuje się koła zębate, części maszyn, tuleje łożyskowe itp. Na odlewy stosuje się brązy cynowe (B10, B101), cynowo-cynkowo-ołowiowe (B555, B663), ołowiowe (BO30), krzemowe i aluminiowe. Wyrabia się z nich łożyska, ślimacznice, koła zębate, obudowy, korpusy itp.

Bardzo dobry przewodnik elektryczności, jakim jest miedź, po wprowadzeniu do niej manganu (powyżej 10%) lub niklu daje stop, który ma znaczną oporność elektryczną i może być użyty do budowy oporników. Oznaczenie tych stopów składa się z trzech liter SOM — (S — stop, O — oporowy, M — miedź), po którym następuje liczba wskazująca procentową zawartość miedzi. Najczęściej stosowany jest stop konstantan SOM59 i manganin SOM85.

Zaletą tych stopów ze względu na mały współczynnik oporności cieplnej jest prawie stała oporność w szerokim zakresie temperatur, co ma szczególne znaczenie w produkcji przyrządów elektrycznych.

5.4. Aluminium i jego stopy

Aluminium ze względu na swe właściwości, jak: odporność na korozję, przewodnictwo elektryczne i ciepłe oraz znaczną plastyczność ma szerokie zastosowanie w postaci czystego metalu oraz stopów. W tabeli 14 podano niektóre właściwości fizyczne czystego aluminium.

Aluminium otrzymuje się metodą elektrolizy stopionych soli z boksytów zawierających około 60% Al_2O_3 . W ten sposób otrzymuje się aluminium rafinowane o najwyższej czystości dochodzącej do 99,995% czystego pierwiastka. Aluminium otrzymuje się również metodami hutniczymi — jednak posiada ono większe zanieczyszczenia. Nieuniknionymi zanieczyszczeniami w aluminium są Fe i Si, które obniżają przewodność elektryczną, jednak wpływają korzystnie na wytrzymałość, twardość i ułatwiają obróbkę mechaniczną, a tytan i cyna wpływają jeszcze korzystnie na odporność na korozję.

Aluminium jest odporne na działanie większości kwasów organicznych, stosowanych do celów spożywczych, dlatego folia aluminiowa służy jako opakowanie produktów spożywczych, a folia z aluminium rafinowanego stosowana jest do produkcji kondensatorów. Aluminium

TABELA 14

Niektóre właściwości fizyczne czystego aluminium (o czystości 99,99%)

Nazwa właściwości	Wg układu SI	Wg układów innych
Gęstość	2699 kg/m ³	2,699 g/cm ³
Temperatura topnienia	933 K	660°C
Współczynnik rozszerzalności liniowej	22,9 · 10 ⁻⁶ · K ⁻¹	22,9 · 10 ⁻⁶ /°C
Współczynnik przewodności cieplnej właściwej w temp. 293 K	238,4 W/(m · K)	0,569 cal/(cm · s · °C)
Opór elektryczny właściwy w temp. 293 K	2,89 · 10 ⁻⁸ Ω · m	2,89 · 10 ⁻² Ω · mm ² /m
Moduł sprężystości podłużnej	70,9 MPa	7230 kG/mm ²

podczas obróbki mechanicznej rozmazuje się, a ponieważ doskonale obrabia się plastycznie — wszystkie wyroby z czystego aluminium otrzymuje się tą metodą. Jak każdy metal plastyczny aluminium można znacznie umocnić przez zgniot.

Pod wpływem czynników atmosferycznych aluminium pokrywa się cienką i szczelną warstwą tlenku, która chroni go przed dalszym utlenianiem. Aluminium daje się dobrze kuć, walcować i przeciągać aż do najcieńszych wymiarów. Utwardzenie w wyniku obróbki plastycznej usuwa się przez wyżarzanie rekrytalizujące w temperaturze ok. 350—500°C.

Wskutek odkształcenia plastycznego (na zimno) następuje w każdym metalu (nie tylko w aluminium) zwiększenie twardości i wytrzymałości, tj. umocnienie metalu zwane zgniotem.

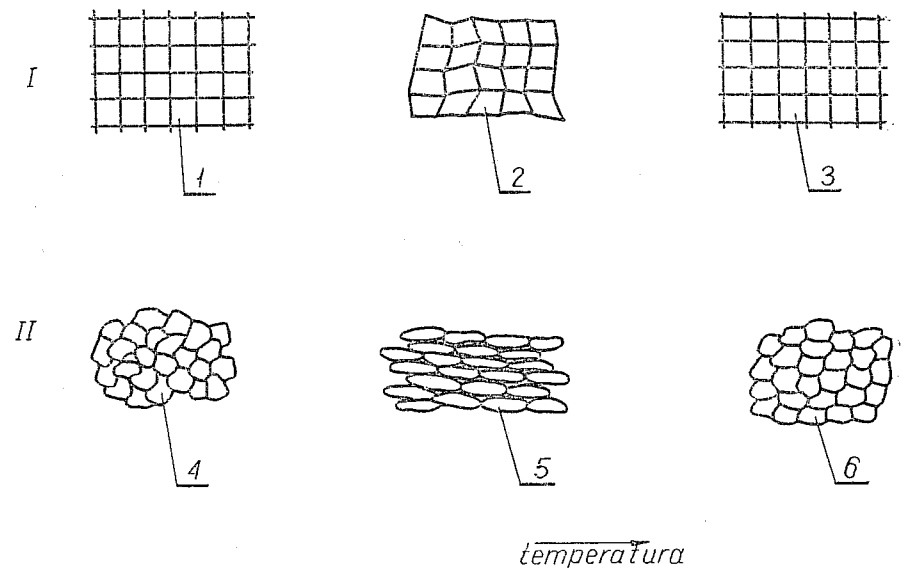
Umocnienie jest skutkiem poślizgów zachodzących w metalu podczas odkształcenia plastycznego. Podczas odkształcenia plastycznego bardziej lub mniej uporządkowana struktura metalu ulega zniszczeniu, odkształcaniu ulega regularna sieć krystaliczna kryształu.

Wszystkie odkształcenia w sieci (przesuw dyslokacji) zachodzą zaw-

sze wzdłuż płaszczyzn łatwych poślizgów. Wzdłuż tych płaszczyzn przesuwają się całe elementy sieci krystalicznej, często następuje jej zerwanie, co prowadzi do rozdrobnienia i zniekształcenia całej struktury metalu. Jednocześnie proces ten wywołuje sprężyste odkształcenia sieci krystalicznej, co stwarza liczne przeszkody w przemieszczaniu się dyslokacji, a więc w dalszym odkształcaniu metalu. Wynikiem tych wszystkich zmian jest umocnienie metalu.

Strukturę krystaliczną metalu odkształconego plastycznie cechuje nie tylko zniekształcenie sieci krystalicznej, lecz również określona orientacja ziarna, tj. tekstura. Kryształy mające przypadkowo różną orientację układają się osiami odpowiadającymi największej wytrzymałości w kierunku odkształcenia. Procesem, który przywraca takiemu odkształconemu metalowi poprzednie właściwości nazywa się proces rekrytalizacji. W wyniku tego procesu twardość i wytrzymałość na rozciąganie nieco się zmniejsza w porównaniu z wartością przed nagraniem, natomiast zwiększa się plastyczność.

Procesy rekonstrukcji przebiegają w podwyższonych temperaturach, następuje wtedy rozrost rozdrobnionych ziaren i uporządkowanie sieci krystalicznej kryształu. Wyjaśnia to rysunek 5-1.



Rys. 5-1. Zmiana budowy metalu podczas nagrzewania po zgnioście: I — struktura krystaliczna, II — mikrostruktura; 1 — siatka krystaliczna przed zgnioście, 2 — po zgnioście, 3 — po wyżarzaniu rekrytalizującym, 4 — ułożenie ziaren przed zgnioście, 5 — ułożenie po zgnioście, tekstura, 6 — ziarna po wyżarzaniu rekrytalizującym

Zastosowanie aluminium jest szerokie. Ze względu na małą gęstość służy do wyrobu wielu części samolotowych i samochodowych, do wy-

robu naczyń kuchennych i elementów aparatury chemicznej. Wykonuje się z niego przewody elektryczne linii napowietrznej (bardzo dobrze zastępuje droższą miedź), które jednak ze względu na jego małą wytrzymałość na zerwanie muszą być wzmacniane drutem stalowym. Aluminium można zgrzewać z miedzią, jej stopami, stalą i stopami aluminowymi. Otrzymuje się tą drogą materiały o przeciętnie wyższej wytrzymałości od aluminium, a powierzchniowo odporne na korozję. Trójtlenek aluminowy Al_2O_3 zwany korundem jest używany jako materiał ścierny.

Właściwości wytrzymałościowe aluminium są stosunkowo niskie i z tego powodu jego zastosowanie w przemyśle maszynowym jest na ogół niewielkie. Przez stopienie aluminium z pewnymi pierwiastkami otrzymuje się jednak bardzo cenne stopy o znacznie wyższych właściwościach wytrzymałościowych i dobrych właściwościach plastycznych. Głównymi składnikami stopów aluminów jest: miedź, krzem, magnez, cynk i mangan.

Wśród stopów aluminowych (nazywanych również stopami lekkimi) najczęściej stosowane są: duraluminium, siluminy i znale.

Duraluminium (dural) jest to stop aluminium, miedzi i magnezu o gęstości około $2,7 \text{ t/m}^3$. Dural jest stopem dobrym do przeróbki plastycznej, odpornym na działanie czynników atmosferycznych. Daje się dobrze kuć i walcować. Durale o symbolu PA2, PA3... do PA10 stosowane są do wyrobu nitów, słupków dystansowych mechanizmów zegarowych, osłon, przewodów elektrycznych i elementów przemysłu chemicznego. PA11 — stosowany jest w budownictwie okrętowym ze względu na odporność na działanie wody morskiej. PA22 do PA31 stosowany jest w konstrukcjach lotniczych.

Siluminy — są stopami odlewniczymi, zawierają do 13% krzemu (krzem polepsza właściwości odlewnicze). Siluminy AK11 i AK63 stosowane są na odlewy o skomplikowanych kształtach oraz na odlewy cienkościennie, średnio oraz wysoko obciążone korpusy, szkielety i wsporniki mechanizmów zegarowych.

Znal — jest to stop aluminium z cynkiem (ZnAl) oznaczony jest literą Z oraz liczbą, która podaje procentową zawartość w stopie aluminium oraz miedzi. Np. Z41 — stop o zawartości 4% aluminium i 1% miedzi (reszta cynk). Najczęściej stosowane są stopy Z41, Z43 i Z61. Wykonuje się z nich odlewy pod ciśnieniem, korpusy maszyn do pisanja, osłony, bębni cyfrowe (ostatnio wykonuje się je z tworzyw sztucznych), korpusy liczydeł itp.

5.5. Inne metale

Nikiel (Ni) jest metalem o barwie srebrzystej. Czysty nikiel jest otrzymywany i rafinowany metodą elektrolityczną, chemiczną lub hut-

niczą. Jest jednym z najbardziej odpornych metali na utleniające działanie powietrza, nawet do temperatury 500°C . Jest odporny na działanie wody morskiej oraz roztworów kwasów organicznych i nieorganicznych, jedynie rozpuszcza się w zimnym kwasie azotowym i innych kwasach nieorganicznych o podwyższonej temperaturze.

Nikiel jest metalem plastycznym, dobrze obrabia się skrawaniem, natomiast źle odlewa. Stopy niklu ze względu na zastosowanie można podzielić na trzy grupy:

- Stopy mające zastosowanie w elektronice i elektrotechnice, ze względu na specjalne właściwości fizyczne, jak przenikalność magnetyczna, duża oporność,
- Stopy odporne chemicznie — są to głównie stopy niklowo-miedziowe. Najczęściej stosowane są stopy niklu z miedzią (20–40% Cu), tzw. monele. Monele stosuje się na łopatki turbin parowych, części pomp i do budowy aparatury chemicznej.
- Stopy żaroodporne — są to głównie stopy niklu z chromem, zwane nichromem. Są to stopy o dużej oporności elektrycznej (rezystancji), wykonuje się z nich uzwojenia w przemysłowych piecach elektrycznych oraz termopary (do pomiaru temperatury).

Znanym stopem z tej grupy jest stop zawierający 35–55% Co, 25–33% Cr, 10–25% W, do 1% Fe oraz 1–4% C, nazywany stellite. Stellite są przede wszystkim stosowane jako ostrza przylutowywane w formie nakładek do narzędzi skrawających. Ze wszystkich znanych materiałów narzędziowych, jakimi są: stal węglowa, stal szybkostrząca i węgliki spiekane, stellite po węglkach spiekanych zachowują najwyższą twardość — do temperatury ok. 1200 K.

Stellite bywają także napawane na części konstrukcyjne w miejscach najbardziej narażonych na działanie wysokich temperatur, np. na grzybki zaworowe w miejscach najsilniejszego oddziaływania gazów spalinowych.

Czysty nikiel stosowany jest głównie do pokrywania galwanicznego powierzchni innych metali, takich jak: stal, żeliwo, brąz, mosiądz, cynk w celu ochrony przed korozją oraz w celach zdobniczych. Stosowany jest w przemyśle spożywczym i chemicznym. Wykonuje się z niego również różne instrumenty chirurgiczne.

Cynk (Zn) jest metalem o barwie srebrzystobłękitnej. Jest odporny na działanie powietrza i wilgoci. Po pewnym czasie pokrywa się matową warstwą węglanu zasadowego, tlenkiem, chroniącym go przed dalszym utlenianiem. Z powodu swej zdolności do odkształcania oraz odporności na korozję stosowany jest jako czysty metal.

Cynk otrzymuje się z rudy siarczkowej (ZnS) zwanej blendą cynkową oraz rudy węglanowej ($ZnCO_3$) zwanej galmanem. Przeróbka hutnicza rud cynkowych polega na wstępnym prażeniu w celu usunięcia wody i siarki. Następnie tak przygotowaną rudę podgrzewa się

do temperatury ok. 1570 K, w której następuje jego parowanie. Pary cynku skrapla się w odpowiednich urządzeniach. Tak otrzymany cynk zawiera około 2% zanieczyszczeń; następnie poddawany jest dalszemu oczyszczaniu głównie metodami elektrolitycznymi.

Gęstość cynku ($7,13 \text{ t/m}^3$) jest zbliżona do żelaza, ma niską temperaturę topnienia (692 K) i wrzenia, a więc łatwo się ułatnia przy topieniu, odlewaniu i nagrzewaniu. Przewodnictwo cieplne i elektryczne ma nieduże (113 W/mK , $5,5 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$). Czysty technicznie cynk oznacza się literą N — otrzymywany drogą destylacji, E — otrzymywany na drodze elektrolizy i H — otrzymywany metodami hutniczymi przez redukcję tlenku cynku na drodze ogniowej.

Największe zastosowanie znalazł cynk do pokrywania powierzchni blach lub przedmiotów stalowych (metodą elektrolityczną) w celu uodpornienia ich na wpływy atmosferyczne i działanie wody. Ze względu na dobre właściwości wytrzymałościowe i plastyczne cynk jest stosowany jako metal zastępujący miedź i jej stopy. Jest stosowany w szerokim zakresie jako pierwiastek stopowy w mosiadcach, brązach, żaluzjach.

Cyna (Sb) jest metalem o barwie srebrzysto-białej. Cyna jest nieodporna na działanie niskich temperatur, gdyż rozkłada się na szary proszek zwany cyną szarą. Zjawisko to nazywa się zarazą cynową i powoduje zniszczenia nieraz bardzo cennych przedmiotów muzealnych pod wpływem mrozów.

Przemianę cyny białej w szarą można przerwać podgrzewając ją do temperatury powyżej 40°C .

Cyna jest odporna na działanie czynników atmosferycznych i wody. Rozpuszcza się w kwasach nieorganicznych i zasadach. Cyna jest miękka i kowalna, przy zginaniu wydaje charakterystyczny chrzęst. Bardzo dobrze walcuje się na zimno, można z niej wyrabiać bardzo cienkie folie. Cynę otrzymuje się z rudy zwanej kasyterytem, metodami podobnymi do otrzymywania cynku.

Cyna ma głównie zastosowanie jako składnik stopów technicznych, brązów, stopów łożyskowych (zwanymi babbitymi), służy do pokrywania powierzchni i wyrobu okładek kondensatorów, do lutowania. Stosowana jest również jako jeden z podstawowych składników stopów drukarskich (do wyrobu czcionek).

Ołów (Pb) jest metalem o barwie szarej z połyskiem metalicznym. Pod wpływem atmosfery jego powierzchnia pokrywa się szarą powłoką tlenku, który chroni go przed dalszym utlenianiem. Ołów jest metalem ciężkim (gęstość $11,34 \text{ t/m}^3$), miękkim, łatwo topliwym (temperatura topnienia 505 K), odporny na działanie kwasów, zwłaszcza siarkowego, nieodporny na kwas azotowy. Jest metalem o dobrych właściwościach odlewniczych, dobrze się lutuje i spawa.

Ołów otrzymuje się głównie z rudy zwanej galeną (PbS) za pomocą prażenia. W celu zwiększenia twardości do ołowiu dodaje się antymon,

arsen, kadm. Ołów znalazł zastosowanie w przemyśle chemicznym, wykonuje się z niego specjalne naczynia i aparaturę do kwasów. Ze względu na dużą gęstość stosowany jest również do wykonywania przeci ciężarów i obciążeń dźwigowych. Służy do wykonywania płyt akumulatorowych, do wyrobu lutów. Szerokie zastosowanie znajduje w produkcji stopów łożyskowych, stopów niskotopliwych oraz w brązach i mosiadcach w celu polepszania ich obrabialności przy skrawaniu.

Magnez (Mg) ze względu na swoje właściwości (nieodporny na działanie atmosfery oraz kwasów i zasad) jest stosowany w technice przede wszystkim w postaci stopów. Ma bardzo małą gęstość — $1,74 \text{ t/m}^3$ — mniejszą od aluminium. Magnez łatwo łączy się z tlenem z powietrza, pokrywając się błonką zwartego tlenku, chroniącego go przed dalszym działaniem tlenu. Magnez otrzymuje się z minerału zwanego karrolitem na drodze elektrolitycznej w temperaturze ok. 950 K. Używany jest na stopy lekkie (zwane również ultralekkimi), w pirotechnice (spala się jasnym płonieniem dając bardzo silne światło) oraz w przemyśle chemicznym. Magnez z cynkiem, manganem i aluminium tworzy stop o nazwie elektron, odznaczający się dobrymi właściwościami wytrzymałościowymi przy małej gęstości (ok. $1,83 \text{ t/m}^3$). Jest on stosowany do budowy elementów samolotów.

Elektron w stanie ciekłym lub w postaci drobnych wiórów (np. przy obróbce skrawaniem) jest bardzo łatwo zapalny.

Chrom (Cr) ma gęstość $7,1 \text{ t/m}^3$, jest metalem o barwie białosrebrzystej, twardym, kruchym i odpornym na działanie warunków atmosferycznych i kwasów. Chrom stosuje się głównie do galwanicznego pokrywania przedmiotów metalowych w celu ochrony ich przed korozją, zwiększenia ich odporności na zużycie (np. chromowanie sprawdzianów, narzędzi) oraz w celach dekoracyjnych. Chrom stosowany jest często jako pierwiastek stopowy do wyrobu stali nierdzewnych, kwasoodpornych, stopowych konstrukcyjnych o szczególnych właściwościach itp.

Rtęć (Hg) o gęstości $13,55 \text{ t/m}^3$ jest jedynym metalem, który w temperaturze pokojowej występuje w postaci płynnej. Rtęć ma właściwości rozpuszczania innych metali. Dobrze przewodzi prąd elektryczny. Stosuje się do wyrobu termometrów, barometrów, prostowników, lamp elektronowych, zwierciadeł itp.

Wolfram (W) jest metalem kruchym i twardym o bardzo wysokiej temperaturze topnienia — 3683 K, odporny na działanie wysokich temperatur i dlatego używany jest jako składnik stopowy do wyrobu włókien żarówek elektrycznych oraz do produkcji stali narzędziowych i szybko tnących.

Kadm (Cd) jest metalem bardzo miękkim, łatwo ścieralnym (na zwykłym papierze zostawia ślad). Kadmem pokrywa się powierzchnie

w celu ochrony przed korozją, o ile nie będą podlegały ścieraniu. Stosowany jest do wyrobu stopów łożyskowych, lutów miękkich i farb.

Uran (U) stosowany jest głównie jako źródło energii jądrowej, ulega promieniotwórczemu rozpadowi na rad, a następnie na ołów. Z jednego kilograma uranu uzyskuje się prawie 2 miliony więcej energii niż z 1 kilograma węgla kamiennego. Uran jest stosowany jako dodatek do specjalnych stali używanych w przemyśle chemicznym oraz do wyrobu barwników i środków fluorescencyjnych. Pokrywa się nimi wskazówki zegarków naręcznych (zjawisko świecenia w ciemności).

5.6. Węglik spiekane

Węglik spiekane są to sprasowane w formach pod dużym ciśnieniem proszki niektórych metali, które są następnie spiekane w piecu w temperaturze ok. 2200 K. Składnikami węglików spiekanych są: węgiel wolframu, węgiel tytanu, węgiel tantalu, węgiel wanadu i kobalt. Są to więc materiały bardzo twarde z tym, że kobalt najbardziej miękki stanowi dla nich spoiwo. Węglik spiekane charakteryzują się bardzo dużą twardością (zbliżoną do twardości diamentu), którą zachowują do temperatury około 1200 K. Klasyfikacja oraz właściwości mechaniczne i ich skład podane są w tabeli 15.

Klasyfikacja węglików spiekanych wg PN-60/H-89500

TABELA 15

Grupa	Gatunek	Orientacyjny skład chemiczny					Gęstość t/m ³	Twardość HRC min.	Wytrzymałość na zginanie MPa	Barwa rozpo- znawcza
		Wę- glik wol- framu %	Wę- glik tytanu %	Wę- glik tanta- lu %	Wę- glik wana- du %	Kobalt %				
S	S03	69	25	—	—	6	9,7÷10,1	90,5	9	niebieska
	S10	78	16	—	—	6	11,0÷11,4	90,0	11	
	S20	78	14	—	—	8	11,2÷11,6	89,5	11	
	S30	87	5	—	—	8	13,0÷13,5	89,0	13	
H	H05	91,5	—	1,0	0,5	7	14,3÷14,6	90,5	10	czerwona
	H10	94	—	—	—	6	14,5÷15,0	90,0	11	
	H20	94	—	—	—	6	14,4÷14,9	89,0	13	
	H40	89	—	—	—	11	14,0÷14,5	87,0	15	
G	G10	94	—	—	—	6	14,4÷14,9	89,0	13	zielona
	G20	89	—	—	—	11	14,0÷14,5	87,0	15	
	G30	85	—	—	—	15	13,7÷14,2	86,0	17	
	G40	80	—	—	—	20	13,1÷13,6	84,0	18	
	G50	75	—	—	—	25	12,8÷13,3	82,0	19	

Węglik spiekane są głównie stosowane na narzędzia skrawające. Właściwości węglików spiekanych, takie jak: duża twardość, odporność na ścieranie, umożliwiają 2-4-krotnie zwiększyć szybkość skrawania w porównaniu z nożami wykonanymi ze stali szybko tnących. Nożami z węglików można skrawać tak twarde materiały, jak: białe żeliwo, hartowaną stal, szkło itp. Ponieważ węglik spiekane nie dają się obrabiać przez skrawanie (tylko przez szlifowanie), więc do wyrobu narzędzi skrawających używa się ich pod postacią płytek o odpowiednim kształcie, które następnie nalutowuje się na trzonki stalowe. Wadą węglików spiekanych jest ich duża kruchość i wysoka cena, należy więc nimi gospodarować oszczędnie i używać tylko tam, gdzie ich użycie jest uzasadnione warunkami obróbki.

Gatunki grupy S (patrz tabela 15) stosuje się do obróbki stali i staliwa, a gatunek S20 stosowany jest do obróbki żeliwa ciągliwego. Gatunki H stosowane są do obróbki stali hartowanej, żeliw, twardych stopów, tworzyw sztucznych (H40) i metali nieżelaznych. Gatunki G stosowane są do wyrobu wkładek do matryc, wykrojników, oczek do przeciągaczy, nakładek na kły tokarskie, narzędzi mierniczych itp.

5.7. Metale szlachetne

Srebro (Ag). Srebro otrzymuje się za pomocą metod pirometalurgicznych i hydrometalurgicznych, a następnie rafinuje elektrolitycznie. Gęstość srebra jest równa 10,5 t/m³, temperatura topnienia 1233 K. Srebro jest metalem bardzo odpornym na wpływy atmosferyczne. Rozpuszcza się w kwasie azotowym. Jest bardzo dobrym przewodnikiem prądu elektrycznego i ciepła. Przebywając długo na powietrzu reaguje ze znajdującym się w nim siarkowodorem i pokrywa się cienką warstwą siarczków. Zjawisko to ma duże znaczenie praktyczne, gdyż wpływa na zmniejszenie zdolności odbicia światła od wypolerowanej powierzchni srebra, użytej jako lustro.

Najpospolitszymi zanieczyszczeniami srebra są: miedź, złoto, ołów, żelazo i cynk. Metale te rozpuszczają się całkowicie w srebrze i z tego powodu nie wykazują szkodliwego wpływu na właściwości srebra. PN-62/H-82205 podaje cztery gatunki srebra w zależności od jego czystości: Ag0 — (99,99% Ag) używane do produkcji odczynników chemicznych; Ag1 — (99,96% Ag) — do celów przetwórstwa; Ag2 — (99,9% Ag) stosowane w przemyśle elektrotechnicznym jako blachy i druty oraz Ag3 — (99,8% Ag) stosowane na blachy ogólnego przeznaczenia, anody oraz stycki sprężynki stykowych.

Srebro w stanie ciekłym pochłania gazy z atmosfery, które podczas krzepnięcia wydzielają się, tworząc na powierzchni jak gdyby małe kraterki, co uniemożliwia otrzymywanie dobrych odlewów ze srebra. Dlatego też wyroby ze srebra są przeważnie wykonywane za pomocą

przeróbki plastycznej. Srebro należy do najbardziej plastycznych metali. Daje się ono przerabiać plastycznie, zarówno na gorąco, jak i na zimno. Czyste srebro ma zastosowanie do galwanicznego i chemicznego srebrzenia, na przewody w urządzeniach elektrycznych, na stycзки w układach stykowych, a przede wszystkim do wyrobu stopów, z których najważniejszymi są stopy srebra z miedzią. Stosowane jest również w przemyśle fotograficznym.

Stopy srebra z miedzią o zawartości 80 do 94% Ag mają duże znaczenie w przemyśle wyrobów srebrnych, a o zawartości 50 do 75% Ag — służą do wyrobu monet. Stopy srebra z miedzią i cynkiem służą do wyrobu lutów twardych. Składy procentowe stopów miedzi ze srebrem, jak zresztą wszystkich stopów cennych, są ustalone przez władze państwowe jako tzw. próby i sprawdzane przez specjalne urzędy probiercze. W Polsce prawnie ustalone stopy srebra zawierają następujące ilości procentowe głównego składnika:

- 1 próba — 94% srebra (940),
- 2 próba — 87,5% srebra (875),
- 3 próba — 80% srebra (800).

Stopy 2 i 3 próby znalazły zastosowanie do wyrobu łyżek, trzonków noży, widelców, przedmiotów artystycznych.

Złoto (Au). Złoto otrzymuje się przeważnie za pomocą metod hydrometalurgicznych, a następnie rafinuje elektrolitycznie. Gęstość złota jest równa 19,32 t/m³, temperatura topnienia 1336 K. Rozpuszczalnikiem dla złota jest tylko woda królewska — jest to mieszanina składająca się z 3 części stężonego kwasu solnego HCl i 1 części stężonego kwasu azotowego HNO₃. Z powodu swej dużej odporności na korozję złoto daje się łatwo topić i odlewać. Jest ono najbardziej plastycznym metalem i z tego powodu daje się łatwo przerabiać plastycznie.

Złoto daje się przewalcowywać na folię o grubości 0,000 000 01 m (0,1 μm); 0,05 g złota można przeciągnąć na drut o długości 160 m. Czyste złoto jest miękkie, łatwo się ściera i odkształca, dlatego bywa używane zazwyczaj pod postacią stopów, głównie z miedzią, srebrem i niklem. W Polsce obowiązują trzy legalne próby złota:

- 1 próba — 96% złota (960 — tzw. złoto dukatowe — 23-karatowe),
- 2 próba — 75% złota (750 — złoto 18-karatowe),
- 3 próba — 58,3% złota (583 — złoto 14-karatowe).

Jedynie złoto 3 próby (rzadziej 2 próby) ma dobre właściwości mechaniczne i dlatego znalazło zastosowanie do wyrobów jubilerskich i w zegarmistrzostwie — wykonuje się ze złota koperty do zegarków naręcznych, złoci się wskazówki.

Złoto w stopach z miedzią i srebrem staje się sprężyste, tak że nadaje się nawet na cienkie sprężynki, np. do zawieszek chronometrycznych. Często ze złota były wykonywane otoczki kamieni łożyskowych

(szatony). Oprawki te amortyzowały kurczenie się mosiężnych mostków i chroniły tym samym kamienie łożyskowe od pękania. Ze złota próby 3 wykonuje się czasem kółka wychwytowe i kotwice. Zaletą ich jest to, że nie magnesują się i dają ładny wygląd.

Zawartość złota w danym przedmiocie można sprawdzić najprościej dwoma metodami: chlorkiem złota i na kamieniu probierczym.

Chlorkiem złota: na oczyszczonej (zeskrobanej) powierzchni umieszczamy za pomocą szklanego precyka kroplę chlorku złota. Jeżeli po upływie ok. 1 minuty w miejscu działania chlorku nie utworzy się ciemna plama, wtedy można powiedzieć, że ma ono co najmniej 3 próbę.

Na kamieniu probierczym: krawędzią złotego przedmiotu robimy rysę na kamieniu i na rysę tę z trzech różnych buteleczek (które znajdują się w komplecie do badań) nanosi się po kropli płynu w różnych miejscach na rysie. Przez obserwację ciemnienia rysy możemy dość dokładnie określić próbę złota.

Złoto wchodzi w skład spoiw do lutowania wyrobów złotych. Najczęściej stosowane są stopy lutownicze: Au - Cu - Ag - Zn i Au - Cu - Ag - Cd.

Platyna (Pt). Platyna (tak jak zresztą i pozostałe platynowce) występuje w przyrodzie w stanie rodzimym w postaci ziarn i bryłek, które ze względu na jej znaczną gęstość łatwo wypłukuje się z piasków i następnie przetapia. Gęstość platyny wynosi 21,45 t/m³, a temperatura topnienia — 2046,5 K. Platyna odznacza się największą z metali szlachetnych odpornością na działanie kwasów i rozpuszcza się tylko w gorącej wodzie królewskiej. Jest metalem ciągliwym, można z niej wykonywać tak cienkie druty, że mogą one służyć do wyrobu tkanin. Daje się łatwo lutować, przy czym jako spoiwo stosuje się często złoto. Platyna znalazła duże zastosowanie w laboratoriach i przemyśle chemicznym do wyrobu siatek, igieł, służy także jako katalizator.

Właściwości mechaniczne czystej platyny są stosunkowo niskie i z tego powodu stosuje się ją często pod postacią stopów. Np. stop platyny z irydem został użyty do wyrobu międzynarodowego wzorca miary i wagi; wyrabia się z niego końcówki termopar. Stopy platyny z miedzią służą do wyrobu biżuterii.

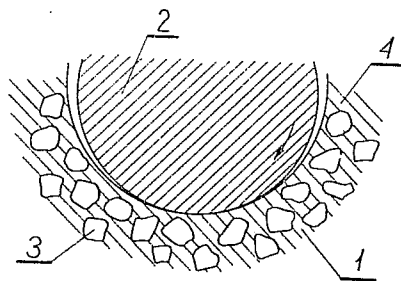
5.8. Stopy łożyskowe

Stopy łożyskowe są to stopy przeznaczone do wyrobu panewek łożyskowych, które współpracują najczęściej ze stalowymi czopami. Stopy te ze względu na warunki pracy powinny odznaczać się takimi właściwościami, jak:

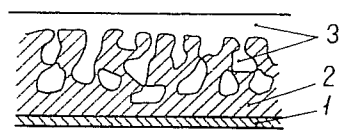
- wysoką odpornością na ścieranie,
- odpornością na zatarcie,

- zdolnością zachowania dobrej smarowności dzięki dobrej adsorpcji smaru,
- małym współczynnikiem tarcia,
- szybkim docieraniem się (wygładzeniem chropowatości),
- zdolnością włączania twardych produktów tarcia i zanieczyszczeń stopu,
- dobrą przewodnością ciepła, szybkim odprowadzaniem ciepła powstałego wskutek tarcia,
- odpornością na działanie czynników korozyjnych, które jest wzmożone przez podwyższoną temperaturę powierzchni trących,
- twardością w temperaturze otoczenia i podwyższonej, dostosowaną do obciążenia łożyska,
- plastycznością pozwalającą na uzyskanie większej powierzchni styku,
- dostateczną wytrzymałością statyczną, zmęczeniową i udarową w temperaturach pracy łożyska.

Poza wyżej wymienionymi cechami stop łożyskowy powinien mieć dobre właściwości odlewnicze oraz dobrą obrabialność skrawaniem. Spełnienie tak wielu i częściowo sprzecznych wymagań jest możliwe przy zastosowaniu stopów o strukturze wielofazowej, złożonej z twardych ziarn i miękkiego plastycznego podłoża (rys. 5-2). Twarde kryształy przenoszą



Rys. 5-2. Schemat budowy stopu łożyskowego: 1 — łożysko, 2 — czop wałka, 3 — ziarna nośne, 4 — osnowa



Rys. 5-3. Budowa materiału łożyskowego Glacier DU: 1 — taśma stalowa, 2 — brąz porowaty, 3 — mieszanka ślizgowa

naciski i dają odporność na ścieranie, a miękkie plastyczne podłoże pozwala na łatwe dotarcie się panewki i tłumi drgania. Tak więc twarde kryształy spełniają rolę szkieletu nośnego (co znacznie zwiększa nośność łożyska), a miękkie podłoże jest właściwym materiałem łożyskowym. W miarę docierania się panewki twarde kryształy osiadają głębiej w plastycznym podłożu, czop wałka nie styka się z nimi, dzięki czemu nie ulega wycieraniu.

Największe zastosowanie jako stopy łożyskowe mają stopy, których głównym składnikiem jest ołów lub cyna, nazwane od wynalazcy tych

stopów — babbitami. W skład tych stopów wchodzi jeszcze niewielkie ilości antymonu i miedzi.

W tabeli 16 podano składy chemiczne (w %) najważniejszych stopów wraz z ich temperaturą nadtopiania.

TABELA 16

Skład chemiczny stopów łożyskowych cyny i ołowiu wytwarzanych w Polsce (wg PN-62/H-87111)

	Sn	Pb	Sb	Cu	temperatura nadtopiania
Ł 89	reszta	—	ok. 8	ok. 3	615 K
Ł 83	reszta	—	ok. 11	ok. 6	653 K
Ł 16	ok. 16	reszta	ok. 16	ok. 2	683 K
Ł 6	ok. 6	reszta	ok. 6	—	—
Ł.Ca*)	—	reszta	—	—	743 K

*) Zawiera ok. 1% wapnia i ok. 0,9% sodu — jest to specjalny, tani stop, w którym deficytową cynę zastąpiono wapniem i sodą.

Oprócz licznych stopów na podłożu cyny i ołowiu oraz mosiądzów są jeszcze stosowane na łożyska ślizgowe stopy miedzi i ołowiu omówione poprzednio, jako brązy ołowiane.

Ze specjalnych spieków o strukturze porowatej wyrabia się również łożyska samosmarujące. Łożysko takie ma budowę gąbki. Po nasączeniu smarem (gotowanie w oleju pod wysokim ciśnieniem) smar utrzymuje się w nim przez długie lata jego pracy. Wadą tego łożyska jest to, że nie może przenosić zbyt dużych prędkości poślizgu, gdyż wtedy łożysko takie zaciera się.

Inną grupę łożysk stanowią łożyska z tworzyw sztucznych, coraz częściej stosowane w mechanizmach zegarowych. Są to najczęściej łożyska wykonane z poliformaldehydu (patrz tabela 22) i rzadziej — w przypadku bardzo małych nacisków jednostkowych — z polichloroetylenów. Wadą wszystkich łożysk z tworzyw sztucznych jest to, że nie mogą przenosić zbyt dużych prędkości poślizgu i nacisków jednostkowych, gdyż szybko nagrzewają się (łożyska takie bardzo źle przewodzą, a więc i odprowadzają ciepło) i ulegają zniszczeniu (zatarciu).

Firma angielska Glacier specjalizująca się w produkcji łożysk ślizgowych skonstruowała specjalne łożysko ślizgowe o bardzo dobrych właściwościach. Łożysko takie składa się z trzech warstw (rys. 5-3): — cienkiej taśmy stalowej 1, która stanowi podłoże zapewniające wytrzymałość i stabilność łożyska, — warstwy nośnej 2, ze spiekane go brązu, o dużej porowatości nasyczonego specjalną mieszanką ślizgową, — warstwy ślizgowej z mieszanką ślizgową 3.

Mieszanka ślizgowa składa się z policzterofluoroetyleny (teflonu) i ołowiu (80% teflonu i 20% ołowiu), dzięki czemu mając bardzo dobre właściwości ślizgowe (bardzo niski współczynnik tarcia — patrz tabela 22), jednocześnie dobrze odprowadza ciepło (dzięki ołowiu i warstwie porowatego brązu). Łożyska takie mogą pracować bez smarowania przy dużych obciążeniach i prędkościach.

5.9. Luty

Rozróżniamy następujące główne rodzaje spajania metali: spawanie, zgrzewanie i lutowanie. Spawaniem nazywa się proces łączenia metali, w wyniku którego uzyskuje się ciągłość materiałową za pomocą topnienia łączonych powierzchni i w większości wypadków — spoiwa. W wyniku spawania następuje wzajemne przenikanie roztopionego metalu z obu elementów i utworzenie po ostygnięciu trwałe spoiny. Najczęściej stosuje się spawanie gazowe i elektryczne. Zgrzewanie polega na nagraniu miejsc łączonych do temperatury plastyczności metalu, a następnie mocnym dociśnięciu do siebie obu powierzchni łączonych.

Lutowaniem nazywa się proces łączenia metali za pomocą spoiwa (lutu). Roztopione spoiwo tworzy stop z powierzchniami łączonych elementów. Jeżeli stosujemy spoiwa łatwo topliwe o temperaturze topnienia poniżej 573 K (300°C), to lutowanie nazywa się miękkim, a przy spoiwach trudno topliwych o temperaturze topnienia powyżej 773 K (500°C) — lutowaniem twardym.

Lutowanie miękkie. Spoiwa (luty) do lutowania miękkiego są to przede wszystkim cyna i jej stopy z ołowiem, bizmutem i innymi domieszkami. Spoiwa te są ujęte normą PN-64/M-69410. Spoiwa te oznaczone symbolem LC mają temperaturę topnienia poniżej 573 K (spoiwo LC8 górna temperatura 578 K) i są wykonywane w postaci prętów, płytek, drutu i proszków. W tabeli 17 podano niektóre właściwości i zastosowanie najczęściej stosowanych lutów miękkich. Do lutowania drobnych przedmiotów, nie narażonych w miejscu lutowania na działanie sił, stosowana jest pasta lutownicza zwana tinolem. Pasta ta składa się z opilek cynkowych dokładnie wymieszanych w stosunku 1:1 z chlorkiem cynawym. Miejsce połączenia smaruje się pastą i nagrzewa np. zapalką.

Do oczyszczania chemicznego powierzchni stykowych przedmiotów lutowanych za pomocą spoiw miękkich stosuje się kwas solny dla przedmiotów cynkowych, chlorek cynku — dla przedmiotów stalowych i mosiężnych, stearynę — dla przedmiotów ołowianych i kalafonię — dla przewodników prądu elektrycznego. Do oczyszczania lutownicy stosuje się salsiak.

Roztwór chlorku cynku (do oczyszczania przedmiotów mosiężnych)

TABELA 17

Właściwości i zastosowanie lutów miękkich

Oznaczenie	Temperatura topnienia w °C		Główne zastosowanie	
	dolna	górna	metale łączone	przykłady
LC 8	270	305	miedź stal	lutowanie przedmiotów przeznaczonych do lakierowania na gorąco
LC 25 LC 30	183 183	257 260	miedź mosiądz cynk stal blacha ocynowana	lutowanie przewodów elektrycznych i drobnych przedmiotów
LC 60 LC 63	183 183	185 185	miedź stal	lutowanie precyzyjnych urządzeń elektromechanicznych
LC 30	193	220	miedź stal mosiądz	lutowanie aparatury medycznej

przyrządza się w ten sposób, że do półlitrowej butelki wlewa się pół szklanki technicznego kwasu solnego i wrzuca do niego kawałki cynku. Gdy gaz przestanie się wydzielać, zlewamy ciecz do innego naczynia, pozostawiając osad w butelce.

Lutowanie twarde. Lutowanie twarde jest bardziej ekonomiczne niż lutowanie miękkie, ze względu na obecność deficytowej i drogiej cyny w lutach miękkich. Części lutowane można nagrzewać palnikiem tlenowo-acetylenowym (produkcja jednostkowa), w piecu oporowym komorowym (produkcja małoseryjna) lub w piecu oporowym z atmosferą obojętną lub indukcyjnie prądami dużej częstotliwości — stosowanymi przy produkcji wielkoseryjnej lub masowej. W tabeli 18 podano niektóre właściwości i zastosowania najczęściej stosowanych twardych spoiw do lutowania.

Spoiwa do lutowania twardego są wyrabiane w postaci blaszek, prętów, drutu i granulek. Do główniejszych spoiw należą stopy miedzi, mosiądzu i srebra. Spoiwa miedziowe są stosowane do lutowania przedmiotów stalowych, spoiwa mosiężne — do przedmiotów stalowych, mosiężnych i brązowych. Do lutowania przedmiotów precyzyjnych i wyrobów jubilerskich stosuje się spoiwa srebrne, stanowiące stop srebra, miedzi i cynku.

TABELA 18

Spoiwa srebrne (twarde) do lutowania, wyciąg z PN-63/M-69411

Oznaczenie	Temperat. topnienia w °C	Główne zastosowanie	
		metale łączone	przykłady
LS 25	780	stal konstrukcyjna, miedź i jej stopy	lutowanie cienkich blach i drutów przy wyrobach optycznych i precyzyjnych
LS 45	730	stale stopowe, miedź i jej stopy	lutowanie drobnych części pracujących w podwyższonych temperaturach
LS 50 K	700	miedź i jej stopy	lutowanie połączeń odpornych na korozję
LS 60	710	stopy srebro-miedź	lutowanie wyrobów jubilerskich
LS 70	715	stopy srebra, miedź i jej stopy	lutowanie połączeń o wysokiej przewodności elektrycznej
LS 70 F	800		lutowanie styków elektrycznych

Do lutowania przedmiotów aluminiowych stosuje się silumin oraz stopy aluminium miedzi i krzemu. Temperatura topnienia tych spoiw wynosi od 850 K (silumin) do 800 K (stopy z miedzią). Do lutowania przedmiotów wykonanych ze złota stosuje się specjalne spoiwa, tworzące stop złota z miedzią, srebrem i cynkiem lub kadmem. Cynk i kadm bardzo znacznie obniżają temperaturę topnienia stopu do ok. 1100 K oraz co jest bardzo ważne dzięki dużej skali zabarwienia stosunkowo łatwo dają się dostosować do zabarwienia (koloru) przedmiotów lutowanych.

Przy lutowaniu twardym powierzchnie łączone odtłuszcza się benzyną, acetonem lub kwasem solnym. Do lutowania twardego przedmiotów stalowych, miedzianych, mosiężnych i brązowych, jako topnik stosuje się boraks o temperaturze topnienia 1014 K.

Topnikiem nazywa się materiał niemetalowy ułatwiający łączenie części za pomocą lutowania, dający atmosferę beztlenową w miejscu łączenia części, tzn. rozpuszczający tlenki i chroniący powierzchnię rozgrzaną przed utlenianiem. Topnik powinien topić się łatwiej niż lut i mieć dostateczną płynność, aby mógł przenikać dobrze w złącza, gdyż roztopiony lut przenika za topnikiem.

Do lutowania stali nierdzewnych i żaroodpornych stosuje się sole będące związkami fluoru z potasem, litem i sodem, a także kwas borny.

Przy lutowaniu spoiwami srebrnymi jako topnik stosuje się kwas borny z fluorkiem potasu.

Cwiczenia

1. Przeprowadzić badanie wyrobu ze złota i dla porównania z mosiądzu lub miedzi na kamieniu probierczym, a następnie chlorkiem złota.
2. Obliczyć ile gramów złota próby II należy użyć do wykonania pierścienka III próby o wadze 7 G.
3. Omówić rozpoznawanie metali nieżelaznych i ich stopów według próbek.

Pokazy

1. Pokaz odczewań wykonanych na częściach ze złota i srebra.
2. Pokaz elementów zegarków wykonanych z różnych metali i ich stopów.

Pytania

1. Jakich rud metali nieżelaznych mamy najwięcej w Polsce?
2. Omówić właściwości fizyczne i chemiczne miedzi.
3. Omówić zastosowanie miedzi.
4. Co nazywamy mosiądzem?
5. Omówić sposoby oznaczania mosiądzów.
6. Co nazywamy brązem?
7. Omówić właściwości i zastosowanie znanych brązów.
8. Omówić właściwości i zastosowanie aluminium i jego stopów.
9. Omówić właściwości i zastosowanie niklu, cynku, ołowiu, magnezu i chromu.
10. Co to jest zaraza cynowa?
11. Jakie właściwości ma stop elektron?
12. Omówić właściwości i zastosowanie srebra.
13. Jakie mamy próby srebra?
14. Omówić właściwości i zastosowanie złota i platyny.
15. Omówić próby złota i ich zastosowanie.
16. Jakie właściwości powinny mieć stopy łożyskowe?
17. Omówić właściwości i budowę łożysk porowatych.
18. Co nazywamy lutowaniem miękkim, a co twardym?
19. Omówić technologię lutowania miękkiego i twardego.
20. Jakie spoiwa są stosowane do lutowania złota i platyny?
21. Co to jest choroba wodorowa miedzi?
22. Podać skład mosiądzu $\text{CuZn}_{43}\text{Mn}_4\text{Pb}_3\text{Fe}$.
23. Jakie mają zastosowanie mosiądze wysokoniklowe.
24. Omówić właściwości i zastosowanie konstantanu.
25. Omówić zjawisko umocnienia metalu przy zgnieciu.
26. Co to jest temperatura rekrytalizacji?
27. Omówić właściwości i zastosowanie wolframu, kadmu i uranu.
28. Omówić otrzymywanie, właściwości i zastosowanie węglików spiekanych.
29. Omówić właściwości i budowę łożysk firmy Glacier.

6. KOROZJA METALI

6.1. Wiadomości ogólne o korozji

Korozją nazywa się proces niszczenia metali lub stopów w stanie stałym, zachodzący pod wpływem chemicznego lub elektrochemicznego oddziaływania na nie agresywnego ośrodka otaczającego, którym jest najczęściej powietrze, woda itp.

Korozja zaczyna się zawsze na powierzchni metalu i powoli przenika do warstw położonych coraz głębiej. Rozpoczęty proces korozji, jeżeli nie zostanie zahamowany w sposób samorzutny lub sztuczny, postępuje dalej i może w końcu doprowadzić do całkowitego zniszczenia przedmiotu metalowego. Wszystkie metale z wyjątkiem tzw. metali szlachetnych: platyny, złota, srebra, rtęci, a czasem również miedzi, przebywając niezabezpieczone przez dłuższy czas w powietrzu ulegają korozji.

Straty jakie powoduje korozja w gospodarce ogólnoswiatowej są olbrzymie, tym bardziej, że do nich należy jeszcze właściwie dodać wydatki związane z zabezpieczaniem metali przed korozją, które stanowią znacznie większą sumę, niż same straty spowodowane niszczeniem. Największe straty przypadają oczywiście na stal i żeliwo, i to głównie w urządzeniach znajdujących się poza zamkniętymi pomieszczeniami pod postacią szyn, taboru kolejowego, mostów, statków, dźwigów. Wielkie straty ponosi również przemysł głównie chemiczny, który ze względu na różnorodność procesów wymaga najrozmaitszych materiałów, często bardzo kosztownych, a mimo to ulegających szybko niszczeniu. Z tego powodu zagadnienie korozji jest dla każdego państwa bardzo ważne i planowa walka z nią nabiera coraz to większego znaczenia.

Zależnie od czynników wpływających na proces niszczenia metali różni się:

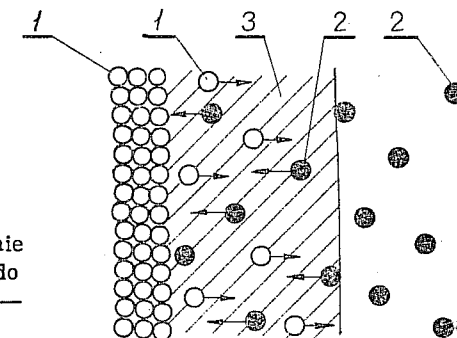
- korozję chemiczną,
- korozję elektrochemiczną.

Korozja chemiczna — jest to proces niszczenia metali lub stopów zachodzący na skutek bezpośredniego działania na nie suchych gazów. W wyniku tego na powierzchni metalu powstaje cienka warstwa odpo-

wiednich związków. Najczęściej tymi związkami są tlenki, rzadziej siarczki, azotki, węgliki itp.

Grubość warstewki powstałej na powierzchni metalu jest na ogół minimalna. W początkowym stadium działania powstaje warstewka jednocząsteczkowa (monomolekularna) o grubości równej wymiarowi cząsteczki. Gdyby warstewka ta całkowicie izolowała powierzchnię metalu to proces korozji uległby przerwaniu. W większości przypadków tak nie jest, gdyż na skutek dyfuzji czynników korodujących przedostają się one poprzez utworzoną warstewkę do głębiej położonych atomów metalu.

Zrozumiałe jest, że powstała przedtem warstewka stawia już pewien opór i im jest ona grubsza, tym opór jest większy; warstewka złożona z produktów korozji hamuje dalszy postęp korozji. Ostatnie badania wykazały, że zachodząca dyfuzja jest dwustronna, tzn., że nie tylko czynnik korodujący przedostaje się z fazy gazowej poprzez warstewkę do metalu, lecz jednocześnie atomy metalu poruszają się w kierunku przeciwnym i wchodzą do zewnętrznej warstewki. W ten sposób warstewka wzrasta i to nie tylko od zewnątrz, ale i od wewnątrz (rys. 6-1). Aby uzyskana warstewka miała właściwości ochronne, tzn. ha-



Rys. 6-1. Schematyczne przedstawienie dyfuzji tlenu do żelaza i żelaza do warstwy tlenków: 1 — żelazo, 2 — tlen, 3 — warstwa żelaza

mowała całkowicie proces korozyjny, powinna:

- pokrywać całą powierzchnię metalu,
- nie rozpuszczać się w działającym na nią środowisku,
- ściśle przylegać do powierzchni metalu,
- mieć zbliżony do metalu współczynnik rozszerzalności cieplnej.

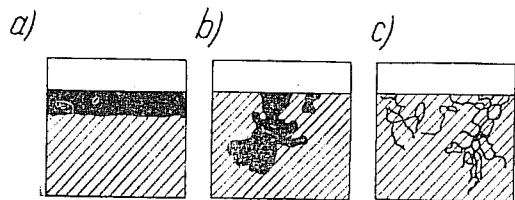
Korozja elektrochemiczna — powstaje na skutek przepływu prądu elektrycznego z części metalu o potencjale dodatnim (anoda), do drugiej części, która jest naelektryzowana ujemnie (katoda) w obecności elektrolitu.

Jeżeli weźmie się dwa różne metale i zanurzy w elektrolicie (kwas, zasada, roztwory soli), wtedy okaże się, że jeden z nich o potencjale ujemnym będzie przechodził do roztworu (nastąpi jego zanieczyszczenie). Je-

żeli np. żelazo styka się z miedzią (np. przy połączeniu spawanym, lutowanym, kołkowym, gwintowym itp.) w obecności elektrolitu (mogą to być zanieczyszczone kropelki wody) to miedź pozostaje bez zmiany, a cząsteczki żelaza przechodzą do roztworu. Powstaje w ten sposób ogniw elektrolityczne, które sprzyja korozji. W związku z tym należy pamiętać, aby nie łączyć dwóch metali o różnych potencjałach elektrycznych w przypadku, gdy zachodzi obawa powstawania obok nich elektrolitu (np. podczas pracy w wodzie lub w wilgotnej atmosferze). Poniżej podano kilka najczęściej stosowanych materiałów konstrukcyjnych oraz ich potencjał elektryczny w voltach (V).

Mg — magnez — 2,35 V
 Al — aluminium — 1,76 V
 Zn — cynk — 0,76 V
 Cr — chrom — 0,51 V
 Fe — żelazo — 0,44 V
 Ni — nikiel — 0,25 V
 Sn — cyna — 0,14 V
 Cu — miedź + 0,34 V
 Ag — srebro + 0,80 V
 Au — złoto + 1,5 V
 Pt — platyna + 1,6 V.

Pod względem skutków zewnętrznych (rys. 6-2) rozróżnia się następujące korozje:



Rys. 6-2. Skutki korozji: a) korozja równomierna, b) korozja miejscowa, c) korozja międzykrystaliczna

- korozję równomierną (powierzchniową); powierzchnia metalu zostaje niszczone równomiernie,
- korozję miejscową, która przenika w głąb materiału,
- korozję międzykrystaliczną, która powoduje rozluźnienie spistości sieci krystalicznej, w metalu powstają wgłębienia (wżery).

6.2. Sposoby zabezpieczania metali przed korozją

Skuteczna walka z korozją wymaga znajomości mechanizmu przebiegu procesów korozyjnych, ich przyczyn i skutków w różnych ośrodkach korozyjnych. Zmniejszenie strat wywołanych korozją można osiągnąć przez:

- stosowanie materiałów bardziej odpornych na korozję,
- usuwanie agresywnych składników z ośrodka lub stosowanie domie-

szek (inhibitorów), bądź też zabiegów zmniejszających szybkość korozji (np. przez polaryzację),

- ochronę katodową lub protektorową,
- wytwarzanie na powierzchni materiałów nieodpornych na korozję odpowiedniej powłoki ochronnej.

Wytwarzanie materiałów bardziej odpornych na korozję. Wytwarzanie materiałów bardziej odpornych na korozję można osiągnąć przez:

- 1) Usunięcie z metalu zanieczyszczeń.
 Zanieczyszczenia metalu, które się w nim nie rozpuszczają w stanie stałym krzepną przeważnie w niższej temperaturze niż metal podstawowy i rozmieszczają się zazwyczaj jako odrębne fazy na granicy ziarn. Przy niższym potencjale elektrolitycznym zanieczyszczeń niż metalu podstawowego w razie powstania odpowiedniego elektrolitu szybko się rozpuszczają i powodują powstanie korozji międzykrystalicznej.
- 2) Wprowadzenie do stopu składnika szlachetnego lub przynajmniej pasyującego.

Przez stopienie odpowiedniej ilości składnika bardziej szlachetnego z metalem mało odpornym na korozję podnosi się jego odporność, zwłaszcza, gdy następuje tu całkowite rozpuszczenie jednego metalu w drugim. Przykładem tu może być stop miedzi ze złotem o zawartości 50% Au, całkowicie odporny na działanie kwasu azotowego, pomimo że czysta miedź w kwasie azotowym rozpuszcza się bardzo łatwo. Takim samym sposobem można podnieść odporność na korozję stopu miedzi z 13% Cr.

- 3) Zastosowanie odpowiedniej obróbki cieplnej.
 Ponieważ stal stopowa o budowie jednofazowej wykazuje znacznie większą odporność niż taka sama stal o budowie wielofazowej, dlatego jeżeli ma ona pracować w ośrodkach korozyjnych należy do niej zastosować odpowiednią obróbkę cieplną w celu uzyskania budowy jednofazowej.
- 4) Zastosowanie odpowiedniej obróbki cieplno-chemicznej.
 Wprowadzanie szlachetniejszych składników do metalu podatnego na korozję dla zwiększenia jego odporności jest zazwyczaj kosztowne, gdyż ilość jego musi być na ogół dość znaczna. Ponieważ korozja zaczyna się od warstwy powierzchniowej, przeto stosowanie stopów o jednolitym składzie na całym przekroju jest niepotrzebne. Z tego powodu często stosuje się obróbkę cieplno-chemiczną, polegającą na wprowadzeniu do warstwy powierzchniowej na drodze dyfuzji w wysokich temperaturach w stanie stałym pewnej ilości składników uodparniających, jak aluminium, krzem, chrom i inne.

Usuwanie agresywnych składników z ośrodka korodującego lub do-

danie do niego inhibitorów. Metoda ta jest stosowana tylko w tym przypadku, gdy ilość ośrodka jest ograniczona, a ilość agresywnych składników stosunkowo niewielka lub łatwo usuwalna np. przez wytrącenie ich w postaci nierozpuszczalnych soli lub zubożenie np. przez odpowietrzenie wody kotłowej. Inhibitory są to natomiast środki, które dodane do odrdzewiacza przy czyszczeniu metalu nie wstrzymują rozpuszczania się warstw skorodowanych lecz zupełnie uniemożliwiają atakowanie zdrowego materiału.

Ochrona katodowa. Ochrona katodowa polega na doprowadzeniu do przedmiotu ochranianego prądu stałego z generatora i połączeniu go z katodą. Anodę stanowi płytka stalowa lub inna izolowana od powierzchni chronionej, lecz mogąca z nią tworzyć ogniwa przy powstaniu między nimi odpowiedniego elektrolitu. W ten sposób często ochrania się kadłuby okrętów. W takim przypadku elektrolitem jest woda morską. Jeżeli na skutek dopływu prądu do płytki będzie ona miała ładunek wyższy od blachy kadłuba okrętu to zgodnie z teorią ogniwa, rozpuszczać się będzie płytka, a kadłub okrętu korodować nie będzie.

Zastosowanie powłok ochronnych

Powłoki metalowe. Na powłoki metalowe o dużej odporności na korozję używa się niklu, chromu, miedzi, srebra, cyny, ołowiu, kadmu, aluminium, a czasem złota. Grubość powłoki ochronnej jest zwykle nieznaczna i wynosi od 5 μm do 25 μm . Powłoka powinna dobrze przylegać do podłoża, nie łuszczyć się i być ścisła. Powłoki ochronne nakłada się przez zanurzenie, natrysk, platerowanie oraz galwanicznie.

Zanurzenie — w stopionym metalu stosuje się zazwyczaj do pokrywania cyną lub cynkiem blach żelaznych oraz cyną naczyń miedzianych lub mosiężnych.

Metalizacja natryskowa — polega na natryskaniu ciekłego metalu pistoletem rozpylającym. Metoda ta ma obecnie szerokie zastosowanie również do regeneracji zużytych części maszyn lub do pokrywania warstwą metalową przedmiotów niemetalowych.

Platerowanie — czyli nawalcowywanie, polega na walcowaniu na gorąco grubszej blachy z metalu mniej odpornego na korozję z nałożoną na nią cienką blachą metalu ochronnego. W wyniku platerowania otrzymuje się blachę pokrytą cienką i dobrze przylegającą warstwą ochronną.

Metody galwaniczne — polegają na elektrolitycznym nałożeniu warstwy metalu ochronnego na przedmiot zanurzony w elektrolicie zawierającym w odpowiednim stężeniu sole nakładanego metalu. Metodą galwaniczną przeprowadza się najczęściej niklowanie, chromowanie, miedzianowanie oraz kadmowanie, cynowanie, cynkowanie i mosiądzowanie. Warstwy ochronne nakładane galwanicznie mają nie tylko na celu ochronę przed korozją lecz również często nadanie przedmiotom estetycznego wyglądu lub też zwiększenie odporności powierzchni na ścieranie. W ten

sposób przez pokrycie warstwą chromu zabezpiecza się narażone na ścieranie części maszyn, narzędzi i sprawdzianów.

Powłoki niemetalowe. Powłoki niemetalowe na przedmiotach otrzymuje się za pomocą oksydowania, fosforowania, pokrywania tworzywami sztucznymi, malowania, lakierowania, emaliowania i gumowania.

Oksydowanie, popularnie zwane czernieniem polega na wytwarzaniu na powierzchni części stalowych warstwy czarnych lub brązowych tlenków żelaza. Warstwa tlenku chroni materiał przed korozją. Proces przeprowadza się w temperaturze około 130°C przez zanurzenie części w oleju lnianym. Oksydowanie stosuje się do czernienia broni oraz wałków z zębami w przekładniach zegarowych.

Fosforowanie, które lepiej zabezpiecza przed korozją niż czernienie polega na pokrywaniu powierzchni warstwą fosforanów. Warstwę fosforanów, która ma budowę porowatą, nasycy się następnie olejem lub lakierem piecowym.

Na stopach aluminium wytwarza się warstwa tlenkowa przez zanurzenie przedmiotów w roztworze kwasu chromowego. Powstająca na powierzchni ścisła warstwa tlenków o zabarwieniu jasnożółtym chroni dobrze metal przed korozją.

Bardzo dobrą metodą, stosowaną w celu wytworzenia powłok ochronnych na aluminium i jego stopach jest tzw. eloksalacja, czyli anodowe utlenianie. W procesie eloksalacji przedmiot podlegający utlenieniu stanowi anodę. Elektrolitem jest najczęściej kwas siarkowy. Wytworzoną warstwę tlenków na powierzchni o grubości do 40 μm maluje się lub lakieruje. Tą metodą wykonuje się elementy ozdobne i obudowy mechanizmów zegarowych. Pokrywanie tworzywami sztucznymi ma na celu:

- zabezpieczenie powierzchni przed korozją,
- nadanie powierzchni lepszego wyglądu.

Pokrywanie tworzywami sztucznymi jest zabiegiem stosunkowo mało znanym i stosowanym tylko przy produkcji masowej ze względu na konieczność stosowania specjalnej technologii (metodami fluidyzacji). Powierzchnię pokrywa się warstwą tworzywa o grubości od 0,5 do 2 mm. Przy pokrywaniu tworzywem, należy pamiętać, że tworzywo ma kilkaset razy większy współczynnik rozszerzalności cieplnej od metali. Przy dużych różnicach temperatur doprowadza to do pęknięcia powłoki.

Malowanie jest jednym z najstarszych sposobów zabezpieczania metali przed korozją. Powierzchnie przeznaczone do malowania muszą być bardzo starannie oczyszczone, umyte i wysuszone. Po oczyszczeniu powierzchnię pokrywa się pierwszą warstwą, zwykle farbą pokostową w celu wytworzenia szczelnej powierzchni (jest to tzw. gruntowanie), a następnie maluje się farbą o odpowiednim kolorze ręcznie lub natryskowo za pomocą specjalnych pistoletów.

Cwiczenia

1. Rozpoznawanie skutków korozji na powierzchni różnych przedmiotów (rdza, na stali, patyna na miedzi, tlenki na aluminium). Obserwacja miejsc skorodowanych pod mikroskopem lub lupą zegarmistrzowską.
2. Rozpoznawanie powłok ochronnych na metalach i stopach.

Pytania

1. Co nazywamy korozją?
2. Podać różnice między korozją chemiczną i elektrochemiczną.
3. Dlaczego przy łączeniu dwóch elementów wykonanych z różnych metali konieczna jest znajomość ich potencjałów elektrycznych?
4. Omówić sposoby zabezpieczania metali przed korozją.
5. Omówić zastosowanie i rodzaje powłok ochronnych metalowych i niemetalowych.
6. Omówić proces korozji stali.
7. Na czym polega ochrona przed korozją przez stosowanie odpowiedniej obróbki cieplno-chemicznej?

7. MATERIAŁY KRystaliczne

7.1. Kamienie naturalne i sztuczne

Łożyska mechanizmów zegarowych (zegarów i zegarków) pracują zwykle w bardzo ciężkich warunkach. Po nasmarowaniu przy montażu w zakładzie produkcyjnym mechanizm zegarowy nie jest poddawany okresowym przeglądom lub remontom (tak jak to ma miejsce w przypadku mechanizmów maszyn) przez cały okres jego eksploatacji. Reperuje się go dopiero w przypadku stwierdzenia poważniejszego uszkodzenia i dopiero przy tej okazji oczyszcza i na nowo smaruje.

Smar w takim mechanizmie zegarowym (mimo często hermetycznej obudowy) z czasem ulega rozkładowi i zakurzeniu. Mieszanina smaru, kurzu i produktów zużycia czopów i panewek jest mieszaniną, która bardzo intensywnie zużywa powierzchnie trące czopa i panewki łożyskowej. Na skutek wytarcia się otworów łożyskowych w płytach mosiężnych wzrasta luz w ułożyskowaniu i następuje rozsumięcie się wałków między poszczególnymi stopami przekładni zegarowej. Powoduje to złe działanie mechanizmu, które może nawet doprowadzić do jego zacięcia, a nawet zniszczenia. Aby tego uniknąć stosuje się bardzo odporne na zużycie łożyska z panewkami mineralnymi, tzw. kamienie łożyskowe. Panewki mineralne są stosowane tylko w lepszych zegarkach. Natomiast w zegarach ściennych, budzikach oraz tanich zegarkach kieszonkowych i naręcznych łożyska są wykonane w postaci otworów bezpośrednio w płytach łożyskowych, wykonanych z mosiądzu.

Łożyska zabezpieczają współdziałanie poszczególnych części mechanizmu, utrzymując te części w ściśle ustalonych odległościach. Z tych względów średnice otworów w łożyskach muszą ściśle odpowiadać średnicom czopów (z określonym ściśle luzem). Przy istnieniu zbyt dużego luzu w łożysku rozstaw osi współpracujących części zwiększa się, co z kolei powoduje ich wadliwą pracę. Przy kołach zębatych takie powiększenie odległości między osiami powoduje zwiększenie strat energii. Powiększenie się odległości między kołem wychwytowym a kotwicą zmusza do głębokiego ustawiania wychwytu w celu uzyskania pewności działania, w przeciwnym bowiem razie ząb koła wychwyto-
wego będzie wpadał na płaszczyznę impulsu palety zamiast na po-

wierzchnię spoczynku, co może być powodem wadliwego działania zegarka, a nawet jego zatrzymania się.

Kamienie łożyskowe do zegarków pierwszy zastosował w 1704 roku Szwajcar M. Fatio. Pierwsze łożyska kamienne wykonane były z naturalnego rubinu lub szafiru. Kamienie te mają stopień twardości 9 wg skali Mohsa, są one znacznie twardsze od stalowych czopów. Łożysko takie (czop stalowy, panewka z rubinu lub szafiru) ma jeszcze tę zaletę, oprócz odporności na zużycie, że ma małe opory ruchu.

Obecnie we wszystkich zegarkach nawet tych najlepszych stosuje się kamienie łożyskowe syntetyczne. Są one o wiele lepsze od naturalnych (rubinu i szafiru), gdyż mają równomierną twardość na całym przekroju oraz są wolne od zanieczyszczeń, pęknięć i pęcherzyków powietrza, co bardzo korzystnie wpływa na ich trwałość. Produkcja masowa kamieni łożyskowych jest w pełni zautomatyzowana, a więc i ich cena jest stosunkowo niska.

Produkcję rubinów syntetycznych rozpoczęto w roku 1892 metodą A. Verneuil'a. Mieszaninę tlenku glinu, węgla potasu, fluorku wapnia i dwuchromianu potasu ogrzewa się stosując odpowiednie ciśnienie do temperatury ok. 2300 K. Z mieszaniny tej powstaje kryształ rubinu w kształcie grzybka. Po ostudzeniu grzybek rozбивa się na dwie połowy i poddaje dłuższemu sezonowaniu dla wyrównania wewnętrznych naprężeń. Następnie odcina się z nich płytki za pomocą tarcz miedzianych z osadzonymi na obwodzie odłamkami diamentu.

Płytki rozбивa się z kolei na małe kawałki, które zakłada do tokarki i szlifuje, obtacza diamentem, potem poleruje pyłem diamentowym i w końcu wierci się otwór za pomocą zahartowanego drucika stalowego. Drucik zwilża się pastą z proszku diamentowego i oleju. Otwór wierci się stosując bardzo dużą prędkość obrotową ok. 25 tysięcy na minutę.

Otwór i wgłębienie na olej po wywierceniu muszą być dokładnie wypolerowane. Podobnie wykonuje się kamienie nakrywkowe, kamienie przerzutników, palet itp. Tym sposobem, lecz bez dodatku substancji barwnej (dwuchromianu potasu) uzyskuje się biały syntetyczny szafir. Szafir odznacza się dużą przejrzystością i bardziej zwartą strukturą, dlatego też jest obecnie coraz częściej stosowany.

Dodatni wpływ łożysk, w których panewka wykonana jest z kamienia mineralnego, na dokładność wskazań zegarka i na trwałość mechanizmu spowodował, że jakość zegarka ocenia się ogólnie wg ilości kamieni, które mają rzeczywisty wpływ na pracę mechanizmu. Dla zegarka zwykłego ilość ta wynosi 17—19, a dla zegarka z automatycznym naciąganiem 21—25. Jeżeli kamieni będzie więcej, to na ogół nie wpływają one ani na trwałość zegarka, ani na jego dokładność. Ze względów reklamowo-handlowych niektórzy wytwórcy wstawiają znaczną ilość kamieni nakrywkowych, nawet tam, gdzie nie są one konieczne. Przykładem może być zegarek auto-

TABELA 19

Materiały stosowane do wyrobu panewek mineralnych

Nazwa	Główny składnik chemiczny	Twardość wg Mohsa	Mikrotwardość MPa	Moduł sprężystości E MPa	Gęstość t/m ³
Diament	C	10	81 000	—	3,5÷3,6
Korund (szafir) (rubin)	Al ₂ O ₃	9	22 000 21 600	4,5 · 10 ⁵ 4,5 · 10 ⁵	3,75÷4,0
Chalcedon (granat) (agat)	SiO ₂	6,9	17 500	0,75 · 10 ⁵	3,4÷4,3 3,4÷4,3 2,5÷2,8

matyczny z kalendarzem firmy Perfecta Watch Co wystawiony na Targach Zegarmistrzowskich w Bazylei w 1960 r., który miał 81 kamieni!

Właściwości materiałów stosowanych na panewki mineralne podano w tabeli 19.

Diament — jest najtwardszym ze znanych materiałów (10 stopni w skali Mohsa). Stosuje się go rzadko na łożysko, gdyż jest bardzo drogi, a jego obróbka jest bardzo kosztowna, między innymi ze względu na brak twardszych materiałów do jego obróbki. W diamentie można otrzymać tylko wtedy bardzo dokładną powierzchnię, gdy będzie ona równoległa do płaszczyzn krystalizacyjnych, natomiast polerowanie w innych kierunkach nie daje takich gładkich powierzchni. Powstałe w ten sposób mikronierówności powodują bardzo szybkie zużywanie się czopa.

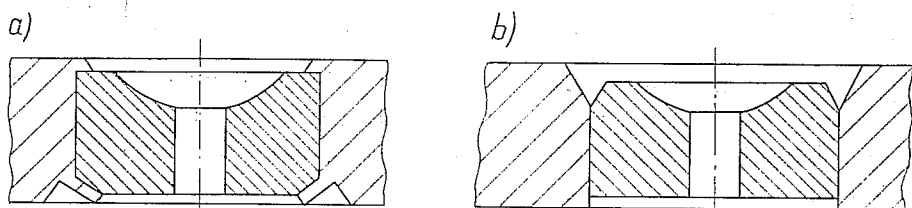
Korund — jest krystalicznym tlenkiem glinu (Al₂O₃). W postaci czystej jest prawie bezbarwny i nosi nazwę leukoszafiru. Korund o zabarwieniu lekko niebieskim nazywa się *szafirem*, a zabarwiony na czerwono — *rubinem*. Obecnie do wyrobu panewek łożyskowych stosuje się prawie wyłącznie szafiry i rubiny syntetyczne, gdyż ich budowa jest bardziej jednorodna niż naturalnych (kopalnych), jak również cena ich jest o wiele niższa. Szafiry obrabiają się lepiej niż rubiny. Jednak ze względu na efektowniejszy wygląd stosuje się bardzo często rubiny. Korundy dają się bardzo dobrze szlifować. Charakterystyczną właściwością korundu jest jego bardzo duży moduł sprężystości wzdłużnej. Korund jest materiałem twardym, najtwardszym po diamentcie.

Dwutlenek krzemu (SiO₂) jest stosowany w postaci różnych odmian kamieni półszlachetnych naturalnych lub sztucznych. Należą do nich karneol (krwawnik), granat, agat, chalcedon. Wszystkie te materiały noszą potoczną nazwę chalcedonów. Również do chalcedonów zaliczone są krzemienie, które składają się z małych kryształków dwutlenku krzemu

ułożonych w różnych kierunkach i spojonych amorficzną (bezpостaciową) masą tego samego materiału.

Chalcedony mają strukturę porowatą i dają się barwić przez nasyca-
nie na całą gamę kolorów, począwszy od czerwonego poprzez brązowy
aż do czarnego. Charakterystyczną cechą chalcedonu jest jego niski mo-
dul sprężystości (około 3 razy niższy od stali). Chalcedony są materiała-
mi o dość znacznej twardości — 6,9 wg skali Mohsa.

Do 1930 roku panewki mineralne były oprawiane w płyty łożyskowe
przez saterowanie. Przygotowanie takiej oprawy lub wymiana kamienia
były bardzo pracochłonne. Panewki takie są umieszczone suwliwie
w gnieździe z odsadzeniem i zamocowaniem przez odkształcenie (zaciśnie-
cie) brzęgu gniazda (rys. 7-1). Taka konstrukcja jest już przestarzała.



Rys. 7-1. Panewki mineralne (kamienie łożyskowe): a) płaska, oprawiana sposobem szwajcarskim, b) płaska włączana

i obecnie panewki mocuje się na wcisk, co umożliwia szybką wymianę
kamienia, niezależnie od tego, czy stary kamień był oprawiony czy wci-
śnięty.

W sprzedaży znajdują się już gotowe tulejki łożyskowe do zegarków.
Wyszukanie właściwej tulejki nie sprawia żadnej trudności o ile ma się
odpowiednio posortowany ich zapas. W przeciwnym razie należy je do-
rabiać.

Nowe kamienie dobiera się przez pomiar otworu w płycie i średnicy
czopa lub też przez pomiar tych parametrów sprawdzianami. Komplet
sprawdzianów do kamieni łożyskowych składa się z 20 sztuk o wymia-
rach od 0,07 do 0,32 mm, od 0,07 do 0,20 mm, co 0,01 mm, a od 0,20 do
0,32 mm wymiary sprawdzianów wzrastają co 0,02 mm. Zewnętrzne
średnice kamieni są stopniowane co 0,05 mm, a średnice otworów w ka-
mieniach są stopniowane co 0,01 mm.

Często tarcze i wskazówki zegarków a nawet budzików są pokrywane
masą świecąca. W przeciętnej pracowni zegarmistrzowskiej spotyka się
tak małe jej ilości, że nie jest ona niebezpieczna dla zdrowia. Zaleca się
jedynie przechowywać ją w odległości co najmniej 2 metrów od miejsca
pracy zegarmistrza oraz zachować odpowiednią ostrożność, aby nie do-
stała się do organizmu. Od 1961 roku do pobudzenia luminescencji masy
świecącej stosuje się już nie rad (Ra 226) lecz izotopy sztucznych pier-

wiastków promieniotwórczych: promet i tryt, które nie są tak bardzo
szkodliwe dla organizmu ludzkiego.

Proszki świecące znajdujące się w handlu mają różną zdolność świe-
cenia, a jej kryształki świecą tylko wtedy, gdy nie zostały rozkruszone.
Dlatego też przy przygotowywaniu masy proszek należy delikatnie mie-
szać ze środkiem wiążącym. Sposobem, który pozwala na znaczne za-
oszczędzenie masy świecącej jest posypywanie suchym proszkiem świe-
cącym wskazówek i cyfr uprzednio pokrytych cienką warstwą przezro-
czystego lakieru. Resztki proszku strząsa się na czysty arkusz papieru
i zsypuje z powrotem do fiolki.

7.2. Materiały do szlifowania i polerowania

Szlifowanie jest to zabieg technologiczny mający nadać szlifowanej
powierzchni odpowiedni kształt i odpowiednią gładkość. Polerowanie jest
też zabiegiem technologicznym, który nie zmienia już kształtu polerowa-
nej powierzchni, lecz ma na celu nadanie jej bardzo wysokiej gładkości.
W związku z tym do szlifowania i do polerowania używa się zupełnie in-
nych materiałów, które mają różne twardości. Do szlifowania używa się
materiałów o wysokiej twardości, a do polerowania o małej twardości.

Wszystkie materiały biorąc za podstawę ich twardość zostały przed-
stawione w szeregu po raz pierwszy przez Mohsa. Skala twardości Mohsa
jest dziesięciostopniowa, przy czym materiał najtwardszy — diament —
ma twardość 10 wg tej skali (tabela 20). W szeregu tym umieszczone są

TABELA 20

Skala twardości Mohsa

Stopień	Określenie prak- tyczne materiału	Wzorzec
1	bardzo miękki	talk
2	miękki	sól kamienna
3	miękki	kalcyt
4	miękki	fluoryt
5	twardy	apatyt
6	twardy	ortoklaz
7	twardy	kwarc
8	bardzo twardy	topaz
9	bardzo twardy	korund
10	bardzo twardy	diament

kolejno substancje tak, że te o wyższym numerze rysują materiały o nu-
merze niższym. Jeżeli chcemy określić twardość jakiegoś nowego ma-
teriału, to jeżeli rysuje on minerał o twardości np. 6, a minerał o twar-
dości 8 daje rysę na badanym materiale, to oznacza, że twardość tego
materiału odpowiada 7 stopniowi w skali Mohsa.

Materiały ściernie. Do szlifowania stosuje się materiały ściernie naturalne i sztuczne. Do naturalnych należą: kwarc, tlenek aluminium i diament, a do sztucznych: karborund i alund. Diament (twardość 10) stosuje się w zegarmistrzostwie do polerowania i szlifowania. Stosuje się go w postaci proszku wymieszanego z oliwą bądź proszku naklejonego na miedziane pilniczki (rys. 7-2). Proszek diamentowy z oliwą używany



Rys. 7-2. Pilniczek miedziany z proszkiem diamentowym

jest do szlifowania i polerowania otworów kamieni łożyskowych, a umieszczony na pilniczku — do polerowania zewnętrznych powierzchni kamieni.

Karborund (twardość 9,5) jest węglikiem krzemu (SiC). Służy do wyrobu ściernic, płótna ściernego, pilników i proszku ściernego oraz do szlifowania najtwardszych materiałów (kamieni łożyskowych). Ściernice z karborundu czyści się roztworem amoniaku. Korund (twardość 9) jest tlenkiem aluminium Al_2O_3 . Wydobywany na Urału, USA, Indiach. Jest doskonałym materiałem szlifierskim o twardych i ostrych ziarnach. W zegarmistrzostwie używa się kamieni drobnoziarnistych zwanych Missisipi, pochodzących z gór Ameryki Północnej. Służą one do szlifowania wiertel, gwintowników i drobnych części zegarkowych. Odmianą korundu jest szmergiel (twardość 8—9) wydobywany na wyspie Naxos w Grecji i w USA. W zegarmistrzostwie używany jest w postaci proszku z oliwą lub wodą do szlifowania i polerowania stali i mosiądzu, a na sucho do obciągania polerowników.

Syntetyczny korund nosi nazwę elektrokorundu. Elektrokorund zwykły otrzymywany jest sztucznie w piecach elektrycznych przez stopienie naturalnych boksytów w obecności niskopopiołowych materiałów węglowych w temperaturze ok. 2300 K, zawiera on do 97% Al_2O_3 . Elektrokorund szlachetny otrzymuje się przez stopienie czystego tlenku glinu zawierającego powyżej 98% Al_2O_3 .

Kwarc (twardość 7) jest dwutlenkiem krzemu (SiO_2), jest on podstawowym składnikiem piasku. W postaci sypkiej jest stosowany w bębniach szlifierskich i piaskownicach lub do produkcji papierów ściernych. Jest używany do ostrzenia zwykłych narzędzi i metali oraz do szlifowania szkła. Ostrzenie i szlifowanie odbywa się zawsze na mokro.

Diamentyna jest bardzo drobnym proszkiem czystego tlenku aluminium. Używa się jej do polerowania albo szlifowania stali. Przed polerowaniem należy ją zmieszać w takiej ilości z oliwą, aby otrzymać pastę.

Kamienie oliwione (twardość 6—7) używane są w postaci osełek lub proszku do szlifowania hartowanej stali. Są to kamienie naturalne pochodzące z gór Ameryki Północnej. Przed użyciem należy je zwilżyć oliwą zmieszaną z naftą. Po użyciu zmywa się je naftą lub benzyną.

Pumeks służy do wstępnego szlifowania na mokro większych przedmiotów srebrnych lub mosiężnych (płyty zegarowe). Jest to lekki gąbczasty materiał pochodzenia wulkanicznego. W postaci proszku jest głównym składnikiem past szlifierskich i polerowniczych, a zmieszany z wodą szlifuje szkło, marmur i kość słoniową. Węgiel drzewny otrzymywany z drzewa buku i lipy stosowany jest do polerowania przedmiotów wykonanych z mosiądzu.

Wapno wiedeńskie otrzymuje się przez wypalanie białego marmuru. Zmieszane z oliwą lub stearyną służy do czyszczenia i polerowania srebra, mosiądzu i innych miękkich metali nieżelaznych.

Kreda — jest odmianą wapienia. Używana jest do polerowania wykończającego i do polerowania delikatnych powierzchni. Kreda szlamowa — proszek z kredy zmieszany ze spirytusem i amoniakiem służy do czyszczenia srebra i mosiądzu.

Róż polerowniczy inaczej zwany czerwienią paryską jest tlenkiem żelaza. Stopiony ze stearyną jest najbardziej znanym środkiem polerowniczym, nadającym powierzchniom metalowym bardzo wysoki połysk. Róż polerowniczy stosowany jest do polerowania miękkich metali takich jak: cyna, mosiądz, złoto, srebro, nikiel itp.

Pasta polerownicza o składzie: 30% różu, 25% wapna wiedeńskiego, 30% stearyny, 10% nafty i 5% loju używana jest do polerowania stali.

W tabeli 21 zestawiono wyżej opisane środki do szlifowania i polerowania stosowane w zegarmistrzostwie z podaniem do jakich materiałów są one przeznaczone.

Polerowanie. Jest to zabieg technologiczny, stosowany do wykańczania powierzchni przedmiotów w celu zmniejszenia tarcia i zużycia oraz ze względów estetycznych w celu nadania przedmiotom ładnego wyglądu. W zegarmistrzostwie stosuje się dwa sposoby polerowania części stalowych i mosiężnych: przez silny nacisk stalowym polerownikiem lub przez tarcie przy użyciu środków polerowniczych. Cienkie czopy 0,03 do 0,4 mm poleruje się na czopiarce polerownikiem stalowym z dodatkiem wosku. Mosiądz poleruje się za pomocą pilników obciążonych filcem lub skórą.

Płaskie części stalowe szlifuje się i poleruje na szklanej płycie. Przed polerowaniem powierzchnię przedmiotu należy szlifować drobnoziarnistym proszkiem szlifierskim tak długo, aż znikną wszelkie rysy. Do szlifowania należy używać bardzo małych ilości proszku, często dodawać nowy i sprawdzać gładkość powierzchni za pomocą lupy. Następnie po dokładnym obmyciu przedmiotu w benzynie można przystąpić do polerowania. Przy polerowaniu miejsce pracy powinno być szczególnie czysto utrzymane, gdyż od tego zależą wyniki polerowania. Po szlifowaniu i po polerowaniu do badania obrabianej powierzchni przedmiot należy czyścić rdzeniem brzoźowym.

TABELA 21

Zestawienie materiałów do szlifowania i polerowania

Materiały do szlifowania i polerowania	Kamienie łożyskowe	Stal hartowana	Mosiądz	Szkiełko	Srebro	Złoto	Cyna	Nikiel
Proszek diamentowy	x							
Karborund		x						
Szmergiel		x	x					
Piaskowiec		x		x				
Kamień oliwny		x						
Pumeks			x	x	x			
Węgiel drzewny			x					
Diamentyna		x						
Wapno wiedeńskie		x	x	x				
Kreda			x		x			
Róż polerowniczy ¹		x	x	x		x	x	x

Ściernice zbudowane są z ziarn materiałów ściernych, połączonych za pomocą spoiwa mineralnego lub ceramicznego. Spoiwo powinno zapewniać wytrzymałość ściernicy na rozerwanie (pod wpływem szybkich obrotów), a z drugiej strony musi zapewniać wykruszanie się zużytych ziarn. Zależnie od wymaganej gładkości powierzchni stosuje się ściernice o różnej grubości ziarn. Im gładsza i dokładniejsza ma być powierzchnia, a także im twardszy jest materiał szlifowany, tym drobniejsze powinny być ziarna ściernicy.

Na materiały ścierne (które są umieszczone w spoiwie) stosuje się materiały pochodzenia naturalnego — diament, kwarc itp. oraz ma-

teriały sztuczne — elektrokorund, karborund itp. Materiały ścierne oznacza się symbolami literowymi: diament — D, węgiel boru — BC, korund naturalny — KN, kwarc — KR itp. Wspólną cechą tych materiałów jest wielkość ziarna. Wielkość tę określa się przez ilość oczek przypadających na jeden cal kwadratowy sita, przez które ziarno można jeszcze przesiać.

Ziarna ścierne oznaczane są numerami od 10 do 80, proszki ścierne od 100 do 320. Mikroproszki ścierne określa się w milimetrach i mają wielkość od 28 do 10 mikrometrów. Do produkcji ściernic używa się różnego rodzaju spoiw, które oznaczane są symbolami literowymi, np.: ceramiczne — C, silikatowe — S, bakelitowe — B, gumowe — G itd.

Cechą charakterystyczną ściernicy jest jej twardość. Pod tym pojęciem rozumiemy siłę z jaką dane ziarno zostało związane ze spoiwem. Siła związania jest tym większa im w narzędziu ściernym będzie mniej porów a więcej spoiwa. Twardość ściernic, zgodnie z obowiązującymi w kraju normami oznacza się symbolami literowymi: ściernice bardzo miękkie — E, F, G, ściernice miękkie — H, I, J, K, ściernice średnie — L, M, N, O itd.

Stosunek objętości ziarn do objętości ściernicy nazywamy jej strukturą. Im większa ilość ziarn jest w ściernicy tym jej struktura będzie bardziej zwarta. Struktury oznacza się numerami od 0 do 12 i tak:

- struktura zwarta oznaczana jest numerami 0, 1, 2, 3, 4;
- struktura średnia — 5, 6, 7, 8;
- struktura otwarta — 9, 10, 11, 12.

Ściernicę tarczową płaską oznacza się wg PN symbolem NSAa. Np. symbol: NSAa 500 30 65 KN80M4C, oznacza ściernicę tarczową płaską o średnicy zewnętrznej 500 mm, grubości 30 mm, otworze 65 mm, wykonanej z korundu naturalnego (KN) o ziarnistości numer 80, twardości M, strukturze 4 i spoiwie ceramicznym C. Kształt ściernicy i jej cechy charakterystyczne powinny być odpowiednio dobrane do rodzaju pracy.

Pokazy

1. Pokaz kompletu kamieni łożyskowych stosowanych w zegarmistrzostwie.
2. Pokaz kompletu sprawdzianów do kamieni łożyskowych.

Pytania

1. Dlaczego w zegarkach stosuje się kamienie łożyskowe?
2. Ile kamieni łożyskowych powinien posiadać dobry zegarek?
3. Omówić właściwości typowych materiałów stosowanych na kamienie łożyskowe.
4. Omówić właściwości i zastosowanie masy świecącej.
5. Omówić właściwości i zastosowanie szkła.

6. Omówić skalę twardości Mohsa.
7. Omówić i podać przykłady materiałów do szlifowania i polerowania.
8. Do czego służy róż polerowniczy?
9. Jakich materiałów używa się do polerowania miękkich metali?
 10. Omówić skutki zwiększenia luzów w łożyskach zegarków.
 11. Omówić produkcję rubinów syntetycznych.
 12. Co to jest elektrokorund?
 13. Omówić zasady oznaczania ściernic.

8. TWORZYWA SZTUCZNE

8.1. Wiadomości wstępne

Tworzywa sztuczne są to związki organiczne wielkocząsteczkowe o stałym stanie skupienia. Tworzywa sztuczne otrzymuje się na skalę przemysłową, stosując dwa typy polireakcji: *polimeryzację* i *polikondensację*.

Polimeryzacja polega na łączeniu cząsteczek monomerów bez wydzielania produktów ubocznych. Polimeryzacja zachodzi w temperaturze około 500 K i ciśnieniu do 150 MPa (ok. 1500 at). Obecnie znane są katalizatory, które powodują przebieg tej reakcji bez stosowania tak dużych ciśnień. W czasie polimeryzacji, dodając różne substancje, można zmieniać właściwości polimeru. Np. dodając do butadienu około 5% siarki otrzymuje się miękką gumę, a dodanie 40% siarki powoduje powstanie twardego ebonitu. Pierwiastki lub związki chemiczne dodawane do tworzywa podczas jego polimeryzacji nazywane są wulkanizatorami.

Polikondensacja polega na łączeniu się w jedną cząsteczkę dwóch różnych cząsteczek monomerów, przy czym wydzielają się zawsze produkty uboczne — najczęściej woda lub amoniak. Polikondensacja przebiega wolniej i jej szybkość zależy od temperatury, katalizatora i szybkości usuwania produktów ubocznych. Podczas procesu polikondensacji nie można osiągnąć tak dużych cząsteczek, jak w procesie polimeryzacji.

Tworzywami sztucznymi nazywa się wielkocząsteczkowe związki organiczne, otrzymywane ze sztucznych żywic. Podstawowymi surowcami do otrzymywania tworzyw sztucznych są: węgiel kamienny i ropa naftowa. Ogólnie tworzywa sztuczne dzielą się na termoutwardzalne i termoplastyczne.

Tworzywa termoplastyczne po podgrzaniu miękną a przy ochłodzeniu twardnieją. Podgrzewanie tworzywa można przeprowadzać kilkakrotnie i za każdym razem doprowadzić je można do stanu płynnego. Tworzywa termoutwardzalne są to takie, które po podgrzaniu miękną, w tym czasie zachodzą w tworzywie nieodwracalne zmiany chemiczne,

które powodują, że po oziębieniu (stwardnięciu) i ponownym ogrzaniu tworzywo nie mięknie, lecz pali się.

Otrzymywanie wyrobów z tworzyw sztucznych może zachodzić w następujących operacjach:

- odlewanie pod ciśnieniem atmosferycznym,
- prasowanie,
- formowanie wtryskowe,
- spiekanie,
- wytłaczanie,
- kalandrowanie,
- tłoczenie.

Odlewanie pod ciśnieniem atmosferycznym można przeprowadzić tylko dla niektórych żywic (fenolowych, mocznikowych, akrylowych, epoksydowych i poliestrów). Stosuje się je do produkcji wyrobów gotowych lub półfabrykatów oraz do łączenia i zamocowywania elementów z innych materiałów. Materiałami do zalewania są tworzywa w stanie płynnym, a przechodzenie w stan stały następuje w wyniku polimeryzacji lub polikondensacji w czasie od kilku do kilkuset godzin w temperaturze ok. 360 K.

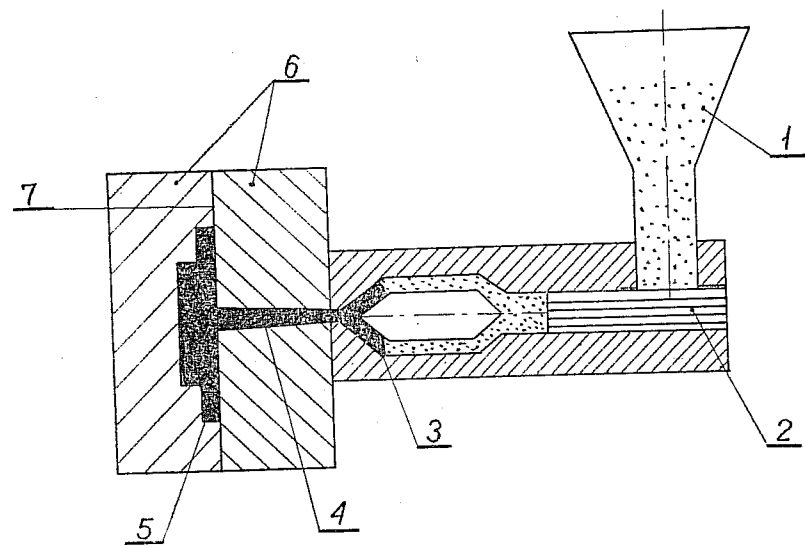
Prasowanie — jest to kształtowanie przedmiotów z półproduktów tworzyw sztucznych pod ciśnieniem. Materiałami wyjściowymi do prasowania są półprodukty tworzyw sztucznych tzw. tłoczywa w formie tabletek, granulek lub proszku. Prasowanie odbywa się zawsze w podwyższonej temperaturze ok. 370 K. Tą metodą otrzymuje się zdecydowaną większość wyprasek z tworzyw termoutwardzalnych.

Formowanie wtryskowe polega na tym, iż w ogrzonym cylindrze wtryskarki uplastycznia się zapas przerabianego tłoczywa, z którego kolejne ładunki wtryskuje się do zimnej (lub lekko podgrzanej — do temp. ok. 330 K) formy, gdzie zastygają. Na rys. 8-1 przedstawiono schemat wtryskarki do tworzyw. Tą metodą można otrzymywać wypraski tylko z tworzyw termoplastycznych.

Spiekanie jest jedną z metod otrzymywania elementów z tworzyw, które mają wysokie właściwości krystaliczne. Stosowane jest głównie do poliamidów. Suchy proszek poliamidu prasuje się w formach pod ciśnieniem do 400 MPa, a następnie sprasowane elementy nagrzewa się powoli w oleju do temperatury ok. 500 K w czasie 0,5 godziny. Po wolnym ochłodzeniu otrzymujemy tworzywo o dużym stopniu krystaliczności.

Wytłaczanie jest metodą podobną do formowania wtryskowego z tą różnicą, że zamiast tłoka wtryskowego znajduje się w wytłaczarce ślimak, który obracając się przesuwa zasypany i topiony materiał i który w ustniku otrzymuje żądany kształt.

Kalandrowanie. Tą metodą otrzymuje się głównie folie o grubości ok. 0,6 mm.



Rys. 8-1. Schemat wtryskarki do tworzyw sztucznych: 1 — lej wsypowy, 2 — tłok wtryskowy, 3 — tworzywo w stanie płynnym, 4 — nadlewek, 5 — wypraska z tworzywa, 6 — forma odlewnicza, 7 — płaszczyzna podziału formy

Tłoczenie tworzyw sztucznych polega na kształtowaniu przedmiotów z arkuszy tworzywa za pomocą nacisku poprzecznego. Głównymi procesami tłoczenia tworzyw są: wykrawanie, gięcie i ciągnięcie.

Właściwości tworzyw sztucznych. Tworzywa sztuczne mają strukturę bardziej zbliżoną do przechłodzonej cieczy niż do struktury krystalicznej. Ze strukturą tą związana jest konsystencja tworzyw, tj. zdolność zachowywania kształtu. Zakres temperatur stosowania tworzyw sztucznych jest daleko szerszy od zakresu stosowania wielu metali. Ograniczenie to jest spowodowane dużym obniżeniem wytrzymałości ze wzrostem temperatury.

Pełzanie zachodzące w niektórych stopach metali (pełzanie jest to powolna bezpowrotna zmiana wymiarów elementu poddanego działaniu stałych sił zewnętrznych, np. rozciągających) na ogół w temperaturach podwyższonych, w tworzywach sztucznych przebiega już w temperaturze otoczenia.

Wytrzymałość na zmęczenie tworzyw sztucznych w stosunku do wytrzymałości metali jest o wiele niższa. Odporność cieplna jest na ogół mała (do 370 K), tylko dla niektórych dochodzi do 520 K. Rozszerzalność cieplna tworzyw jest kilkakrotnie większa od rozszerzalności ciał nieorganicznych. Przewodność cieplna jest od kilkunastu do kilkudziesięciu razy mniejsza od metali. Odporność na działanie czynników chemicznych

jest dobra. Często tworzywa sztuczne są stosowane na pokrycia zabezpieczające przed korozją.

Niektóre polimery (tak również nazywane są często w literaturze tworzywa sztuczne) są mało odporne na działanie wody, co powoduje niekorzystne zjawisko tzw. nasiąkliwości. Nasiąkliwość wody powoduje pęcznienie tworzywa (zmianę jego wymiarów) oraz obniżenie jego własności mechanicznych.

8.2. Tworzywa termoplastyczne

W konstrukcji zegarków i mechanizmów zegarowych używane są głównie tworzywa termoplastyczne. Tworzywa termoplastyczne mają tę zaletę i przewagę w stosunku do tworzyw termoutwardzalnych, że mogą być przerabiane na wtryskarkach automatycznych, dzięki czemu uzyskuje się dużą wydajność przy wykonywaniu wyprasek, a szczególnie przy stosowaniu form wielogniazdowych (otrzymywanie jednocześnie kilku lub kilkunastu elementów przy jednym wtrysku). Przy odpowiedniej konstrukcji formy można otrzymywać bardzo skomplikowane i bardzo dokładne wymiarowo kształty wyprasek. W przypadku otrzymania złych detali, zwykle przy próbach nowej formy, detale miele się na granulki, z których można jeszcze raz (lub kilka razy) otrzymać nowe wypraski. W ten sposób straty materiałowe są minimalne. Tworzywa najczęściej używane do konstrukcji mechanizmów zegarowych oraz niektóre ich właściwości podane są w tabeli 22.

Do konstrukcji elementów używa się tworzyw z takich grup, jak: poliamidy, poliamidy wzmocnione włóknem szklanym, poliformaldehydy, tworzywa ABS, polistyreny, poliwęglany i policzterofluoroetyleny (PTEF). Z tabeli widać, że tworzywa mają małą gęstość (w porównaniu ze stalą), co jest szczególną zaletą. Wadą niektórych z nich jest duża chłonność wody (dochodząca do 8%), niska temperatura ciągłej pracy, jak również rozszerzalność liniowa, która jest kilka a czasem kilkanaście razy większa od rozszerzalności stali. Przewodność cieplna jest bardzo mała, co ma niekorzystny wpływ przy stosowaniu tworzyw na łożyska ślizgowe (złe odprowadzanie ciepła).

Poliamidy. Jest to grupa tworzyw najbardziej rozpowszechniona i najczęściej stosowana. Z poliamidów produkowane są drobne elementy, mało obciążone, takie jak: tulejki dystansowe, niektóre koła zębate, podkładki i tulejki łożyskowe. Poliamidy daje się również dobrze obrabiać mechanicznie. W Polsce produkowany jest poliamid pod nazwą Tarnamid T27. Z poliamidów produkcji zagranicznej najbardziej znany jest Ultramid produkcji BASF (RFN) oraz Durethan produkcji Bayera (RFN).

Poliamidy z włóknem szklanym, zwane również poliamidami wzmocnionymi zawierają dodatek od 15 do 35% włókna szklanego. Zawartość

TABELA 22
Niektóre właściwości tworzyw sztucznych stosowanych w mechanizmach zegarowych

Nazwa właściwości	Jednostki	Poliamidy	Poliamidy z włóknem szklanym	Poliformaldehydy	ABS	Polistyren	Poliwęglany	Policzterofluoroetylen (PTFE)	Stal (dla porównania)
Gęstość	t/m ³	1,16	1,33	1,43	1,08	1,06	1,2	2,2	7,8
Maks. chłonność wody	%	5-8	1,5-3	1,5	0,3	0,2	0,5	0	0
Maks. temp. ciągłej pracy	K	353	368	373	378	338	398	533	ponad 900
Współczynnik rozszerzalności liniowej	$10^{-6} \frac{1}{K}$	90	12-30	80	80	75	79	10	12
Przewodność cieplna	$\frac{W}{m \cdot K}$	0,29	0,58	0,29	0,35	0,35	0,29	0,23	46,5
Współczynnik tarcia na suchu stali po tworzywie	—	0,25-0,35	0,35 (z dodatkiem grafitu)	0,15-0,35	powyżej 0,4	powyżej 0,4	powyżej 0,4	0,07-0,12	—

włókna zwiększa wytrzymałość poliamidu oraz powoduje zmniejszenie chłonności wody tworzywa. W przypadku dodania do tworzywa około 4% grafitu lub dwusiarczku molibdenu (MoS₂) otrzymuje się bardzo dobry materiał, stosowany na łożyska ślizgowe. Z poliamidu wzmocnionego wytwarza się elementy obudowy. W kraju produkuje się poliamid wzmocniony pod nazwą Itamid (Itamid 25 — zawierający 25% włókna szklanego WS i Itamid 35—35% WS).

Poliformaldehydy. Główną zaletą poliformaldehydów jest ich mała chłonność wody przy dobrej wytrzymałości mechanicznej. Mała chłonność wody powoduje, że części wykonane z tego tworzywa praktycznie nie zmieniają wymiarów przy zmianie wilgotności otoczenia (w przeciwieństwie do poliamidów). Z poliformaldehydów wykonuje się elementy mechanizmów napędowych: koła zębate i płyty łożyskowe. Niski współczynnik tarcia stali po poliformaldehydzie powoduje, że tworzywo to jest również stosowane na łożyska ślizgowe. W kraju produkuje się poliformaldehyd pod nazwą Tarnoform. Z tworzyw zagranicznych najbardziej znany jest Delrin produkcji Du Pont (USA) oraz Hostaform C9020 produkcji BASF (RFN). Poliformaldehydy bardzo dobrze obrabiają się skrawaniem.

ABS. Tworzywa z tej grupy stosowane są głównie do metalizowania. Tworzywa te po odpowiednim przygotowawczym zabiegu chemicznym pokrywa się chromem metodą galwaniczną. Z tworzyw tych wykonuje się głównie ozdobne elementy obudów oraz pokręteł. W kraju **nie produkuje się tego tworzywa**; z firmy Bayer importuje się w dużych ilościach tworzywo pod nazwą Nowodur.

Polistyreny. Polistyreny są to tworzywa stosowane głównie na obudowy. W kraju produkowane jest to tworzywo pod nazwą Styropol.

Poliwęglany. Czysty poliwęglan jest tworzywem przezroczystym, głównie stosowanym na obudowy. Poliwęglany wzmocnione włóknem szklanym są bardzo wytrzymałe mechanicznie. W kraju produkowany jest poliwęglan pod nazwą Bistan AW. Z zagranicznych najbardziej znany jest Makrolon firmy Bayer i Lexan firmy General Electric. Poliwęglany źle obrabiają się skrawaniem.

Policzterofluoroetyleny (PTFE). Najbardziej znane tworzywo z tej grupy to Teflon produkcji Du Pont oraz Tarflen produkcji krajowej. Ze względu na bardzo małą wytrzymałość mechaniczną i bardzo mały współczynnik tarcia tworzywa te nadają się do konstrukcji łożysk ślizgowych słabo obciążonych. Tworzywo to bardzo dobrze obrabia się skrawaniem. Podczas tej obróbki z tworzywa wydziela się gaz (fluor), który przy połączeniu się z dymem z papierosa tworzy mieszaninę silnie trującą. Dlatego wszelkie operacje skrawaniem na policzterofluoroetylenie należy wykonywać pod wyciągiem.

8.3. Tworzywa termoutwardzalne

Wypraski (elementy) z tworzyw termoutwardzalnych otrzymuje się głównie metodą prasowania na prasach w podwyższonej temperaturze. Jest to metoda mało wydajna, jak również nie pozwala na otrzymywanie

dokładnych wymiarów i kształtów elementów. Największe zastosowanie wśród tworzyw termoutwardzalnych znalazły takie tworzywa jak:

- a) Bakelit. Jest to tworzywo odporne na wilgoć, bardzo dobry izolator, posiadający dobrą wytrzymałość. Bakelit stosowany jest do wyrobu różnych elementów elektrycznych jak wtyczki, pokrywki gniazd wtykowych, płyty montażowe. Wykonuje się z niego również niektóre części samochodowe, pokrywki, rękojeści itp. Jest dobrze obrabialny skrawaniem.
- b) Tekstolit. Jest to bakelit prasowany z płótnem, dzięki czemu posiada lepsze właściwości mechaniczne niż czysty bakelit. Wytwarzany jest w postaci płyt, rur i walców. Stosowany jest głównie do obróbki skrawaniem, wykonuje się z niego przeważnie koła zębate do tych przekładni, gdzie zależy nam na dobrym tłumieniu drgań i cichej pracy.
- c) Celuloid. Jest to materiał przezroczysty, dający się dobrze barwić na różne kolory. Z celuloиду wyrabia się przezroczyste przybory kreślarskie jak linijki, kątomierze, krzywki. Jest również stosowany na obudowy i na szkła do zegarków.

Cwiczenia

1. Element wykonany z tworzywa termoplastycznego i termoutwardzalnego podgrzewać nad palnikiem. Omówić zauważone zjawiska.

Pokazy

1. Pokaz różnych elementów mechanizmów zegarowych wykonanych z tworzyw sztucznych (koła zębate, łożyska, płyty łożyskowe, słupki dystansowe).
2. Pokaz różnych elementów wykonanych z tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym.

Pytania

1. Co to są i jak się otrzymuje tworzywa sztuczne?
2. Podać właściwości tworzyw sztucznych.
3. Podać najważniejsze różnice między tworzywami termoplastycznymi i termoutwardzalnymi.
4. Omówić właściwości i zastosowanie poliamidów i poliformaldehydów.
5. Omówić właściwości i zastosowanie tworzyw termoutwardzalnych.
6. Jakie są metody formowania wyprasek z tworzyw sztucznych?
7. Omówić formowanie wtryskowe.
8. Omówić właściwości tworzywa ABS.
9. Podać właściwości policzterofluoroetylenów.

9. SMARY

9.1. Tarcia w łożyskach ślizgowych

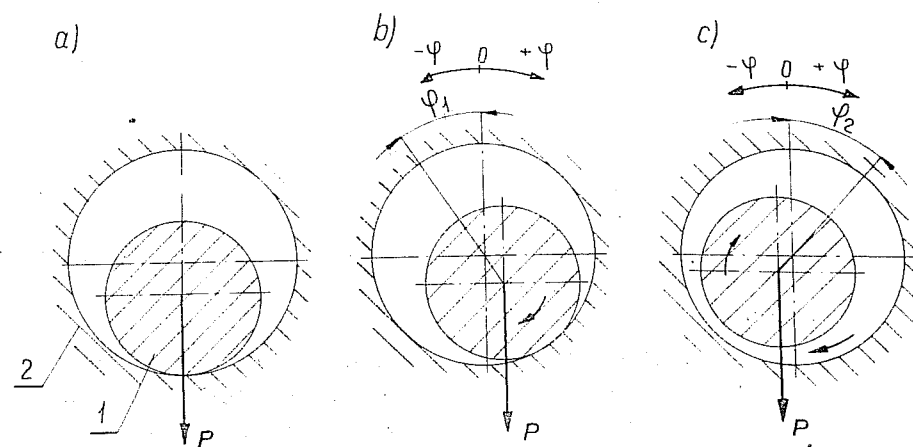
Tarcie jest zjawiskiem, które ujemnie wpływa na niezawodność i dokładność chodu zegarków. Dążymy do tego, aby było ono jak najmniejsze (wyeliminować jego całkowicie nie da się) gdyż tarcie wpływa również na zużywanie się elementów trących w mechanizmie zegara. Największą rolę i największe znaczenie ma tarcie występujące w łożyskach mechanizmów zegarowych. W celu zmniejszenia oporów ruchów w łożyskach i zmniejszenia ich zużycia stosuje się różnego rodzaju smary. W łożyskach ślizgowych można wyróżnić trzy podstawowe rodzaje tarcia: technicznie suche, mieszane i płynne. Tarcie technicznie suche, które zachodzi między dwoma oczyszczonymi powierzchniami bez dodatku jakichkolwiek substancji smarujących, należy unikać, gdyż doprowadza to zwykle do wzrostu oporów ruchu, wzrostu temperatury, a następnie prowadzi do szybkiego zatarcia łożyska i zniszczenia mechanizmu. O wiele lepsze jest tarcie półpłynne a najkorzystniejsze tarcie płynne.

Moment tarcia (opory tarcia łożyska) zależy od wielu czynników, z których najważniejszym jest obecność smaru. Oprócz tego zależy od jakości i rodzaju smaru, gładkości trących się elementów (im gładsze tym są mniejsze opory ruchu i mniejsze zużycie) i rodzaju materiałów. Np. korzystna jest w pewnych warunkach współpraca stalowego czopa z panewką wykonaną z mosiądzu, a jeszcze lepsza gdy ta panewka będzie wykonana z tworzywa lub będzie panewką mineralną. Opory ruchu zależą od siły docisku dwóch elementów i szybkości ich wzajemnego ruchu.

Smary są to ciała najczęściej występujące w stanie płynnym lub stałym (rzadziej w postaci proszku), które mają tę właściwość, że są zdolne do utworzenia warstewki rozdzielającej dwie powierzchnie trące o siebie, dzięki czemu następuje zmniejszenie oporów tarcia. Oprócz tej właściwości smary muszą mieć jeszcze inne cechy, które zostaną omówione w rozdziale 9.2.

Łożyska ślizgowe stosowane w mechanizmach zegarowych smaruje się

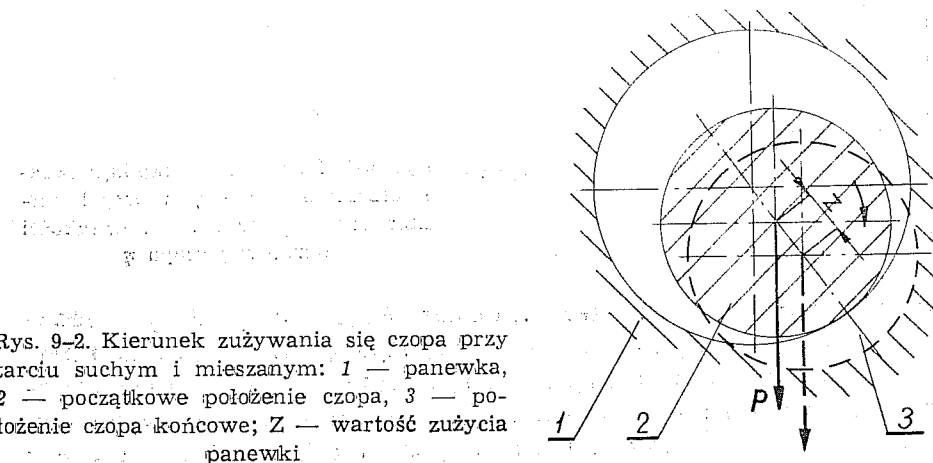
zwykle smarem rzadkim. W czasie spoczynku czop dolega do panewki wzdłuż tworzącej leżącej na linii działania siły P (rys. 9-1a). Siła P jest



Rys. 9-1. Położenie czopa w łożysku nasmarowanym: a) w stanie spoczynku, b) w zakresie tarcia mieszanego, c) w zakresie tarcia płynnego; 1 — czop, 2 — panewka

siłą obciążającą łożysko. Czop zaczyna się obracać w kierunku strzałki i wtacza się na panewkę łożyskową o kąt φ_1 .

Gdyby w łożysku nie było smaru będzie zachodziło tarcie technicznie suche, czop obracając się spowodowałby szybkie zużycie panewki łożyskowej — patrz rys. 9-2. Przy obecności smaru i małej prędkości obro-

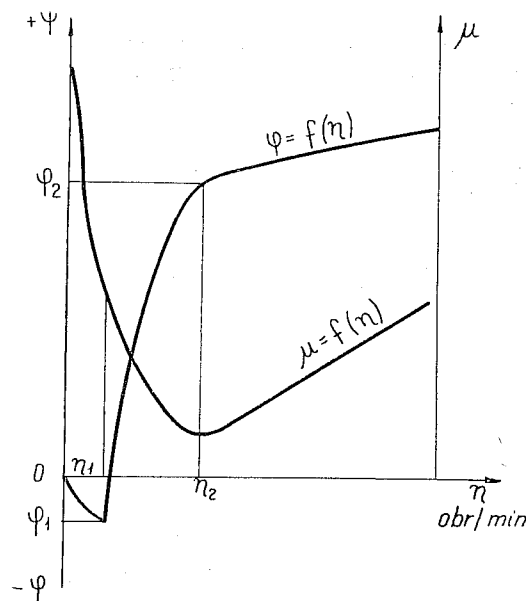


Rys. 9-2. Kierunek zużywania się czopa przy tarcu suchym i mieszanym: 1 — panewka, 2 — początkowe położenie czopa, 3 — położenie czopa końcowe; Z — wartość zużycia panewki

towej czopa będzie występowało tutaj tarcie mieszane — tarcie występujące najczęściej w łożyskach zegarowych i zegarków. Podczas tego ro-

dzaju tarcia warstwa smaru oddzielająca powierzchnię trącą jest na tyle gruba, że w zasadzie oddziela trące powierzchnie od siebie, jednak czasem wierzchołki nierówności jednej powierzchni przebijają tę warstwę i zagłębiają się w powierzchnię drugiego ciała. Jeżeli czop będzie miał dostateczną prędkość obrotową to wówczas smar porywany przez przylepność tworzy pomiędzy czopem i panewką warstewkę klinową. Warstewka ta w miarę wzrostu prędkości obrotowej rośnie i równocześnie środek czopa przesuwają się w kierunku odwrotnym do poprzedniego, przyjmując położenie odchyłone o kąt φ_2 . Dwie powierzchnie trące są całkowicie oddzielone od siebie grubą warstwą smaru (klinem smarowniczym) i nie mają żadnego kontaktu ze sobą (rys. 9-1c). Taki rodzaj tarcia w łożysku jest najkorzystniejszy gdyż praktycznie nie powoduje zużycia się łożyska.

Przesunięcie czopa o kąt φ_2 — dodatni zgodnie z kierunkiem obrotu czopa — odpowiada prędkości η_2 . Przemieszczenie czopa z odchylenia o kąt φ_1 do φ_2 odpowiada nieznacznemu wzrostowi prędkości obrotowej η_1 do η_2 (rys. 9-3). Dalszy wzrost prędkości obrotowej czopa po-



Rys. 9-3. Zależność zmian kąta przemieszczenia czopa φ i współczynnika tarcia μ w funkcji prędkości obrotowej czopa η

woduje wzrost grubości warstewki smaru (środek czopa dąży do środka panewki) i coraz wolniejszy wzrost kąta φ . Współczynnik tarcia dla takich łożysk jest największy w spoczynku i dla dobrze wypolerowanych czopów i łożysk z panewkami mineralnymi rubinowymi wynosi 0,14 do 0,20. Przy wzroście prędkości obrotowej czopa opory szybko spadają do wartości około 0,02 do 0,03 i następnie w miarę wzrostu prędkości obrotowej powoli wzrastają ze względu na wzrost oporów smaru. Wartość η_2 przy której występuje minimum współ-

czynnika tarcia, dla smarów stosowanych do smarowania łożysk z panewkami mineralnymi o średnicy otworu ok. 1 mm, jest wielkością rzędu kilkuset obrotów na minutę. Dlatego dla czopów obracających się z małą prędkością obrotową należy liczyć się z dużymi i zmiennymi współczynnikami tarcia (z zakresu tarcia mieszanego — patrz rys. 9-3).

9.2. Rodzaje smarów

Łożyska walcowe typu zegarowego zwłaszcza z panewkami mineralnymi są łożyskami, od których wymaga się szczególnie małych momentów tarcia. Łożyska te smaruje się smarami rzadkimi o bardzo małej lepkości dzięki czemu smar nie zwiększa oporów ruchu. Warunki smarowania takich łożysk są bardzo ciężkie, gdyż łożyska nie mają specjalnych urządzeń doprowadzających i zbierających smar. Smar, który w zakładzie produkcyjnym został raz nałożony na łożysko bardzo często przez wiele lat nie jest usuwany i zastępowany nowym. Aby smar w tych warunkach spełniał swoje zadanie, stawia mu się następujące wymagania:

- nałożony w miejscu smarowanym, nie powinien rozplýwać się,
- nie powinien starzeć się,
- powinien chronić łożysko przed korozją,
- powinien mieć dobre własności smarne.

Smary pochodzenia zwierzęcego lub roślinnego (np. olej kostny) tzw. smary tłuste (organiczne) nie rozplýwają się, natomiast nieorganiczne (otrzymywane z ropy naftowej) mają skłonność do rozplýwania się po powierzchni łożysk. Starzenie się smaru polega na zmianach chemicznych spowodowanych jego utlenianiem się. Smary nieorganiczne praktycznie nie starzeją się, natomiast organiczne starzeją się bardzo szybko.

Rozplýwanie się smaru zależy przede wszystkim od napięcia międzyfazowego pomiędzy smarem i powierzchnią smarowaną. Starzenie się smaru jest połączone z jego utlenianiem i spadkiem napięcia międzyfazowego. Smar zaczyna się rozplýwać. Drobne wiórki i opiłki masy (produkty zużycia łożysk) są katalizatorami przyspieszającymi utlenianie smaru.

Starzenie się smaru powoduje jego gęstnienie. W takim stanie smar nie tylko nie spełnia swego zadania zmniejszenia tarcia, ale jest nawet szkodliwy. Również działanie światła bardzo przyspiesza utlenianie się smarów tłustych. Smary tłuste mają tę przewagę nad smarami nieorganicznymi, że mają lepszą smarność, a smarność jest to zdolność do zmniejszania oporów tarcia (współczynnika tarcia) pomiędzy powierzchniami smarowanymi. W temperaturach niższych od -20°C zarówno smary nieorganiczne jak i tłuste gęstnieją.

Podany powyżej przegląd właściwości smarów wykazuje, że zarówno smary mineralne jak i tłuste nie nadają się do smarowania łożysk ze-

garowych. Aby zmniejszyć wady obu kategorii smarów stosuje się następujące środki:

— Zastosowanie mieszaniny smaru mineralnego i zwierzęcego, gdyż już nieznaczny dodatek oleju kostnego do oleju parafinowego zmniejsza szybkość rozplywania się kropli smaru. Również taki smar ma bardzo małą szybkość utleniania się (ze względu na obecność smaru nieorganicznego). Takie smary powstałe z mieszaniny dwóch różnych kategorii smarów, nazywane są smarami neutralnymi.

— Bardzo staranne oczyszczanie miejsc smarowanych.

— Zastosowanie epilamu. Powierzchnie smarowane oczyszczą się bardzo dokładnie w zbiornikach poddawanych działaniu drgań ultradźwiękowych. Tak oczyszczone powierzchnie korodują natychmiast po zetknięciu się z powietrzem. Aby temu zapobiec pokrywa się je epilamem. Jako epilam można stosować kwas stearynowy. Zaletą epilamowania jest to, że smar w miejscach epilamowanych nie rozplywa się.

— Zastosowanie inhibitorów utleniania smaru, które dodawane do smaru powodują jego opóźnione starzenie. Są to najczęściej związki organiczne, które łatwo reagują z tlenem dzięki czemu sam smar nie jest utleniany. Po utlenieniu inhibitora, co zwykle zachodzi po paru latach, proces starzenia smaru zachodzi bardzo szybko.

— Stosowanie smarów syntetycznych, odpornych na starzenie się i nie rozplywających się.

W zależności od tego czy smaruje się mechanizm zegara, czy też zegarka używa się innego rodzaju olejów i smarów. Nawet w tym samym zegarku niektóre miejsca wymagają stosowania innych rodzajów olejów. Nie wszyscy producenci olejów jednakowo oznaczają swoje wyroby, dlatego zegarmistrz musi się orientować w ich przeznaczeniu z załączonych do nich przepisów. Zegarmistrzowi do smarowania wszystkich zegarków i zegarów wystarcza 5 rodzajów olejów oznaczonych numerami od 1 do 5 oraz wazelina W. Numerem 1 oznaczone są smary o najmniejszej lepkości, a numerem 5 — smar o lepkości największej. Dla odróżnienia — poszczególne numery oznacza się także kolorami (kolorowymi naklejkami): olej nr 1 — barwa zielona, 2 — czerwona, 3 — niebieska, 4 — żółta, 5 — czarna.

Smary produkowane w Związku Radzieckim mają następujące oznaczenia i są przeznaczone do:

- MBP-12 — olej do smarowania czopów balansu i palet zegarków,
- MP3-6 — olej do smarowania łożysk przekładni chodu,
- MC-3 — olej do smarowania zespołu bębna sprężyny zegarków oraz łożysk budzików,
- PS-4 — olej do smarowania sprężyn budzików i zegarków domowych,

— PS-1 — wazelina do smarowania urządzenia naciągowo-nastawczego i czopów przekładni wskazań w zegarkach.

Lepkość albo wiskozę smaru mierzymy przyrządem zwanym wiskozymetrem i określamy ją najczęściej w stopniach Englera. Lepkością oleju w stopniach Englera nazywamy stosunek czasu potrzebnego do wycieknięcia 200 cm³ oleju z wiskozymetru w temperaturze 293, 323 lub 373 K do czasu wycieknięcia z tego wiskozymetru wody w tej samej temperaturze.

Obecnie, jak to już było podane, coraz bardziej rozpowszechnione są oleje syntetyczne. Np. firma Moebius produkuje olej pod nazwą Synt-A-Lube do smarowania palet i wszystkich łożysk mineralnych oraz metalowych zegarów i zegarków. Olejem Synta-Visco-Lube nr 9020 tej samej firmy można smarować łożyska zegarowe silnie obciążone. Produkowane są również oleje uniwersalne do smarowania tym samym olejem wszystkich miejsc w zegarach i zegarkach — np. olej Etsyntha Silber prod. niemieckiej czy też Elgin M56b produkcji amerykańskiej.

Przy przechowywaniu olejów zegarmistrzowskich należy spełnić następujące warunki:

— można przechowywać je tylko w szklanych buteleczkach najlepiej ze szklanymi korkami,

— chronić od światła, ciepła i dostępu powietrza,

— całą zawartość jednego opakowania należy zużyć w przeciągu jednego roku.

Smary do gwintowania. W czasie gwintowania otworów używamy różnego rodzaju smarów, które korzystnie wpływają na jakość otrzymanego gwintu. Przy gwintowaniu otworów w miękkiej stali np. A10 lub mosiądzu używamy wody mydlanej, lub chłodziwa wiertniczego, do stali bardzo twardej oleju lnianego z naftą lub benzyną, do żeliwa — nafty, a do aluminium — oleju parafinowego. Również w czasie wykonywania otworu wiertłem używa się różnego rodzaju chłodziw, które mają na celu odprowadzanie ciepła, uzyskanie czystszej obróbki i lepsze usuwanie wiórów. Zwykle są to chłodziwa składające się z mieszaniny szarego mydła, wody i oleju mineralnego. Jednak przy pracach zegarmistrzowskich chłodziwa nie są stosowane lub są stosowane bardzo rzadko.

Pokazy

1. Pokaz różnego rodzaju smarów stosowanych w praktyce zawodowej zegarmistrza.

Pytania

1. Dlaczego dążymy do zmniejszenia tarcia w mechanizmach zegarowych?
2. Dlaczego tarcie płynne jest najkorzystniejsze dla łożyska?

3. Jakie warunki powinien spełniać smar „idealny”?
4. Omówić sposoby, które znacznie eliminują wady smarów mineralnych i organicznych.
5. Od czego zależą opory tarcia w łożysku?
6. Omówić zmianę współczynnika tarcia w łożysku ślizgowym w funkcji prędkości obrotowej czopa.
7. Do czego służą inhibitory utleniania smaru?
8. Co nazywamy lepkością smaru?

10. PŁYNY STOSOWANE W ZEGARMISTRZOSTWIE

10.1. Płyiny do czyszczenia

Zwykle każda naprawa zegarka musi być zakończona jego dokładnym oczyszczeniem z kurzu, brudu i starej oliwy. Dopiero po oczyszczeniu można mechanizm na nowo smarować. Czasem zdarza się, że jeżeli zegarek lub zegar był nieodpowiednio przechowywany lub używany (np. moczony w wodzie) to niektóre jego części mogą być pokryte rdzą. Jeżeli zegarmistrz nie posiada części zamiennych to należy część odrdzewić, pamiętając, że nie odrdzewia się sprężyn napędowych, włosów stalowych i zębników zegarków naręcznych, bo nie nadają się one już do dalszej pracy. Jeżeli korozja nie jest zbyt duża, na powierzchni widać cienką warstwę rdzy — wystarczy zwilżyć miejsce naftą a następnie przetrzeć i wypolerować. Części bardziej zardzewiałe zanurza się na kilka godzin w naftie a następnie czyści się szczotką i poleruje. W przypadku dużych śladów rdzy części należy czyścić specjalnymi płynami do czyszczenia. Najlepszym z nich (choć o bardzo nieprzyjemnym ostrym zapachu) jest płyn Fosol sprzedawany w sklepach chemicznych w butelkach 0,25 l. Po oczyszczeniu zardzewiałych miejsc w płynie należy część dobrze wypłukać w wodzie mydlanej za pomocą szczotki, wypolerować, a następnie lekko natłuścić, aby nie uległa ponownemu rdzewieniu. Części odrdzewione kąpie się później w płynach czyszczących razem z innymi częściami.

Benzyna. Jest najlepszym płynem do ostatecznego płukania mechanizmów zegarowych, przy czym do takiego płukania stosuje się benzynę lekką (apteczną), która bardzo szybko paruje i nie pozostawia na metalu białego osadu, trudnego nieraz do usunięcia. Benzynę stosujemy tylko w ostatnim etapie czyszczenia z tego względu, że jest ona bardzo dobrym rozpuszczalnikiem wszelkiego rodzaju smarów i w ten sposób zamiast czystą benzyną czyściłoby się roztworem smaru w benzynie. Dlatego do czyszczenia części lub całego mechanizmu z brudu stosuje się specjalne płyny czyszczące.

Nafta. Stosowana jest do oczyszczania wstępnego. Rozpuszcza czę-

ściowo brudy i zmiękcza rdzę. Naftą czyści się przeważnie silnie zabrudzone części dużych zegarów i budzików.

Toluen. Jest środkiem palnym i trującym; rozpuszcza prawie wszystkie tłuszcze i żywice.

Eter etylowy. Środek łatwo palny (temperatura wrzenia 308 K) i łatwo wybuchowy, silnie trujący, dlatego należy obchodzić się z nim bardzo ostrożnie. Dobrze rozpuszcza tłuszcze i żywice. Używany jest do odtłuszczania włosów zegarkowych.

Aceton. Środek łatwo palny, dobrze rozpuszcza tłuszcze i oleje, usuwa dobrze brud. Rozpuszcza również prawie wszystkie lakiery i celuloid.

Trójchloroetylen. Zwany popularnie „tri” jest dobrym środkiem do rozpuszczania tłuszczów a także kauczuku. Z uwagi na to, że jest on środkiem bardzo trującym, szybko parującym — sprzedaż jego została ograniczona. Zamiast niego w sprzedaży ukazał się nowy, również dobry środek, mniej trujący i mniej lotny — czterochloroetylen pod nazwą „wywabiacz plam”.

Alkaliczne roztwory wodne. Są to roztwory niepalne, trujące, powstają z rozpuszczenia w wodzie sody, mydła i amoniaku. Działają na tłuszcze w ten sposób, że powodują ich zmydlenie lub emulgowanie. Stosowane są do zgrubnego czyszczenia dużych zegarów. Po oczyszczeniu tymi roztworami trzeba części dobrze wypłukać w wodzie i wysuszyć.

Oprócz środków podanych wyżej do końcowego czyszczenia używa się również rozpuszczalników alkalicznych. Działanie tych rozpuszczalników polega na tym, że mają zdolność silniejszego przylegania do powierzchni czyszczonej, niż znajdujący się na niej smar.

W celu uzyskania lśniącego połysku na powierzchniach mosiężnych (czyli do usunięcia patyny), po wstępnym oczyszczeniu ich benzyną, stosuje się roztwór octu kuchennego. Mosiężne części przeciera się szczotką zamoczoną w occie a następnie dokładnie płucze w ciepłej wodzie. Obecnie nie tylko w zakładach produkcyjnych, ale coraz powszechniej w zakładach rzemieślniczych do czyszczenia mechanizmów zegarowych stosuje się czyszczarki ultradźwiękowe. Do czyszczenia używa się specjalnych płynów (których składu firmy produkujące nie podają) lub też nafty czy roztworów alkalicznych. Wszystkie płyny stosowane do czyszczenia są płynami trującymi, a często nawet bardzo niebezpiecznymi dla zdrowia. Większość z nich jest łatwo zapalna i silnie parująca. Pamiętając o tym, należy bardzo ostrożnie obchodzić się z nimi. Przechowywać tylko w szklanych pojemnikach ze szczelnym, najlepiej szklanym zamknięciem. Chronić od źródła ciepła i światła. Przechowywać w stałej dość niskiej temperaturze, najlepiej w innym pomieszczeniu niż stanowisko pracy.

10.2. Inne płyny

Płyny do hartowania. Do hartowania używamy różnego rodzaju płynów w zależności od tego na jaką głębokość chcemy zahartować element stalowy oraz zależnie od składu chemicznego materiału. Należy tutaj przyjąć jedną podstawową zasadę, że stal wysokostopową — o wysokiej zawartości pierwiastków stopowych — hartuje się w oleju, natomiast stal o małej zawartości tych pierwiastków (do 5%) można hartować w zwykłej wodzie lub w strumieniu chłodnego powietrza. A więc wszelkiego rodzaju sprężyny napędowe zegarów hartuje się w oleju — może to być olej lniany, rzepakowy lub mineralny, natomiast części stalowe (przy czym zawartość węgla w stali powinna być większa od 0,2%) można hartować też w oleju lub wodzie.

Płyny do lutowania. Płyny te mają za zadanie zapobiec utlenianiu lutowanych powierzchni przy ich ogrzewaniu, gdyż utleniane powierzchnie utrudniają otrzymanie dobrego połączenia lutowanych materiałów z lutami. Często płyny te równocześnie działają na powierzchnię, usuwają warstwę tlenków.

Do lutowania miękkiego stosuje się: kwas solny, salmiak, kalafonię i stearynę. Do lutowania twardego: kwas borny i boraks.

Pytania

1. Podać sposoby usuwania rdzy.
2. Omówić zastosowanie benzyny, nafty i trójchloroetyleny przy czyszczeniu mechanizmów.
3. Omówić działanie rozpuszczalników alkalicznych na smary.
4. Podać przepisy bhp przy obchodzeniu się ze środkami do czyszczenia.
5. Do czego służą płyny do lutowania?

11. MATERIAŁY POMOCNICZE

Kleje. Kleje są to substancje zdolne do tworzenia cienkich zwartych błon, o dużej spójności i dobrej przyczepności do podłoża, dzięki czemu łączą ze sobą mocno dwie dopasowane powierzchnie.

Podstawowym składnikiem kleju jest lepiszcze, tj. substancja o właściwościach klejących. Kleje mogą zawierać ponadto składniki pomocnicze, jak rozpuszczalniki, wypełniacze, zmiękczacze. Niektóre kleje wymagają przed klejeniem dodatku utwardzaczy, tj. substancji inicjujących i przyspieszających przemianę ciekłego kleju na ciało stałe. Zasadniczy wpływ na właściwości wytrzymałościowe klejonego złącza, ma grubość warstwy kleju. Im warstwa kleju jest cieńsza, tym wytrzymałość jest większa.

Kleje dzielą się na naturalne i syntetyczne. Do klejów naturalnych zalicza się kleje roślinne i zwierzęce.

Surowcami do produkcji klejów zwierzęcych są białka: kazeina, klej skórny i klej kostny, a do produkcji klejów roślinnych: żywice roślinne (guma arabska, kalafonia), węglowodany (skrobia, dekstryna).

Kleje zwierzęce stosuje się najczęściej do klejenia drewna (kleje stolarskie, np. bardzo dobrym klejem jest klej kazeinowy), tkanin i skóry, czasem do wyrobów papierniczych. Natomiast kleje roślinne, skrobiowe i gumę arabską używa się do klejenia papieru, tektury, tkanin, drewna, metali i betonów. Rozwój nauki o polimerach stworzył możliwość produkcji szerokiego wachlarza nowych klejów — klejów syntetycznych, które praktycznie łączą wszystkie materiały konstrukcyjne. Łączenie elementów konstrukcyjnych za pomocą kleju ma szereg zalet w porównaniu z innymi sposobami łączenia. Przedmioty klejone są lżejsze, mają jednolitą spoinę, a materiał nie jest osłabiony przez dodatkowe otwory na śruby, nity itp. Spoina klejona jest często mocniejsza niż łącze wykonane w sposób mechaniczny a niekiedy ma większą wytrzymałość od łączonych materiałów (co powoduje, że materiał nie łamie się w miejscu spoiny a tylko obok niej).

Najczęściej używanymi klejami syntetycznymi są kleje kauczukowe. Służą one do klejenia gumy, skóry i tkanin. Najbardziej rozpowszechnio-

nymi są: chlorokauczuk — służący głównie do przyklejania gumy do metalu. Neopren odznacza się silną przyczepnością do wielu tworzyw. Stosuje się głównie do klejenia gumy ze skórą, folii metalowej i drewna.

Kleje epoksydowe — w połączeniu z odpowiednimi utwardzaczami — stanowią wysoko wytrzymałe kleje do sklejanie metali na gorąco lub na zimno. Wytrzymałość na ścinanie łącza wykonanego na gorąco wynosi ponad 30 MN/m² a na zimno powyżej 15 MN/m². Służą również do sklejanie szkła, porcelany i tworzyw termoutwardzalnych. Są odporne na działanie wody, benzyny, olejów, kwasów alkaliów i podwyższonej temperatury. W kraju produkuje się klej epoksydowy pod nazwą Epidian oznaczony numerami 1, 5, 51, 52, 53 i 57. Epidian 5 służy do sklejanie szkła i kryształów, Epidian 51 i 53 do sklejanie metali i szkła.

Do klejenia metali stosowany jest *klej karbinolowy* produkowany w Polsce pod nazwą Polystal T-1100. Klejem tym skleja się na zimno przedmioty stalowe i żeliwne oraz większość metali nieżelaznych. Miedź, mosiądz i brąz skleja się słabo.

Do łączenia ze sobą elementów sprężystych, poddawanych zginaniu, skręcaniu, do łączenia tworzyw termoutwardzalnych, do łączenia tworzyw do elastycznych elementów np. sprężyn, do łączenia szkła, ceramiki i metali stosuje się klej oznaczony symbolem BWF-41. Klej ten odznacza się bardzo dobrymi właściwościami i znajduje coraz szersze zastosowanie, mimo że technologia przygotowania złącza klejonego jest dosyć skomplikowana (konieczność wygrzewania złącza pod naciskiem w temperaturze ok. 400 K przez ok. 2 godz. a potem wolne studzenie).

Wytrzymałość łączenia klejowego zależy nie tylko od rodzaju kleju i grubości jego warstwy na złączu, ale także w dużym stopniu od sposobu przygotowania powierzchni klejonych. Powierzchnie te muszą być dobrze oczyszczone i odtłuszczone oraz gładkie. Po sklejeniu miejsca łączone powinny być przez pewien czas dociśnięte do siebie a czas dociśnięcia zależy od rodzaju kleju.

Farby. Farby są to powłokotwórcze materiały kryjące, stanowiące jednolite zawiesiny barwników (biel tytanowa, cynkowa, minia żelazowa, ołowiana itp.). Do malowania metali stosowane są przeważnie farby zwykłe — olejne. Przed malowaniem farbą olejną należy powierzchnię metalu zagruntować farbą pokostową.

Lakiery. Są to roztwory substancji błonkotwórczych w rozpuszczalnikach organicznych, zawierające substancje przyspieszające schnięcie (tzw. sykatywy). Lakiery stosuje się w celu nadania przedmiotom metalowym estetycznego wyglądu a jednocześnie ochronę powierzchni przed wpływami atmosferycznymi. Szerokie zastosowanie znalazły lakiery syntetyczne odznaczające się krótkim czasem schnięcia malowanej powłoki, trwałością i odpornością na czynniki chemiczne i mechaniczne.

Emalie. Emaliami nazywamy powłoki szkliste utworzone z masy zawierającej kwarc, glinę, boraks oraz dodatki tlenku cynku. Emalie

nakłada się przeważnie na przedmioty blaszane i żeliwne. Emaliowanie polega na pokrywaniu rozżarzonej powierzchni metalu najpierw warstwą emalii gruntującej, a następnie — za pomocą natryskiwania — cienką warstwą emalii kryjącej. Przed emaliowaniem powierzchnia metalu powinna być dokładnie oczyszczona.

Drewno. Używane dawniej do konstrukcji obudów zegarów stojących i drążków wahadeł w regulatorach obecnie straciło na znaczeniu na korzyść tworzyw sztucznych. Jedynie czasem używa się jeszcze korka lub rdzenia czarnego bzu do oczyszczania czopów w zegarkach lub przy pokrywaniu wskazówek masą świecąca.

Z węgla bukowego otrzymuje się dobry proszek do polerowania.

Wosk pszczeli. Używa się do chwilowego przyklejania włosów do wrzecion podczas prób ich dobierania. Służy również do uszczelniania nieszczelnych kopert w zegarkach.

Lak. Jest mieszaniną żywicy sosnowej, kalafonii, szelaku i smoły z dodatkiem barwników. Często służy do umocowania na tokarce małych części, których inaczej nie da się zamocować. Laku białego używa się do kitowania uszkodzonych tarcz emaliowanych. Lak łatwo daje się usunąć przez wymoczenie w spirytusie.

Skóra irchowa. Używana jest do czyszczenia szkieł i złotych kopert w zegarkach.

Materiały izolacyjne. Do materiałów izolacyjnych należy zaliczyć: oleje, woski, parafiny, żywice naturalne i sztuczne, tworzywa sztuczne, gumę, kauczuk, lakiery i emalie, bawełnę, jutę, jedwab naturalny i sztuczny, włókna szklane, papier, papier kablowy, bibułkę kondensatową, preszpan, mikię, kwarc, azbest, szkło, porcelanę, steatyt.

Pytania

1. Co nazywamy klejami?
2. Omówić zalety połączeń klejowych.
3. Omówić zastosowanie klejów epoksydowych.
4. Od czego zależy jakość połączenia klejowego?
5. Omówić zastosowanie farb, lakierów i emalii.
6. Omówić składniki kleju.

Przeliczanie niektórych jednostek na jednostki w układzie SI

Układ SI	Układy inne
1 K	1°C
273 K	0°C
0 K	-273°C
9,80665 N — ok. 10 N	1 kG
1 t/m ³ = 1000 kg/m ³	1 g/cm ³
0,0980665 MPa — ok. 0,1 MPa	1 kG/cm ²
ok. 0,1 MPa	1 at

LITERATURA

1. W. Czerwiński. *Materiałoznawstwo dla ZSZ*. PWSZ. Warszawa 1971 r.
2. A. P. Gulajew. *Metaloznawstwo*. Wydawnictwo Śląskie. Katowice 1967 r.
3. W. Kassubé. *Materiałoznawstwo dla ZSZ*. PWSZ. Warszawa 1972 r.
4. Z. Mrugalski. *Mechanizmy zegarowe*. WNT. Warszawa 1972 r.
5. W. M. A. Podwapiński. *Zegarmistrzostwo cz. II, Materiałoznawstwo*. Niepokalanów 1948 r.
6. A. Paciorek. *Chemia*. PZWS. Warszawa 1973 r.
7. W. Surowiak, St. Chudzyński. *Tworzywa sztuczne w budowie maszyn*. WNT. Warszawa 1971 r.
8. Wł. Tryliński. *Drobne mechanizmy i przyrządy precyzyjne. Podstawy konstrukcji*. WNT. Warszawa 1964 r.
9. Praca zbiorowa. *Poradnik konstruktora przyrządów precyzyjnych i drobnych*. WNT. Warszawa 1970 r.

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>

