

607

KART. NO 194

BIBLIOTEKA ŻOŁNIERSKA
PODRĘCZNIKI DLA DOKSZTAŁCAJĄCYCH SZKOŁ ZAWODOWYCH
NR 2

Dowództwo Sił Powietrznych
BIURO TŁUMACZEŃ
I WYDAWNICTW

Inż. ANTONI BUKOWIECKI

METALOZNAWSTWO

Wydanie drugie

Tylko do użytku
SŁUŻBOWEGO.



WSZECHŚWIATOWY KOMITET
ZWIĄZKÓW MŁODZIEŻY
CHRZEŚCIJAŃSKIEJ W GENEWIE
S Z W A J C A R I A

Pod redakcją Komitetu Kulturalno-Oświatowego 2. DSP, nakładem YMCA i drukiem pisma żołnierzy polskich internowanych w Szwajcarii „G o n i e c O b o z o w y“, ukazały się dotąd następujące wydawnictwa:

I. PODRĘCZNIKI DLA ŻOŁNIERSKICH SZKÓŁ POWSZECHNYCH

- Nr 1. Bronisław LISTWAN, Wypisy polskie, str. 300 i 8 tabl.
- Nr 2. Adam SANOCKI, Dzieje Polski w zwięzłym zarysie str. 266 + XII i 16 tabl.
- Nr 3. Inż. Bohdan JASTRZĘBIEC, Chemia, str. 40 i 13 rys. w tekście
- Nr 4. Krzysztof GRODECKI, Geografia, str. 354, Mapa Polski i 249 rys. w tekście
- Nr 5. Ignacy J. KLIMASZEWSKI, Rachunki, str. 268 i 161 rys.
- Nr 6. J. ŁODYGO i F. NADWÓRNIAK, Przyroda, str. 122 i 53 rys.
- Nr 7. L. EBERMAN i T. WRÓBLEWSKI, Fizyka, str. 60 i 80 rys.
- Nr 8. Adam BRZOZA, Państwo i obywatel, str. 84
- Nr 9. Dr Karol MITKIEWICZ, Nauka o zdrowiu, str. 84 i 65 rys.

II. PODRĘCZNIKI DLA DOKSZTAŁCAJĄCYCH SZKÓŁ ZAWODOWYCH

- Nr 1. Mgr. Wincenty WOJTKIEWICZ, Materiałoznawstwo ogólne, str. 126 i 5 rys. w tekście
- Nr 2. Inż. Antoni BUKOWIECKI, Metaloznawstwo, str. 63 + III i 34 rys. w tekście
- Nr 3. Tng Kazimierz DONIMIRSKI, Kuźnictwo, str. 39 + III i 16 tablic z 101 rys.
- Nr 4. Mirosław MOSIŃSKI, Obróbka cieplna metali, str. 43 + III, 11 tabel i 13 tablic z 53 rys.
- Nr 5. Inż. Zbigniew KOPCZYŃSKI, Odlewnictwo, str. 32 z 33 rys. w tekście
- Nr 6. Inż. Antoni MICHALIK, Obróbka metali przez skrawanie, str. 129 + VII, 5 tabel i 56 tablic z 256 rys.
- Nr 7. Inż. Stanisław KUBASZEWSKI, Instalacje elektryczne, str. 141 + III, 61 tablic z 280 rys.
- Nr 8. Jerzy BORKOWSKI i Jerzy BUCZKIEWICZ, Podstawy elektrotechniki, str. 161 + 6 tabel i atlas (56 tablic) z 214 rys.
- Nr 9. Marcin PRUGAR i Andrzej OLSZOWSKI, Stolarstwo, str. 122 i atlas (60 tablic) z 222 rys.
- Nr 10. Inż. Maciej MISCHKE, Budownictwo wodne, str. 38 + IV i 44 tablic z 82 rys.
- Nr 11. Inż. Czesław KAMEŁA, Miernictwo, str. 117 + II i atlas (77 tablic) z 229 rys.

III. ŻOŁNIERSKIE KURSY POCZĄTKOWE

- 1. St. SERB i J. ŚLĄSKI, Podręcznik do nauki czytania i pisania, str. 99.

Nadto nakładem YMCA i drukiem pisma „Goniec Obozowy“:

IV. PRZYJACIEL OBOZOWY

- Nr 1. Wypisy, część I-III (str. 123) i część IV-VIII (str. 173). Wydawnictwo przeznaczone dla Polaków, przebywających w obozach jenieckich.
- Nr 2. Inż. Stanisław JARZĘBIŃSKI, Silniki spalinowe na paliwo płynne i gazowe oraz urządzenia w pojazdach mechanicznych, str. 433 + VIII z 125 rys. i 1 tablicą barwną.

Inż. ANTONI BUKOWIECKI

METALOZNAWSTWO

Wydanie drugie

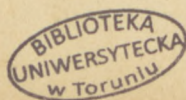


Pod redakcją Komitetu Kulturalno-Oświatowego 2 DSP.
Drukarnia Vogt-Schild A. G. Solothurn
Kierownictwo techniczne: „Goniec Obozowy“
Pismo polskich żołnierzy internowanych

PODRĘCZNIK PRZEZNACZONY DLA ŚLUSARZY-MECHANIKÓW

Wydanie drugie

Copyright:
WORLD'S ALLIANCE OF THE
YOUNG MEN'S CHRISTIAN ASSOCIATION
(Y. M. C. A.)
Geneva 1945
Printed in Switzerland



1593261

ROZDZIAŁ I

WIADOMOŚCI PODSTAWOWE

Metaloznawstwem nazywamy naukę o metalach technicznych oraz stopach, a mianowicie o ich składzie chemicznym, otrzymywaniu, obróbce i własnościach.

I. METALE TECHNICZNE I STOPY ORAZ ICH PODZIAŁ

1. Metale techniczne

Metalem technicznym nazywamy każdy metal, który posiada zastosowanie w technice. Metali takich jest bardzo wiele. Najbardziej znanym jest żelazo techniczne, z pozostałych zasługują na wymienienie przede wszystkim miedź, cynk, aluminium, cyna, nikiel i magnez.

Metale techniczne należy odróżniać od metali w sensie chemicznym tj. od pierwiastków chemicznych metalicznych. O ile pierwiastki chemiczne metaliczne są ciałami zupełnie czystymi, o tyle metale techniczne posiadają w sobie zawsze, obok składnika zasadniczego (głównego pierwiastka chemicznego), także pewne małe ilości pierwiastków obcych, czyli tzw. domieszek.

Wszystkie metale techniczne otrzymuje się z tzw. rud, tj. surowców mineralnych, które wydobywa się z ziemi metodami górnictwymi. Rudy, które nie zawierają metali w stanie wolnym, lecz pod postacią rozmaitych związków chemicznych (jak tlenki, siarczki, węglany itp.), nie posiadają oczywiście wyglądu metalicznego, lecz mają kształt mniejszych lub większych brył mineralnych.

Przeróbka rud na metale odbywa się w dużych zakładach przemysłowych, tzw. hutach metali. Rudy przerabia się na metale przez przetopienie ich w specjalnych piecach. Metal, który wychodzi bezpośrednio z pieca hutniczego jest przeważnie mało czysty, tj. zawiera dużą ilość domieszek. Metal taki nazywamy metalem surowym. Niekiedy idzie on już w tej formie do handlu, przeważnie jednak przerabia się go w hucie dalej, usuwając niepotrzebne domieszki (tzw. rafinowanie metalu surowego). W ten sposób dochodzi się do metali oczyszczonych, czyli rafinowanych.

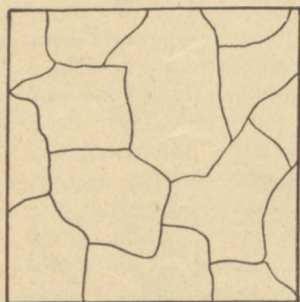
Metale techniczne noszą przeważnie nazwę tego pierwiastka chemicznego, który stanowi składnik zasadniczy (np. miedź, cynk, ołów itd.). Tylko przy aluminium i żelazie obowiązują nazwy specjalne.

temperaturę topnienia, nieraz bardzo znacznie. Najlepszym przykładem dla tej reguły jest żelazo techniczne: żelazo technicznie czyste (nie ma ono w technice prawie żadnego zastosowania) topi się, jak widzimy z tabelki, przy 1526° , stal przy temperaturze wiele niższej $1400-1500^{\circ}$, zaś surówka, zawierająca jeszcze większą ilość domieszek, przy $1100-1200^{\circ}$. Zjawisko obniżania temperatury topnienia występuje szczególnie wyraźnie przy stopach, gdyż ilości dodatków stopowych są na ogół znacznie większe niż przypadkowych domieszek w metalach, np. pewne stopy cyny z ołowiem zaczynają topić się już przy 180° , podczas gdy oba metale składowe mają temperatury topnienia wyższe (ołów 327° , cyna 232°).

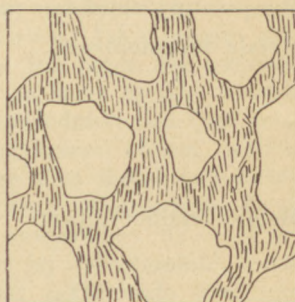
II. BUDOWA WEWNĘTRZNA METALI I STOPÓW

Aby zrozumieć własności i obróbkę metali oraz stopów musimy się zapoznać pokrótce z wewnętrzną budową tych materiałów. Na budowę tę składa się cały szereg większych lub mniejszych ziarn, czyli kryształów, które są mocno ze sobą spójone przez siły przyciągania międzyziarnistego. Ziarna metaliczne są rozmaitej wielkości. W niektórych metalach są one bardzo duże i można je zaobserwować gołym okiem (np. na powierzchni krzepnącego czystego ołowiu), przeważnie jednak są one tak małe, że odróżnić je można tylko przy pomocy narzędzi optycznych (mikroskopu, rzadziej lupy).

Przy pomocy mikroskopu można badać wielkość, kształt i układ wzajemny ziarn, a więc określić charakter budowy ziarnistej czyli struktury badanego materiału. Przy badaniach takich zauważyć można dwa możliwe rodzaje budowy ziarnistej: może być ona jednolita, tj. złożona z ziarn jednakowego typu, rozdzielonych wyraźnymi granicami, albo też złożona, tj. składająca się z ziarn różnego typu. Rys. 1



Rys. 1



Rys. 2

przedstawia typową budowę jednolitą, zaś rys. 2 budowę złożoną, w której obok dużych kryształów jednego składnika odróżniamy tak drobne ziarna składnika drugiego, że sprawiają one wrażenie jednolitej ciemniejszej osnowy.

Charakter budowy ziarnistej zależy od tego, czy rozpatrywany materiał jest metalem czystym, czy też stopem. Metale czyste posiadają zawsze budowę jednolitą, gdyż zbudowane są z jednakowego typu atomów, które dają tylko jeden typ ziarni; atomy domieszek znajdują po prostu dla siebie miejsce pomiędzy atomami metalu zasadniczego, tzn. rozpuszczają się w nim, nie naruszając budowy wewnętrznej ziaren. Przy stopach zaobserwować można oba typy budowy; jednolitą, gdy składniki dają wspólne ziarna czyli tzw. kryształy mieszane, albo też złożoną, gdy składniki są w sobie nierozpuszczalne i gromadzą się w osobnych ziarnach.

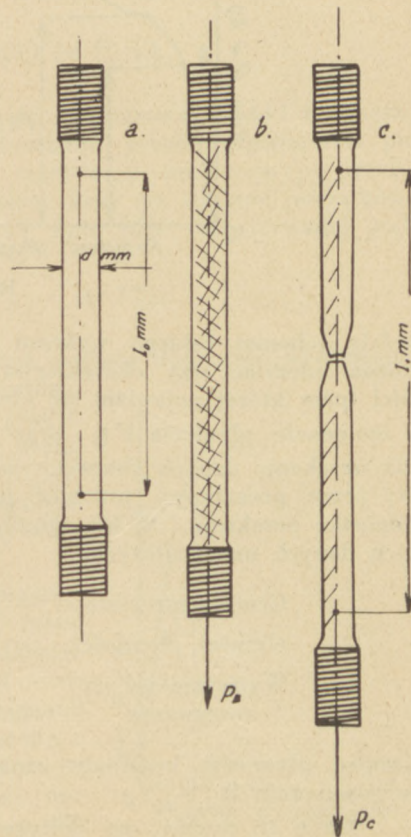
Na podkreślenie zasługuje fakt, że charakter budowy ziarnistej może ulegać zmianie pod wpływem temperatury, Ma to miejsce przy stopach o budowie złożonej: powyżej pewnej temperatury składniki mogą się wzajemnie rozpuścić, tj. wytworzyć budowę jednolitą.

III. WŁASNOŚCI MECHANICZNE METALI I STOPÓW

1. Wytrzymałość

Wytrzymałością nazywamy opór, jaki stawia dany metal lub stop sile, która usiłuje go odkształcić lub zniszczyć. Najbardziej charakterystyczną jest wytrzymałość na rozzerwanie, ściskanie i gięcie. Do własności wytrzymałościowych zalicza się także tzw. udarność i odporność na zmęczenie.

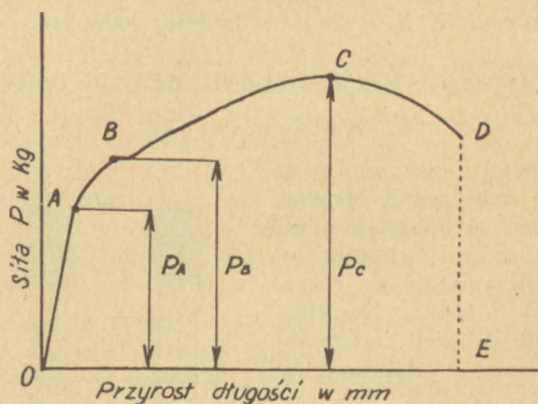
a. Wytrzymałość na rozzerwanie. Dla określenia wytrzymałości na rozzerwanie wycina się z badanego przedmiotu próbkę o określonym kształcie i wymiarach (rys. 3 a), którą się następnie umieszcza w uchwytach maszyny do prób wytrzymałościowych i poddaje działaniu siły rozciągającej (jeden uchwyt pozostaje nieruchomy, na drugi zaś działa stopniowo wzrastająca siła). Początkowo próbka wydłuża się tylko nieznacznie, a po ustaniu siły rozciągającej powraca do swej długości początkowej. Mówimy, że jesteśmy w zakresie sprężystości badanego materiału, gdyż zachowuje się on sprężysto, tzn. po odciążeniu nie wykazuje żadnej zmiany długości. Stan taki trwa aż do pewnej, charakterystycznej dla danego ma-



Rys. 3

teriału, granicy sprężystości; przy dalszym obciążeniu następuje już silniejsze rozciąganie, a przy tym po odciążeniu można zaobserwować pewne odkształcenie trwałe. Mówimy że przeszliśmy do zakresu plastyczności. W zakresie plastyczności wystąpić może przy niektórych materiałach zjawisko płynięcia, tj. raptowne wydłużenie o kilka mm, jednocześnie zaś na powierzchni próbki można zauważyć krzyżujące się ze sobą linie płynięcia (rys. 3 b). Dalej próbka rozciąga się już silniej, w pewnym miejscu ukazuje się przewężenie i wreszcie próbka pęka (rys. 3 c).

Maszyny do prób wytrzymałościowych zaopatrzone są często w urządzenia, które wykreślają automatycznie krzywe rozciągania, obrazujące wzrost długości próbki przy wzrastającej sile rozciągającej. Rys. 4



Rys. 4

podaje schemat takiego wykresu dla stali miękkiej. Z wykresu tego można odczytać trzy charakterystyczne siły: siłę na granicy sprężystości (przy której pojawiają się pierwsze odkształcenia trwałe) P_A , siłę w momencie płynięcia P_B , oraz siłę najwyższą, czyli rozrywającą P_C . Dla uzyskania danych charakteryzujących badany materiał, dzieli się te siły przez początkowy przekrój próbki (F w mm^2), aby odnieść je na jednostkę przekroju. W ten sposób dochodzi się do następujących ważnych danych materiałowych:

$$\text{Granica sprężystości} = P_A : F \text{ w } \text{kg/mm}^2,$$

$$\text{Granica płynności} = P_B : F \quad ,, \quad , \text{ oraz}$$

$$\text{Wytrzymałość na rozerwanie} = P_C : F \quad ,,$$

Granice płynności będziemy oznaczali symbolem Q, zaś wytrzymałość na rozerwanie R.

Dane te można, po dokonaniu próby wytrzymałościowej, bardzo łatwo obliczyć. Jeśli np. przy rozciąganiu próbki stalowej o średnicy

przekroju = 16 mm (przekrój wynosi wówczas 201 mm²) zaobserwowaliśmy $P_A = 3420$ kg, $P_B = 5020$ kg, i $P_C = 7640$ kg, to granica sprężystości = $3420 : 201 = 17$ kg/mm², $Q = 5020 : 201 = 25$ kg/mm² i $R = 7640 : 201 = 37$ kg/mm².

Wielkości te, bardzo ważne dla charakterystyki technicznej metali i stopów, są ponadto konieczną podstawą dla scharakteryzowania podatności materiałów do wielu rodzajów obróbki, a wreszcie stanowią podstawę obliczeń konstrukcyjnych. Przy konstrukcjach obciążenie jednostki powierzchni nie powinno przekraczać tzw. naprężeń dopuszczalnych, które się ustala dla poszczególnych materiałów, w pierwszym rzędzie zależnie od granicy sprężystości. Wartość naprężenia dopuszczalnego wynosi np. dla wspomnianej stali miękkiej, używanej w konstrukcjach budowlanych. 9 do 12 kg/mm², podczas gdy jej granica sprężystości 17 kg/mm².

Próba na rozerwanie daje nam jednocześnie miarę ciągliwości badanego materiału. Za jej miarę uważa się wydłużenie procentowe, zwane też po prostu wydłużeniem, które oznaczamy literą A. Oblicza się je ze wzoru:

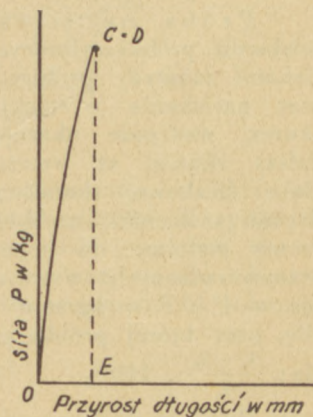
$$A = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \cdot 100 \text{ (w } \% \text{)},$$

gdzie l_0 — oznacza początkową długość pomiarową próbki (odmierzana się ją na próbce dwiema lekkimi kreskami przed rozpoczęciem pomiaru), zaś l_1 — długość próbki po rozerwaniu (mierzona po przyłożeniu do siebie obu rozerwanych części. Jeśli np. długość początkowa wynosiła 160 mm, zaś końcowa 205 mm (dla rozpatrywanej stali miękkiej), to

$$A = \frac{45}{160} \cdot 100\% = 27,1\%.$$

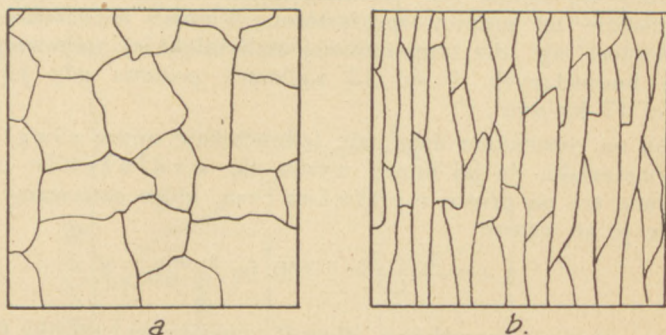
Stal jest metalem ciągliwym, gdyż posiada dość duże wydłużenie. Metale kruche, jak np. stal zahartowana, surówka żelazna itp., nie wykazują prawie żadnego wydłużenia i rozrywają się nagle, bez płynięcia i przewężenia. Wykres wydłużeń w zależności od sił rozciągających jest dla metali kruchych przedstawiony schematycznie na rys. 5.

Z omówionej przez nas próby wytrzymałości na rozerwanie wynika, że metal stawia działającym na niego siłom odkształcającym pewien opór i że opór ten wzrasta w miarę odkształcania (rozciągania) próbki, to znaczy że materiał się umacnia podczas próby. Źródłem tego oporu i jego wzrostu jest wewnętrzna budowa metalu. Jak wiemy ziarna są zbudowane z ułożonych w określonym porządku i przycią-



Rys. 5

gających się nawzajem atomów, a połączone między sobą siłami spójności międzyziarnistej. Wszystkie te siły są siedliskiem wytrzymałości. Metal umacnia się, tj. jego wytrzymałość rośnie w miarę odkształcania, ponieważ siły obce zaburzają porządek wewnętrzny (odkształcają poszczególne ziarna i budzą nowe siły oporu, tzw. naprężenia wewnętrzne. Za takim wytłumaczeniem zjawiska umocnienia przemawia najlepiej mikroskopowe badanie próbki przed i po rozerwaniu. Jeśli przed rozpoczęciem próby materiał posiadał normalną budowę ziarnistą (rys. 6 a), to w czasie rozciągania uzyska on budowę włóknistą

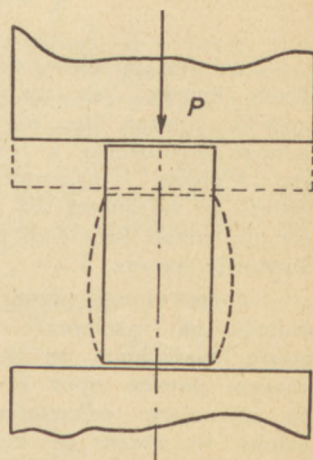


Rys. 6

(rys. 6 b), tzn. poszczególne ziarna wyciągają się w kierunku działania siły, styk pomiędzy ziarnami staje się lepszy i silniej się one zazębiają nawzajem — stąd większa wytrzymałość.

b. Inne próby wytrzymałości. Oprócz próby na rozrywanie, która jest najważniejsza i bywa najczęściej wykonywana, wykonywa się też niekiedy próby na ściskanie, gięcie itp.

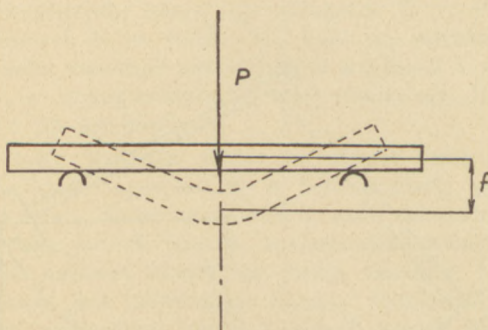
Próba na ściskanie polega na ścisaniu próbki cylindrycznej pomiędzy zaciskami maszyny probierczej (rys. 7). Podczas naciskania występuje najpierw lekki skurcz, następnie ukazuje się zgrubienie, dalszy skurcz, aż wreszcie próbka pęka. Dane liczbowe, charakterystyczne dla badanego materiału, uzyskuje się przez obliczenia podobne do poprzednio przez nas przeprowadzonych: wytrzymałość na ściskanie $= P : F$ w kg/mm^2 (gdzie P oznacza siłę, przy której próbka pęka), oraz ściśnięcie: $\frac{l_0 - l_1}{l_0} \cdot 100\%$



Rys. 7

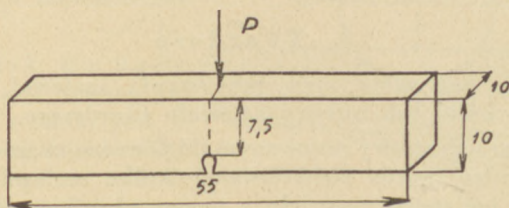
Próby na zginanie (aż do pęknięcia) nie przeprowadza się dla stali, gdyż są one bardzo ciągliwe i dają się zginać bez pęknięcia.

za to ma ona duże znaczenie dla oceny materiałów kruchych (np. surowka żelazna). Sztabkę o określonych wymiarach, umieszczoną na dwu podporach, naciska się stopniowo wzrastającą siłą i notuje siłę najwyższą, tj. taką, przy której nastąpiło pęknięcie (P kg), oraz wielkość ugięcia sztabki (tzw. strzałka ugięcia f w mm) (rys. 8).



Rys. 8

c. **Udarność.** Wszystkie opisane dotychczas próby wytrzymałościowe były charakterystyczne tylko dla materiałów poddawanych działaniu stopniowo rosnących sił. Nieraz jest także rzeczą bardzo ważną stwierdzić, jak zachowuje się materiał pod wpływem uderzeń, tj. sił działających nagle. Do tego celu używa się próby udarności. Udarnością nazywamy opór, jaki stawia materiał pojedynczym uderzeniom. Mierzy się ona ilością pracy mechanicznej, która jest potrzebna do rozerwania przez jednorazowe uderzenie próbki o określonych wymiarach (używa się próbek z karbem o wymiarach podanych na rys. 9); pracę tę należy podzielić przez przekrój próbki w płaszczyźnie karbu. Uderzenie nastę-



Rys. 9

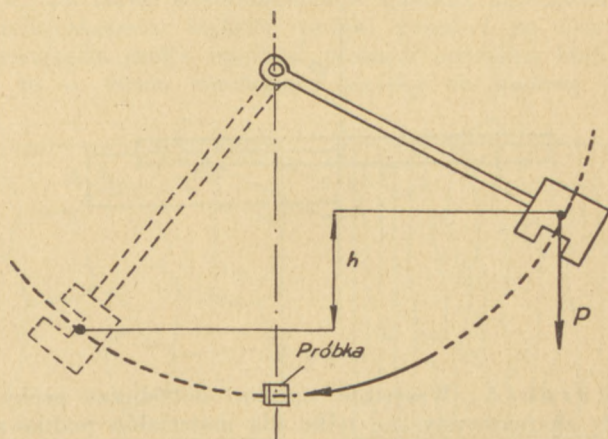
puje po stronie przeciwnej do karbu. Próbę przeprowadza się przy pomocy młota do prób udarności (rys. 10). Młot o ciężarze P spada na próbkę z pewnej określonej wysokości, a po jej rozbiciu wznosi się na inną, już mniejszą wysokość. Pracę rozerwania oblicza się jako iloczyn ciężaru młota i różnicy wysokości: $P \cdot h$ (w kilogramometrach), udarność zaś wylicza się ze wzoru:

$$U = \frac{P \cdot h}{F} \quad (\text{w } \text{kgm}/\text{cm}^2)$$

Udarność jest własnością wytrzymałościową, która stanowi także miarę ciągliwości materiału przy uderzeniach. Niektóre stale, wykazu-

jące duże wartości wydłużenia (A), mogą mieć małą udarność, tj. są kruche, jeśli się je poddaje uderzeniom.

d. Próby na zmęczenie. Znajomość wytrzymałości na rozerwanie, wydłużenia i udarności nie zawsze wystarcza konstruktorowi do oceny materiału, zwłaszcza gdy chodzi o działanie sił, które się



Rys. 10

szybko i rytmicznie zmieniają (rozmaite drgania itp.), gdyż w tych wypadkach rozerwanie następuje przy mniejszych naprężeniach, niż to przewiduje wartość wytrzymałości na rozerwanie (R). Mówi się, że zmienne siły męczą metal i niszczą przez to stopniowo jego budowę wewnętrzną. Wytrzymałość na zmęczenie mierzy się przy pomocy specjalnych maszyn.

2. Twardość

Twardością nazywamy opór jaki stawia materiał przy wciskaniu weń pewną siłą kulki lub ostrza z materiału twardszego.

Przyrządem najczęściej stosowanym do pomiaru twardości jest prasa Brinella. Bardzo twarda (zahartowana) kulka stalowa jest wciskana w powierzchnię badanego materiału z pewną określoną siłą P i w pewnym określonym czasie (najczęściej 30 sek.). Kulka, której średnica wynosi D mm, wywołuje w materiale powstanie odcisku o średnicy d mm (rys. 11), Twardość wyraża się stosunkiem działającej siły do powierzchni tego odcisku:

$$H = \frac{P}{F} \quad (\text{w kg/mm}^2)$$

Powierzchnię F można obliczyć przy pomocy odpowiedniego wzoru, znając średnice D i d ; najczęściej jednak szuka się od razu liczby H (twardości) w odpowiednich tabelach, które podają dla każdego obciążenia P i kulki o znanej średnicy D , wartości twardości w zależności od średnicy odcisku (d).

Próba twardości jest prosta i łatwa do przeprowadzenia (bardzo prosty i stosunkowo tani aparat, nie potrzeba wycinać specjalnych próbek), a ponadto istnieją dla wielu metali ustalone zależności pomiędzy twardością a wytrzymałością na rozerwanie, przy pomocy których można z wartości H obliczać R bez przeprowadzenia próby na rozerwanie. Dla stali zwykłych (węglistych) mamy np. zależność $R = 0,36 \cdot H$, zaś dla stali chromoniklowych $R = 0,34 \cdot H$. Jeśli np. zmierzylimy przy pomocy prasy Brinella twardość pewnej stali węglowej i wynosi ona $H = 150 \text{ kg/mm}^2$, to wytrzymałość tej stali równa się: $R = 0,36 \cdot H = 0,36 \cdot 150 = 54 \text{ kg/mm}^2$.

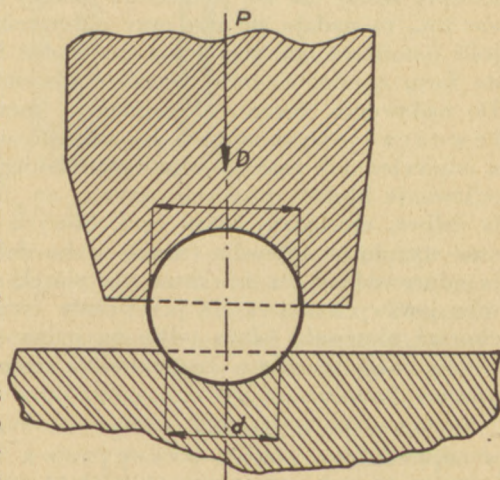
Oprócz metody Brinella znane są liczne inne sposoby pomiaru twardości metali. Często spotyka się w laboratoriach przyrządy Rockwella i Vickersa, które są skonstruowane na podobnej zasadzie jak aparat Brinella, dają jednak jeszcze dokładniejsze rezultaty. W metodach tych oprócz kulki stalowej używa się także stożków i ostrosłupów diamentowych (diament jest materiałem bardzo twardym), co pozwala na badanie twardości najbardziej nawet twardych metali i stopów.

Opisane metody badania twardości są bardzo dokładne; stosuje się je w laboratoriach i większych warsztatach. W praktyce mają też częste zastosowanie metody prostsze, które, chociaż mniej dokładne, wystarczają dla celów praktycznych, np. dla kontroli hartowania stali czy też porównywania twardości różnych metali. Wymienimy najważniejsze z tych metod:

a) Młotek do badania twardości (zwany też młotkiem Poldi). Jest to jakby uproszczony aparat Brinella, który polega na tym, że kulkę wciska się nie przy pomocy prasy, lecz po prostu przez jedno silne uderzenie młotkiem, a następnie ocenia twardość przez porównanie średnicy odcisku ze średnicą odcisku otrzymanego na płycce z materiału wzorcowego (o znanej twardości).

b) Skleroskop. Jest to mały młoteczek stalowy, zakończony ostrzem diamentowym, który spada swobodnie na badaną powierzchnię z pewnej wysokości, a następnie odskakuje na wysokość mniejszą, z której można obliczyć twardość (przy pomocy specjalnej tabelki).

c) Próba na rysę — jest próbą typowo porównawczą, tzn. służy tylko do porównywania twardości różnych metali. Polega ona na tym, że specjalne ostrze rysuje jeden materiał, nie rysuje zaś inne-



Rys. 11

go, ponadto rysy mogą być różnej szerokości, zależnie od twardości badanych metali.

d) Próba twardości pilnikiem jest najprostsza. Bada się po prostu czy dany pilnik (o określonej twardości) rysuje dany metal czy też nie.

IV. OGÓLNE WIADOMOŚCI O OBRÓBCE METALI

Metale i stopy o określonym składzie chemicznym przechodzą od momentu wyprodukowania przez szereg różnych operacji, zanim nie osiągną ostatecznej postaci gotowego wyrobu. Takie operacje noszą nazwę obróbki metali. Omówimy kolejno różne typy obróbki.

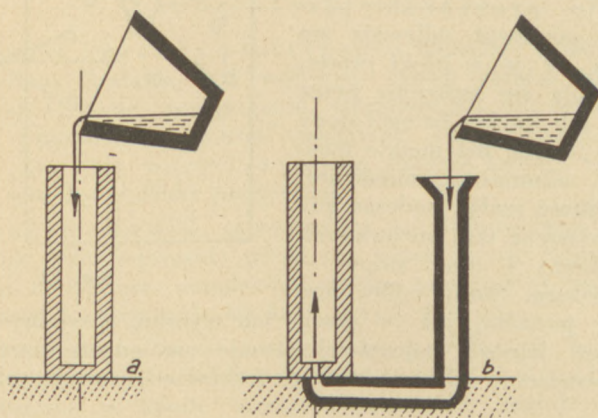
1. Odlewanie

Odlewanie ma na celu nadanie wylewanym z pieca i stygnącym metalom i stopom ich pośredniego lub ostatecznego kształtu. Jeśli zakrzepły metal ma iść jeszcze do dalszej obróbki przez walcowanie, kucie itp., to nadaje się mu przy odlewaniu postać bloków prostych, jeśli natomiast operacja lania ma nadać kształt ostateczny, to odlewa się do form o odpowiednim kształcie (produkcja odlewów gotowych). Do nadawania kształtu krzepnącym metalom służą tzw. formy odlewnicze; wykonuje się je, zależnie od rodzaju odlewu, z metali lub z odpowiednich mas (piasku formierskiego lub gliny formierskiej). Do odlewania bloków prostych używa się form metalowych, tzw. kokil (z żeliwa, mosiądzu, brązu itp.), których zaletą jest trwałość oraz krótki czas stygnięcia odlewów (metale, jako dobre przewodniki ciepła, szybciej je odprowadzają na zewnątrz niż piasek czy glina). Przy wyrobie odlewów gotowych używa się przeważnie form piaskowych lub z gliny, które, chociaż nietrwałe (służą tylko na jedno odlanie) i trudniej przewodzące ciepło, mają tę zaletę, że pozwalają nadać odlewom dowolnie skomplikowane kształty.

Operacja odlewania polega na tym, że najpierw metal topi się w odpowiednim piecu i przegrzewa do takiej temperatury, w której jest łatwo płynny, tj. może dokładnie wypełnić formy, do których się go wlewa. Znane są dwa sposoby napełniania form odlewniczych: od góry i od dołu (rys. 12). Odlew od dołu należy stosować wszędzie tam, gdzie jest on możliwy, gdyż przy tym sposobie metal ma możliwość dobrego odgazowania się. Chodzi o to, że wszystkie metale i stopy mają w stanie roztopionym mniejszą lub większą zdolność rozpuszczania w sobie różnych gazów (składniki powietrza, gazy spalinowe z palenisk itp.), które się wydzielają przy krzepnięciu. Przy takim odlewaniu od dołu (por. rys. 12b) powierzchnia metalu jest zawsze wolna i odgazowanie ułatwione.

Jakie szkody mogą powstać przy niedostatecznym odgazowaniu odlewów łatwo zorientujemy się z rys. 13, który przedstawia prosty blok odlany w przekroju. Był on odlany źle, tzn. źle odgazowany

i posiada liczne duże pory, pochodzące od niewydzielonych pęcherzy gazowych, które znacznie osłabiają związek wewnętrzny materiału. Na rysunku spostrzegamy także inną zasadniczą cechę odlewów, a mianowicie zagłębienie w górnej części (głowicy) bloku, zwane jamą odlewniczą lub usadową, która powstaje dlatego, że metal przy krzepnięciu kurczy się i dzięki temu skurczowi część górna wnętrza bloku pozostaje niewypełniona: metal zaczyna krzepnąć przy ściankach, jego objętość maleje i opada on stopniowo w dół. Jama odlewnicza jest tym większa im szybciej nastąpiło zakrzepnięcie, to znaczy gdy forma była zimniejsza a metal silniej przegrzany. Niekiedy jama



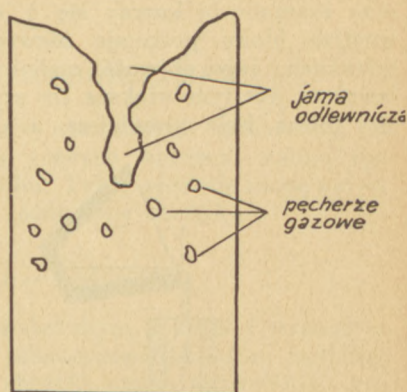
Rys. 12

odlewnicza pozostaje niejako utajona w masie odlanego bloku, tj. rozkłada się ona w formie drobnych, nieraz bardzo małych pór na cały blok. W tym wypadku mówi się o porowatości odlewu. Powstaje ona przy bardzo szybkim chłodzeniu (pęcherze gazowe zwiększają porowatość). Zjawiska porowatości i jamy odlewniczej można częściowo zwalcząć przez odpowiednie zabiegi przy odlewaniu (zachowanie odpowiedniego tempa lania, temperatury, formy itp.). W każdym razie zupełnych usunięć nie jest możliwe i zawsze blok odlany posiada pewne miejsca słabe; stąd pochodzi znane w całej technice zjawisko, że metale w stanie lanym są mniej wytrzymałe niż przy obróbce plastycznej. Jamę odlewniczą usuwa się różnymi sposobami; przy gotowych odlewach stosuje się często tzw. nadlewy (rys. 14 a), które się następnie odcina, zaś przy blokach dużych, które idą do walcowania lub kucia, walczy się ze zjawiskiem jamy przez dodatkowe ogrzewanie części górnej bloku, przez co powierzchnia metalu wyrównuje się (sztuczne przedłużenie czasu krzepnięcia głowicy bloku (rys. 14 b).

Wszystkie metale i stopy odlewa się do form, jednak do wyrobu odlewów gotowych używa się tylko takich, które posiadają dobrą lejność, tj. zdolność dokładnego napełniania form. Na dobrą lejność składają się następujące warunki: mały skurcz przy krzepnięciu (unika się przez to pęknięć, dużych jam odlewniczych i porowatości

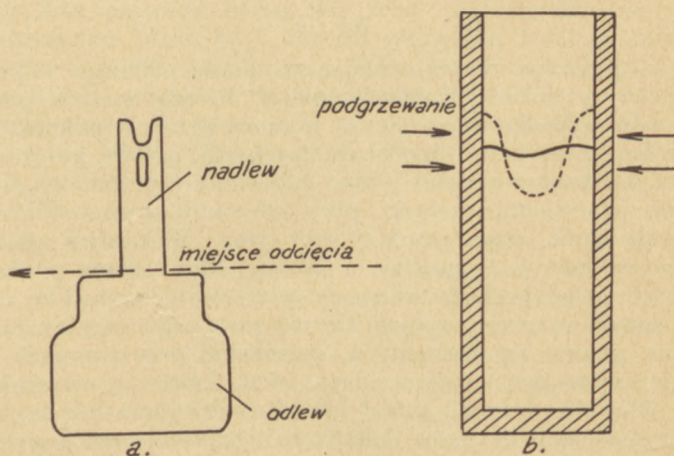
odlewów), mała zdolność rozpuszczania gazów, oraz łatwość płynności, tj. dostateczna płynność już przy takich temperaturach, które są tylko niewiele wyższe od temperatur topnienia (nie trzeba w tym wypadku zbyt przegrzewać, dzięki czemu rozpuszcza się mniej gazów).

Metale i stopy dzieli się na odlewnicze, tj. takie, które posiadają dobrą lejność i mogą być stosowane do wyrobu gotowych odlewów, oraz na takie, które są przeznaczone do przeróbki plastycznej, ponieważ odlewają się źle. Odlewa się je w bloki proste, które przerabia się następnie przez walcowanie lub kucie. Na ogół stopy mają lepszą lejność niż metale techniczne; stal, aluminium, miedź itd. posiadają lejność małą, podczas gdy surówka (zwłaszcza tzw. surówka odlewnicza), brązy i inne stopy — znacznie większą. Stopy odlewnicze poddaje się ponadto, już w czasie ich wyrobu, specjalnym operacjom polepszającym lejność; najczęściej stosuje się odgazowanie chemiczne (przez wprowadzenie odpowiednich dodatków odgazowujących),



Rys. 13

już w czasie ich wyrobu, specjalnym operacjom polepszającym lejność; najczęściej stosuje się odgazowanie chemiczne (przez wprowadzenie odpowiednich dodatków odgazowujących),



Rys. 14

Spśród stopów odlewniczych osobną grupę stanowią stopy do odlewów wtryskowych. Są to stopy metali łatwo topliwych (cyny, cynku, ołowiu, aluminium itd.), które się topi w odpowiednich kotłach metalowych i odlewa maszynowo w ten sposób, że stop ciekły jest tłoczony (wtryskiwany) przy pomocy odpowiedniego tłoka do formy

metalowej. Stop stygnie w formie bardzo szybko, jest z niej automatycznie wyrzucany i forma może przyjąć następną porcję stopu. Urządzenia takie służą do masowej produkcji odlewów małych i mają znaczną wydajność (400 do 1500 gotowych sztuk na godzinę). Odlewy wtryskowe są odlewane w formach starannie przygotowanych, tak że żadna dodatkowa obróbka nie jest potrzebna. Przez użycie dużych ciśnień przy odlewaniu wtryskowym osiąga się odlewy dość zwarte, pomimo prędkiego krzepnięcia: ciśnienie zmniejsza porowatość odlewów. Proces opłaca się tylko przy produkcji masowej.

2. Obróbka plastyczna

Pod nazwą obróbki plastycznej rozumiemy wszelkie sposoby zmiany kształtu pod wpływem takich działań mechanicznych jak walcowanie, kucie, przeciąganie, tłoczenie itp. Jej cechą zasadniczą jest to, że przerabiany materiał zachowuje swój związek wewnętrzny (nie pęka, nie daje wiórów) a jedynie zmienia kształt. Omówimy poszczególne sposoby obróbki plastycznej.

a) **Kucie.** Materiał, spoczywający na odpowiednim podłożu, jest rozplaszczany przez uderzenia młota lub przez nacisk odpowiedniej prasy. Stosując dodatkowe urządzenia można materiałowi nadawać różne kształty, przez co otrzymuje się tzw. części kute.

Kucie przeprowadza się z reguły na gorąco, tj. po ogrzaniu do wysokiej temperatury; wówczas obrabialność plastyczna jest lepsza, ponieważ w miarę wzrostu temperatury maleje wytrzymałość a rośnie ciągliwość, tzn. metal mięknie. Dla przykładu podajemy wartość R oraz A dla stali miękkiej z zawartością 0,25% węgla:

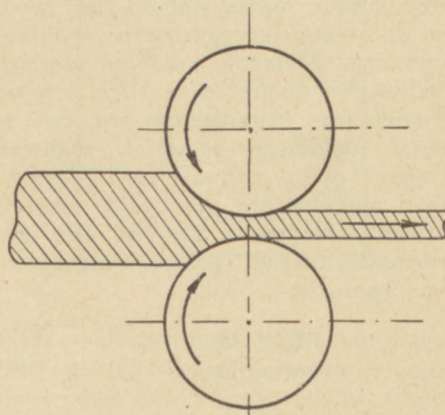
przy 20° R = 46 kg/mm² i A = 23%,

przy 700° R = 7 kg/mm² i A = 50%.

Stal taka jest więc materiałem dobrze kowalnym. Siła, którą należy użyć do obróbki plastycznej, musi przekraczać granicę płynności (wtedy znajdujemy się w zakresie plastyczności).

Metale dzielimy na kowalne i niekowalne. Kowalną jest np. każda stal, zaś niekowalnym żeliwo (surówka odlewnicza), gdyż nie mięknie ono przy ogrzewaniu i dopiero przy temperaturze topnienia nagle się topi.

b) **Walcowanie.** Materiał przechodzi pomiędzy umie-



Rys. 15

szczonymi jeden nad drugim walcami, które blok porywają i rozciągają, spłaszczając go jednocześnie (rys. 15). Dla produkcji blach i wstęg używa się walców gładkich, aby natomiast otrzymać pręty, szyny, kształtowniki i drut — stosuje się walce profilowe, tj. zaopatrzone w bruzdy o pewnym określonym przekroju. Rys. 16 przedstawia przekrój walców profilowych, stosowanych do produkcji szyn. Walcowanie, podobnie jak kucie, przeprowadza się najczęściej na gorąco, zwłaszcza gdy chodzi o pierwsze zgniecenie dużych bloków lanych. Są jednak wypadki gdy prowadzi się je na zimno; zdarza się to np. przy wyrobie cienkich blach ze stali miękkiej, gdyż przy małych grubościach materiału przerabianego do obróbki potrzeba stosunkowo małych sił, a praca jest łatwiejsza.

c) Przeciąganie.

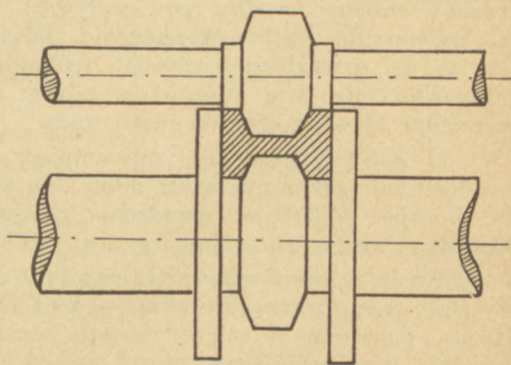
Jest to obróbka plastyczna na zimno, która ma na celu otrzymywanie cienkich drutów; druty są przeciągane kolejno przez szereg otworów o coraz to mniejszym przekroju dopóki nie uzyska się pożądanej średnicy (rys. 17).

Zachowanie się metalu w czasie obróbki jest różne, zależnie od tego czy przerabiamy go na zimno, czy też na gorąco.

Przy obróbce na zimno, którą nazywamy także zgniotem, rzeczą charakterystyczną jest umocnienie materiału. Podobnie jak przy próbie wytrzymałości na rozerwanie, odkształcanie nie ogranicza się do zmiany zewnętrznych wymiarów, ale też rozplaszcza i rozbija poszczególne ziarna, przez co powstaje budowa włóknista, która jest siedliskiem naprężeń a więc i powodem umocnienia oraz utwardzenia. Stopień tego utwardzenia jest tym większy, im silniej został zgnieciony metal. Zgniatając materiał zaobserwujemy w czasie pracy coraz to większy opór, a przy zbyt silnym zmniejszeniu grubości nawet pęknięcie i powstawanie rys, gdyż materiał stał się nie tylko wytrzymały i twardy, ale też i kruchy. Dla przykładu podajemy wyniki prób wytrzymałościowych, przeprowadzonych na pewnej stali miękkiej przed i po zgniciu:

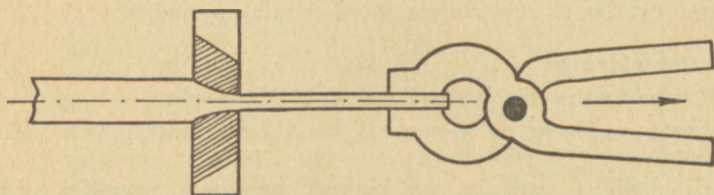
$$\begin{array}{l} \text{przed zgniotem } R = 32 \text{ kg/mm}^2 \text{ i } A = 35\%, \\ \text{po zgniciu } \quad R = 105 \text{ kg/mm}^2 \text{ i } A = 5\%. \end{array}$$

Aby móc materiał odkształcać dalej, należy usunąć umocnienie wywołane przez zgniot czyli zmiękczyć metal zgnieciony. Przeprowadza się to przez zabieg cieplny, zwany wyżarzaniem dla usunięcia wewnętrznych naprężeń, które polegają na dłuższym ogrze-



Rys. 16

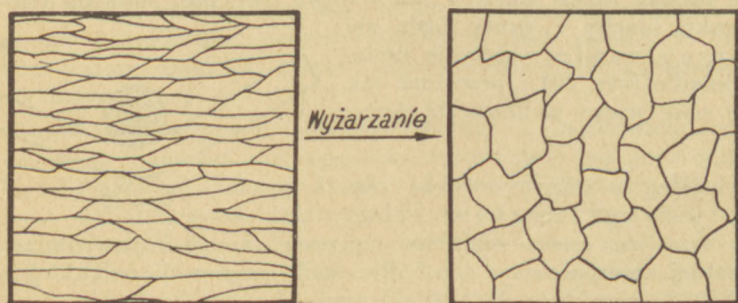
waniu przy pewnej temperaturze, zależnej od materiału zgniecionego, np. dla stali miękkiej przy 600—700°. W czasie takiego wyżarzania materiał odzyskuje swą początkową miękkość, ponieważ budowa włóknista



Rys. 17

znika i zmienia się w początkową tj. ziarnistą (pod wpływem zawartych w zgniecionym metalu naprężeń) (rys. 18). Ta nowa budowa ziarnista różni się tym od początkowej (przed zgmiotem), że jest drobniejsza, gdyż zgmiot nie tylko rozplaszczył, ale też i rozbił ziarna, a z każdego „włókna” powstało nowe ziarno. Tak wyżarzony materiał można na nowo zgniatać na mniejszą grubość.

Inaczej przedstawia się sprawa przy obróbce plastycznej na gorąco, gdyż przeprowadza się ją w temperaturach możliwie wysokich (np. przy stali miękkiej 1200—1300°), wyższych od temperatur wyżarzania dla usunięcia naprężeń. Ziarna pierwotne zostają rozbijane na części, ale natychmiast rosną z nich nowe ziarna i w rezultacie mamy do czynienia tylko ze zmianą jednej budowy ziarnistej w drugą — drobniejszą, o bardziej regularnych ziarnach. W wysokich temperaturach pracować można dowolnie długo, nie napotyając na zwiększony opór.



Rys. 18

Obróbka na gorąco daje polepszenie jakości materiału; w przeciwstawieniu jednakże do obróbki na zimno nie powoduje jego umocnienia. W bloku lanym występują, jak już wiemy, różne wady (porowatość odlewów itp.), ponadto ziarna są nieraz duże, co obniża wytrzymałość. Obróbka na gorąco powoduje usunięcie porów i rozdrobnienie budowy, przez co wytrzymałość i ciągliwość polepszają się, a kruchość maleje. Rozumiemy teraz dlaczego obróbkę na zimno stosujemy

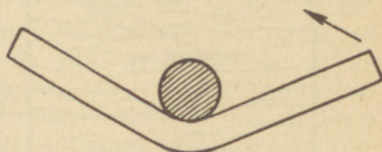
dopiero po wstępnej obróbce na gorąco (np. przy produkcji blach ze stali miękkiej najpierw wyrabia się blachy grube przez walcowanie na gorąco, a dopiero te walcuje się dalej na zimno). Dla zobrazowania jak znacznie polepszają się własności po obróbce na gorąco podajemy, że pewna stal twarda (z zawartością 0,6% węgla) posiadała:

W stanie lanym	R = 37 kg/mm ² ,	A = 0,3%,
po walcowaniu (na gorąco)	R = 97 kg/mm ² ,	A = 11,5%,
po przeciągnięciu na gorąco	R = 114 kg/mm ² ,	A = 12,2%.

Jeśli chodzi o nadanie materiałowi możliwie wysokiej wytrzymałości, to należy go poddać obróbce na zimno (zgniotowi). Przy zgniotcie rośnie także twardość. Dla porównania własności w stanie lanym, obrobionym na gorąco i zgniecionym obieramy za przykład miedź. Posiada ona:

w stanie lanym	R = 16 — 20 kg/mm ² ,	A = 15 — 25%,	H = 36 — 38 kg/mm ²
po obróbce na gorąco	R = 21 — 24 „	A = 38 — 50%,	H = 35 — 40 „
po zgniotcie	R = 40 — 45 „	A = 2 — 4%,	H = 90 — 125 „

Do badania obrabialności plastycznej metali i stopów służą tak zwane próby technologiczne, które należy przeprowadzić w takiej temperaturze w jakiej dana obróbka będzie się odbywać. Do prób kowalskich zaliczamy np. próbę spłaszczania i przebijania. Przy pierwszej bada się uderzeniami młota, czy materiał daje się spłaszczyć do pewnej określonej grubości, przy następnej zaś, czy próbka da się bez rozerwania się przebić przy pomocy twardego, cylindrycznego rdzenia. Można także przeprowadzić próbę zginania, zginając próbkę przez rdzeń i obserwując, czy nie powstają rysy (rys. 19). Cienkie blachy i druty bada się przez przeginanie; należy je umieścić w imadle (rys. 20) i przeginać tak długo w obie strony aż ukażą się pierwsze rysy.



Rys. 19

Specjalną odmianą obróbki plastycznej jest zgrzewanie. Polega ono na tym, że części metalowe ogrzewa się w odpowiednim piecu do wysokiej temperatury (np. dla stali węglowej miękkiej około 1200—1300°), przykładają do siebie i przyciskają mechanicznie, np. przez uderzenie młotem, lub przy pomocy specjalnej prasy (rys. 21). Na skutek mięknienia łączonych części, spowodowanego wysoką temperaturą, oraz nacisku, następuje tak ścisłe związanie obu części ze sobą, że granica całkowicie zanika, a w jej miejscu powstaje nowa wspólna budowa ziarnista. Warunkiem dobrego zgrzewania, oprócz odpowiedniej temperatury, jest dobry styk, który osiąga się nie tylko przez nacisk, lecz także przez uprzednie oczyszczenie łączonych części na miejscach styku. Oczyszczanie to jest dlatego potrzebne, że na powierzchni każdego metalu występuje zawsze cienka warstewka tlenku, która nie do-

puszcza do zetknięcia ziaren matalicznych. Warstwa ta powstaje szczególnie wówczas, gdy się metal ogrzewa (obserwuje się ją np. na powierzchni walcowanej lub kutej stali; ma ona nazwę zendra). Warstwy takie trzeba usuwać przed zgrzewaniem przez użycie szczotki albo tzw. topników (np. boraksu), które topią się i rozpuszczają w sobie tlenek. Zgrzewalność metali i stopów idzie w parze z ich obrabialnością plastyczną na gorąco; zasadniczo tylko te metale są zgrzewalne, które są obrabialne plastycznie. Zgrzewalna jest stal, jeśli nie zawiera zbyt dużo węgla (bo kryształki związku chemicznego żelaza z węglem są bardzo kruche i nieplastyczne). Surówka żelazna jest niezgrzewalna.

Zgrzewanie należy odróżnić od spa-



Rys. 21

walna jest zarówno stal, jak i surówka (ta ostatnia trudniej), ponadto zaś większość innych metali i stopów.

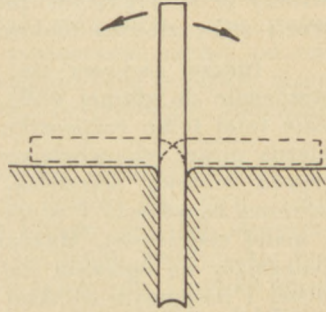
3. Obróbka cieplna

Pod nazwą obróbki cieplnej rozumiemy wszystkie zabiegi ogrzewania i studzenia, przeprowadzone w taki sposób, że obrabiany metal czy stop uzyskuje pewne nowe własności drogą zmiany swej budowy wewnętrznej.

Najprostszy wypadek obróbki cieplnej, a mianowicie wyżarzanie dla usunięcia naprężeń po zgnioście, omówiliśmy już poprzednio (zob. str. 18/19); była to operacja, którą się stosuje dla wszystkich metali i stopów odkształczanych plastycznie na zimno. Niektóre materiały, a zwłaszcza stale i stopy aluminium, posiadają szersze możliwości obróbki cieplnej, związane z tym, że ich budowa ziarnista ulega zmianie przy ogrzewaniu. Najlepiej zrozumiemy to zjawisko, omówiwszy zachowanie się stali węglistej.

Stal posiada budowę ziarnistą złożoną, tj. składającą się z ziarn różnego typu. Można w niej mianowicie odróżnić ziarna żelaza (występujące w stali domieszki takie jak mangan i krzem są w tych ziarnach rozpuszczone), oraz tzw. cementytu tj. związku chemicznego żelaza z węglem.

Przy ogrzewaniu stali do coraz to wyższych temperatur rozpoczyna się w pewnym momencie proces rozpuszczania cementytu w żelazie, a powyżej pewnej temperatury (jej wysokość zależy od zawartości węgla



Rys. 20

wania, które przeprowadza się w tak wysokich temperaturach, że zetknięte części metalowe topią się w miejscu styku i w ten sposób łączą. Do spawania nie potrzebna jest już plastyczność na gorąco; spa-

w stali) powstaje zupełnie nowa budowa, już jednolita (gdyż węgiel całkowicie się rozpuścił w kryształach żelaza).

Jeśli teraz oziębimy stal ponownie (na powietrzu lub pozostawimy ją w stygnącym piecu), to dokona się proces odwrotny, tzn. powróci znów złożona budowa pierwotna.

Inaczej zachowa się stal, gdy ją ostudzimy gwałtownie, np. przez wrzucenie do zimnej wody. Proces powrotu do budowy początkowej będzie tutaj tylko rozpoczęty; ziarna rozpadną się, ale nie powstaną jeszcze ziarna nowe, odpowiadające całkowicie budowie normalnej. Stal uzyska pewną budowę pośrednią, bardzo drobnoziarnistą, która się odznacza znaczną twardością i wytrzymałością, przy jednoczesnej dużej kruchości i małej ciągliwości. Mówimy, że stal została zahartowana. Proces cieplny, polegający na ogrzaniu stali powyżej temperatury przemiany budowy ziarnistej i następnym szybkim ostudzeniu, nazywamy **hartowaniem** stali.

Jak wielkie zmiany własności zachodzą w stali podczas hartowania, wskazuje następujący przykład:

Jeśli stal twardą, zawierającą 0,9% węgla, posiadającą w stanie normalnie ostudzonym po kuciu: $R = 120 \text{ kg/mm}^2$, $A = 10\%$ i $H = 300 \text{ kg/mm}^2$, zahartujemy od 780° , to uzyska ona: $R = 210 \text{ kg/mm}^2$, $A = 2\%$ i $H = 650 \text{ kg/mm}^2$.

Stopień wzrostu twardości, tj. hartowność stali, zależy od zawartości węgla, a mianowicie stal hartuje się tym twardziej, im więcej węgla zawiera. Przy stalach bardzo miękkich, tj. zawierających poniżej 0,2% węgla, przyrost twardości jest tak nieznaczny, że operacji hartowania nie opłaca się w ogóle przeprowadzać (mówimy, że stal bardzo miękka nie jest hartowną). Typowymi stalami do hartowania są natomiast stale twarde, które zawierają powyżej 0,6% węgla; są one używane do wyrobu narzędzi.

Następną operacją obróbki cieplnej stosowaną przy stalach twardech, jest odpuszczanie. Jest to ogrzewanie stali zahartowanych przy stosunkowo niskich temperaturach ($180 - 320^\circ$, zależnie od % węgla). Ma ono na celu zwalczenie kruchości stali; naprężenia wewnętrzne, zawarte w stalach zahartowanych, częściowo się zmniejszają i stal staje się bardziej ciągliwa (rośnie A), tracąc przy tym tylko nieznacznie na twardości. Odpuszczanie stosuje się bardzo często przy narzędziach ze stali.

Przy stalach zawierających 0,25 — 0,6% węgla, stosowanych do celów konstrukcyjnych (np. w budownictwie maszynowym), stosuje się często operację ulepszania cieplnego. Polega ono na tym, że stal najpierw się hartuje, a następnie ogrzewa do stosunkowo wysokiej temperatury ($500 - 700^\circ$). Wytrzymałość i twardość tak obrabianej stali ulega tylko nieznacznej poprawie (w porównaniu do własności stali ostudzonej po kuciu normalnie), wzrasta natomiast bardzo silnie jej udarność i odporność na zmęczenie oraz poprawia się ciągliwość.

Oprócz operacji hartowania, odpuszczania i ulepszania cieplnego stosuje się często, przeprowadzane w rozmaity sposób, wyżarzanie

stali, tj. ogrzewanie do pewnej określonej temperatury z następnym powolnym studzeniem. Obok wyżarzania dla usunięcia naprężeń po zgnioście można tu jeszcze wymienić: wyżarzanie normalizujące czyli normalizowanie, które ma na celu całkowite usunięcie efektu zahartowania (ogrzanie do temperatury hartowania i powolne studzenie), oraz wyżarzanie zmiękcżające przy temperaturze tylko nieznacznie niższej od tej, przy której następuje przemiana budowy (następuje tutaj przejście ziarn cementytu z tzw. postaci blaszkowej w kulkową, co powoduje obniżenie twardości stali).

Przy stopach aluminium prowadzi się procesy obróbki cieplnej podobne do ulepszenia cieplnego stali. Zasadniczą różnicą jest tutaj tylko to, że gwałtowne ochłodzenie (od temperatury leżącej powyżej temperatury przemiany budowy ziarnistej) powoduje całkowite zatrzymanie budowy jednorodnej, odpowiadającej wyższym temperaturom. Dopiero przez odpuszczanie uzyskuje się efekt utwardnienia i umocnienia, związany z powstaniem budowy przejściowej. Niektóre stopy aluminium, jak np. dural, utwardzają się po gwałtownym ostudzeniu samorzutnie, tzn. twardość ich wzrasta stopniowo już podczas przebywania w temperaturze zwykłej. W tym wypadku mówimy o utwardzaniu się stopów przez starzenie. Ulepszone cieplne stopy aluminium można całkowicie zmiękczyć przez wyżarzanie przy pewnej temperaturze, niższej od temperatury przemiany budowy ziarnistej.

4. Skrawanie

Do skrawania zwanego również obróbką wiórną zaliczamy toczenie, struganie, gryzowanie (frezowanie), przecinanie, wiercenie, szlifowanie itp. zabiegi, których wspólną cechą jest to, że narzędzie o wysokiej twardości (wykonane ze specjalnych stali, albo tzw. spieczonych węglików) odcina wióry od materiału obrabianego.

Skrawalność danego metalu lub stopu, czyli jego podatność do obróbki wiórnej danego typu, nie określa się jakąś jedną charakterystyczną liczbą, lecz kilku czynnikami, z których najważniejszymi są:

- a) siła, którą użyć należy do pokonania oporów obróbki (im lepsza jest skrawalność, tym potrzeba mniejszej siły),
- b) szybkość skrawania (im materiał jest lepiej skrawalny, tym większe szybkości można zastosować, zyskując przez to na czasie),
- c) gładkość obrobionej powierzchni (obrabialność jest tym lepsza, im gładszą uzyskamy powierzchnię przy użyciu tej samej siły i szybkości skrawania).

Skrawalność, określona przez powyższe czynniki, zależy przede wszystkim od własności mechanicznych obrabianego materiału, tzn. od jego twardości (względnie wytrzymałości) i ciągliwości, ponadto zaś od równomierności budowy ziarnistej (którą można uzyskać przez odpowiednie zabiegi obróbki plastycznej i cieplnej).

Najwyraźniejszy wpływ posiada twardość. Materiały miękkie są najlepiej skrawalne, gdyż używa się małych sił nacisku (mniejsze opo-

ry) i dużych szybkości skrawania (wydziela się mniej ciepła i narzędzie zachowuje dłużej swoją ostrość). Przy małej ciągliwości powstają małe, kruche i łatwo się oddzielające wióry, przez co oszczędza się dodatkowo na sile.

Z wymienionych powyżej czynników charakteryzujących skrawalność, najbardziej uchwytą jest szybkość skrawania. Można jej użyć dla porównawczej oceny skrawalności różnych materiałów, jeśli pracują one przy danym typie obróbki wiórnej w taki sposób, że pozostałe czynniki (siła, gładkość powierzchni) są takie same.

I tak np. stosuje się następujące szybkości toczenia zgrubnego (zdzierania) przy użyciu noży z tzw. stali szybko tnącej:

Stal zlewna	15—25 m/min
Stal narzędziowa węglowa	12 „
Żeliwo i staliwo	12—20 „
Mosiądze	30—40 „
Brązy	18—25 „
Aluminium i jego stopy	150—250 „

V. KOROZJA METALI I STOPÓW

Przedmioty metalowe, pozostawione na dłuższy czas na wilgotnym powietrzu, tracą stopniowo swój wygląd metaliczny, gdyż ulegają chemicznemu działaniu atmosfery. Zawarty w powietrzu tlen utlenia powoli warstwę powierzchniową metalu, a powstający tlenek może znów podlegać dalszym przemianom pod wpływem, zawartych w powietrzu, wilgoci i dwutlenku węgla.

Stopień tego niszczącego działania, które nazywamy korozją, zależy od tego z jakim metalem mamy do czynienia. Jedne metale, jak np. stal i surówka żelazna, ulegają po pewnym czasie wyraźnemu rdzewieniu (strata grubości przez rdzewienie może dochodzić do 0,15 mm rocznie), inne tylko matowieją (np. miedź, cynk, ołów), niektóre wreszcie zachowują przez czas nieograniczony swą błyszczącą powierzchnię (cyna, nikiel, aluminium itp.).

Słaboność do korozji zależy w pierwszym rzędzie od szlachetności metalu lub stopu, tj. od jego odporności na działanie tlenu. Odróżnia się mianowicie metale szlachetne, tak jak miedź, które tylko bardzo nieznacznie się utleniają, a zatem są odporne na korozję (najbardziej szlachetnymi metalami są platyna, złoto i srebro), oraz nieszlachetne, które utleniają się silniej. Większość metali technicznie ważnych zaliczamy do nieszlachetnych (oprócz miedzi).

Szlachetność metalu nie jest jedynym czynnikiem charakteryzującym jego odporność na korozję. Dochodzi jeszcze czynnik drugi, posiadający bardzo duże znaczenie, a mianowicie przyczepność powstających tlenków względnie innych związków. Pewne metale, pomimo nieraz znacznej nieszlachetności, są praktycznie odporne na korozję,

gdyż raz wytworzona, jeszcze bardzo cienka warstewka tlenu jest tak zbita i silnie przyczepiona, że nie przepuszcza dalszych porcji tlenu. W ten sposób zachowują się metale o powierzchni błyszczącej, jak aluminium, cyna, nikiel, chrom, kadm i inne. U innych metali (jak cynk, ołów) proces korozji trwa nieco dłużej, ale prowadzi też w końcu do powierzchniowych warstewek ochronnych, złożonych z węglanów (powierzchnie tych metali są matowe). Jedyne żelazo techniczne pozbawione jest tej korzystnej cechy; rdza, która jest związkiem chemicznym tlenu żelaza i wody, spoczywa na żelazie w postaci warstwy luźnej, wcale nie chroniącej przed dalszym atakiem.

Jeśli chodzi o zachowanie się poszczególnych rodzajów żelaza technicznego, to można powiedzieć, że oprócz odmian specjalnych (stale nierdzewne i kwasoodporne) rdzewieją wszystkie jego gatunki, przy czym nie ma różnicy w szybkości rdzewienia. Jeśli odlewy żeliwne i stalowe rdzewieją nieco wolniej od wyrobów walcowanych lub kutych, to tylko dlatego, że posiadają one nieco odporniejszy „naskórek odlewniczy“ (po usunięciu tego naskórka następuje już szybkie rdzewienie).

Metale i stopy mogą się nieraz stykać z wodą morską, roztworami różnych kwasów, ługów, soli itp. W tych wypadkach korozja jest przeważnie silniejszą od atmosferycznej i dlatego stosować należy specjalnie dobrane materiały (np. stale kwasoodporne).

ROZDZIAŁ II

ŻELAZO TECHNICZNE

Jak już wiemy z wiadomości podstawowych, żelazo technicznie nie jest czystym pierwiastkiem chemicznym, lecz zawiera pewną ilość ciał obcych, czyli domieszek. Są nimi: węgiel, krzem, mangan, fosfor i siarka. Najważniejszą domieszką jest węgiel, gdyż wywiera on na własności żelaza technicznego wpływ zasadniczy: przy zawartości do 1,7% węgla jest ono kowalne, tj. obrabialne plastycznie na gorąco, powyżej zaś 1,7% jest niekowalne i można mu nadać kształt ostateczny jedynie przez odlewanie.

Stal, najważniejsza odmiana żelaza technicznego, jest kowalna, gdyż zawiera 0,05—1,5% węgla. Surówka żelazna, zawierająca 3—4% węgla, jest niekowalna.

I. SURÓWKA ŻELAZNA

1. Otrzymywanie surówki żelaznej

Surówkę żelazną otrzymuje się przez przetapianie rud żelaznych w wielkich piecach, zwanych tak dla ich znacznej wysokości, dochodzącej do 35 m.

Rys. 22 przedstawia wielki piec w przekroju. Jest on zbudowany z ogniotrwałych cegieł i składa się z dwu części stożkowych: górnej, zwanej szybem i dolnej, zwanej spadkiem, oraz cylindrycznej kotliny dolnej, zwanej garem. Surowce zasypuje się do pieca przez otwór górny, zwany gardzielą. Surówkę, która się zbiera w garze, spuszcza się od czasu do czasu po przebicciu odpowiedniego otworu w ścianie garu, tuż przy dnie. Po spuszczeniu surówki zalepia się ten otwór gliną ogniotrwałą. Zbierający się nad surówką żużel odprowadza się z pieca stale, przez tzw. formy żużlowe. Nieco powyżej form żużlowych wchodzi do pieca tzw. dysze, którymi włącza się podgrzane do 800—900° powietrze, potrzebne do spalania koksu.

Do pieca zasypuje się przez gardziel przemiennymi warstwami następujące surowce: rudę zmieszaną z topnikiem oraz koks. Stanowią one tzw. wsad wielkopieczowy.

Rudy żelazne zawierają żelazo pod postacią tlenków żelaza. Zależnie od zawartości żelaza, wyglądu i łatwości przeróbki odróżnia się rozmaite rudy, znane pod różnymi nazwami, a mianowicie:

Żelaziak magnetyczny czyli magnetyt zawierający	od 45 ⁰ / ₀ do 70 ⁰ / ₀ żelaza
Żelaziak czerwony czyli hematyt zawierający	„ 40 ⁰ / ₀ „ 60 ⁰ / ₀ „
Żelaziak brunatny czyli limonit zawierający	„ 30 ⁰ / ₀ „ 45 ⁰ / ₀ „
Żelaziak ilasty czyli syderyt zawierający	„ 25 ⁰ / ₀ „ 40 ⁰ / ₀ „

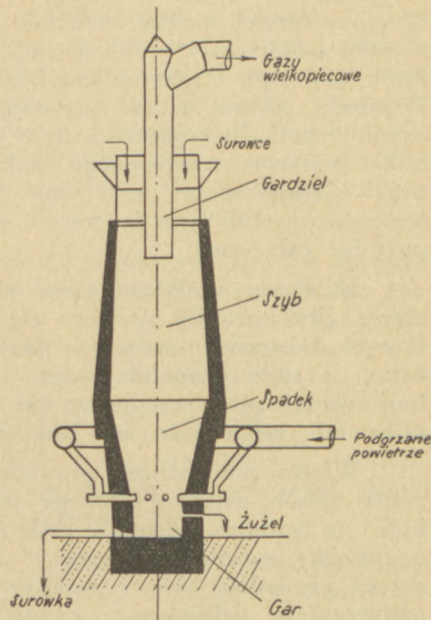
Zawartość żelaza w rudach wynosi 25—70⁰/₀; zależnie od tej zawartości mówi się o rudach bogatych i ubogich. Dolna granica, przy której przeróbka na surówkę jeszcze się opłaca, wynosi 25⁰/₀. Rudy nie są oczywiście czystymi związkami chemicznymi żelaza, zawierają one zawsze inne minerały, poprzerastane z tlenkami żelaza. Te minerały obce noszą nazwę skały płonnej. Składają się one z tlenków manganu, krzemu, glinu, wapnia i magnezu, mogą też zawierać różne związki siarki i fosforu.

Rudy zasupuje się do pieca po zmieszaniu z topnikami. Te ostatnie mają za zadanie wytworzyć ze skały płonnej łatwo topliwy żużel, gdyż sama skała płonna topi się trudno. Jako topnika używa się najczęściej wapienia.

Następnym składnikiem wsadu wielkopieczowego jest koks hutniczy (uszlachetniona przez „odgazowanie“ odmiana węgla kamiennego). Służy on przede wszystkim jako paliwo, gdyż doprowadzane do wielkiego pieca podgrzane powietrze spala go, wywiązując potrzebne ciepło. Koks odgrywa także bardzo ważną rolę chemiczną, gdyż przy wysokiej temperaturze redukuje tlenki żelaza, tzn. odbiera im tlen, uwalniając metaliczne żelazo, które się następnie topi i spływa kroplami do garu.

Otrzymane w wielkim piecu żelazo nie jest czyste, gdyż koks odbiera też częściowo tlen pewnym tlenkom, zawartym w skale płonnej (tlenkom manganu i krzemu), przez co powstaje w wielkim piecu metaliczny mangan oraz krzem, które się następnie rozpuszczają w żelazie, zanieczyszczając je. W podobny sposób przedostają się do żelaza siarka i fosfor, o ile były zawarte w surowcach. Żelazo rozpuszcza w sobie ponadto dość dużo węgla (do 4⁰/₀). Widzimy zatem, że początkowo powstaje w piecu żelazo czyste, które przez topienie się i pochłanianie domieszek przechodzi w zanieczyszczoną surówkę.

Schemat wielkiego pieca, z zaznaczeniem poszczególnych materiałów i temperatur (rys. 23), ułatwia zrozumienie procesu wielkopieczowego. W górnej części szybu temperatura jest stosunkowo niska (200⁰), więc następuje tam tylko suszenie wsadu, tj. odparowanie zawartej w nim



Rys. 22

wilgoci. Wsad przesuwają się ku dołowi, wchodząc kolejno do części coraz gorętszych. W szybie (poniżej 800°) rudy tracą związki lotne (np. dwutlenek węgla zawarty w żelaziaku ilastym), i zwiększają swą objętość dzięki rozszerzalności cieplnej (dlatego daje się szybowi kształt rozszerzającego się w dół stożka). W szybie zaczyna się też redukcja rud. W górnej części spadku działanie chemiczne koksu jest już rozwinięte w całej pełni; przez redukcję rud wytwarza się w dużej ilości żelazo, które się topi i spływa kroplami na dół, nawęglając się jednocześnie. Podobnie spływa w dół powstający w tym czasie żużel. Na wysokości dysz mamy już tylko warstwę niespalonego koksu, który tutaj właśnie spala się i daje najwyższą temperaturę (1600°), jednocześnie zaś trzyma na sobie cały wsad.

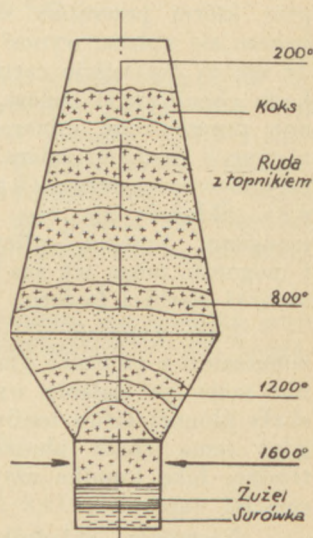
Działanie wielkiego pieca jest typowo ciągłe, gdyż surówkę spuszcza się w jednakowych odstępach czasu (co dwie, trzy godziny) i stale uzupełnia wsad. Raz rozpalony wielki piec pracuje w ten sposób po kilka lub kilkanaście lat bez wygaszania.

Wielki piec można prowadzić w rozmaity sposób, zależnie od tego jaki produkuje się gatunek surówki. Jeśli np. chodzi o surówkę specjalnie bogatą w krzem, to należy prowadzić piec w możliwie wysokiej temperaturze (silniejszy i gorętszy dmuch, więcej koksu), gdyż wówczas więcej tlenu krzemu ulegnie redukcji; jeśli chodzi o surówkę bogatą w mangan, to należy przede wszystkim dać do wsadu odpowiednią ilość rud bogatych w mangan.

Surówkę żelazną wylewa się z wielkiego pieca do kanałów piaskowych, otrzymując proste bloki zwane gęsiami, lub też gromadzi się ją w dużym, podgrzewanym zbiorniku, tzw. mieszalniku, skąd w stanie ciekłym przechodzi ona do przeróbki na stal.

Przeciętna produkcja dzienna wielkiego pieca średniej wielkości wynosi 400 t. Dla wyprodukowania tej ilości surówki potrzeba użyć około 1000 t rudy, 400 t koksu i 100 t wapniaka, oraz doprowadzać na minutę około 1000 m^3 powietrza, które spręża się do 1,5 — 2,5 atmosfer.

Obok surówki żelaznej produktami wielkiego pieca są: żużel (około 1,5 t na jedną t surówki) i gazy wielkopieczowe. Żużel, po zmiełeniu lub „granulowaniu“ (wypuszczeniu ciekłego strumienia żużla do wody) ma zastosowanie do różnych celów budowlanych, gazy zaś wielkopieczowe służą do podgrzewania powietrza, idącego do wielkiego pieca (odbywa się to w nagrzewnicach), oraz do poruszania dmuchaw dla zasilenia wielkiego pieca powietrzem.



Rys. 23: wszystkie pola oznaczone krzyżykami przedstawiają warstwy koksu, pola zapunktowane rudę z topnikiem

2. Różne gatunki surówki żelaznej

Zależnie od przerabianych w wielkim piecu surowców oraz sposobu jego prowadzenia otrzymuje się rozmaite gatunki surówki żelaznej. Najważniejszymi z nich są:

a) Surówka biała. Jest to surówka bogata w mangan a uboga w krzem, o przełomie barwy białej; posiada ona temperaturę topnienia $1100 - 1130^{\circ}$ i ciężar właściwy $7,5 - 7,8 \text{ g/cm}^3$. Dzięki przewodze manganu nad krzemem zawiera ona węgiel w postaci ziarn cementytu (związek żelaza i węgla), który nadaje jej bardzo dużą twardość (nie jest obrabialna zwykłymi narzędziami skrawającymi). Jest ona ponadto gęstopłynna i nie nadaje się na odlewy gotowe. Głównym jej zastosowaniem jest przeróbka na stal.

b) Surówka odlewnicza, czyli szara. Jest to surówka bogata w krzem a uboga w mangan, o przełomie ziarnistym barwy szarej. Temperatura topnienia tej surówki wynosi $1200 - 1250^{\circ}$, ciężar właściwy $7,2 - 7,3 \text{ g/cm}^3$. Zawiera ona węgiel w formie chemicznie wolnej, a mianowicie pod postacią drobnych blaszek grafitu, rozłożonych pomiędzy ziarnami żelaza. Takiej „grafityzacji“ sprzyja obecność większych ilości krzemu a przeciwdziała obecność manganu. Surówka szara posiada mniejszą twardość niż biała i daje się obrabiać zwykłymi narzędziami skrawającymi. Jej dalszą zaletą jest łatwopłynność, dzięki czemu służy ona do wyrobu gotowych odlewów żeliwnych.

c) Surówki specjalne. Są nimi surówki specjalnie bogate w krzem lub mangan (surówka zwierciadlista, żelazokrzem, żelazomangan), które stosuje się jako dodatki przy wyrobie stali.

Skład chemiczny najważniejszych gatunków surówek

N a z w a	% węgla	% krzemu	% manganu	% fosforu	% siarki
Szara/odlewnicza	3,5—4,0	2,0—3,5	0,1—1,0	do 1,9	do 0,1
Biała	2,5—4,0	0,3—2,5	0,1—4,5	do 2,0	do 0,1
Zwierciadlista	4,0—5,0	0,3—0,5	6—22	do 0,1	0,02
Żelazomangan	6,0—7,5	0,2—1,3	38—85	do 0,4	0,02
Żelazokrzem	1,0—3,0	8—10	0,6—1,0	do 0,1	0,02

3. Domieszki w surówkach żelaznych

Domieszki w surówkach można podzielić na dwie grupy: pożyteczne (węgiel, krzem i mangan), oraz szkodliwe (fosfor i siarka).

Szkodliwość fosforu polega na tym, że powoduje on kruchość na zimno (wrażliwość na uderzenia) i dlatego w wytrzymałszych odlewach żeliwnych nie powinien przekraczać $0,7\%$, ze stali zaś powinien być możliwie dokładnie usunięty; jedynie przy bardzo skomplikowanych, a nie narażonych na zbyt silne działania mechaniczne odlewach żeliwnych daje się celowo do $1,3\%$ fosforu, gdyż zwiększa on łatwopłynność.

Siarka jest w ogóle szkodliwa i należy jej unikać tak w żelwie jak i w stali, gdyż powoduje gęstopłynność żeliwa, przy stali zaś kruchość na gorąco, tj. małą obrabialność plastyczną na gorąco (przy większych zawartościach siarki stal przy walcowaniu i kuciu pęka). Zarówno żeliwo jak i stal należy starannie odsiarczać, aby zawartość siarki nie przekraczała $0,1\%$.

II. ŻELIWO

Żelwem nazywamy przetopioną surówkę odlewniczą (szarą). Surówkę przetapia się w małych piecach szybowych, tzw. żeliwiakach (dawniej nazywano je często kopulakami), zbudowanych z cegieł ogniotrwałych i posiadających wysokość 4 — 6 m. Materiały wsadowe, a więc surówkę odlewniczą w gęsiach, wapniak ($2 — 4\%$ w stosunku do surówki) i koks wprowadza się warstwowo przez otwór górny. Powietrze dla spalania koksu (nie podgrzewane) wprowadza się przez dysze. Roztopione żeliwo spuszcza się w miarę potrzeby przez otwór w garze do odpowiedniej kadzi, a z niej wlewa się je do form piaskowych. Największe żeliwiaki dostarczają do 10 t żeliwa na godzinę i pracują, w odróżnieniu od wielkiego pieca, okresowo. Zużycie węgla wynosi $7 — 10\%$ w stosunku do ciężaru przetapianej surówki.

Własności wytrzymałościowe żeliwa nie są zbyt korzystne: wytrzymałość na rozerwanie (R) wynosi tylko $12 — 22 \text{ kg/mm}^2$ (w wysokowartościowych gatunkach $26 — 35 \text{ kg/mm}^2$), przy wydłużeniu (A) równym praktycznie zeru (z powodu kruchości). Twardość waha się w granicach $170 — 225 \text{ kg/mm}^2$. Jedynie wytrzymałość na ściskanie jest przy żelwie wielka, większa niż przy stali.

Dużą zaletą żeliwa jest jego łatwopłynność, dzięki której stanowi ono cenny materiał odlewniczy. Nie daje się ono obrabiać plastycznie ani też zgrzewać, można je natomiast spawać elektrycznie (przy użyciu specjalnych elektrod). Żeliwo stosuje się do wyrobu różnych części maszyn, a zwłaszcza narażonych na ściskanie; ponadto odlewa się z żeliwa rury, płyty, ramy, kraty, piecyki i różne inne odlewy.

Specjalną odmianą odlewów żelaznych są tzw. odlewy twarde, które stosuje się wszędzie tam, gdzie chodzi o wysoką odporność na ścieranie, np. do wyrobu walców, kół żeliwnych kolejowych itp. Różnica produkcji zwykłego żeliwa i odlewów twardych polega na tym, że te ostatnie odlewa się do form metalowych czyli kokil. Ponieważ formy te przewodzą lepiej ciepło, więc metal zastyga w nich szybciej, a przy samej ścianie gwałtownie. To gwałtowne krzepnięcie żeliwa

przy ściankach powoduje, że grafit nie zdąży się wydzielić i węgiel pozostaje pod postacią twardego cementytu. Zewnętrzne części odlewu są zatem twarde i kruche (jak surówka biała), podczas gdy rdzeń pozostaje bardziej miękki i ciągliwy (jak zwykle żeliwo). Im grubsza ma być twarda warstewka powierzchniowa, tym grubsze ścianki należy nadawać kokilom. W dobrym odlewie twardym musi istnieć łagodne przejście pomiędzy twardą strefą skrajną a rdzeniem.

III. ŻELIWO KOWALNE (KUJNA LEIZNA)

Przedmioty odlane z surówki białej można uczynić kowalnymi przez dłuższe wyżarzanie w wysokiej temperaturze (około 1000°). Przez takie wyżarzanie powoduje się rozkład cementytu na jego części składowe, tj. żelazo i węgiel. Żelazo tworzy przy tym nowe ziarna, a węgiel pozostaje w stanie bardzo rozdrobionym, jako tzw. węgiel żarzenia, pomiędzy ziarnami żelaza.

Produkt jest w pewnym stopniu kowalny, gdyż węgiel żarzenia nie utrudnia obrabialności. Odlewy można kuć już w tak wyżarzonej postaci, lepiej jednak kuć je po chemicznym usunięciu węgla. Usunięcie polega na tym, że się odlewy wyżarza w skrzynkach, w których materiały łatwo oddające tlen (np. żelaziak czerwony) są szczelnie ubite wokół odlewów; tlen rudy przenika od wnętrza odlewów i spala zawarty w nich węgiel żarzenia, który uchodzi pod postacią gazowego dwutlenku węgla. Obróbka ta nadaje się tylko do odlewów o małej grubości (inaczej wewnątrz nie byłoby dostatecznie nagrzone i tlen nie miałby do niego dostępu).

Żeliwo kowalne jest dość ciągliwe i dobrze obrabialne narzędziami skrawającymi. Zawiera ono tylko 0,3—1% węgla i służy do wyrobu przedmiotów małych, które łatwiej jest uformować przez odlanie niż wykuć ze stali (kolanka do rur, klucze, śruby, okucia, części maszyn rolniczych, niektóre narzędzia itp.).

IV. STAL

Stal otrzymuje się z surówki żelaznej (białej) przez rafinację, którą nazywamy świeżeniem surówki żelaznej. Celem świeżenia jest usunięcie domieszek, przede wszystkim węgla. Polega ono na utlenianiu domieszek, tj. na wiązaniu ich z tlenem i usuwaniu w postaci tlenku z metalu. Wyzyskuje się do tego celu tę własność chemiczną żelaza, że domieszki łatwiej i szybciej utleniają się niż samo żelazo, przez co mogą być całkowicie usunięte w formie gazowej lub pod postacią żużla. Samo żelazo utlenia się w czasie świeżenia tylko nieznacznie (strata żelaza przez utlenianie, czyli jego wypał, wynosi najwyżej 10%). Tlen potrzebny do usunięcia domieszek wprowadza się do pieców w rozmaity sposób: jako powietrze oraz pod postacią tlenków żelaza, które grają w tym wypadku rolę utleniaczy.

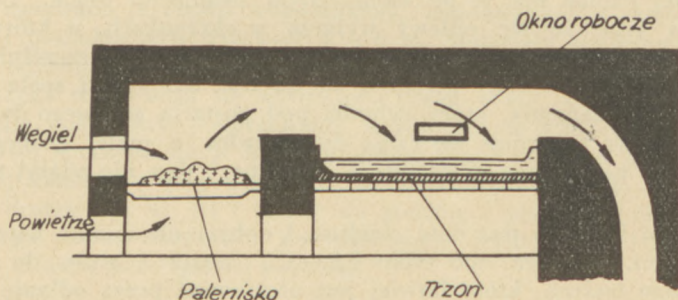
Procesy świeżenia można przeprowadzać w rozmaity sposób. Dwa bardzo ważne rodzaje tych procesów zależą od temperatury panującej

w piecu. Jeśli jest ona niższa od $1300-1400^{\circ}$ (jak np. w tzw. piecu pudlarskim), to z roztopionej surówki powstaje stal nie całkowicie roztopiona, lecz jedynie w stanie półpłynnym, ciastowatym (gdyż stal topi się dopiero przy $1400-1500^{\circ}$). Otrzymaną w ten sposób stal nazywamy stalą zgrzewną (poszczególne bryłki „ciasta“ stalowego zgrzewają się ze sobą). Najczęściej produkuje się jednak stal zlewną, tj. w stanie roztopionym całkowicie, prowadząc piece w temperaturach wyższych od temperatury topnienia stali.

1. Stal zgrzewna

a. Otrzymywanie stali zgrzewnej. Stal zgrzewną produkuje się z surówki żelaznej w piecu pudlarskim (wprowadzonym do techniki przez Anglika Corta w roku 1784).

Piec pudlarski jest najstarszym typem pieca do świeżenia stali (rys. 24). Składa się on z trzonu, tj. wanny z płyt żeliwnych (chłodzonych od spodu powietrzem), wyłożonych starymi żużłami bogatymi



Rys. 24

w tlenki żelaza, oraz paleniska na węgiel kamienny, które ogrzewa piec do około 1350° . Trzon ma przeciętnie długość 2 m, szerokość 1,5—2 m. Jednorazowo można przerobić w piecu około 0,5 t surówki, którą wrzuca się do pieca pod postacią gęsi lub wlewa się przez okno robocze.

Po roztopieniu surówki dodaje się do pieca rudy żelaznej jako utleniacza. Następuje świeżenie (ruda żelazna oddaje swój tlen domieszkom), które polega na tym, że węgiel ulatuje w postaci dwutlenku węgla, zaś tlenki manganu i krzemu wytwarzają na powierzchni metalu żużel.

W pewnym momencie następuje charakterystyczne dla stali zgrzewnej zjawisko: początkowo całkowicie roztopiona, surówka żelazna, przechodząc w trudniej topliwą stal, zaczyna stawać się ciastowatą masą.

Aby tą ciastowatą stal pudlarską wydobyć z pieca, należy najpierw przy pomocy drągów stalowych (wprowadzanych przez okna robocze) zbić małe bryłki stali w bryły większe i te dopiero wydobyć z pieca

(po wyświeżeniu, które trwa 2—2,5 godzin). Ponieważ bryły stalowe zawierają w sobie dużo żużla, należy go usunąć przez natychmiastowe kucie (młotowanie), przez co stal staje się czystsza, gdyż roztopiony żużel wytryska na boki. Rozkuta w ten sposób stal przerabia się od razu dalej, przez walcowanie lub kucie na odpowiedni kształt (najczęściej szyny).

Produkcja dzienna pieca pudlarskiego jest mała i nieprzekracza 5 t na dobę. Dziś piece te wyszły prawie całkowicie z użycia.

b. Własności stali zgrzewnej. Stal pudlarska zawiera na ogół do 0,15% węgla, do 0,2% krzemu oraz do 0,25% manganu, ponadto posiada ona w sobie liczne wtrącenia żużla, które podczas obróbki plastycznej układają się w pewnym uprzywilejowanym kierunku (w kierunku walcowania).

Wtrącenia żużlowe obniżają własności wytrzymałościowe stali: o ile próbki pobrane w kierunku walcowania wykazują $R = 33 - 42 \text{ kg/mm}^2$, przy $A = 25\%$, to przy kierunku prostopadłym do walcowania (poprzecznie do żył żużlowych) tylko $R = 28 - 35 \text{ kg/mm}^2$ i $A = 15\%$.

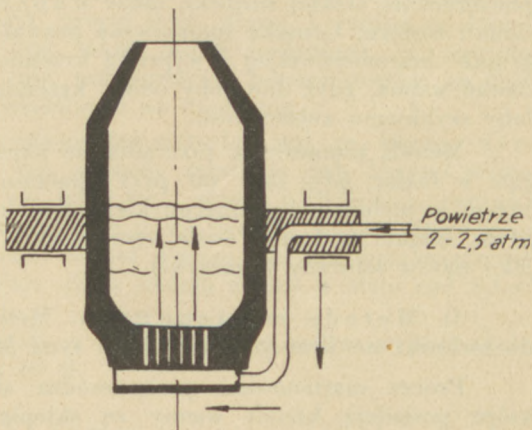
Stal pudlarska daje się dobrze kuć i zgrzewać, gdyż posiada stosunkowo małą zawartość węgla. Używało się jej do wyrobu drobnych części kutyh, ponadto nitów, śrub, łańcuchów itp.

2. Stal zlewna

a) Różne metody otrzymywania stali zlewnej. Stal zlewną produkuje się metodami bessemerowską, tomasowską i martenowską.

1. Metoda bessemerowska. Metoda ta została wprowadzona do techniki przez Anglika Bessemera w roku 1855.

Proces prowadzi się w piecu o kształcie przechylnej gruszki, sporządzonej ze stalowego kadłuba i wyłożonej wewnątrz ceglami bogatymi w krzemionkę. Gruszka (rys. 25) posiada dno zaopatrzone w liczne dysze, przez które doprowadza się sprężone powietrze z komory powietrznej (doprowadzanie powietrza do komory odbywa się przez pustą wewnątrz oś). Średnie wymiary gruszki są następujące: wy-



Rys. 25

sokość 6—8 m, średnica 3—4,5 m. Gruszka przyjąć może 10—35 t surówki.

Proces polega na tym, że do przechylonej gruszki (gruszka jest zawieszona na swej osi obrotu i może być wokół niej przechylana) wlewa się gorącą surówkę, puszcza podmuch powietrza i ustawia gruszkę pionowo, przez co zmusza się powietrze do przechodzenia przez surówkę. Zimne powietrze ogrzewa się od surówki i utlenia domieszki, które bądź ulatują z gruszki (dwutlenek węgla), bądź też zbierają się jako żużel na powierzchni stali.

Proces trwa bardzo krótko. Już po 15—20 min. cała surówka jest wyświeżona i można otrzymaną stal odlać do kadzi (po uprzednim nawęgleniu do pożądaney zawartości węgla).

Gruszki nie trzeba podgrzewać, gdyż utlenianie domieszek powoduje wydzielanie się tak dużej ilości ciepła, że temperatura się podnosi (dzięki dużej szybkości procesu ciepło nie ma czasu na wypromieniowanie z gruszki).

Do przeróbki w gruszce bessemerowskiej należy wybierać surówki dość bogate w domieszki, a zwłaszcza w krzem, który daje przy spalaniu dużo ciepła. Surówki te muszą być jednak ubogie w fosfor i siarkę, gdyż tych domieszek nie da się usunąć.

Zdolność produkcyjna gruszki jest bardzo duża: pracując normalnie, tj. przeprowadzając około 40 odlewów dziennie, można wyprodukować 1000 t stali.

2) *Metoda tomasowska.* Metoda ta została wprowadzona do techniki przez Anglika Thomasa w roku 1878.

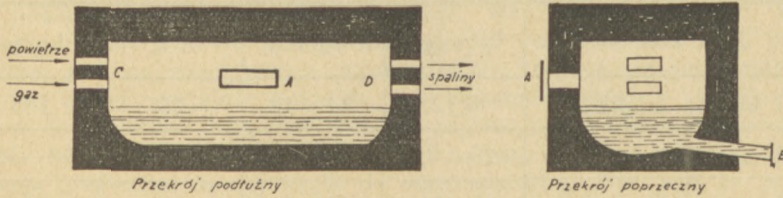
Metoda ta stosuje także gruszkę bessemerowską z tą jednak różnicą, że wymurowanie nie jest krzemionkowe, lecz dolomitowe (bogate w tlenek wapnia). Dzięki tej różnicy można wprowadzać do gruszki, na powierzchnię ciekłej surówki, także wapno, potrzebne do rozpuszczenia tlenku fosforu. Gruszka tomasowska pozwala więc na odfosforzenie. Do gruszki bessemerowskiej z wyprawą krzemionkową nie można było dodawać wapna, gdyż dawałoby ono z krzemionką żużel (wyprawa ulegałaby szybkiemu zniszczeniu).

Metodą tomasowską przerabia się najczęściej surówki specjalnie bogate w fosfor, gdyż daje on przy spalaniu dużo ciepła (podobnie jak krzem w metodzie bessemerowskiej) oraz utrzymuje stal w stanie ciekłym. Bogate w fosfor żużle tomasowskie mają szerokie zastosowanie jako nawóz sztuczny (tomasyna).

3) *Metoda martenowska.* Metoda ta została wprowadzona do techniki we Francji przez ojca i syna Martinów w roku 1865.

Proces martenowski przeprowadza się w piecach płomiennych, które posiadają kształt wanny ze sklepieniem, zbudowanej z cegieł ogniotrwałych (rys. 26). Część dolna wanny, czyli trzon, wyłożona jest ponadto cegłami krzemionkowymi lub dolomitowymi (przeważnie dolomitowymi, gdyż wówczas można przeprowadzić odfosforzenie).

Ogrzewanie pieca jest gazowe. Polega ono na tym, że gaz generatorowy oraz powietrze, podgrzane poza piecem ciepłem spalin do $1100-1300^{\circ}$, wtłacza się do pieca przez otwory C. Koło tych otworów gaz zapala się i płomień przechodzi przez piec, ogrzewając metal znajdujący



Rys. 26

się na trzonie i uchodząc przez przeciwległe kanały D. Kierunek ruchu gazów zmienia się przy tym od czasu do czasu (wpuszcza się je i zapala przy D, a odprowadza przez C), aby cały piec był równomiernie ogrzany. Załadowanie następuje przez okno robocze A, zaś spust wyświeżonej stali przez kanał B.

Temperatura w piecu jest bardzo wysoka i wynosi $1600-1700^{\circ}$, a więc wystarcza do utrzymania w stanie ciekłym każdej stali.

Proces jest podobny do pudlarskiego, z tą jednak różnicą, że powstaje stal zlewna (dzięki wysokiej temperaturze). Surówkę żelazną najczęściej wlewa się do pieca w stanie ciekłym z mieszalnika, ogrzewa najpierw do odpowiednio wysokiej temperatury, następnie zaś dodaje jako utleniaacza rudy żelaznej ($18-30\%$ w stosunku do surówki żelaznej) i ogrzewa dalej około 6 godzin. Po ukończonym świeżeniu reguluje się, jak w metodach gruzkowych, skład chemiczny otrzymanej stali przez dodatki surówki zwierciadlistej, żelazomanganu i żelazokrzemu.

W piecu martenowskim można domieszki usunąć dokładniej niż w metodach gruzkowych, gdyż proces trwa dłużej i można go lepiej regulować. Stal martenowska jest także mniej natleniona, tj. zawiera mniej rozpuszczonego tlenu niż tomasowska i bessemerowska, co daje lepszą ciągliwość i mniejszą wrażliwość na uderzenia.

W piecu martenowskim można też wytapiać stal ze starego złomu stalowego (zwanego też złomem żelaznym lub kutym) w ten sposób, że do pieca daje się $65-80\%$ złomu i $20-35\%$ surówki (bez rudy; do świeżenia wystarczają te ilości tlenków żelaza, które jako rdza znajdują się na powierzchni złomu). Proces taki ma duże znaczenie w tych krajach, które posiadają dużo starego złomu a mało rud żelaznych (między innymi Polska).

Przeciętna produkcja stali w piecu martenowskim wynosi około 240 t na dobę (4 wytopy po 60 t).

b. Gatunki, własności i zastosowanie stali zlewnych

Zależnie od prowadzenia pieców produkujących stal zlewną otrzymuje się rozmaite gatunki stali. Zawierają one do $0,7\%$ węgla, a po-

nadto do 0,4% krzemu i do 0,8% manganu. Fosfor i siarka nie powinny przekraczać w sumie 0,1%.

Zależnie od ilości węgla, który podnosi wytrzymałość i twardość, odróżnia się następujące gatunki stali zlewnej:

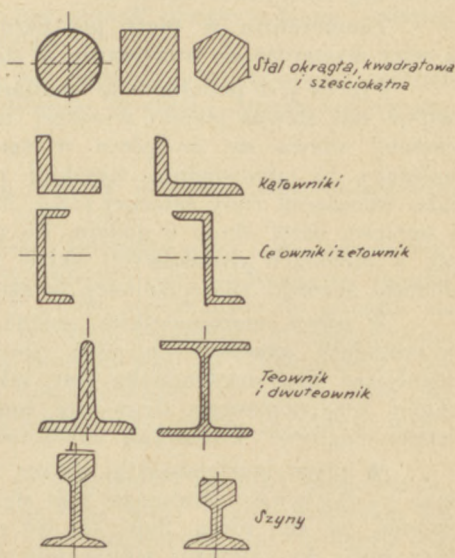
N a z w a	% węgla	R kg/mm ²	A %	H kg/mm ²
Stal bardzo miękka	0,12	34—42	25	105
Stal miękka	0,25—0,35	42—60	18—20	130—150
Stal półtwarda	0,45	60—70	14	180
Stal twarda	0,60	70—85	12	210

Zależnie od gatunku (procentu węgla) posiadają poszczególne stale różne własności i zastosowania.

1. Stal bardzo miękka (zwana do niedawna po prostu żelazem) jest gatunkiem bardzo rozpowszechnionym pod postacią wyrobów walcowniczych, a mianowicie jako stal kształtowa, blacha i drut. Rys. 27 podaje zestawienie najważniejszych kształtów stali. Stal bardzo miękka jest łatwo skrawalna, doskonale zgrzewana i kowalna. Swoim składem chemicznym odpowiada ona stali pudlarskiej, ma jednak tę zaletę, że nie posiada wtrąceń żuźlowych.

2. Stal miękka jest jeszcze dość łatwo obrabialna przez narzędzia skrawające, dobra do kucia, trudna do zgrzewania. Wykonuje się z niej także części walcowane (sztaby, płyty, druty), przeważnie jednak służy ona do wyrobu części kutech o znacznej ciągliwości, jak korby, kliny, wały, drągi tłokowe itp.

3. Stal półtwarda jest trudniej skrawalna i niezgrzewalna. Pojawia się przy niej także w znacznym stopniu hartowność (stali zlewnych nie poddaje się jednak przeważnie obróbce cieplnej). Stal półtwarda służy do wyrobu (przez kucie) części maszyn, kół zębatach, klinów, wałów itp.



Rys. 27

4. Stal twarda jest bardzo trudna do skrawania i nie daje się zgrzewać. W wysokim stopniu hartowna, służy do wyrobu części o znacznej twardości, jak specjalnie obciążone części maszyn i liczne proste narzędzia (młotki, noże, nożyce, łopaty itp.).

Równoległe do podziału stali zlewnej według wartości węgla idzie jej podział według metody produkcji: stale bessemerowskie, tomasowskie i martenowskie. Ponieważ, jak już wspomnieliśmy, stal martenowska jest najczystsza z wymienionych, używa się jej dlatego do wyrobu części specjalnie ważnych, zaś bessemerowskiej i tomasowskiej raczej do wyrobów masowych jak np. prętów, szyn, rur, a także tanich części kutek. W związku z tym stal bessemerowska i tomasowska zawierają przeważnie mniej węgla od martenowskiej. Nie jest to jednak reguła: w zasadzie można w każdej z tych metod otrzymać stal o dowolnym stopniu twardości.

3. Stale szlachetne

Stalami szlachetnymi nazywamy przetopione stale zlewne. Stale zlewne zwykłe (bessemerowska, tomasowska i martenowska) wystarczają wprawdzie do szeregu zwykłych zastosowań (które opisaliśmy powyżej), jednak do zastosowań specjalnych są jeszcze mało czyste, gdyż zawierają za dużo siarki, fosforu, rozpuszczonego tlenu i wtrąceń żużlowych. Uszlachetnianie, czyli przetapianie tych stali, ma na celu usunięcie wspomnianych zanieczyszczeń oraz, w miarę potrzeby, dolożenie dodatków stopowych celem polepszenia własności. W ostatnim wypadku dochodzi się do tzw. stali stopowych, które zawierają obce dodatki stopowe, jak nikiel, chrom, wolfram, wanad, molibden, kobalt i inne. Wszystkie stale szlachetne zawierać muszą z reguły jak najmniej fosforu i siarki (każda z tych domieszek z osobna poniżej 0,04%, razem poniżej 0,07%).

a) Różne metody otrzymywania stali szlachetnych

Stale stopowe otrzymuje się przez przetopienie w małych piecach, które gwarantują możliwość lepszej regulacji procesu.

W rachubę wchodzi piece tyglowe, elektryczne, a niekiedy także małe piece martenowskie.

1) Stal tyglowa. Stal zlewną przetapia się w tyglach, które są uformowane z masy, zawierającej grafit i glinę ogniotrwałą i mogą pomieścić 30 — 40 kg stali. 40 — 50 tygli umieszcza się jednocześnie na trzonie pieca z paleniskiem-gazowym (jak martenowski) i topi 4 — 5 godz. z odpowiednimi dodatkami, poczem wylewa do wspólnej kadzi. Jest to metoda droga i dziś stosowana tylko wyjątkowo.

Stal tyglowa jest na ogół bardzo czysta, wolna od wtrąceń żużlowych i gazów. Zawiera ona z reguły więcej węgla niż materiały wsadowe, gdyż przechodzi on do stali ze ścianek tygla. Wytapia się przeważnie stale z zawartością 0,6 — 1,5% węgla, a więc wysokowęglowe, których się używa do wyrobu narzędzi (przez kucie). Ponieważ muszą

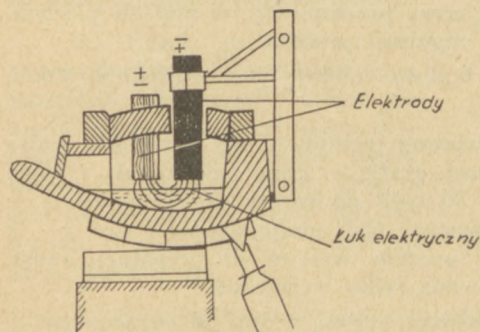
to być stale pierwszorzędnej jakości, wybiera się materiały wsadowe specjalnie ubogie w fosfor i siarkę. Rzadziej produkuje się w tyglach stale o mniejszej zawartości węgla 0,3 — 0,6‰, które przypominają stal zlewną zwykłą, są od niej jednak znacznie czystsze (zawierają mniej domieszek szkodliwych), i służą do zastosowań specjalnych. Często dodaje się do tygli różne dodatki obce, jak chrom, nikiel, wolfram itp., produkując stale tyglowe stopowe.

2) Elektrostal (stal produkowana w piecach elektrycznych). Przez przemianę energii elektrycznej w ciepłą osiąga się w piecach elektrycznych tak wysokie temperatury, że można w nich nie tylko stopić każdą stal czy dodatek stopowy, ale też i roztopić najbardziej trudno topliwe części mineralne (składniki żużli). Temperaturę można regulować dowolnie, osiągając przy tym w piecu dowolną «atmosferę», gdyż jest się wolnym od gazów spalinowych, pochodzących z paliw stałych czy gazowych. Dzięki tym właściwościom pieców elektrycznych można w nich otrzymać stale o dowolnym składzie i stopniu czystości, niezależnie od jakości materiałów wsadowych. Procesy elektryczne wypierają coraz bardziej z techniki procesy tyglowe, które wymagają specjalnie czystych wsadów.

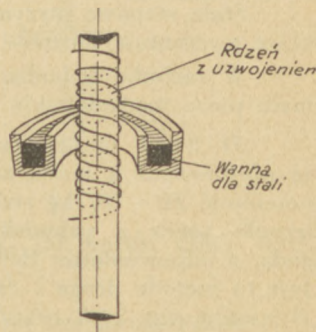
Specjalnie cenną właściwością pieców elektrycznych jest możliwość daleko idącego odfosforzenia i odsiarczenia. Odfoforzenie może być bardzo znaczne, gdyż można w wysokich temperaturach pieca roztopić dowolne ilości, koniecznego do rozpuszczenia fosforu, wapna. Odsiarczenie przeprowadza się przez działanie wapna w obecności znacznych ilości węgla, który w tym celu dodaje się do pieca.

Zależnie od systemu przetwarzania energii elektrycznej na ciepłą można piece elektryczne podzielić na dwie grupy: piece łukowe oraz indukcyjne.

Najczęściej spotykanym w technice piecem łukowym jest piec Héroulta (rys. 28). Ogrzewanie następuje w nim w ten sposób, że



Rys. 28



Rys. 29

pomiędzy dwoma pionowymi elektrodami węglowymi, połączonymi z silnym źródłem prądu elektrycznego stałego, wytwarza się łuk

elektryczny, który przechodzi także częściowo przez znajdujące się na dnie pieca materiały. Odlanie stali następuje przez przechylenie pieca.

Najprostszym typem pieca indukcyjnego jest piec Kjellina (rys. 29). Zbudowany on jest na zasadzie transformatora elektrycznego; składa się z okrągłej rynnny (na rysunku rynnna jest przedstawiona w przekroju), napełnionej ciekłą stalą, przez której środek przechodzi gruby rdzeń stalowy owinięty drutem, zasilanym przez prąd elektryczny zmienny. Jeśli przez ten drut przepływa prąd o dużym napięciu a małym natężeniu, to wzbudza on w roztopionej stali prąd wtórny o małym napięciu a bardzo dużym natężeniu, który, przechodząc przez stal, ogrzewa ją bardzo silnie.

Piece elektryczne, których używa się do wyrobu stali szlachetnych, a więc o przeznaczeniu specjalnym, buduje się niezbyt duże, przeciętnie na wsad 5 tonowy (najwyżej 30 t). Zużycie prądu elektrycznego zależy od jakości stali; przy wsadzie ciekłym i stalach nie zawierających zbyt dużo dodatków stopowych wynosi 150—200 kWh na tonę stali, przy stalach wysokostopowych do 506 kWh. Liczby te rosną przy przeróbce materiałów wsadowych stałych (potrzeba dodatkowej energii na roztopienie).

b) Gatunki stali szlachetnych według zastosowania

Otrzymywane w piecach elektrycznych i tyglowych (nieraz także przez ostrożne topienie w małych piecach martenowskich) stale szlachetne wyrabia się w najrozmaitszych gatunkach, które się dzieli według zastosowania. Odróżnia się następujące grupy: stale narzędziowe, konstrukcyjne i o specjalnych własnościach. W grupie stali narzędziowych i konstrukcyjnych odróżnia się ponadto stale węgliste oraz stopowe. Stale o specjalnych własnościach są przeważnie stalami stopowymi.

1. Stale narzędziowe

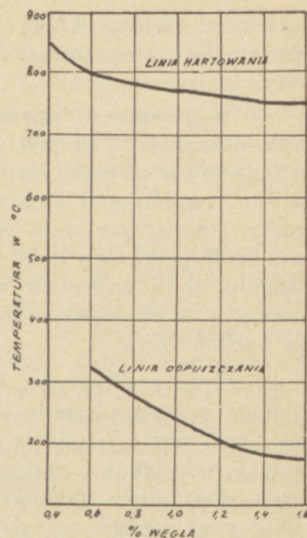
a) Stale narzędziowe węgliste. Wysokowartościowe narzędzia, szczególnie narzędzia do skrawania, wyrabiano do niedawna prawie wyłącznie ze stali tyglowej; obecnie stosuje się tu na szeroką skalę elektrostal.

Stal narzędziowa węglowa zawiera 0,6—1,5% węgla. Swoje cenne własności, a zwłaszcza dużą twardość, uzyskuje ona przez obróbkę cieplną, która podnosi twardość stali więcej niż dwukrotnie; po kuciu i zwykłym ostudzeniu na powietrzu posiada ona $H = 200\text{--}350 \text{ kg/mm}^2$, zaś przez zahartowanie dochodzi się do $H = 500\text{--}650 \text{ kg/mm}^2$.

Temperatury hartowania i odpuszczania są ściśle uzależnione od zawartości węgla w stali. W miarę wzrostu zawartości węgla stosuje się coraz to niższe temperatury hartowania i odpuszczania, jak to widać z wykresu obróbki cieplnej stali narzędziowych węglowych (rys. 30).

Wysoką twardość, uzyskaną przez obróbkę cieplną, utrzymuje stal tak długo, dopóki się nie znajdzie na czas dłuższy w zbyt wysokiej temperaturze, gdyż wówczas następuje silne odpuszczenie i silny spadek twardości. Przy narzędziach skrawających ma to miejsce bardzo często, gdyż przy skrawaniu materiał obrabiany i narzędzie silnie się nagzewają.

Przy wyrobie stali dla sporządzenia jakiegos narzędzia należy mieć stale na uwadze warunki, w których będzie ono pracowało. Na narzędzia skrawające, które muszą mieć znaczną twardość, ale pracują bez uderzeń, wybiera się stale zawierające więcej węgla, gdyż są one twardsze pomimo pewnej kruchości. Na młotki itp., które są narażone na uderzenia, używa się stali uboższych w węgiel (posiadają one wyższe A i U).



Rys. 30

Zestawienie stali narzędziowych węglowych

% węgla	Temperatura			Zastosowanie
	kucia	hartowania	odpuszczania	
0,6—0,7	1000—1100	800	320	Młotki, matryce, narzędzia do kuźni itp.
0,7—0,9	950—1000	790	280	Młotki, przecinaki, przebijaki, narzędzia do obróbki drzewa, piły do metali miękkich, wykroje dla blach miękkich itp.
0,9—1,1	990—950	780	260	Wiertła, noże do obróbki stali miękkich, frezy, wykroje dla blach twardych itp.
1,1—1,5	900	760	180—200	Narzędzia do skrawania stali twardych i bardzo twardych

b) Stale narzędziowe stopowe. Różne dodatki stopowe polepszają własności stali narzędziowych w różny sposób: zmniejszają kruchość przy zachowaniu dużej twardości, a przede wszystkim ułatwiają hartowanie.

Charakterystyczne są np. stale hartujące się na powietrzu, zawierające większe dodatki wolframu i manganu (skład chemiczny takich stali: 1,2 — 2,2% węgla, 6 — 10% wolframu, 1,6 — 1,8% manganu). Można je zahartować już przez proste ostudzenie w strumieniu powietrza po ogrzaniu do około 900°; unika się przez to zniekształceń, jakie może wywołać szybkie studzenie w wodzie. Używa się ich do wyboru narzędzi skrawających o skomplikowanych kształtach. Stale takie są ponadto nieco odporniejsze na odpuszczanie, tzn. znoszą wyższe szybkości skrawania niż stale węgliste (a więc i wyższe temperatury powstające podczas pracy). Dzięki obecności wolframu są one również twardsze od stali węglistych.

c) Stale szybko tnące. Są to właściwie stale narzędziowe stopowe, które się jednak charakteryzują specjalnie dużą ilością dodatków stopowych (do 2,5% węgla, do 10% chromu, do 24% wolframu, do 19% molibdenu, do 30% kobaltu i do 2,5% wanadu). Rola którą odgrywają te liczne dodatki stopowe, sprowadza się do utrzymania bez zmiany twardości zahartowanej stali aż do temperatury 500 — 600° (przy zwykłych stalach narzędziowych twardość utrzymuje się bez zmiany tylko do 200 — 250°). W związku z tym stosuje się stal szybko tnącą do wyrobu narzędzi pracujących z bardzo wysokimi szybkościami skrawania. Obróbkę cieplną stali szybko tnących przeprowadza się w następujący sposób: początkowo ogrzewa się je powoli do 850 — 900°, następnie szybciej do 1200 — 1300°, od tej zaś temperatury hartuje się je przez ostudzenie w strumieniu powietrza lub w oleju.

d) Inne stopy do wyrobu narzędzi skrawających. Oprócz opisanych stali narzędziowych zostały wprowadzone do techniki także specjalne stopy do wyrobu noży skrawających.

Piewszym takim stopem był stellite, zawierający 40 — 50% kobaltu, 24 — 35% chromu, 12 — 20% wolframu i 1 — 5% żelaza. Był on równie twardy (H równe około 600 kg/mm²) jak stal szybko tnąca, ale odporniejszy na ogrzanie niż ta ostatnia. Wadą jego był brak kowalności: mógł on być używany tylko w stanie lanym.

W ostatnich czasach stellite ustąpił całkowicie miejsca tzw. spiekany węglikom, czyli metalom twardym, które są znane w technice pod różnymi nazwami handlowymi: widia, tytanit itp. Są to materiały, które otrzymuje się przez spiekanie mielonych węglików wolframu, molibdenu lub tytanu. Proces polega na tym, że sproszkowane węgliki miesza się z rozdrobnionym kobaltem lub niklem, prasuje na płytki i spieka w bardzo wysokiej temperaturze. Spiekanie polega na tym, że kobalt względnie nikiel nadtopia się i jako lepszycze łączy poszczególne ziarenka węglików. Gotowe płytki nalutowuje się przy pomocy miedzi na narzędzia stalowe, a następnie szlifuje. Materiały te, dzięki dużej zawartości twardych węglików, są bardzo twarde i nadają się doskonale do skrawania. Twardość ich nie zmniejsza się aż do 900°, dzięki czemu można pracować wysokimi szybkościami skrawania.

2. Stale konstrukcyjne

a) Stale konstrukcyjne węgliste. Skład chemiczny stali węglistych odpowiada analogicznym stalom zwykłym (zlewnym), z tą różnicą, że są one czystsze, gdyż zawierają znacznie mniej siarki i fosforu (każde z osobna poniżej 0,04%, razem — poniżej 0,07%). Spotyka się je w handlu bardzo często pod nazwami: stale konstrukcyjne ulepszalne oraz stale do nawęglania.

Stale konstrukcyjne ulepszalne. Zawierają one 0,25-0,6% węgla. W handlu spotyka się je w postaci wyrobów walcowanych lub części kutych ulepszonych cieplnie.

Hartowanie, które przeprowadza się tutaj w temperaturach wyższych niż dla stali narzędziowych (rys. 31), jest tu jedynie operacją pośrednią; chodzi o to, aby następnie, przez silne nagrzanie do 500 — 700°, uzyskać budowę ziarnistą prawie normalną. Stale o takiej budowie są szczególnie odporne na uderzenia. Stale ulepszone cieplnie są tylko nieco wytrzymałsze i mają nieco większe wydłużenie (A%) niż stale kute i normalnie studzone, posiadają za to znacznie wyższą udarność, jak to wskazuje poniższe zestawienie własności stali zawierającej 0,65% węgla: w stanie normalnym posiada ona

$$R = 70,3 \text{ kg/mm}^2, A = 10,2\%, U = 0,8 \text{ kgm/cm}^2,$$

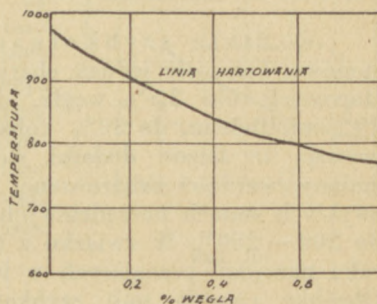
zaś po zahartowaniu i następnym ogrzaniu do 630°

$$R = 85,2 \text{ kg/mm}^2, A = 12,5\%, \text{ oraz } U = 16,5 \text{ kgm/cm}^2.$$

Stale te stosuje się do wyrobu części maszyn narażonych na uderzenia i drgania.

Własności mechaniczne stali konstrukcyjnych w stanie normalnym i ulepszonym cieplnie (temperatura nagrzewania po zahartowaniu — 600°):

% węgla	Stan normalny		Stan ulepszony	
	R kg/mm ²	A %	R kg/mm ²	A %
0,25	42 — 50	22	47 — 55	20
0,35	50 — 60	19	55 — 65	18
0,45	60 — 70	16	65 — 75	15
0,60	70 — 85	13	75 — 90	12



Rys. 31

Stale konstrukcyjne do nawęglania. Są to stale bardzo miękkie o zawartości 0,1—0,2% węgla, które się utwardza powierzchniowo przez nawęglanie, czyli cementację. Części kute z takiej stali otacza się w odpowiednich skrzynkach substancjami łatwo oddającymi węgiel (węgiel drzewny, sadza, mączka kostna itp.) i ogrzewa przez dłuższy czas przy 800—900°. W czasie tej obróbki warstewka powierzchniowa nasycy się do głębokości około 3 mm tak silnie węglem, że uzyskuje skład odpowiadający stali narzędziowej. Warstewka ta jest więc bardzo twarda i krucha, podczas gdy rdzeń pozostaje całkowicie miękkim. Warstwę powierzchniową można ponadto zahartować, podnosząc jeszcze bardziej jej twardość. Nawęglanie stosuje się przy wszystkich tych przedmiotach, które muszą być na zewnątrz twarde, a ciągliwe i miękkie w środku, jak osie wagonów, czopy, wały, małe koła zębate itp.

b) Stale konstrukcyjne stopowe. Istnieje ich cały szereg. Wymienimy tylko najbardziej charakterystyczne.

Stale niklowe (z dodatkiem 2—5% niklu) odznaczają się większą wytrzymałością od stali węglistych przy jednoczesnym dużym wydłużeniu (ciągliwości). Stosuje się je do produkcji specjalnie narażonych części maszyn, płyt pancernych itp.

Stale chromowe (z dodatkiem 0,5—2% chromu) są twardsze niż stale węgliste, wytrzymałe i odporne na uderzenia. Zastosowanie mają takie same, jak stale niklowe.

Stale chromoniklowe, zawierające 1—2% chromu i 2—5% niklu, należą do najlepszych stali konstrukcyjnych. Posiadają one wysoką twardość, wytrzymałość, ciągliwość i udarność. Stosuje się je do części samochodowych, samolotowych, okrętowych, do wyrobu dział, specjalnie odpornych płyt pancernych itp. Dla przykładu podajemy własności stali zawierającej 0,3% węgla, 2% niklu i 1% chromu: $R = 70-85 \text{ kg/mm}^2$, $A = 14-20\%$. Dla dalszego polepszenia własności dodaje się nieraz do tych stali nieco wanadu i molibdenu.

Stale konstrukcyjne stopowe spotyka się w handlu, podobnie jak węglowe, jako stale do ulepszania i do nawęglania. Ulepsza się stale zawierające ponad 0,25% węgla (hartuje się je i następnie silnie ogrzewa według specjalnych recept), nawęglą się zaś stale zawierające poniżej 0,2% węgla.

3. Stale o specjalnych własnościach. Spośród całego szeregu gatunków takich stali wymienimy tylko najbardziej charakterystyczne.

a) Stale o zwiększonej odporności na korozję (wpływy atmosferyczne). Zaliczamy do nich stale konstrukcyjne węgliste zawierające dodatek 0,2—0,7% miedzi. Stale takie rdzewieją znacznie trudniej od czysto węglowych i są stosowane np. do budowy mostów.

b) Stale nierdzewne. Są to stale zawierające znaczny dodatek, a mianowicie 13—16% chromu. Chrom nadaje stali całkowitą od-

porność na rdzewienie, a ponadto wysoką wytrzymałość: $R = 75-90$ kg/mm², przy dużej ciągliwości $A = 15-20\%$. Stali takich używa się do wyrobu sztuczy stołowych, noży, części maszyn podlegających stałemu działaniu pary wodnej itp.

c) Stale kwasoodporne. Są to stale, które zawierają około 18% chromu i 8% niklu. Są one odporne nie tylko na rdzę, ale też na liczne kwasy z wyjątkiem solnego. Zasadniczym ich zastosowaniem jest wyrób kotłów, aparatów itp. urządzeń przemysłu chemicznego. Specjalne gatunki zawierają ponadto dodatki innych metali (tytan, tantal itp.). Własności wytrzymałościowe: $R = 65-70$ kg/mm², $A = 35-55\%$. Dają się one dobrze kuć i spawać, natomiast są trudno skrawalne.

d) Stale sprężynowe. Są to stale zawierające znacznieszą ilość krzemu (od 0,6—2,5%), który bardzo podnosi granicę sprężystości.

e) Stale nieścieralne. Zasadniczym przedstawicielem tej grupy jest stal wysokomanganowa, zawierająca 1—1,2% węgla i 12—14% manganu. Posiada ona $R = 100$ kg/mm² i $A = 50\%$. Pomimo swej dużej ciągliwości jest ona twarda i bardzo trudna do skrawania (obrabiać ją można przez szlifowanie). Zasadniczą jej cechą jest znaczna odporność na ścieranie. Stąd jej zastosowanie do produkcji szyn, gąsienic do czołgów, urządzeń do rozdrabniania minerałów itp.

f) Stale automatowe. Są to stale o umyślnie zwiększonej zawartości siarki i fosforu (0,1—0,3% siarki i do 0,15% fosforu), które nadają im specjalnie dobrą skrawalność. Stosuje się je do wyrobu rozmaitych przedmiotów przez skrawanie seryjne (przy pomocy automatów lub rewolwerówek), gdyż dają bardzo małe wióry.

g) Stale o specjalnych własnościach magnetycznych. Stale takie produkuje się w różnych gatunkach, np. stale niemagnetyczne, stale na blachy transformatorowe, stale na magnesy trwałe itp. Zasadniczymi dodatkami stopowymi w tych stalach są kobalt, krzem, chrom i nikiel:

h) Stale do azotowania. Pod nazwą azotowania rozumiemy operację powierzchniowego utwardzania stali, podobną do nawęglania, która polega na przyjęciu przez warstwę powierzchniową dużej ilości azotu. Uzyskuje się to w ten sposób, że już poprzednio ulepszone cieplnie przedmioty stalowe poddaje się działaniu strumienia gazowego amoniaku przy 525—550°. Warstewka powierzchniowa jest wprawdzie bardzo cienka (do 0,2 mm), ale za to posiada bardzo dużą twardość, dochodzącą do 950 kg/mm². Do azotowania używa się tylko specjalnych stali stopowych, które zawierają aluminium i chrom (po 1,2—2,5%).

V. STAL LANA (STALIWO)

Stalą laną czyli staliwem nazywamy taką stal, której kształt ostateczny nadaje się przez odlewanie (gotowe odlewy stalowe). Stal laną stosuje się do wyrobu takich części maszyn lub narzędzi, których od-

kucie jest za trudne, względnie, gdy odlanie jest tańsze od wykucia. Odlewa się przeważnie półtwarde lub twarde stale węglowe oraz stale stopowe. Przy odlewaniu należy zwrócić uwagę na to, że staliwo jest mniej płynne od żeliwa, a zatem mniej dokładnie wypełnia formy, ponadto zaś, że skurcz staliwa jest większy niż żeliwa (wynosi on 2⁰/₀, podczas gdy żeliwo wykazuje tylko 1⁰/₀), przez co łatwiej powstaje jama odlewnicza. Odlewy stalowe poddaje się często obróbce cieplnej, a mianowicie wyżarzaniu powyżej temperatury przemiany budowy ziarnistej, przez co następuje kompletne przekrystalizowanie, tzn. budowa pierwotna (gruboziarnista) odlewu całkowicie znika, aby po spokojnym ostudzeniu dać budowę nową i równomierną. Odlewy stalowe można także ulepszać cieplnie. Wytrzymałość wyżarzonych odlewów odpowiada wytrzymałości stali kutej, ciągliwość (A ⁰/₀) jest nieco mniejsza. Do roztopienia stali przed odlaniem stosuje się piece tyglowe, elektryczne lub małe martenowskie. Odlewy stalowe mają w technice zastosowanie zamiast żeliwnych wszędzie tam, gdzie chodzi o zwiększoną wytrzymałość, ciągliwość i udarność.

VI. POWŁOKI OCHRONNE NA ŻELAZIE TECHNICZNYM

Przedmioty stalowe i żeliwne narażone na stały kontakt z wilgotną atmosferą (części budynków, mostów, samochodów, samolotów itp.), należy chronić przed rdzewieniem przez pokrycie powłokami ochronnymi.

Celem powlekania ochronnego jest całkowite odizolowanie przedmiotu od środowiska, które go otacza (aby uniemożliwić rdzewienie). Powłoka musi być sama dostatecznie odporna chemicznie, a także mechanicznie, aby nie można było łatwo usunąć jej przez stukanie czy pocieranie. Jeśli chodzi o powleczone blachy, to powłoka powinna dodatkowo posiadać pewną giętkość, aby nie odpadała przy przeginaniu. Zasadniczym warunkiem dobrej powłoki jest należyta przyczepność do powierzchni metalicznej. Powierzchnia ta powinna być odpowiednio przygotowana tj. oczyszczona od wszelkich warstw powierzchniowych, albo też dodatkowo wypolerowana, jeśli chodzi o uzyskanie powierzchni błyszczących. Przede wszystkim należy usunąć znajdującą się na powierzchni starą rdzę lub zendrę (tj. tlenki powstałe na powierzchni przy walcowaniu lub kuciu); usuwa się je z grubsza mechanicznie (przez szrotkowanie lub piaskowanie), a następnie dokładnie przez trawienie, tj. rozpuszczenie chemiczne tych tlenków w mocnych kwasach (jak solny lub siarkowy). Oczyszczone od tlenku przedmioty odtłuszcza się przez zanurzenie w ługach lub specjalnych rozpuszczalnikach. Tak przygotowane powierzchnie są czyste i powłoki mają przyczepność.

Powłoki ochronne uzyskuje się albo przez reakcje chemiczne na powierzchni metalu, albo też przez pokrycie substancjami obcymi.

Do powłok ochronnych otrzymywanych przez reakcje chemiczne zaliczamy powłoki tlenkowe i fosforanowe.

Powłoki tlenkowe można np. otrzymać w ten sposób, że przedmioty poddaje się działaniu pary wodnej w temperaturze 800—900⁰,

wskutek czego na powierzchni powstaje zwarta warstwa ochronna tlenku. Można też je uzyskać przez tzw. oksydowanie, to jest przez zanurzenie w roztworach substancji utleniających.

Powłoki fosforanowe otrzymuje się przez zanurzanie do wrzących roztworów fosferanów manganu i żelaza (metoda Parkera i inne).

Powłoki tlenkowe i fosferanowe już same nieźle chronią przed rdzewieniem, lecz się je jeszcze z zasady wzmacnia przez dodatkowe farbowanie lub lakierowanie.

Najlepsze powłoki ochronne otrzymuje się przez pokrycie substancjami obcymi. Odróżnia się powłoki metaliczne i niemetaliczne.

1. Powłoki metaliczne

Stal można pokrywać zależnie od potrzeby różnymi metalami. Dla ochrony przed rdzewieniem stosuje się najczęściej powłoki cynkowe i kadmowe, dla ochrony przed rdzewieniem i dla jednoczesnego upiększania — niklowe, chromowe itp., dla celów specjalnych (odporność na silniej żrące substancje, ognioodporność itp.) — cynowe, ołowiane, aluminiowe itp. Powłoki metaliczne otrzymuje się w rozmaity sposób zależnie od tego, jak gruba i zwarta ma być warstwa pokrywająca.

Z metod pokrywania najważniejszymi są:

a) Powlekanie przez zanurzenie w metalu roztopionym (cynkowanie, cynowanie),

b) Powlekanie przez ogrzewanie z pyłem metalicznym, który wytwarza na powierzchni przedmiotu cienką warstwę ochronną (cynkowanie, aluminiowanie),

c) Powlekanie przez natryskiwanie metalem ciekłym z odpowiedniego aparatu zwanego pistoletem (cynkowanie, ołowiowanie, aluminiowanie),

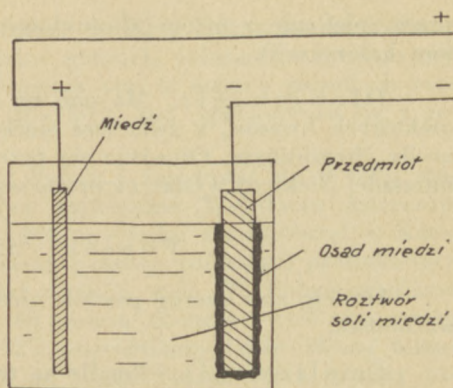
d) Platerowanie tj. walcowanie blachy stalowej z przyłożoną do niej blachą z metalu kryjącego w takiej temperaturze, że następuje na całej powierzchni styku zgrzewanie (niklowanie, pokrycie stali zwykłej stalą nierdzewną), oraz

e) Galwanizacja tj. pokrywanie elektroliczne (miedziowanie, niklowanie, chromowanie, kadmowanie, cynkowanie, pokrywanie metalami szlachetnymi itp.), Galwanizacja polega na pokrywaniu jakimś metalem przy pomocy prądu elektrycznego. Przedmiot, który chcemy pokryć np. miedzią, zanurzamy do roztworu soli miedzi i łączymy go z biegunem ujemnym źródła prądu elektrycznego (rys. 32). Naprzeciw niego umieszczamy płytę miedzianą i łączymy ją z biegunem dodatnim. Jeśli przez takie urządzenie przepuścimy prąd elektryczny stały, to spowoduje on wydzielanie się na przedmiocie miedzi pod postacią cienkiej i zwartej warstewki. Można też, jak np. przy chromowaniu, użyć płytki elektryzowanej dodatnio z innego jeszcze metalu, który się w roztworze nie rozpuszcza (w tym wypadku ołów), a służy tylko do przeprowadzania prądu. W tym wypadku sól chromu stale się wyczerpuje i trzeba ją co pewien czas uzupełniać (w wypadku poprzednim, tj. przy miedziowaniu, rolę

uzupełniania roztworu obejmuje płyta miedziana, która się stopniowo rozpuszcza).

Z poszczególnych powłok metalicznych wymienimy ważniejsze:

Cynkowanie służy do zabezpieczenia przed rdzewieniem blach stalowych, przeznaczonych do krycia dachów, wyrobu wiader, rur itp. Powłoki cynkowe są bardzo dobre, gdyż nie wymagają zbytnej szczelności; nawet gdy zawierają pory, to jeszcze chronią przed rdzewieniem. Cynkowanie przeprowadza się najczęściej przez zanurzenie w roztopionym cynku, rzadziej przez natryskiwanie, spiekanie z pyłem cynkowym lub galwanizację.



Rys. 32

Kadmowanie, podobnie jak cynkowanie, służy do zabezpieczenia przed rdzewieniem. Chroni jednak lepiej, a ponadto powierzchnia pozostaje błyszcząca (przy cynku matowieje). Zastosowanie — w przemyśle samochodowym i wagonów kolejowych. Kadmuje się tylko przez galwanizację. Użyty do pokrywania kadm jest dość rzadkim metalem, który się wytwarza ubocznie przy wytopianiu cynku.

Kadmowanie, podobnie jak cynkowanie, służy do zabezpieczenia przed rdzewieniem. Chroni jednak lepiej, a ponadto powierzchnia pozostaje błyszcząca (przy cynku matowieje). Zastosowanie — w przemyśle samochodowym i wagonów kolejowych. Kadmuje się tylko przez galwanizację. Użyty do pokrywania kadm jest dość rzadkim metalem, który się wytwarza ubocznie przy wytopianiu cynku.

Niklowanie służy do zabezpieczenia przed rdzewieniem oraz działaniem słabych kwasów, ponadto do upiększania, gdyż nikiel posiada ładny połysk. Powłoka jest ponadto twardsza, a więc odporniejsza mechanicznie od cynkowej i kadmowej. Nikluje się przez platerowanie lub galwanizację (w tym ostatnim wypadku potrzeba najpierw pomiedziować, gdyż nikiel źle się trzyma na żelazie).

Chromowanie jest najlepszym w ogóle typem powłoki ochronnej, gdyż chrom jest bardzo odporny chemicznie (chroni żelazo przed działaniem atmosfery, wody morskiej i licznych kwasów), a ponadto jest bardzo twardy i odporny na ścieranie. Powłoki chromowe dają się dzięki ich twardości dobrze polerować, a przez to upiększać. Spotyka się je szczególnie często w przemyśle samochodowym itp. Chromuje się przeważnie galwanicznie, po uprzednim poniklowaniu (gdyż chrom nie trzyma się na żelazie).

Cynowanie. Powłoki cynowe stosują się najczęściej do wyrobu cienkiej blachy „białej” odpornej na wpływy atmosferyczne i słabe kwasy. Zasadnicze zastosowanie tych blach to wyrób puszek na konserwy. Cynuje się zazwyczaj przez zanurzenie do roztopionej cyny.

Aluminiowanie. Blachy aluminiowane są szczególnie odporne na działanie wysokich temperatur, tzn. aluminium zapobiega powstawaniu zendry. Zastosowanie: blachy do palenisk itp. Aluminiuje się przeważnie

przez spiekanie z pyłem alumiowym (proces taki nosi w technice nazwę kaloryzacji).

Ołowiowanie. Ma ono na celu ochronę stali przed działaniem niektórych kwasów, a zwłaszcza siarkowego. Liczne zastosowania w przemyśle chemicznym. Ołowiuje się przeważnie przez natryskiwanie lub zanurzanie. Niekiedy wystarcza proste wyłożenie przedmiotu blachą ołowianą.

2. Powłoki niemetaliczne

Istnieje cały szereg powłok niemetalicznych. Wymienimy tylko najważniejsze:

Emaliowanie. Emalie są to stopione masy mineralne, składające się z piasku, boraksu, szpatu polnego, gliny itp. Używa się ich w stanie sproszkowanym (po stopieniu) w ten sposób, że się je zarabia z wodą i smaruje nimi powierzchnie metaliczne. Po wypaleniu powstają bardzo dobre powłoki, które chronią przed rdzewieniem, działaniem licznych kwasów itp. Wady: czułość na silne zmiany temperatury, kruchość. Używa się ich przy wyrobie wanien, różnych naczyń, aparatów itp.

Powłoki cementowe. Powłoki te stosuje się często w budownictwie.

Powłoki ze smoły. Stosuje się je dla pokrywania rur gazowych i wodociągowych (zanurzenie do roztopionej smoły).

Farby olejne. Farby są powszechnie stosowane, szczególnie w budownictwie (mosty, części budynków itp.). Chronią one od działania czynników atmosferycznych (nieraz także od wody morskiej a nawet silniejszych chemikaliów) oraz są dość elastyczne. Składają się one z barwin (substancje barwne), pokostu lnianego i tzw. sykatywów (pewne związki metali). Po 8—12 godzinach od chwili pokrycia farbą wysycha ona i daje trwałą powłokę. Farby nakłada się kilku kolejno wysychającymi warstwami; zaczyna się od zagruntowania, tj. pokrycia grubszą warstwą farby specjalnej, dobrze przyczepnej i chroniącej przed rdzewieniem, następnie zaś nakłada warstwy dalsze. W budownictwie stalowym gruntuje się np. farbą, złożoną z minii i pokostu lnianego, a jako dalszych warstw używa się na przykład bieli ołowianej z sadzą w pokoście lnianym (barwa szara).

Lakiery. Są to roztwory naturalnych lub sztucznych żywic w odpowiednich rozpuszczalnikach, jak olej terpentynowy, spirytus, benzyna itp. Dają one bardzo cienkie, przezroczyste powłoki, stosowane np. do pokrywania części konstrukcyj samochodowych itp. Schnięcie lakierów polega na tym, że rozpuszczalniki stopniowo wyparowują.

VII. HUTNICTWO ŻELAZA W POLSCE

Polska posiada słabą podstawę surowcową dla hutnictwa żelaznego, gdyż ma niewiele i to ubogich rud. Zasadniczymi polskimi rudami są:

rudy ilaste (żelaziaki ilaste) o zawartości do 32% żelaza (w częstochowskim), oraz rudy darniowe (specjalny gatunek żelaziaków brunatnych) o zawartości około 35% żelaza (występują one w małych gniazdach rozrzuconych po całej Polsce). Około 40—50% rud sprowadzało się z zagranicy.

Do roku 1939 polski przemysł hutniczy znajdował się w ręku szeregu przedsiębiorstw, z których dwa największe (Wspólnota Interesów Górniczo-Hutniczych i Huta Pokój, obie na Śląsku z siedzibami w Katowicach; większość akcji była własnością państwa polskiego) produkowały łącznie około 70% polskiej surówki i 65% stali. W Polsce mieliśmy ponad 30 wielkich pieców i ponad 40 pieców martenowskich oraz szereg pieców elektrycznych. Do roku 1927 posiadaliśmy także własną tomasownię (stację gruszek tomasowskich na Hucie Pokój, która została następnie unieruchomiona).

Polska produkcja za rok 1936 wynosiła: 584,000 ton surówki żelaznej oraz 1.144.000 ton stali (produkcja stali była prawie dwa razy większa niż surówki, gdyż przetapialiśmy dużo starego złomu). W roku tym stała Polska pod względem produkcjisu rówki na 9-tym miejscu w Europie, zaś na 13-tym w świecie, pod względem zaś wytwórczości stali na 9-tym miejscu w Europie i 11-tym w świecie.

ROZDZIAŁ III

METALE POZA ŻELAZEM I ICH STOPY

I. MIEDŹ I JEJ STOPY

1. Miedź

Miedź otrzymuje się przez wielokrotne prażenie (ogrzewanie przy obfitym dostępie powietrza) i topienie rud miedzianych. Najważniejszymi rudami miedzi są tzw. piryty miedziane, zawierające miedź, żelazo i siarkę. Początkowo otrzymuje się miedź surową (tzw. miedź czarna), zawierającą 5—10% różnych domieszek, którą się następnie rafinuje. Rafinację przeprowadza się przez utlenianie domieszek w piecach płomiennych, zbudowanych na wzór pieca pudlarskiego. Otrzymuje się w nich miedź rafinowaną w stanie ciekłym, gdyż temperatura topienia miedzi wynosi 1083°, zaś temperatura piecowa ponad 1350°. Miedź rafinowana jest już dość czystą, gdyż zawiera najwyżej 0,5% domieszek. Dla niektórych celów (elektrotechnika) można miedź oczyszczać jeszcze dalej, dochodząc do czystości 99,99%. Osiąga się to na drodze elektrolitycznej, według zasady opisanej już przy galwanizacji (por. str. 47, rys. 32): miedź rafinowaną, w postaci blachy, zanurza się do roztworu soli miedzi i łączy ją z biegunem dodatnim źródła prądu elektrycznego stałego, na przeciwko umieszcza się blachę z bardzo czystej miedzi i łączy ją z biegunem ujemnym. W czasie przepuszczania prądu miedź rafinowana rozpuszcza się, a na płycie cienkiej osadza się miedź czysta, czyli „elektrolityczna”. Domieszki miedzi rafinowanej pozostają w roztworze.

Miedź jest metalem trudno topliwym i dość ciężkim (ciężar właściwy — 8,93 g/cm³) o barwie czerwonej. Jest ona bardzo ciągliwa i daje się dobrze kuć oraz walcować, a także przerabiać plastycznie na zimno (utwardzenie usuwa się przez wyżarzanie w 600°). Lejność miedzi jest zła, gdyż rozpuszcza ona w stanie roztopionym różne gazy, które czynią ją gęstopłynną. Z tego powodu nie spotyka się gotowych odlewów miedzianych, a tylko wyroby kute, a zwłaszcza walcowane, jak płyty, pręty o różnych przekrojach, blachy, rury i drut. Wytrzymałość miedzi walcowanej wynosi 20—28 kg/mm², wydłużenie 22—28%, twardość około 40 kg/mm². Jest ona bardzo dobrym przewodnikiem elektryczności i ciepła oraz posiada znaczną odporność chemiczną. Na powietrzu pokrywa się tylko bardzo cienką zielonkawą warstewką związku chemicznego, tzw. patyny, która chroni ją przed dalszymi przemianami. Jest ona odporna na wodę zimną i gorącą, mleko, piwo i różne soki owocowe oraz niektóre słabe kwasy. Dzięki dobremu przewodnictwu i odporności chemicznej posiada miedź szereg zastosowań, w szczególności w elektro-

technice (przewodniki i różne części maszyn elektrycznych), a także do wyrobu rurociągów, kotłów i zbiorników dla różnych gałęzi przemysłu chemicznego, wreszcie do wyrobu różnych stopów.

W Polsce miedzi się nie produkuje. Głównymi jej producentami są kraje amerykańskie (Stany Zjednoczone Ameryki Północnej, Kanada i Chile) oraz Afryka.

2. Stopy miedzi

a) **Mosiądze i tombaki.** Są to stopy miedzi z cynkiem, którego dodaje się do miedzi 10—42% i topi wraz z nią w odpowiednich piecach. Tombakami nazywamy stopy uboższe w cynk (do 20% cynku, reszta miedź), mosiądzami zaś bogatsze (28—42% cynku). Tombaki mają barwę czerwoną, mosiądze zaś żółtą. Zaletą tombaków i mosiądzów w stosunku do miedzi jest ich większa wytrzymałość przy zachowaniu dobrej ciągliwości. Wytrzymałość w stanie wyżarzonym wynosi 30—45 kg/mm², wydłużenie 25—40%; w stanie zgniecionym R dochodzi do 65 kg/mm², podczas gdy A spada do 5—15%. Dalszą zaletą tych stopów jest, w porównaniu do miedzi, ich taniłość i lepsza odlewalność (zwłaszcza pewnych gatunków mosiądzu). Ich odporność chemiczna jest nieco gorsza od miedzi (dzięki obecności cynku), jednak tak znaczna, że są one odporne na działanie czynników atmosferycznych, a nawet wody morskiej.

Zależnie od sposobu nadania ostatecznego kształtu odróżniamy stopy do obróbki plastycznej i odlewnicze. Do obróbki plastycznej nadają się z reguły wszystkie tombaki i mosiądze, z tym, że do zawartości 36% cynku można je obrabiać plastycznie tylko na zimno, zaś przy 36—42% także na gorąco. W handlu spotyka się je pod postacią prętów, wstęg, blach, rur, drutów itp. Wyrobów walcowanych oraz różnych części kutech. Zastosowania: części maszyn, aparatów, instrumentów, klamki do drzwi i okien, łuski do nabojów itp. Poszczególne gatunki noszą następujące nazwy handlowe: tombak czerwony (10—20% cynku), tombak żółty (28% cynku), półtombak (33% cynku), mosiądz na rury (37% cynku), mosiądz kujny (40% cynku) oraz mosiądz twardy czyli śrubowy (40% cynku i 2% ołowiu), w którym domieszka ołowiu polepsza skrawalność. Do wyrobu odlewów mosiężnych używa się tzw. mosiądzów odlewniczych, zawierających 30—34% cynku i domieszkę 3% ołowiu, polepszającą lejność. W powszechnym użyciu są liczne odlewy mosiężne jak kurki, zawory itp.

b) **Mosiądze specjalne.** Są to mosiądze, które oprócz miedzi i cynku zawierają jeszcze do 7,5% takich metali dodatkowych jak mangan, aluminium, cyna, nikiel itp. Dodatki te podnoszą znacznie podatność do obróbki plastycznej, a także wytrzymałość i twardość. Znane są pod rozmaitymi nazwami handlowymi jak metal Delta, metal Durana itp.

c) **Brązy zwykłe, czyli cynowe.** Są to stopy miedzi z cyną. Dodatek cyny wynosi do 20%. Mają one barwę pomarańczowo-żółtą do białą-żółtej, zależnie od zawartości cyny. Cyna umacnia i utwardza miedź

w znacznie większym stopniu niż cynk, tak, że już 6⁰/₀ cyny daje tę samą wytrzymałość co 40⁰/₀ cynku. Szczególną zaletą dodatku cyny do miedzi jest wywołanie tak dobrej lejukości, że brązy uznaje się za typowe stopy odlewnicze. Dalszą ceną cechą brązów jest ich znaczna odporność chemiczna (lepsza niż czystej miedzi). Są one odporne na atmosferę, wodę zwykłą i morską oraz liczne kwasy.

Brązy dzielimy na walcownicze i odlewnicze. Brąz walcowniczy zawiera 6⁰/₀ cyny. Posiada on wytrzymałość 40—50 kg/mm². Spotyka się go w handlu pod postacią prętów, blach, rur itp. Najbardziej typowymi są brązy odlewnicze, które zawierają do 20⁰/₀ cyny. Są one dość kruche, ale bardzo twarde, twardość ich dochodzi do 180 kg/mm² (zgniecionej mosiądzu twardego tylko do 150 kg/mm²). Służą one do wyrobu dzwoń, różnych części maszyn (zwłaszcza panewek, dzięki małemu tarcniu jakie daje brąz przy zetknięciu ze stalą), kół itp.

Specjalną odmianą brązów odlewniczych są tzw. brązy fosforowe, przy których produkcji dodaje się do stopu około 0,1⁰/₀ fosforu. Są one tak samo twarde jak brązy zwykłe, lecz mniej kruche (używane np. do wyrobu ślimacznicy i innych kół zębatach).

d) Stopy czerwone, czyli spiż. Są to stopy typowo odlewnicze, które obok 4—10⁰/₀ cyny, zawierają także 3—7⁰/₀ cynku i do 3⁰/₀ ołowiu. Zastąpienie części cyny przez cynk i ołów zmniejsza wprawdzie twardość (w porównaniu do brązów), ale ułatwia skrawalność, nie psując lejukości. Odporność chemiczna spiży jest nieco gorsza niż brązów cynowych, ale lepsza niż mosiądźców. Stosuje się je do odlewania części maszyn itp. Szczególnie często używanym jest specjalny gatunek spiży, tzw. brąz maszynowy.

e) Brązy specjalne. Są to stopy miedzi z aluminium, manganem, krzemem itp. Należą one do najbardziej wysokowartościowych stopów miedzi, gdyż są bardzo wytrzymałe i odporne chemicznie. Używa się je przeważnie pod postacią wyrobów, otrzymanych na drodze obróbki plastycznej, jak pręty, blachy, druty itp.

Z poszczególnych gatunków zasługują na omówienie:

Brązy aluminiowe. Zawierają 5—10⁰/₀ aluminium, są bardzo twarde i wytrzymałe (R dochodzi do 56 kg/mm²) oraz odporne na kwasy. Stosuje się je głównie w przemyśle chemicznym.

Brązy manganowe. Zawierają 5—6⁰/₀ manganu, są dość wytrzymałe (w stanie wyżarzonym R = 32—36 kg/mm² i A = 35—40⁰/₀) i szczególnie odporne na działanie pewnych substancji chemicznych, a zwłaszcza wody morskiej. Stosuje się je najczęściej w budownictwie okrętowym.

Brązy krzemowe. Zawierają około 12⁰/₀ krzemu, są bardzo wytrzymałe (R = 40—60 kg/mm²), odporne chemicznie, a ponadto dobrze przewodzą prąd elektryczny. Używa się je przeważnie jako druty na przewodniki telefoniczne i telegraficzne.

II. CYN K I JEGO STOPY

1. C y n k

Cynk występuje w przyrodzie pod postacią różnych rud, z których najważniejszą jest blenda cynkowa: związek cynku z siarką. Przeróbkę blendy na metal rozpoczyna się od jej prażenia, tj. ogrzewania w wysokiej temperaturze (około 1200°) przy obfitym dostępie powietrza. Podczas prażenia blenda przechodzi w blendę prażoną, tj. tlenek cynku, zaś siarka ulatuje z pieca pod postacią dwutlenku siarki. Rudę prażoną przerabia się po zmieszaniu z węglem w tzw. piecach muflowych, w których znajdują się liczne muflę, tj. komory z gliny ogniotrwałej ogrzewane z zewnątrz do wysokiej temperatury (około 1300°). Do tych muflę ładuje się rudę z węglem. W wysokiej temperaturze następuje redukcja tlenku cynku i metaliczny cynk wychodzi z muflę pod postacią pary, gdyż cynk jest metalem nie tylko łatwo topliwym, ale też łatwo wrzącym; w temperaturze ponad 907° zamienia się on całkowicie w parę. Parę cynku kieruje się z muflę do odpowiedniej komory, tzw. nadstawki, gdzie się skrapla i daje cynk ciekły, który się wlewa do form. Otrzymany przez taką destylację (proces odparowania z następnym skropleniem pary) cynk surowy jest jeszcze mało czysty; zawiera on przede wszystkim 2—3% ołowiu, ponadto zaś inne domieszki jak żelazo, kadm, arsen itp.

Cynk surowy oczyszcza się najpierw przez dłuższe wygrzewanie w odpowiednim piecu po uprzednim roztopieniu, przez co uwalnia się go od znacznej ilości ołowiu, który jako cięższy zbiera się na dnie. Tak przetopiony cynk zawiera już tylko 1—1,5% ołowiu i znajduje szerokie zastosowanie jako cynk rafinowany. Dla specjalnych celów produkuje się także cynk specjalnie czysty przez ponowną destylację cynku rafinowanego, albo przez bezpośrednie otrzymywanie z rud na drodze elektrolizy; w tym ostatnim wypadku mówimy o cynku elektrolitycznym. Takie czyste technicznie gatunki cynku zawierają najwyżej 0,01% domieszek.

Cynk jest dość ciężkim i łatwo topliwym metalem barwy niebieskavo-białej. Jego ciężar właściwy wynosi 7,1 g/cm³, zaś temperatura topnienia 419°. Bardzo dobry do lania, jest jednak w stanie lanim mało wytrzymały i kruchy ($R = 2-3$ kg/mm², przy A prawie równym zeru) i w tej postaci służy tylko do wyrobu tanich odlewów użytku codziennego. Lepsze własności posiada on w stanie obrobionym plastycznie. Cynk jest na zimno kruchy i nie plastyczny, ale w podwyższonej temperaturze daje się dobrze walcować i prasować. Temperatura obróbki plastycznej cynku rozpada się na dwa zakresy szczególnie dobrej obrabialności: 90—120° i 140—170°. Cynk obrobiony plastycznie w takich temperaturach jest znacznie wytrzymałszy od lanego ($R = 14-18$ kg/mm²) oraz tak ciągliwy ($A = 20-60\%$), że daje się następnie zginać na zimno. Cynk nie jest odporny na kwasy i ługi, ale za to na powietrzu zupełnie trwały, gdyż się pokrywa ochronną warstwą związku chemicznego. W handlu występuje cynk pod postacią płyt, blach i drutów. Zasadnicze

zastosowania: do pokrywania ochronnego stali, jako blacha do pokrycia dachów, wyrobu rur, wiader itp., jako drut (zamiast stalowego), do wyrobu stopów itp.

Cynk jest drugim, obok żelaza technicznego, metalem który w Polsce produkowało się w znaczniejszych ilościach. W roku 1936 wyprodukowaliśmy 92.600 ton cynku, stojąc pod względem produkcji na piątym miejscu na świecie (po Stanach Zjednoczonych, Belgii, Kanadzie i Niemczech), zaś na trzecim w Europie. Rudy polskie, a mianowicie blendy i uboższe galmany, znajdują się na Śląsku w Zagłębiu Bytomskim oraz w okręgu Olkusza i Siewierza; wydobywane są tylko na Śląsku (bogatsze) w dwu kopalniach. Hutnictwo cynku znajdowało się w rękach trzech wielkich przedsiębiorstw: Giesche, Hohenlohe i Śląskie Kopalnie i Cynkownie, które dysponowały czterema hutami destylacyjnymi i dwoma zakładami elektrolizy.

2. Stopy cynku

Technika stopów cynku była do chwili wybuchu obecnej wojny słabo rozwinięta. Znaczenie ich rośnie dopiero dzisiaj, gdyż państwom europejskim chodzi o wyzyskanie obfitego w Europie cynku jako namiastki miedzi i innych kosztownych metali.

Zasadniczymi dodatkami stopowymi dla cynku są aluminium, do 12%, oraz miedź, do 5%, które podnoszą jego wytrzymałość i twardość oraz zmniejszają kruchość; dodaje się też nieraz nieznaczne ilości magnezu. Stopy te, które występują w handlu pod różnymi nazwami, jako zamak, tenaks itp., można podzielić na dwie grupy: odlewnicze i do obróbki plastycznej. Stopy odlewnicze są najdawniej znane. Używa się ich głównie do wyrobu odlewów wtryskowych (niektóre części zegarków, maszyn, guziki, klamry itp.). Posiadają one w stanie lanym: R do 38 kg/mm², A = 2—6% i H do 120 kg/mm². Większe odlewy, jak panewki itp., sporządza się przez odlewanie zwykłe. Stopy walcowane i prasowane wchodzi do techniki dopiero teraz i znajdują coraz to liczniejsze zastosowania. Niektóre z nich, jak np. stop Zamak-Beta (9—11% aluminium i 1—2% miedzi) odpowiadają swymi własnościami mechanicznymi mosiądzom (R do 50 kg/mm², A 5—8% i H do 115 kg/mm²), są tylko mało odporne chemicznie (jak czysty cynk) i muszą być często pokrywane powłokami ochronnymi, metalicznymi lub niemetalicznymi.

III. OŁÓW I JEGO STOPY

1. Ołów

Najważniejsza ruda ołowiu nosi nazwę galeny. Jest to związek ołowiu i siarki. Galenę najpierw się praży przy obfitym dostępie powietrza, aby odpędzić i spalić siarkę, a następnie przerabia się w prażonkę (tlenek ołowiu) przez przetapianie z koksem w niskich piecach szybowych. Wytopiony w ten sposób ołów surowy zawiera jako

główną domieszkę srebro (do 1⁰/₀) i 1—2⁰/₀ innych metali. Rafinacja polega na odsrebrzeniu cynkiem (dodatek cynku tworzy na ołowiu lżejszą, nie mieszającą się z ołowiem warstwę, która rozpuszcza w sobie srebro), a następnie na utlenieniu domieszek w piecu płomiennym, jak przy rafinacji miedzi. Tak otrzymany ołów rafinowany, zwany też ołowiem miękkim, jest bardzo czysty i zawiera najwyżej 0,01⁰/₀ domieszek. Także i srebro, które wydobywa się w hutach ołowiu jako produkt uboczny, idzie do handlu po oczyszczeniu.

Ołów jest bardzo ciężkim (ciężar właściwy 11,34 g/cm³), ale łatwo topliwym (temperatura topnienia 327⁰) metalem barwy niebieskawo-białej. Jest on bardzo miękki, najmiększy ze wszystkich metali technicznych, i ciągliwy. Daje się dobrze odlewać, a także w dowolny sposób przerabiać plastycznie. Najczęściej obrabia się go plastycznie na zimno, gdyż przy zgnioście nie utwardza się. Wytrzymałość ołowiu jest bardzo mała: 2—3 kg/mm², ciągliwość bardzo duża: A = 40—50⁰/₀, zaś twardość tylko 4 kg/mm², (daje się łatwo rysować paznokciem). Na powietrzu pokrywa się szarą ochronną warstwą węglanu; jest także odporny na niektóre kwasy, a zwłaszcza siarkowy. Kwas solny atakuje go powoli. Słabe kwasy organiczne, występujące w pokarmach i roślinach, atakują go i dlatego w stanie czystym nie może być użyty do wyrobu naczyń użytku domowego, gdyż wszystkie produkty rozpuszczania się ołowiu są trujące. W ogóle wszystkie związki ołowiu, a także jego pary oraz pył są bardzo trujące.

W handlu spotyka się ołów pod postacią płyt, rur, blach, drutów itp. Najważniejsze zastosowania: kotły i rury dla przemysłu chemicznego (głównie przy pracy z kwasem siarkowym), różne aparaty, blachy do wykładania kadzi dla transportu kwasów itp. Znaczne ilości ołowiu używa się do wyrobu stopów.

Polska produkcja ołowiu skupia się w rękach tych samych zakładów przemysłowych, które produkują cynk, ponieważ rudy ołowiu wydobywa się w tych samych kopalniach co rudy cynku. Wydobycie ołowiu było jednak znacznie mniejsze niż cynku; w roku 1936 wyprodukowała Polska 15.000 ton ołowiu, zajmując 12-te miejsce w świecie.

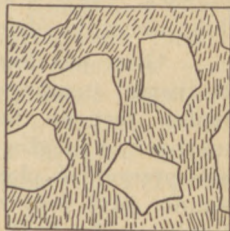
2. Stopy ołowiu

Ołów jest bardzo miękki i dlatego, jeśli chodzi o wyrób przedmiotów trwałych, dodaje się do niego z reguły inne metale celem utwardzenia. Ze stopów ołowiu wymienimy:

Ołów twardy. Jest to stop ołowiu z antymonem, kruchym i dość twardym metalem. Dodatek antymonu sięga 25⁰/₀. Ołów twardy jest znacznie twardszy od ołowiu (H = 10—15 kg/mm²) i służy do wyrobu płyt do akumulatorów, osłon do kabli elektrycznych, prostych odlewów itp. Jest on dobrze obrabialny plastycznie na zimno.

Ołów śrutowy. Jest to stop ołowiu i arsenu (do 1⁰/₀ arsenu). Arsen podnosi wartość ołowiu do około 10 kg/mm², a przede wszystkim nadaje kształt kulisty krzepnącym kroplom.

Metale białe czyli łożyskowe. Są to stopy ołowiu, cyny, antymonu i miedzi. Odróżnia się stopy bogate w ołów i bogate w cynę. Skład ich jest bardzo rozmaity i waha się w następujących granicach: ołów do 78,5⁰%, cyna 5—80⁰%, antymon 10—15⁰%, miedź 1,5—10⁰%. Służą one do wylwania panewek i łożysk (typowe stopy odlewnicze). Muszą one posiadać małe tarcie i o tyle niewielką twardość, aby się przy pracy same dopasowywały do stalowych czopów. Szczególną ich zaletą jest nierównomierne zużywanie się ziaren różnych składników budowy ziarnistej. Budowa ziarnista tych stopów składa się mianowicie z dużych i twardych kryształów, zawierających znaczną ilość składników twardych tj. miedzi i antymonu, oraz miękkiej, bogatej w ołów względnie cynę, osnowy (rys: 33). Przy pracy zużywa się prędzej osnowa, przez co pomiędzy twardymi ziarnami powstają kanały, którymi mogą z łatwością przepływać smary (bardzo dobre smarowanie). Twardość stopów łożyskowych wynosi 25—30 kg/mm².



Rys. 33

Stopy drukarskie, czyli czcionkowe, używane w drukarniach do wyrobu czcionek, odpowiadają swoim składem chemicznym bogatym w ołów stopom łożyskowym. Zawierają one do 22⁰% cyny, 25⁰% antymonu i do 0,5⁰% miedzi; resztę stanowi ołów. Ich twardość dochodzi do 25 kg/mm². Są one bardzo dobre do odlewania.

IV. ALUMINIUM I JEGO STOPY

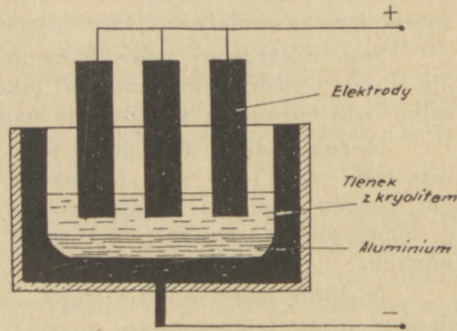
1. Aluminium

Aluminium jest metalem, który jest w przyrodzie bardzo rozpowszechniony pod postacią różnych związków. Występuje on nawet w glinie i ziemi rolnej. Jako surowca do racjonalnej produkcji używa się jednak właściwej rudy, tzw. boksytu, który jest związkiem tlenu glinu i wody, zanieczyszczonym przez różne domieszki, jak tlenki żelaza i krzemu. Produkcja aluminium wymaga pieców elektrycznych i jest związana z dużym rozchodem energii elektrycznej, dlatego też silnie jest rozwinięta w tych krajach, gdzie prąd elektryczny jest tani (Stany Zjednoczone, południowe Niemcy i Francja, Szwajcaria, kraje skandynawskie). W Polsce pierwsza huta aluminium była w budowie przed wojną (w Centralnym Okręgu Przemysłowym).

Aluminium produkuje się przez elektrolizę roztopionych surowców. Boksyt poddaje się najpierw oczyszczaniu na drodze chemicznej, aby otrzymać czysty tlenek. Tlenek ten, zmieszany z tzw. kryolitem (jest to związek glinu, sodu i fluoru), topi się w piecu elektrycznym (rys. 34), który jest zaopatrzony we wprowadzone od góry elektrody węglowe (połączone z biegunem dodatnim źródła prądu elektrycznego stałego) i obmurowany wewnątrz cegłami węglowymi. Do węglowego dna pieca doprowadza się prąd z bieguna

ujemnego. Po roztopieniu następuje elektroliza, przy której tlenek glinu rozkłada się: metal zbiera się na dnie, podczas gdy tlen wydziela się na elektrodach węglowych i stopniowo je spala. Proces prowadzi się przy temperaturze 950—1000^o, którą wytwarza sam prąd. Kryolit odgrywa jedynie rolę topnika. Roztopiony metal wybiera się od czasu do czasu z dna. Posiada on znaczną czystość (najwyżej 1^o/₁₀₀ domieszek obcych, przeważnie mniej) i idzie do handlu najczęściej bez specjalnej rafinacji. Tylko dla niektórych celów należy aluminium dodatkowo rafinować przez ponowną elektrolizę.

Aluminium jest metalem lekkim (jego ciężar właściwy wynosi tylko 2,7 g/cm³) barwy białej. Temperatura topnienia wynosi 658^o. Wytrzymałość w stanie lanym 7—10 kg/mm², walcowanym 8—15 kg/mm², przeciąganym na zimno 15—24 kg/mm², wydłużenie w stanie lanym i walcowanym 10—30^o/₁₀₀, przeciąganym 1—7^o/₁₀₀. Aluminium jest podatne do obróbki plastycznej przez walcowanie i kucie, pozwala się rozwałcowywać do najcieńszej blachy i wyciągać do bardzo cienkiego drutu. Silnie przegrzane napełnia dobrze formy odlewnicze. Dalszymi jego zaletami są: dobre przewodnictwo elektryczne oraz znaczna odporność chemiczna; na powietrzu nie podlega żadnym zmianom, gdyż cieniutka warstewka tlenku jest bardzo zwarta i chroni je doskonale; dzięki tej ochronnej warstewce jest też odporne na działanie licznych kwasów, a zwłaszcza słabych (wyrób naczyń kuchennych).



Rys. 34

W handlu spotyka się aluminium pod postacią bloków, płyt, blach, prętów, rur, drutu itp. Zastosowania aluminium: naczynia kuchenne, zbiorniki dla przemysłu chemicznego, części maszyn, samochodów, samolotów (mały ciężar właściwy), blacha do rozmaitych celów, przewodniki elektryczne itp. Znaczne ilości idą do produkcji stopów.

2. Stopy aluminium

Zasadniczą cechą stopów aluminium jest ich niski ciężar właściwy: od 2,8—3 g/cm³. Dzięki obecności dodatków stopowych są one wytrzymalsze od czystego aluminium (wytrzymałość niektórych dorównuje stali) i mają duże znaczenie w technice, zwłaszcza w przemyśle samochodowym i samolotowym,

Ważną właściwością niektórych stopów aluminium jest ich ulepszalność przez starzenie. Jeśli np. dural (skład chemiczny — patrz niżej) ogrzejemy od temperatury 500—520^o i gwałtownie oziębimy przez zanurzenie do wody, to początkowo nie stwierdzimy żadnego utwardzenia. Występuje ono jednak samorzutnie w miarę upływu

czasu; szybko oziębiony stop ma twardość 75 kg/mm², po jednym dniu już 110 kg/mm², zaś po 5 dniach 115 kg/mm². Jednocześnie ze wzrostem twardości rośnie wytrzymałość stopu, a ciągliwość nieco spada. Mówimy, że stop umacnia się, względnie ulepsza przez starzenie.

Wytlumaczenie tego zjawiska jest nieco inne niż hartowania stali. Przy stali sprawa wygląda w ten sposób, że silne chłodzenie nie zatrzymuje całkowicie budowy ziarnistej jednolitej (uzyskanej po ogrzaniu do wysokiej temperatury), lecz przez częściowy rozkład powstaje bardzo drobna budowa pośrednia, nośnik twardości, wytrzymałości i kruchości. Przy starzejących się stopach aluminium uzyskujemy natomiast przez szybkie ostudzenie całkowite zatrzymanie budowy ziarnistej, odpowiadającej temperaturom wyższymi, a dopiero później, w miarę upływu czasu, następuje samorzutnie częściowy jej rozkład, przez co powstają w stopie przemiany, wywołujące utwardzenie i umocnienie.

Stop utwardzony przez starzenie możemy zmiękczyć przez wyżarzanie w tak wysokiej temperaturze (około 400°), że powstanie budowa już całkowicie normalna, pozbawiona naprężeń.

Możemy także stop gwałtownie ochłodzony od wysokiej temperatury (500—520°), a więc zdolny do starzenia się i utwardzania, uchronić pewien czas od umacniania przez przechowanie go w komorach o temperaturze sztucznie obniżonej, np. przy pomocy maszyn chłodniczych.

Niektóre starzejące się stopy aluminium zdolne są do utwardzania dopiero przy temperaturze nieco podwyższonej. Do takich należy np. lताल, który po gwałtownym ostudzeniu od pewnej charakterystycznej temperatury, umacnia się dopiero podczas odpuszczania przy 100—150°.

Omówienie wszystkich stopów aluminium byłoby w ramach naszego podręcznika niemożliwe, gdyż istnieją ich całe setki, chociaż zachodzące pomiędzy nimi różnice są stosunkowo małe. Ograniczamy się do podania stopów najbardziej znanych.

a. Dural. Jest to stop najdawniej znany, zawierający 3,5—5,5% miedzi, 0,2—0,7% magnezu, 0,25—1% manganu i jeszcze mniejsze dodatki krzemu i żelaza. Widzimy, że skład stopu jest bardzo złożony, a więc i jego produkcja trudna, chociaż całkowita ilość dodatków nie przekracza 8—9%. Jednakże tylko przez tak skomplikowany skład można było wywołać efekt starzenia się w temperaturze pokojowej.

Własności mechaniczne duralu:

S t a n	R = kg/mm ²	A ⁰ / ₀	H kg/mm ²
Przed starzeniem	24	19	68
Po starzeniu (5 dni)	38—41	18—21	115
Zgnieciony po starzeniu	55—57	4—5	155—160

Z powyższego zestawienia wynika, że przez odpowiednią obróbkę można nadać stopowi własności równe stali konstrukcyjnej. Dural daje się dobrze kuć i prasować na gorąco, jest typowym stopem do obróbki plastycznej. W handlu występuje w formie prętów, blach i różnych części kutek. Wadą jego jest gorsza niż czystego aluminium odporność chemiczna, gdyż jest on odporny tylko na atmosferę; słabe kwasy, a nawet woda morską silnie go atakują.

b. **Lautal**, w Polsce znany też pod nazwą **alupolonu**, zawiera 4—4,8⁰/₀ miedzi i 1,2—2⁰/₀ krzemu. Starzeje się dopiero w podwyższonej temperaturze. Własności wytrzymałościowe w stanie zestarzonego: $R = 33-38 \text{ kg/mm}^2$, $A = 18-25\%$, $H = 90-120 \text{ kg/mm}^2$. Obrabialność plastyczna lautalu i jego formy handlowe, jak dural.

c. **Antykoro dal** (znany i produkowany na większą skalę w Szwajcarii) zawiera 0,65⁰/₀ magnezu, 1—2⁰/₀ krzemu i 0,7⁰/₀ manganu. Zdolny do starzenia. Po starzeniu mniej wytrzymały od poprzednich (w stanie zestarzonego $R = 26-35 \text{ kg/mm}^2$, $A = 10-25\%$ i $H = 60-100 \text{ kg/mm}^2$), za to odporniejszy chemicznie, zwłaszcza na działanie wody morskiej. Formy handlowe, jak dural.

d. **Hydronal**. Zawiera 5—10⁰/₀ magnezu. Nie posiada zdolności starzenia się, za to jest nie tylko dobrze obrabialny plastycznie, ale też odlewalny, ponadto bardzo odporny chemicznie (jak czyste aluminium). Już w stanie obrobionym plastycznie na gorąco posiada znaczną wytrzymałość ($R = 25-40 \text{ kg/mm}^2$, $A = 16-22\%$, $H = 55-85 \text{ kg/mm}^2$). Można go jeszcze bardziej umocnić przez zgniot. Formy handlowe jak dural; ponadto spotykany jest często pod postacią różnych odlewów.

e. **Silumin**. Jest to bardzo rozpowszechniony stop, zawierający około 13⁰/₀ krzemu. Nie starzeje się. Dobrze odlewalny i obrabialny plastycznie. Odporność na czynniki chemiczne — jak czystego aluminium. Spotykany w handlu zarówno w postaci blach, rur, prętów itp., jak też w formie rozmaitych, nawet najbardziej skomplikowanych odlewów. Własności mechaniczne: w stanie lanym $R = 17-20 \text{ kg/mm}^2$, $A = 4-8\%$, $H = 55-60 \text{ kg/mm}^2$, w stanie obrobionym plastycznie $R = 13-16 \text{ kg/mm}^2$, $A = 15-25\%$, oraz $H = 40-50 \text{ kg/mm}^2$.

Odporność chemiczną aluminium i jego stopów można zwiększyć przez obróbkę chemiczną. Prowadzi się ją w rozmaity sposób; znaczne zwiększenie odporności osiąga się przez zanurzenie do roztworu dwuchromianu potasu, który wywołuje powierzchniowe utlenienie. Najlepiej jest jednak poddać aluminium specjalnej obróbce elektrochemicznej, tzw. eloksalowaniu, przez którą grubość warstewki tlenkowej tak silnie rośnie, że metal staje się już całkowicie odporny na działanie wody morskiej. Dural, który jest mniej odporny od aluminium, można w wielu wypadkach chronić przez pokrycie go czystym aluminium (metoda platerowania).

V. CYNA I JEJ STOPY

I. Cyna

Cynę otrzymuje się przez topienie z węglem rudy tlenkowej, tzw. kamienia cynowego, czyli kasyterytu. Otrzymana w ten sposób cyna surowa jest poddawana rafinowaniu w podobny sposób jak surowka żelazna i miedź; w piecach płomiennych utlenia się jej domieszki. Cyna rafinowana zawiera tylko 0,25—1% domieszek.

Cyna jest bardzo łatwo topliwym (temperatura topnienia 232°) i dość ciężkim (ciężar właściwy 7,3 g/cm³) metalem barwy srebrzysto-białej. Jest ona bardzo miękka ($H = 12 \text{ kg/mm}^2$), tylko niewiele twardsza od ołowiu. Jest ona tak ciągliwa, że daje się już na zimno rozwałcowywać do najcieńszych blaszek. Daje się ona też dobrze odlewać. Cechami, które charakteryzują cynę specjalnie są: krzyk cynowy, tj. charakterystyczny szmer, który wydaje ona przy przeginaniu, oraz tzw. choroba cynowa, która polega na tym, że podczas dłuższego przebywania w niskich temperaturach metal poczyna się rozsyptywać na drobniutkie kryształki, które nie zachowują wzajemnego związku. Zaletą cyny jest jej kompletna odporność na czynniki atmosferyczne; także słabe kwasy nie atakują jej (stąd np. zastosowanie do wyrobu blachy białej, tj. cynowanej, służącej do wyrobu puszek na konserwy). W handlu spotyka się cynę głównie pod postacią lasek, tj. krótkich prętów. Używa się jej głównie do wyrobu stopów oraz cynowania blachy stalowej.

W Polsce cyny nie produkuje się z braku rud cynowych. Głównymi producentami cyny są: Półwysep Malajski, Indie Holenderskie, Anglia i Holandia:

2. Stopy cyny

a) Stopy cyny z ołowiem. Ołów dodaje się do cyny celem otrzymania tańszego materiału przy zachowaniu dużej odporności chemicznej, ciągliwości i barwy. Najbardziej znanym wytworem tego typu jest staniol (cynfolia), czyli cyna do pakowania, którą spotyka się w cienkich, znanych każdemu blaszkach. Zawiera ona do 2,5% ołowiu. Stopów z zawartością do 10% ołowiu używa się do wyrobu naczyń stołowych, zabawek itp.

b) Metale białe, czyli stopy łożyskowe. Stopy te omówiliśmy już przy ołowiu.

c) Luty cynowe. Luty te zostaną omówione w specjalnym rozdziale.

d) Inne stopy cyny. Najbardziej twarde stopy cyny otrzymuje się przy dodaniu do niej 10% antymonu i 3% miedzi. Używa się ich do wyrobu naczyń stołowych, pod takimi nazwami jak cyna cesarska itp.

VI. NIKIEL I JEGO STOPY

1. Nikiel

Nikiel otrzymuje się przez wielokrotne prażenie i topienie rud niklowych (tzw. garnieryty, piryty niklonośne itp.). Po rafinacji posiada on tylko 0,5—1% domieszek.

Jest to trudno topliwy (temperatura topnienia 1451°), ciężki (ciężar właściwy 8,8 g/cm³) i bardzo wytrzymały (w stanie kuty R = 45 kg/mm², A = 40—50%) metal barwy srebrzysto-białej. Jest dobry do obróbki plastycznej, natomiast żele odlewalny. Obok wysokiej wytrzymałości (tak wytrzymały jak stal konstrukcyjna miękka) ma on jeszcze inną ważną cechę, a mianowicie dużą odporność chemiczną: jest on odporny nie tylko na działanie powietrza i wody, ale też licznych kwasów i ługów. W stanie czystym stosuje się nikiel tylko dla celów specjalnych, jak do wyrobu monet, naczyń stołowych, instrumentów chirurgicznych i dentystycznych, różnych aparatów chemicznych itp. Spore ilości niklu idą do wyrobu stopów oraz niklowania innych metali.

W Polsce niklu nie produkuje się. Głównym producentem światowym jest Kanada (77% produkcji światowej).

2. Stopy niklu

Stopy niklu spotyka się w technice dość rzadko, gdyż pomimo ich cennych własności są one bardzo drogie. Używa się ich tylko do celów specjalnych. Wymienimy jedynie najważniejsze.

1) Metal Monela. Zawiera 28% miedzi, trochę żelaza i manganu: Jest dobrze obrabialny na gorąco i odporny chemicznie na kwasy i ługi. Posiada wysoką wytrzymałość (w stanie kuty R = 66 kg/mm², A = 24%), uzyskując w stanie zgniecionym własności mechaniczne stali konstrukcyjnych stopowych. Używa się go w przemyśle chemicznym, do wyrobu narzędzi lekarskich, na części maszyn narażonych na silne działania chemiczne itp.

2) Konstantan (60% miedzi i 40% niklu) oraz nikielin (67% miedzi i 33% niklu) są stopami na oporniki elektryczne (mają duży opór elektryczny, który tylko nieznacznie zmienia się ze zmianą temperatury).

3) Nowe srebro (inaczej argentan lub alpaka). Jest stopem zawierającym 60—65% miedzi, 12—22% niklu i 19—23% cynku. Posiada on srebrzystą barwę (stąd jego nazwa) i dużą odporność chemiczną na kwasy. Daje się dobrze obrabiać na gorąco i jest dość wytrzymały (R = 40—50 kg/mm², A = 40—60%, H = 80 kg/mm²). Używa się przeważnie do wyrobu noży, łyżek itp., jako namiastka srebra.

VII. MAGNEZ I JEGO STOPY

1. Magnez

Magnez należy do metali, które w technice nie są jeszcze każdemu dostatecznie znane, ponieważ jednak wielkość jego produkcji rośnie po

prostu w błyskawicznym tempie i należy on wobec tego do typowych objawów techniki XX wieku, musimy się nim zająć nieco bliżej. Jest to ten sam metal, który do niedawna znany był szerszemu ogółowi pod postacią taśmy lub proszku, używanego przez fotografów do wywoływania oślepiająco białego światła „magnezowego“, ponieważ jest w stanie rozdrobnionym bardzo palny. Technika zwróciła na ten metal uwagę już dawno, jako na metal o nadzwyczaj niskim ciężarze właściwym (który wynosi $1,74 \text{ g/cm}^3$) do wyrobu przedmiotów lekkich (głównie dla lotnictwa). Chodziło tylko o zwalczanie jego palności. Sprawa ta udała się, gdyż się okazało, że magnez jest palny tylko w stanie sproszkowanym, a w postaci zwartych przedmiotów zupełnie bezpieczny. Od tego czasu produkuje się magnez na coraz to większą skalę i stosuje do wyrobu stopów bardzo lekkich.

Magnez otrzymuje się z minerałów które go zawierają (jak karnalit, magnezyt, dolomit itp.) podobnie jak aluminium, to znaczy przez elektrolizę surowców roztopionych, po uprzednim ich chemicznym oczyszczeniu. Otrzymuje się metal technicznie czysty, zawierający najwyżej $0,3\%$ domieszek, które wylewa się w bloki, przy zachowaniu pewnych środków ostrożności, ponieważ metal ciekły łączy się chciwie ze składnikami powietrza (tlenem i azotem), a tlenki i azotki silnie go zanieczyszczają, niszcząc zwartość budowy. Należy zawsze przykrywać roztopiony magnez ochronną warstwą roztopionych soli, a przy odlewaniu nawet strumień metalu chronić przed atmosferą, posypując go pyłem siarkowym.

Magnez jest bardzo lekkim i łatwo topliwym (temperatura topnienia 650°) metalem barwy białej. W stanie metalicznie czystym nie ma zastosowania. Prawie całą jego produkcję przerabia się na stopy bardzo lekkie, pewne ilości magnezu służą jako dodatki stopowe do innych metali.

Największe ilości magnezu produkują Stany Zjednoczone oraz Niemcy. Polska huta magnezu była w budowie przed wojną.

2. Stopy magnezu

Stopy magnezu zawierają do 10% aluminium, a ponadto niewielkie ilości cynku (do 3%) i manganu (do 2%). W Polsce znane były one przeważnie pod nazwą „elektronów“.

Zasadniczą ich cechą jest duża lekkość (ciężar właściwy $1,8 \text{ g/cm}^3$), dzięki czemu nazywa się je w technice także stopami ultralekkimi. Ma to wielkie znaczenie dla lotnictwa, głównego konsumenta tych stopów.

Stopy te produkuje się w wielu gatunkach: jako stopy na odlewy piaskowe i kokilowe, do prasowania itp. Własności mechaniczne stopów prasowanych: R = $24-35 \text{ kg/mm}^2$, A do 16% , H = $40-75 \text{ kg/mm}^2$. Są one zatem mniej wytrzymałe od stopów lekkich aluminium, za to o wiele lżejsze. Odporność chemiczna stopów magnezu nie jest duża: są one odporne tylko na wpływy atmosferyczne, również na wodę morską; przez kwasy są atakowane. Odporność chemiczną można zwiększyć przez chemiczną obróbkę powierzchni, a mianowicie przez

zanurzenie do roztworu dwuchromianu potasu, zakwaszonego kwasem azotowym, który utlenia metal powierzchniowo, wywołując powstanie ochronnej warstewki tlenkowej.

Przy pracy należy zachować wszystkie te same ostrożności jak przy czystym magnezie: należy je topić pod ochronnymi warstwami solnymi, strumień ciekłego stopu posypywać sproszkowaną siarką, przy skrawaniu zaś zwracać uwagę na palność wiórów (są one, jako metal rozdrobiony, palne; ewentualne pożary należy gasić nie wodą ale przez posypywanie opiłkami żeliwnymi).

VIII. LUTY

Są to stopy służące do lutowania, tj. łączenia metali w ten sposób, że miejsce zetknięcia się części metalicznych jest zapełniane roztopionym lutem, który następnie krzepnie.

Zależnie od składu chemicznego lutu i jego wytrzymałości połączenie może być silniejsze lub słabsze. Zgodnie z tym odróżniamy luty twarde i miękkie.

1. Luty twarde

Są to stopy miedzi i cynku (46—58% cynku, a więc więcej niż w mosiądzach), które zawierają też niekiedy mały dodatek cyny, polepszający płynność ale obniżający wytrzymałość. Temperatura topnienia lutu musi być taka, aby przy lutowaniu topił się tylko lut, nie zaś łączone części. Osiąga się to przez odpowiedni stosunek miedzi i cynku. Temperatura topnienia lutów wynosi 320—900°. W handlu spotyka się je w postaci ziaren, opiłek, lub drutów. Służą one do łączenia części z miedzi, brązu, mosiądzu, żeliwa i stali.

Specjalnie wytrzymałe i elastyczne luty otrzymuje się przez dodatek srebra, nieraz do 45%. Luty takie nazywamy lutami srebrnymi.

2. Luty miękkie, czyli cynowe

Są to stopy cyny z ołowiem (30—85% cyny, reszta ołów), które się topią pomiędzy 180 a 250°; przez dodatek bizmutu lub rtęci można temperaturę topnienia jeszcze silniej obniżyć. Służą do łączenia części z miedzi, mosiądzu, cynku, ołowiu, żeliwa, blachy białej itp.

Oprócz tych lutów zasadniczych znane są także luty specjalne, jak np. lut do łączenia części aluminiowych (aluminium nie łączy się z ołowiem, należy więc ołów w lucie słabym zastąpić przez inne metale, np. cynk i srebro).

Przy lutowaniu chodzi o dobre zetknięcie się metalu łączonego z lutem. Osiąga się to przez chemiczne oczyszczanie powierzchni metalicznych od tlenków i tłuszczów (przy lutach mocnych boraksem, przy słabych specjalną "wodą do lutowania", zawierającą chlorek cynku i salmiak).

SPIS RZECZY

ROZDZIAŁ I

WIADOMOŚCI PODSTAWOWE

3—25

I. Metale techniczne i stopy oraz ich podział	3
1. Metale techniczne	3
2. Stopy	4
3. Podział metali technicznych i stopów	4
II. Budowa wewnętrzna metali i stopów	6
III. Własności mechaniczne metali i stopów	7
1. Wytrzymałość	7
2. Twardość	12
IV. Ogólne wiadomości o obróbce metali	14
1. Odlewanie	14
2. Obróbka plastyczna	17
3. Obróbka cieplna	21
4. Skrawanie	23
V. Korozja metali i stopów	24

ROZDZIAŁ II

ŻELAZO TECHNICZNE

26—49

I. Surówka żelazna	26
1. Otrzymywanie surówki żelaznej	26
2. Różne gatunki surówki żelaznej	29
3. Domieszki w surówkach żelaznych	29
II. Żeliwo	30
III. Żeliwo kowalne (kujna leizna)	31
IV. Stal	31
1. Stal zgrzewna	32
a) Otrzymywanie stali zgrzewnej	32
b) Własności stali zgrzewnej	33
2. Stal zlewna	33
a) Różne metody otrzymywania stali zlewnej	38
b) Gatunki, własności i zastosowanie stali zlewnych	35
3. Stale szlachetne	37
1) Różne metody otrzymywania stali szlachetnych	37
2) Gatunki stali szlachetnych według zastosowania	39
V. Stal lana (staliwo)	44

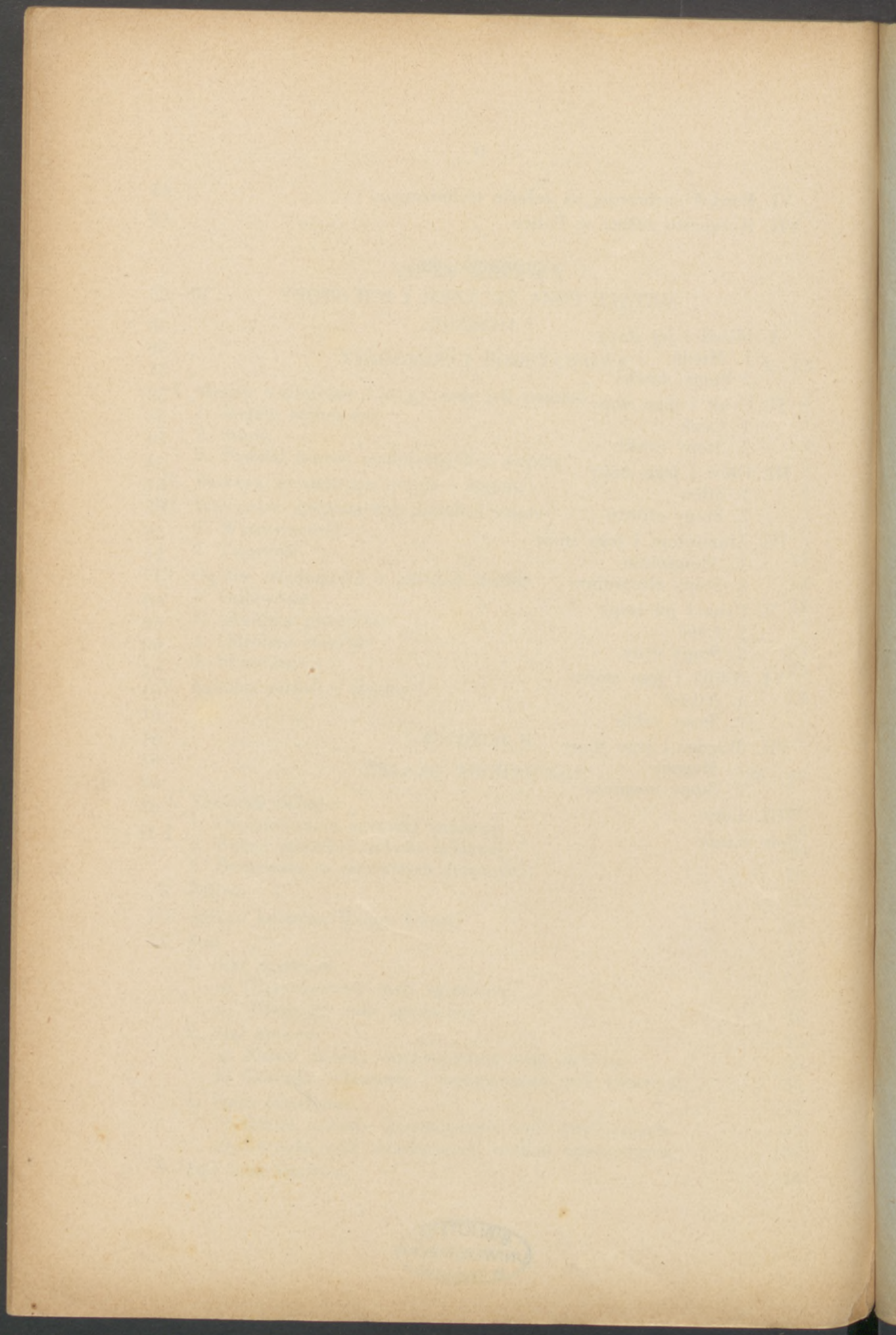
II

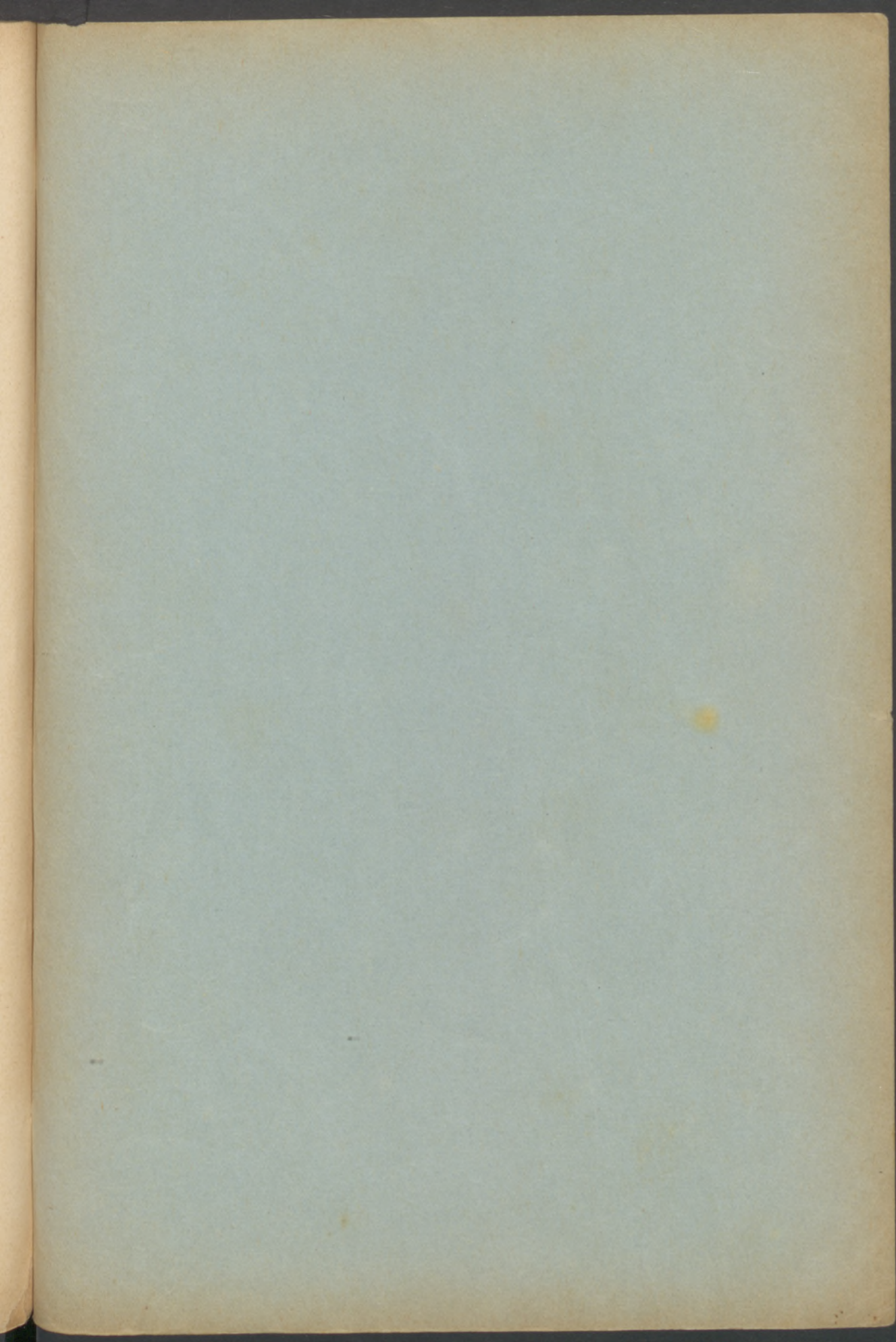
VI. Powłoki ochronne na żelazie technicznym	45
VII. Hutnictwo żelaza w Polsce	48

ROZDZIAŁ III

METALE POZA ŻELAZEM I ICH STOPY 50—63

I. Miedź i jej stopy	50
1. Miedź	50
2. Stopy miedzi	51
II. Cynk i jego stopy	53
1. Cynk	53
2. Stopy cynku	54
III. Ołów i jego stopy	54
1. Ołów	54
2. Stopy ołowiu	55
IV. Aluminium i jego stopy	56
1. Aluminium	56
2. Stopy aluminium	57
V. Cyna i jej stopy	60
1. Cyna	60
2. Stopy cyny	60
VI. Nikiel i jego stopy	61
1. Nikiel	61
2. Stopy niklu	61
VII. Magnez i jego stopy	61
1. Magnez	61
2. Stopy magnezu	62
VIII. Luty	63
Spis rzeczy	I-II





Arch. Emigracji
Biblioteka

Główna
UMK Toruń

1393261

Biblioteka Główna UMK



300021016721