
1. Materiały konstrukcyjne

1.1. Właściwości metali i ich stopów

Występujące w przyrodzie pierwiastki można podzielić na metale i niemetale.

Metale mają następujące cechy różniące je od niemetali:

- dobrą przewodność elektryczną,
- przewodnictwo cieplne,
- własności magnetyczne,
- plastyczność,
- charakterystyczny połysk (metaliczny),
- nieprzezroczystość.

Własności te wynikają z budowy wewnętrznej metali – z wiązań pomiędzy atomami tworzącymi ich strukturę. Metale najczęściej występują w przyrodzie jako składniki różnych minerałów lub rud. Rudy są to naturalne skupienia minerałów, zawierających metale lub ich związki (np. siarczki, tlenki, węglany). Ze względu na niekorzystne własności wytrzymałościowe metale chemicznie czyste stosuje się w technice rzadko. Do budowy maszyn stosuje się najczęściej stopy metali i niemetali.

Stopy metali są to substancje o własnościach metalicznych, otrzymywane przez stopienie i zmieszanie dwóch lub więcej metali albo metali z niemetalami. Stopy metali mają lepsze własności mechaniczne i technologiczne niż czyste metale. Korzystną własnością czystych metali jest ich większa odporność na niszczące działanie czynników chemicznych i elektrochemicznych, czyli na korozję.

Własności metali i ich stopów dzieli się na:

- chemiczne,
- fizyczne,
- mechaniczne,
- technologiczne.

Badaniem tych własności zajmuje się nauka zwana metaloznawstwem.

Do **własności chemicznych** metali i ich stopów zalicza się odporność na działanie środowiska zewnętrznego (kwasów, zasad, temperatury, gazów, wilgotności itp.), tj. na korozję. Metale o dużej odporności na korozję to platyna, złoto i srebro oraz stopy żelaza z chromem i niklem.

Własności fizyczne metali i ich stopów to gęstość, temperatura topnienia, temperatura wrzenia, ciepło właściwe, przewodnictwo cieplne, przewodność elektryczna, magnetyzm i rozszerzalność cieplna. Własności fizyczne zestawiono w tablicy 1-1.

Przykładowe własności fizyczne metali i ich stopów

Własność	Definicja	Jednostka	Przykłady
Gęstość	Stosunek masy ciała jednorodnego do jego objętości	kg/m ³ , g/cm ³	Metale o małej gęstości (lekkie): aluminium, sód, magnez i ich stopy. Metale o dużej gęstości (ciężkie): żelazo, nikiel, miedź, platyna, ołów i ich stopy
Temperatura topnienia	Temperatura, w której następuje przemiana ze stanu stałego w stan ciekły	°C, K	Metale łatwo topliwe, których temperatura topnienia wynosi do 650°C: cynk, cyna, bizmut, kadm, magnez, ołów. Metale trudno topliwe, których temperatura topnienia wynosi od 650°C do 2000°C: chrom, kobalt, miedź, nikiel, platyna, żelazo. Metale bardzo trudno topliwe, których temperatura topnienia wynosi powyżej 2000°C: wolfram, molibden, tantal. Metale mają stałą temperaturę topnienia, natomiast stopy nie
Temperatura wrzenia	Temperatura, w której następuje przemiana ze stanu ciekłego w stan gazowy	°C, K	Łatwo wrzące metale: kadm i cynk, których temperatura wrzenia wynosi odpowiednio 767°C i 907°C
Ciepło właściwe	Ciepło potrzebne do zwiększenia temperatury ciała o masie 1 kg o 1 stopień	J/(kg·K)	Cyna 222 J/(kg·K). Cynk 389 J/(kg·K). Mosiądz 387 J/(kg·K). Żelazo 452 J/(kg·K). Platyna 136 J/(kg·K). Ciepło właściwe zależy od rodzaju substancji, temperatury i sposobu ogrzewania
Rozszerzalność cieplna	Wzrost objętości lub długości ciała pod wpływem wzrostu temperatury	1/K	Największą rozszerzalność cieplną wykazuje kadm, a najmniejszą wolfram α – współczynnik rozszerzalności liniowej, β – współczynnik rozszerzalności objętościowej
Przewodność elektryczna	Zdolność przewodzenia prądu elektrycznego (odwrotność oporu elektrycznego)	S (simens)	Największą przewodność elektryczną wśród metali mają srebro, miedź, złoto, aluminium. Przewodność maleje wraz ze wzrostem temperatury przewodnika

Własności mechaniczne metali i stopów

Własności te stanowią zespół cech określających zdolność do przeciwstawiania się działaniu sił zewnętrznych oraz zmian temperatury. Pod wpływem działania tych sił mogą nastąpić odkształcenia, a w przypadku niedostatecznie wytrzymałej konstrukcji — nawet zniszczenie danej części.

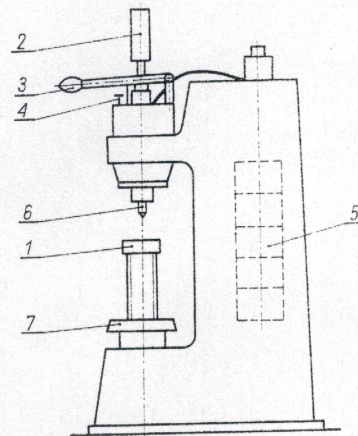
Do własności mechanicznych zalicza się: wytrzymałość, twardość i uderność, czyli odporność na uderzenia.

Wytrzymałość jest określona jako stosunek największej wartości obciążenia uzyskanego w czasie próby wytrzymałościowej do pola powierzchni przekroju poprzecznego badanego elementu. W zależności od rodzaju obciążeń rozróżnia się wytrzymałość na rozciąganie, ściskanie, zginanie, skręcanie, ścinanie i wyboczenie.

Twardość określa odporność materiału na odkształcenia trwałe, powstające wskutek wciskania weń węgelnika. Próby twardości dokonuje się sposobem: Brinella, Rockwella i Vickersa.

Próba twardości **sposobem Brinella** polega na statycznym wciskaniu w określonym czasie twardej kulki w powierzchnię metalu. Próby dokonuje się na twardościomierzu Brinella (rys. 12-1), stosując kulki o średnicach 1, 2, 2,5, 5 i 10 mm i siłę nacisku w granicach 10 ÷ 30 000 N.

Średnicę próbki dobiera się w zależności od grubości badanego materiału, a wartość siły obciążającej w zależności od rodzaju materiału i średnicy kulki. Po wykonaniu próby mierzy się, za pomocą specjalnej lupy z podziałką, średnicę odcisku i z odpowiednich tabel odczytuje się twardość Brinella, oznaczaną HB. Dokładny przebieg próby, tabele do doboru średnicy kulki i siły obciążającej oraz tabele do odczytania wyników zawiera norma PN-91/H-04350. Metoda Brinella nadaje się do badania metali i stopów nieżelaznych, żeliwa i stali nieutwardzonej.

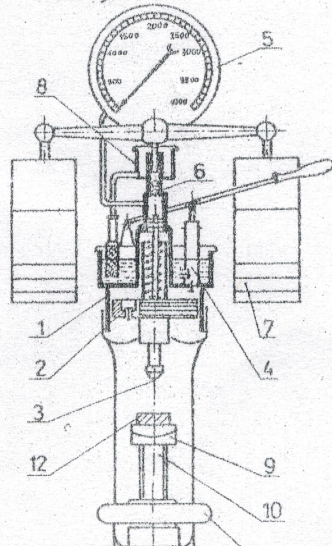


Rys. 12-1. Twardościomierz Brinella
1 — stół twardościomierza, 2 — manometr, 3 — dźwignia pompki, 4 — zawór, 5 — obciążniki, 6 — oprawka z kulka, 7 — kółko do przesuwania stołu

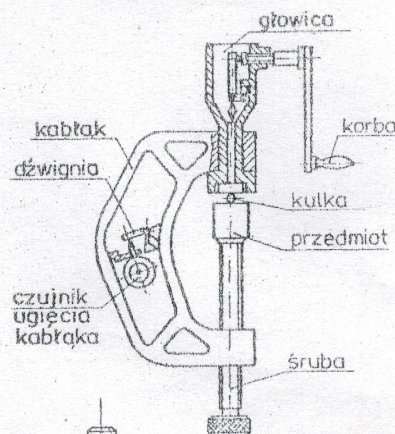
TWARDOŚCIOMIERZE BRINELLA

TWARDOŚCIOMIERZ TYPU ALPHA

- | | |
|------------------|----------------------|
| 1- cylinder | 7- ciężarki |
| 2- tłok | 8- przewód |
| 3- węgelnik | 9- kutista podkładka |
| 4- pompa | 10- śruba |
| 5- manometr | 11- kółko ręczne |
| 6- zawór zwrotny | 12- próbka |



TWARDOŚCIOMIERZ PRZENOŚNY PZ 3



PRZYRZĄD DO PRÓB PORÓWNAWCZYCH SPOSOBEM HUTY POLDI

oprawka
wzorzec

Własności technologiczne metali i stopów

Własności technologiczne określają przydatność materiału w procesach wytwarzania przedmiotów. Do własności technologicznych zalicza się leżność (własności odlewnicze), plastyczność i skrawalność.

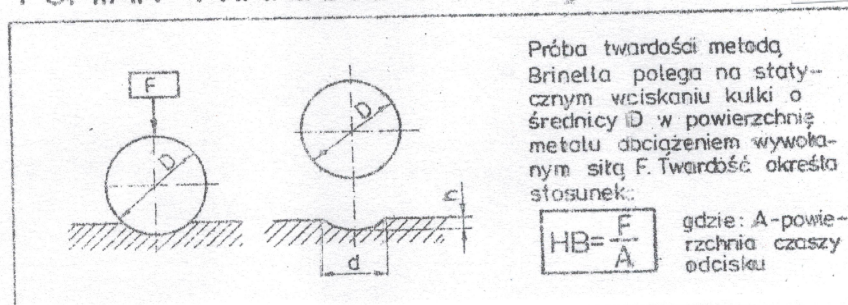
Leżność, czyli zdolność ciekłego metalu lub stopu do wypełniania formy odlewniczej, zależy od składu chemicznego, struktury i temperatury ciekłego metalu. Dla określenia leżności stosuje się próbę odlewania spirali o znormalizowanych wymiarach. Im większa jest leżność metalu, tym dłuższy odcinek spirali zostanie w czasie odlewania wypełniony metalem.

Plastyczność określa zdolność ciał stałych do osiągnięcia znacznych odkształceń trwałych pod działaniem sił zewnętrznych bez naruszania spójności. Inaczej — jest

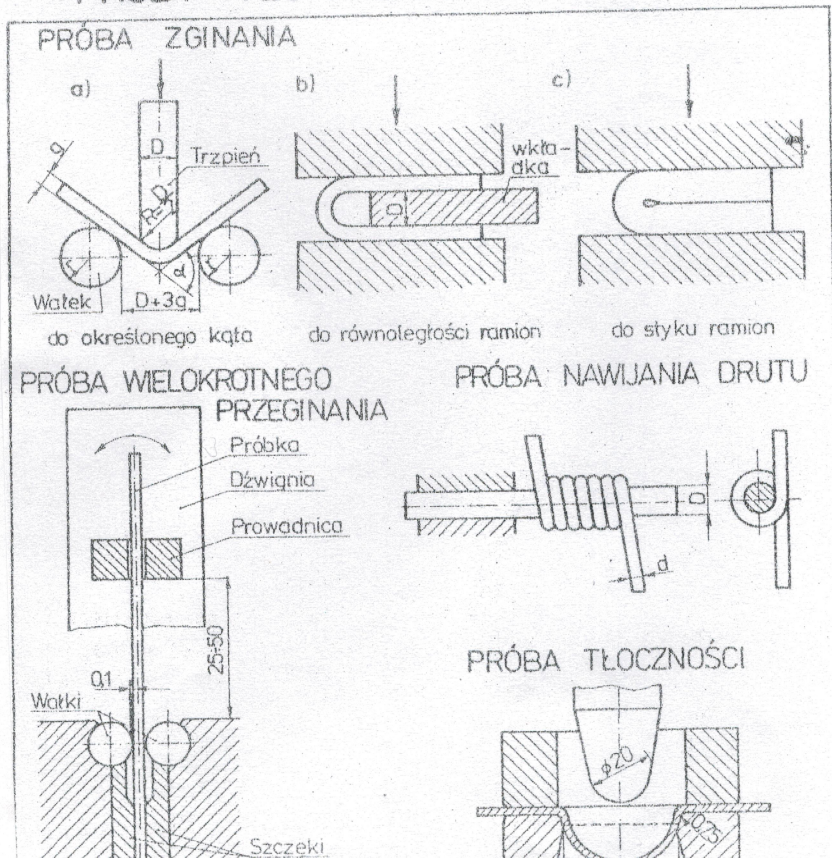
to przydatność materiału do obróbki plastycznej, czyli do kucia, tłoczenia, walcowania itp. Przydatność materiału do kucia sprawdza się stosując próby spęczania i spłaszczania metali. Technologiczna próba zginania określa zdolność materiału do odkształceń plastycznych podczas zginania. Przydatność blach do tłoczenia określa się stosując próbę tłoczności blach metodą Erichsena.

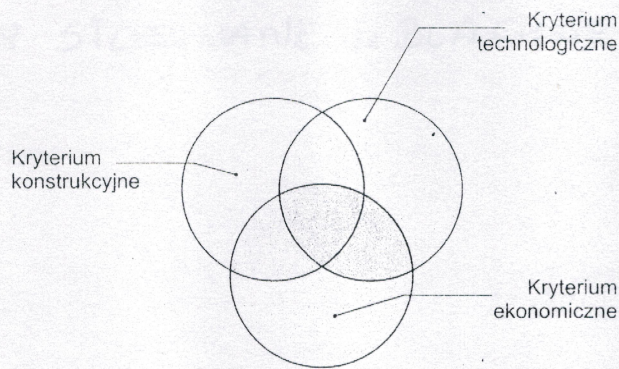
Skrawalność, czyli podatność materiału do obróbki skrawaniem, bada się stosując próby, podczas których określa się powierzchnię skrawaną oraz rodzaj wiórów.

POMIAR TWARDOŚCI METODĄ BRINELLA



PRÓBY TECHNOLOGICZNE





Rys. 60.2. Powiązanie kryteriów doboru materiałów

Do budowy elementów podwozi stosuje się głównie stale i żeliwa.

Stale

Ze stali niestopowej konstrukcyjnej zwykłej jakości wykonuje się m.in.:

- **St2** – nity, podkładki, zawiasy,
- **St2S** – podłużnice ramy spawanej.

Ze stali niestopowej konstrukcyjnej wyższej jakości – 20 – wykonuje się m.in. drążki kierownicze.

Ze stali stopowej konstrukcyjnej do ulepszania cieplnego wykonuje się m.in.:

- **30H** – satelity mechanizmu różnicowego,
- **35HGS** – półosie napędowe.

Ze stali sprężynowej wykonuje się m.in.:

- **50HS** – resory piórowe,
- **60S2** – pierścienie osadczce,
- **85** – sprężyny śrubowe silnie obciążone.

Ze stali na łożyska toczne – LH15, LH15GS – wykonuje się m.in. bieżnie łożysk, kulki, wałeczki.

Ze stali odpornych na korozję (nierdzewnych) wykonuje się m.in.:

- **TH13** – elementy ozdobne,
- **H17** – elementy wycieraczek, elementy ozdobne, cysterny, nadwozia do przewozu artykułów spożywczych,
- **OH18N10T** – złącza przewodów hydraulicznych.

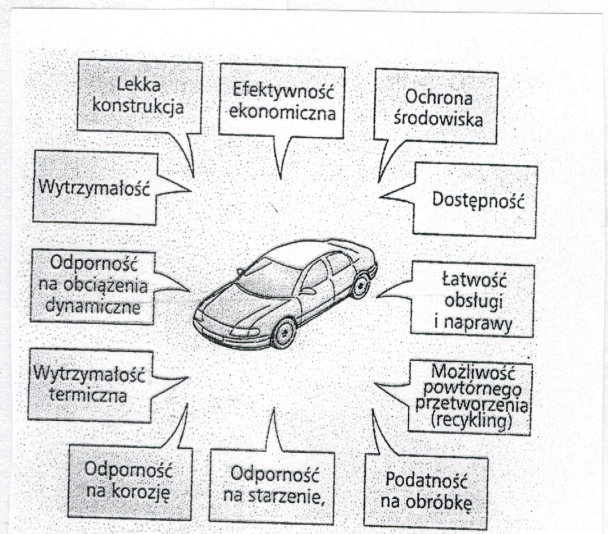
Ze stali mikrostopowych o podwyższonej wytrzymałości (HSLA, HSS, MHZ, BHS) wykonuje się m.in.:

- **wsporniki skrzyń biegów,**

O rodzaju i jakości zastosowanej blachy decyduje przeznaczenie elementu, który ma być z niej wykonany. Oto wykaz podstawowych gatunków stali.

- **LSS** – stal o niskiej wytrzymałości (ang. *Low Strength Steel*),
- **stal miękka** (ang. *Mild Steel*),
- **stal tłoczna** (IF – ang. *Interstitial Free*),
- **HSS** – stal o podwyższonej wytrzymałości (ang. *High Strength Steel*), stal tłoczna izotropowa (IS – ang. *Isotropic*),
- **stal typu BH umacniana wydzieleniowo** (BH – ang. *Bake Hardenable*),
- **stal CMn** (węglowo-manganowa),
- **stal wysokowytrzymała niskostopowa** (HSLA – ang. *High Steel Low Alloy*),
- **UHSS** – stal o wysokiej wytrzymałości (ang. *Ultra High Strength Steel*),
- **stal ferrytyczno-martenzytyczna** (DP – ang. *Dual Phase*),
- **stale typu CP** (ang. *CP – Complex Phase*),

- **stale typu TRIP** (TRIP – ang. *Transformation Induced Plasticity*),
- **stale martenzytyczne** (Mart – ang. *Martensitic*),



Rys. 65.2. Kryteria wyboru materiałów.

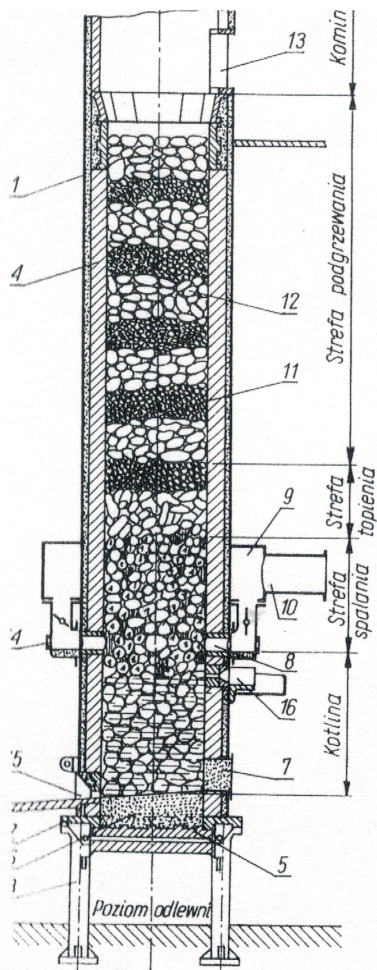
Żeliwo

Otrzymywanie żeliwa

Żeliwo otrzymuje się przez przetopienie surówki z dodatkiem złomu żeliwnego i stalowego w piecu zwanym **żeliwiakiem**. Żeliwiak jest wykonany z blachy stalowej wyłożonej wewnątrz materiałem ogniotrwałym. Metale przeznaczone do topienia (surówki odlewnicze, złom żeliwny, złom stalowy oraz żelazostopy) zasypuje się na przemian z koksem i topnikiem (kamieniem wapiennym) od góry przez specjalny otwór, zwany oknem wsadowym (rys. 13-7). Powietrze potrzebne do spalania koksu doprowadza się przez otwory, zwane dyszami. Stopione żeliwo gromadzi się u dołu na trzonie pieca, skąd przez otwór spustowy w ścianie jest spuszczone okresowo do kadzi.

Rodzaje żeliwa

Żeliwo odznacza się dobrymi własnościami odlewniczymi i jest używane do wyrobu wielu części samochodów i maszyn wytwarzanych odlewaniem. Węgiel zawarty w żelwie może występować w postaci grafitu lub cementytu. Zawartość krzemu i wolne stygnięcie odlewu sprzyja wydzieleniu się węgla w postaci grafitu, a zawartość manganu i szybkie stygnięcie wpływa na wydzielenie się węgla w postaci cementytu. Żeliwo, w którym węgiel wydzielił się w postaci grafitu, nazywa się **żeliwem szarym**, a żeliwo, w którym węgiel wydzielił się w postaci cementytu, nosi nazwę **żeliwa białego**. Rozróżnia się następujące rodzaje żeliw: szare, białe, modyfikowane sferoidalne, ciągliwe i stopowe.



rys. 13-7. Żeliwiak bez zbiornika

1 — płaszcz stalowy, 2 — płyta podstawa, 3 — kolumny, 4 — wykładzina ogniotrwała, 5 — drzwiczki denne, drzwiczki włazowe, 8 — dysze, skrzynia powietrzna, 10 — przewód wietrzny, 11 — warstwa koksu i topnika, 12 — warstwa wsadu metalowego, okno wsadowe, 14 — wżelnik, otwór spustowy żeliwa, 16 — otwór spustowy żelza

Żeliwo szare oznacza się symbolem ZI w połączeniu z trzycyfrowym znakiem określającym wytrzymałość na rozciąganie w MPa. Żeliwo ZI350 zostaje poddane w procesie otrzymywania modyfikacji — przez dodanie przy spuszczeniu z żeliwiaka żelazokrzemu lub wapnia — co zapewnia duże rozdrobnienie struktury oraz wydzielenie grafitu i znacznie poprawia własności mechaniczne.

Żeliwo szare znalazło zastosowanie przede wszystkim na odlewy kadłubów obrabiarek, silników spalinowych i innych urządzeń oraz płyty fundamentowe. Żeliwo ZI350 stosuje się na bardziej odpowiedzialne części, między innymi na tuleje cylindrowe silników spalinowych oraz tarcze dociskowe sprzęgieł i bębny hamulcowe samochodów.

Żeliwo białe nie nadaje się na części konstrukcyjne, gdyż ze względu na dużą zawartość cementytu jest twarde, kruche i nieobrabialne. Zastosowanie znajduje jedynie żeliwo zabielenie, którego struktura przy powierzchni zawiera odporny na ścieranie cementyt, podczas gdy reszta odlewu zawiera węgiel w postaci grafitu. Odlewy z żeliwa białego wykonuje się przede wszystkim jako produkt wyjściowy do otrzymania żeliwa ciągliwego.

Żeliwo modyfikowane charakteryzuje się rozłożonym grafitem płytkowym na drobnym podłożu perlitycznym. Otrzymuje się je przez dodanie do żeliwa ciekłego tzw. modyfikatorów, np. stopu krzemu z wapniem. Wytrzymałość na rozciąganie żeliwa modyfikowanego po obróbce cieplnej dochodzi do 600 MPa.

Żeliwem sferoidalnym nazywa się żeliwo, w którym grafit występuje w postaci kulistej (sferoidalnej) i otrzymuje się je w wyniku dodania magnezu do ciekłego żeliwa.

Żeliwo ciągliwe otrzymuje się przez długotrwałe wyżarzanie odlewów z żeliwa

Materiały niezelazne: Aluminium i jego stopy

Czyste aluminium wykorzystuje się w elektrotechnice (np. druty) oraz w przemyśle spożywczym (np. folie), w innych przemysłach stosuje się stopy aluminium, głównie z krzemem, miedzią, manganem i niklem.

Stopy aluminium dzieli się na:

- stopy odlewnicze,
- stopy do obróbki plastycznej.

Właściwości wybranych stopów aluminium

Gatunek	Skład chemiczny średni [% (reszta - Al)]					Zastosowanie
	Si	Cu	Mg	Mn	Ni inne	
AlSi11	11,5	-	-	-	-	średnio obciążone złożone odlewy, odporne na wodę morską
AlSi9Mg	9,5	-	0,3	0,3	-	silnie obciążone duże odlewy
AlSi6Cu4	6	4	0,2	0,45	-	średnio i silnie obciążone odlewy cienkościenne
AlSi3Mg1CuNi	12,75	1	1,2	-	1	łoki silników spalinowych
AlSi21 CuNi	21,5	1,3	0,7	0,2	0,9	silnie obciążone łoki silników spalinowych
AlCu4	-	4,5	-	-	-	odlewy wymagające dobrej lejućności
AlCu4TiMg	-	4,6	0,25	-	0,25Ti	części motoryzacyjne i maszynowe
AlCu7Si5	5	6,5	0,35	-	-	części silników samochodowych pracujące w podwyższonej temperaturze
AlMg10	-	-	10	-	-	odlewy o dużej odporności na korozję
AlMg5Si1	1	-	5	0,25	-	odlewy o dużej odporności na korozję

Do popularnych stopów aluminium przeznaczonych do obróbki plastycznej zalicza się:

- aluman - stop aluminium z manganem - charakteryzujący się bardzo dobrą podatnością na obróbkę plastyczną, dobrze spawalny i odporny na korozję, stosowany na blachy, rury i kształtki, głównie w przemyśle spożywczym,
- hydronalium - grupa stopów aluminium z magnezem i manganem - charakteryzująca się dobrą spawalnością i plastycznością, stosowana jako blachy i kształtowniki na średnio obciążone elementy konstrukcyjne,
- dural - wspólna nazwa stopów Al., Cu, Mg oraz Al., Zn, Mg, Cu - charakteryzująca się dość znaczną wytrzymałością mechaniczną, praktycznie niespawalne, słabo odporne na korozję, stosowane w postaci blach, kształtowników i odkuwek na silnie obciążone elementy maszyn.

Miedź i jej stopy

Czysta miedź ma bardzo dobre właściwości plastyczne, przewodnictwo cieplne i elektryczne, jej właściwości mechaniczne są niewielkie, w stanie czystym stosowana przede wszystkim w elektrotechnice. Główne stopy miedzi to:

- mosiądze,
- brązy.

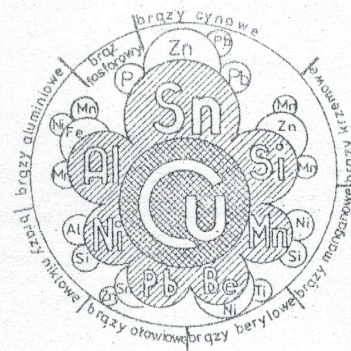
Mosiądz to stop miedzi z cynkiem, charakteryzuje się odpornością na korozję, plastycznością, dobrą lejućnością i skrawalnością. Mosiądze można spawać oraz lutować.

Brąz to stop miedzi z cyną lub z aluminium lub z manganem lub z innymi pierwiastkami. Brązy można odlewać oraz obrabiać plastycznie.

Najpopularniejsze zastosowanie znalazły brązy cynowe. Tablica 1 przedstawia przykłady mosiądzów do obróbki plastycznej, zaś tablica 2 brązy obrabiane plastycznie.

Znak, cecha	Rodzaje wyrobów	Właściwości, zastosowanie
CuZn15 M85	blachy, pasy, taśmy, rury	bardzo podatny na przeróbkę plastyczną: umacniany przez zgniot; do głębokiego tłoczenia; wyroby artystyczne, membrany, węzownice
CuZn30 M70	blachy, pasy, taśmy, rury	łuskowy; do przeróbki plastycznej na zimno; chłodnice, wymienniki ciepła
CuZn40 M60	taśmy, pręty	części kute, wytłaczane, śruby
Al 1 Fe1 Mn1 MA58	rury, pręty	dobrze skrawalny; elementy aparatury, elementy ślizgowe, odkuwki na gorąco
CuZn40Pb2 M058B	blachy, pasy, rury, pręty	bardzo dobrze skrawalny (stop automatowy); łożyska, aparatura
CuZn20Al2 MA77	rury	bardzo odporny na korozję; rury skraplaczy, wymienników ciepła, przemysł okrętowy
CuZn31Si1 MK68	pręty, rury	dobre właściwości ślizgowe; elementy ślizgowe
CuZn38Sn1 MC62	blachy, pasy, rury, pręty, kształtowniki	dna sitowe, przemysł okrętowy
CuZn40Mn MM58	blachy, pasy	przemysł okrętowy, architektura, elementy aparatury

STOPY MIEDZI



Tworzywa sztuczne

16.1. Wiadomości ogólne

Tworzywa sztuczne są to wielkocząsteczkowe materiały organiczne, przeważnie o skomplikowanej budowie chemicznej, którym w określonych warunkach, tzn. przy odpowiedniej temperaturze i ciśnieniu można nadawać określone kształty. Poza związkiem wielkocząsteczkowym tworzywa sztuczne zawierają dodatkowe składniki, które nadają im własności użytkowe. Są nimi: stabilizatory, utwardzacze, napelniacze, zmiękczacze, barwniki i inne.

Do zalet tworzyw sztucznych zalicza się:

- dobrą, a niekiedy bardzo dobrą odporność chemiczną,
- łatwość formowania wyrobów nawet o skomplikowanych kształtach,
- dobre własności mechaniczne, bardzo dobre własności izolacyjne i małą gęstość,
- łatwość otrzymywania wyrobów o estetycznym wyglądzie oraz barwie, a także uzyskiwanie wyrobów przezroczystych,
- możliwość stosowania ich w różnorodnej postaci, czyli jako tworzywa konstrukcyjne, materiały powłokowe, spoiwa, kleje, kity i włókna syntetyczne.

Do wad tworzyw sztucznych zalicza się:

- niższą wytrzymałość i twardość niż metali i ich stopów,
- małą odporność na działanie podwyższonej temperatury.

16.2. Rodzaje i zastosowanie tworzyw sztucznych

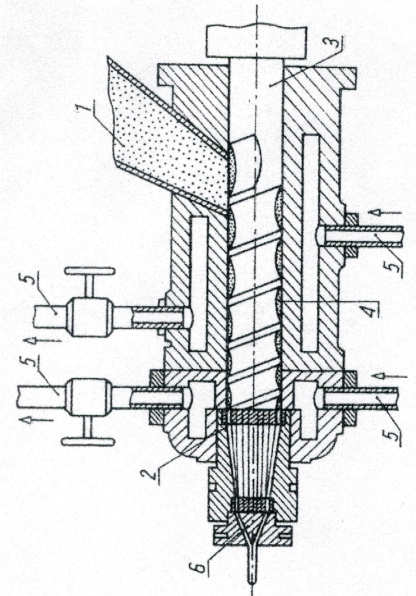
Zależnie od własności chemicznych związków wielkocząsteczkowych wchodzących w skład tworzyw sztucznych rozróżnia się tworzywa termoplastyczne i termoutwardzalne oraz chemoutwardzalne.

Tworzywa termoplastyczne (termoplasty) każdorazowo pod wpływem działania podwyższonej temperatury stają się miękkie, a po obniżeniu temperatury z powrotem stają się twarde i sztywne. Umożliwia to wielokrotną przeróbkę tych tworzyw.

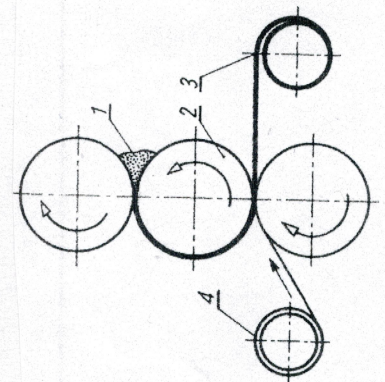
Tworzywa termoutwardzalne podczas ogrzewania początkowo miękną, ale przetrzymane w podwyższonej temperaturze stają się twarde nieodwracalnie. Po utwardzeniu stają się nietopliwe i nierozpuszczalne, co uniemożliwia powtórny ich przerób.

Tworzywa chemoutwardzalne ulegają utwardzeniu już w temperaturze pokojowej pod wpływem działania dodanego do tworzywa utwardzacza. Reakcja utwardzania przebiega szybciej w temperaturze podwyższonej.

Wytłaczanie stosuje się do wyrobów prętów, rur, płyt i innych kształtek. Wytłaczanie dokonuje się za pomocą wytłaczarki ślimakowej (rys. 16-1). Tworzywo umieszczone w zasobniku 1 jest przenoszone za pomocą ślimaka 3 do cylindra roboczego 4, gdzie uplastycznia się przez podgrzanie parą przepływającą przez dyszę 5. Upłastycznione tworzywo zostaje przeciśnięte przez sitko 2 i wypływa na zewnątrz, czyli do formy lub na walce, gdzie następuje zestalenie tworzywa. Na dyszę można zakładać głowice do kształtowania rur, płyt, folii, taśm o różnym kształcie przekroju.



Rys. 16-1. Wytłaczarka ślimakowa. 1 — zasobnik na tworzywo, 2 — sitko, 3 — ślimak, 4 — cylinder roboczy, 5 — dysza, 6 — dysza parowa.



Schemat produkcji taśmy z tworzyw sztucznych. 1 — zasobnik na tworzywo, 2 — walec roboczy, 3 — zwijarka taśmy, 4 — dysza, 5 — walec celofanowy.

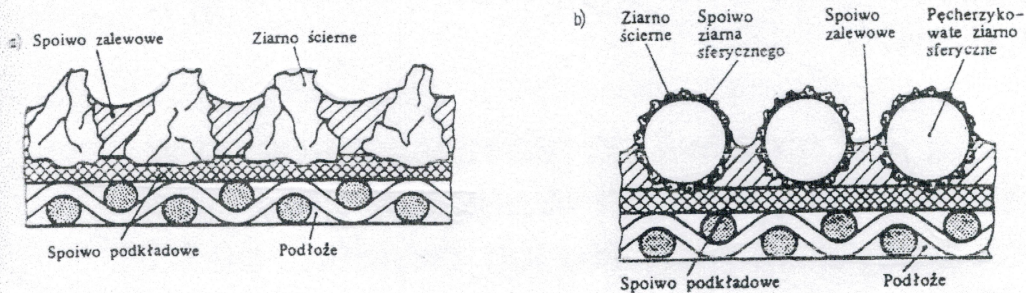
Materiały ściernie

Materiały ściernie są używane do szlifowania, docierania, polerowania i wygładzania powierzchni przedmiotów. Służą również do ostrzenia narzędzi oraz czyszczenia przedmiotów skorodowanych, utlenionych, pokrytych lakierem itp.

Materiały te działają ścierająco na powierzchnię przedmiotu, zbierając z niej drobne wiórki. Aby spełnić te wymagania, materiały ściernie muszą składać się z bardzo twardych o ostrych krawędziach ziarn, stosowanych w postaci proszku ściernego. Proszek ten — naklejony na papier lub płótno — jest stosowany jako papier ścierny lub płótno ściernie. Proszek jest również stosowany do produkcji ściernic, past ściernych, kamieni i pilników ściernych.

Twardość materiałów ściernych określa się w skali Mohsa. Skala ta ma 10 stopni twardości, przy czym stopień najwyższy, czyli największa twardość, wynosi 10 i odpowiada twardości diamentu, a stopień 1 — twardości talku. Materiały ściernie dzieli się na **naturalne** i **sztuczne**. Do materiałów naturalnych należą: diament, korund, kwarc, szmergiel i pumeks.

Mówimy, że są to „papiery” lub „płótna” - jako pozostałość w nazewnictwie po wyrobach konwencjonalnych, których podłożem był właśnie papier lub płótno. Ich wspólną cechą są komponenty, tzn. **ścierniwo, spoiwo i podłoże**.



Rys. IV-51. Budowa wyrobu ściernego nasypowego:

a) jednowarstwowego, b) jednowarstwowego z zastosowaniem pęcherzykowatych ziaren sferycznych.⁴¹

Na rysunku nr IV - 51 przedstawiono budowę typowego wyrobu ściernego nasypowego. Na **podłoże elastyczne** (płótno: tkaniny i dzianiny; papier) nałożona jest warstwa spoiwa podkładowego, w której osadzone są ziarna ściernie, połączone następnie warstwą spoiwa zalewowego.

- Materiały ściernie dzielimy na: **naturalne** (korund /AN/, szmergiel /N/, granat /G/, krzemień /KM/), i **sztuczne** (elektrokorund /A/, ceramiczny korund, węgiel krzemu /C/, regularny azotek boru /CBN/, diament syntetyczny /DS/).
- **Spoiwa** to kleje naturalne (kostne i skórne), materiały syntetyczne (żywice - fenolowo formaldehydowe, melaminowo-formaldehydowe, mocznikowe i poliamidowe modyfikowane fenolami), spoiwa na osnowie kauczuku.

Narzędzia ściernie nasypowe⁴²

