

STOPY METALI NIEŻELAZNYCH

Podstawowym tworzywem stosowanym we współczesnej technice są stopy żelaza. Rozwój wielu dziedzin techniki jest jednak niemożliwy bez metali nieżelaznych i ich stopów. Podstawy teoretyczne metaloznawstwa stopów żelaza i metali nieżelaznych są analogiczne. Struktura stopów interpretowana jest w oparciu o wykresy równowagi fazowej. Oba rodzaje stopów kształtowane są przy użyciu tych samych technik i podlegają obróbce cieplnej. Do obu grup materiałów stosowane są wspólne metody badawcze. Specyficzną cechą stopów metali nieżelaznych jest ich duża ilość i bardzo zróżnicowane właściwości.

Miedź i stopy miedzi

Miedź była pierwszym metalem szeroko wykorzystanym przez człowieka. Około siedmiu tysięcy lat temu w dorzeczu Tygrysu i Eufratu posługiwano się narzędziami wyklepanymi z samorodków miedzi. Później zaczęto wytapiać miedź z rud. Produktem wytopu nie była czysta miedź, gdyż w rudach znajdowały się inne metale, zwłaszcza cyna. Narzędzia wykonane ze stopu miedzi z cyną, nazwanego brązem, miały większą trwałość niż miedziane. Z czasem nauczono się uzyskiwać brąz w wyniku stapiania składników w odpowiednich proporcjach. Wynalazek ten miał miejsce około cztery tysiące lat temu dając początek epoce brązu.

Miedź ma charakterystyczne czerwone zabarwienie. Krystalizuje w sieci RSC (A1) i nie posiada odmian alotropowych. Temperatura topnienia miedzi wynosi 1083°C.

Jest doskonałym przewodnikiem elektryczności, ustępuje jedynie srebru. Z tego powodu miedź znalazła duże zastosowanie w elektrotechnice na przewody.

Miedź charakteryzuje się wysoką przewodnością cieplną, co decyduje o jej zastosowaniu w przemyśle chemicznym na elementy wymienników ciepła.

Miedź wykazuje dużą odporność na korozję. Odporność na korozyjny wpływ atmosfery zapewnia obecność niebiesko-zielonego zasadowego węglanu i siarczanu miedzi, tzw. patyny.

Ze względu na dość niskie własności wytrzymałościowe i dużą plastyczność miedzi ($R_m \sim 200 \text{ N/mm}^2$, $R_e \sim 50 \text{ N/mm}^2$, $A \sim 35\%$), elementy maszyn i konstrukcji wykonuje się z jej stopów - mosiądzów i brązów, które mają gorszą przewodność elektryczną i cieplną, ale dobrą odporność na korozję i wyższą wytrzymałość.

Mosiądze – stopy miedzi z cynkiem, w których podstawowym składnikiem jest miedź, zawierające do ok. 45% Zn.

Mosiądze wieloskładnikowe – zawierające oprócz głównego dodatku stopowego – cynku, inne dodatki (1-4%), poprawiające określone właściwości. Są nimi: aluminium i cyna (poprawa odporności na korozję atmosferyczną i wody morskiej), mangan, krzem i żelazo (wzrost wytrzymałości), ołów (poprawa lejułości, skrawalności, właściwości ślizgowych).

Struktura mosiądzów

- do ok. 38 % Zn: roztwór stały α na bazie miedzi (A1) o dobrej plastyczności i wytrzymałości
- powyżej 38 % Zn: α + faza β' (krucha, o niskiej wytrzymałości)

Podział mosiądzów:

- odlewnicze (zwykle dwufazowe α + β')
- do obróbki plastycznej (zwykle jednofazowe α , o mniejszej zawartości Zn i innych dodatków niż odlewnicze)

Przykłady mosiądzów odlewniczych

| Nazwa, znak | R_m | A | Właściwości, zastosowanie |
|---|------------------------------|---------|--|
| Mosiądz manganowo-żelazowy CuZn40Mn3Fe1 | 450-500 N/mm ² | 15-10 % | Odporny na ścieranie, korozję, kawitację. Proste i duże odlewy, np. śruby okrętowe |
| Mosiądz manganowo-ołowiowo-żelazowy CuZn43Mn4Pb3Fe | 360-400 N/mm ² | 10-8 % | Dobra lejność, odporność na ścieranie i podwyższone temperatury do 230°C. Łożyska, armatura |
| Mosiądz krzemowy CuZn16Si3,5 | 300-400 N/mm ² | 15 % | Dobra lejność i skrawalność, odporność na ścieranie, korozję. Armatura i części maszyn w przemyśle chemicznym, okrętowym, komunikacyjnym |

Mosiądze do obróbki plastycznej obrabiane są na zimno i na gorąco. Mosiądze jednofazowe α - na zimno, przy większej zawartości Zn (ok. 36 %) – na zimno i gorąco. Mosiądze dwufazowe $\alpha + \beta'$ – na gorąco.

Mosiądze ulegają znacznemu umocnieniu podczas obróbki plastycznej na zimno, co utrudnia obróbkę. W celu uplastycznienia materiału stosowane jest międzyoperacyjne wyżarzanie rekrytalizujące. Wyżarzanie rekrytalizujące może być również końcowym etapem procesu kształtowania wyrobu.

Charakterystyka stanów mosiądzu CuZn30

| Stan | Miękki | Półtwardy | Twardy | Sprężysty |
|---------------------------|--------|-----------|--------|-----------|
| Stopień gniotu, % | - | 10-15 | 20-25 | 50-60 |
| R_m , N/mm ² | 290 | 350 | 400 | 520 |
| R_e , N/mm ² | 45 | 25 | 15 | 5 |

Przykłady mosiądzów do obróbki plastycznej

| Nazwa, znak | Właściwości, zastosowanie |
|--|---|
| Mosiądz dwuskładnikowy CuZn10 | Bardzo podatny na obróbkę plastyczną na zimno, odporny na korozję naprężeniową, dobry do lutowania. Stosowany na elementy armatury w przemyśle chemicznym i okrętowym wykonane różnymi metodami obróbki plastycznej, zwłaszcza przez głębokie tłoczenie |
| Mosiądz ołowiowy CuZn36Pb3 | Bardzo dobrze skrawalny, o ograniczonej podatności na obróbkę plastyczną na zimno. Stosowany na elementy wykonane techniką skrawania. |
| Mosiądz wieloskładnikowy bezołowiowy CuZn28Sn1 | Bardzo odporny na korozję. Stosowany na rury wymienników ciepła. |

Brązy – stopy których podstawowym składnikiem jest miedź, a głównymi dodatkami stopowymi są cyna, aluminium, krzem, beryl, mangan, ołów, których zawartość jest większa od 2 %. W zależności od głównego dodatku stopowego noszą odpowiednie nazwy, np.: brązy cynowe, aluminiowe, krzemowe itp. W brązach wieloskładnikowych znajdują się również inne dodatki stopowe, co uwzględnia się w nazwie, np.: brązy cynowo-ołowiowe.

Ze względu na zastosowanie, brązy dzieli się na odlewnicze i do obróbki plastycznej.

Brązy cynowe

Zawierają ok. 5-10 % Sn. Charakterystyczny dla brązów cynowych jest szeroki zakres krzepnięcia, co wpływa ujemnie na ich lejność oraz skłonność do tworzenia jam usadowych i porowatości.

Dodatki stopowe: Zn (poprawia właściwości odlewnicze), fosfor (wprowadzany jako odtleniacz poprawia własności mechaniczne i antykorozyjne), ołów (poprawia wł. antykorozyjne i gęstość)

Struktura:

Roztwór α na bazie Cu (A1) - do ok. 8% Sn

α + eutektoid ($\alpha + \delta$) - > 8 % Sn

Właściwości mechaniczne:

Maksymalne wydłużenie i wytrzymałość na rozciąganie brązy cynowe osiągają przy ok. 8 % Sn. Powyżej tej zawartości Sn, wydłużenie stopów jest bliskie zeru.

Przykłady brązów cynowych odlewniczych

| Nazwa, znak | Rm | A | Właściwości, zastosowanie |
|--|----------------------------------|------------|--|
| Brąz cynowy CuSn10 | 240- 310 N/mm ² | 12- 5 % | Odporny na korozję i ścieranie, na działanie niektórych kwasów, lejność i skrawalność dobra. Stosowany na łożyska, napędy, sprzęt parowy i wodny, armaturę chemiczną |
| Brąz cynowo- fosforowy CuSn10P | 220- 360 N/mm ² | 2-6 % | Właściwości zbliżone do CuSn10; lepsza lejność, skrawalność, odporność na ścieranie. Stosowany na wysokoobciążone, szybkoobrotowe i narażone na korozję łożyska, części maszyn i armaturę chemiczną. |
| Brąz cynowo- ołowiowy CuSn10Pb10 | 180- 230 N/mm ² | 7-6 % | Bardzo dobra lejność i skrawalność, odporny na ścieranie. Stosowany na łożyska i części maszyn pracujących przy dużych naciskach i szybkościach. |
| Brąz cynowo- cynkowy CuSn10Zn2 | 240- 270 N/mm ² | 10- 7 % | Bardzo dobra lejność i skrawalność, odporny na korozję w wodzie morskiej. Stosowany na wysokoobciążone i narażone na korozję części maszyn w przemyśle okrętowym i papierniczym. |

Brązy cynowe do obróbki plastycznej na zimno i gorąco zawierają mniej cyny niż odlewnicze, do około 8%. Mają one strukturę roztworu α .

Zgniot powoduje silne umocnienie brązów. W celu uplastycznienia materiału stosowane jest międzyoperacyjne wyżarzanie rekrytalizujące. Wyżarzanie rekrytalizujące może być również końcowym etapem procesu kształtowania wyrobu.

Charakterystyka stanów brązu CuSn6

| Stan | R_m , N/mm ² | A, % | HB |
|-------------------------------|------------------------------|-------|---------|
| Miękki (wyż. rekrytalizująco) | 38-45 | 60-70 | 75 |
| Twardy | 75-85 | 4-6 | 200-210 |
| Sprężysty | 85-95 | 2-4 | 210-250 |

Aluminium i stopy aluminium

Aluminium jest metalem lekkim (gęstość $2,7 \text{ Mg/m}^3$, 3 razy mniejsza niż żelaza), co decyduje o szerokim zastosowaniu jego stopów w przemyśle lotniczym i transporcie. Aluminium cechuje dobre przewodnictwo elektryczne, stąd jego zastosowanie na przewody elektryczne. Na powietrzu pokrywa się cienką warstwą tlenku, która chroni je przed dalszym utlenianiem. Jest odporne na działanie wody i wielu kwasów. Nie jest odporne na działanie wodorotlenków i kwasów beztlenowych. Z powodu dobrej odporności na korozję, wykorzystywane jest w przemyśle spożywczym i chemicznym. Aluminium jest plastyczne i ma niską wytrzymałość: $R_m = 70 - 120 \text{ MPa}$, $R_e = 20 - 40 \text{ MPa}$, $A = 30 - 45\%$. Twardość wynosi $15 - 30 \text{ HB}$.

Własności wytrzymałościowe czystego aluminium są stosunkowo niskie, dlatego stosuje się stopy, które - po odpowiedniej obróbce cieplnej, mają wytrzymałość nawet kilkakrotnie większą od metalu podstawowego.

Stopy aluminium – stopy, których podstawowym składnikiem jest aluminium, a dodatkami miedź, krzem, magnez, cynk i mangan. Rozróżnia się stopy dwuskładnikowe i wieloskładnikowe.

Stopy cechują się korzystnym parametrem konstrukcyjnym, tzn. stosunkiem wytrzymałości do ciężaru właściwego, który jest większy niż dla stali, a oprócz tego ich udarność nie maleje w miarę obniżania temperatury, dzięki czemu w niskich temperaturach mają większą udarność niż stal.

Techniczne stopy aluminium dzieli się na odlewnicze oraz do obróbki plastycznej.

Stopy aluminium odlewnicze są to stopy, w większości których głównymi składnikami stopowymi są krzem, miedź i magnez.

Najszerze zastosowanie znajdują stopy z krzemem, dwuskładnikowe i wieloskładnikowe. Stopy te noszą nazwę siluminów. W strukturze stopów duży udział ma eutektyka złożona z krzemu i roztworu α na bazie aluminium, czego wynikiem jest niska plastyczność.

Siluminy charakteryzują się doskonałymi właściwościami odlewniczymi i małym skurczem, co związane jest m.in. z wąskim zakresem krzepnięcia tych stopów, przy składzie bliskim eutektycznemu. Mają również bardzo dobrą odporność na korozję. Ich właściwości mechaniczne zależą od postaci eutektyki. Z tego powodu, w czasie odlewania przeprowadza się proces modyfikacji struktury eutektyki, poprzez wprowadzenie mikrododatków działających jak zarodki krystalizacji i powodujących krzepnięcie eutektyki w postaci drobnoziarnistej. Dzięki temu właściwości mechaniczne siluminów ulegają poprawie.

Przykłady siluminów

| Znak | R_m | A | Zastosowanie |
|---------------|----------------------------------|----------|---|
| AlSi11 | 160- 280 N/mm ² | 1-6 % | Odlewy części o skomplikowanym kształcie, średnio obciążone części dla przemysłu okrętowego, jak armatura, części silników i pomp |
| AlSi5Cu2 | 160- 240 N/mm ² | ~1 % | Odlewy głowic cylindrów silników spalinowych, wysoko obciążone części dla przemysłu maszynowego |
| AlSi10Mg1CuNi | 210- 260 N/mm ² | ~0 % | Odlewy tłoków wysokoprężnych silników benzynowych oraz sprężarek powietrznych i chłodnicowych |
| AlSi3Cu2Zn2Mg | 160 N/mm ² | ~1 % | Okucia budowlane, klamki, uchwyty, osprzęt wagonów kolejowych |

Stopy aluminium do obróbki plastycznej

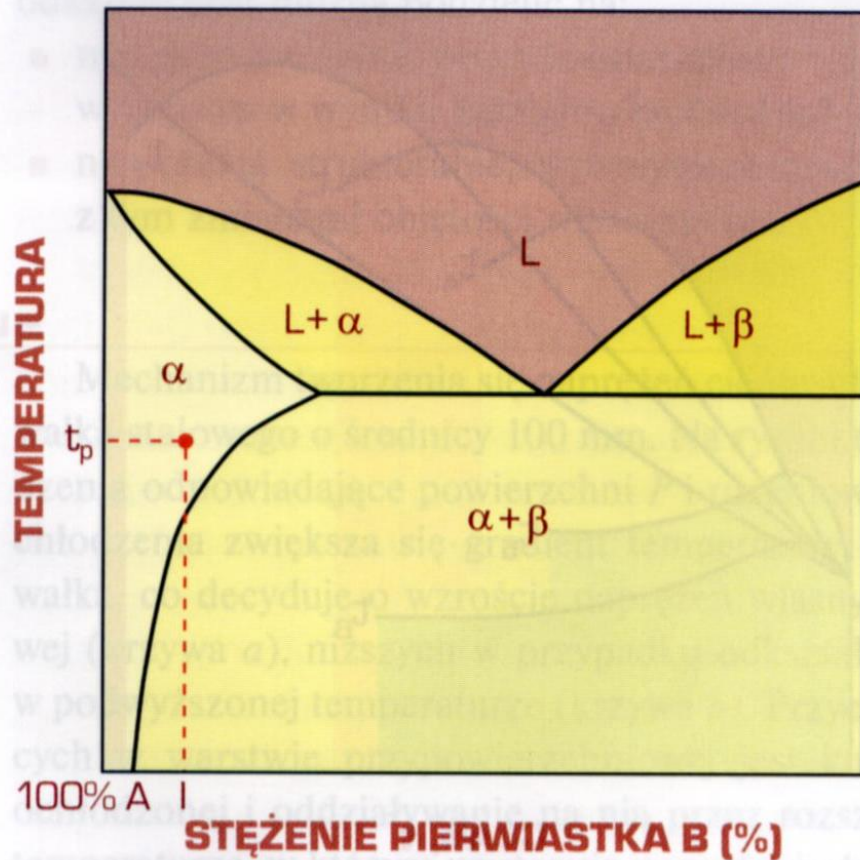
Stopy do obróbki plastycznej to przede wszystkim stopy z magnezem, manganem, miedzią, cynkiem oraz dodatkami innych pierwiastków. Stopy przerabia się plastycznie na zimno lub gorąco.

Stopy te dzieli się na:

➤ Nieutwardzane wydzieleniowo (typu AlMn, AlMg, AlMnMg), o strukturze roztworu α na bazie aluminium, w których wzrost wytrzymałości uzyskuje się przez odkształcenie plastyczne.

Przykład stopu: AlMg4,5Mn (hydronalium). Odporny na korozję, spawalny. Dostarczany w postaci blach, rur, prętów, drutów i kształtowników. Pręt ciągniony w stanie twardym wykazuje $R_m=300$ MPa, $A=9$ %. Stosowany na średnio obciążone elementy konstrukcji okrętowych, nadbudówki statków, urządzenia przemysłu chemicznego.

➤ Utwardzane wydzieleniowo (typu AlMgSi, AlCuMg, AlZnMg, AlZnMgCu) o strukturze złożonej z roztworu α na bazie aluminium i faz międzymetalicznych. Polepszenie właściwości wytrzymałościowych tych stopów uzyskuje się przez obróbkę cieplną złożoną z przesycaenia i starzenia.



Przesycaenie: nagrzanie stopu do temp. 30-50 C powyżej granicznej rozpuszczalności i szybkie schłodzenie do temperatury pokojowej; stop uzyskuje metastabilną strukturę jednofazową

Starzenie: ekspozycja przesyconego stopu w temperaturze pokojowej lub w podwyższonej temperaturze, ale niższej od temperatury granicznej rozpuszczalności; wzrost właściwości wytrzymałościowych w wyniku generacji naprężeń związanych z przemieszczeniami atomów przesycających roztwór.

Przykład stopu: AlZn6Mg2Cu. Stop konstrukcyjny o dobrych właściwościach mechanicznych i przeciwkorozyjnych, utwardzany przez przesycanie i starzenie w temperaturze 120-140°C. Dostarczany w postaci blach, odkuwek, prętów i kształtowników. Pręt wyciskany, przesycony, zgnieciony i starzony wykazuje: $R_m=540\text{MPa}$, $A=7\%$. Stosowany na znacznie obciążone elementy konstrukcji lotniczych, środków transportu i maszyn.