

METALE NIEŻELAZNE I ICH STOPY

Aluminium

- występuje w przyrodzie w bardzo wielu minerałach i jest trzecim (po tlenie i krzemie) pierwiastkiem pod względem udziału w skorupie ziemskiej,
liczba atomowa 13,
- masa atomowa wynosi 26,9815,
- nie wykazuje ono odmian alotropowych i krystalizuje w sieci regularnej ściennie centrowanej typu A1 o parametrze 0,40408 nm.
- temperatura topnienia aluminium wynosi 660,37°C, a wrzenia 2494°C,
- gęstość aluminium wynosi 2,6989 g/cm³ w 20°C.

W stanie wyżarzonym cechuje się:

- wytrzymałością na rozciąganie wynoszącą $R_m = 70 \div 120$ MPa,
- granicą plastyczności $R_e = 20 \div 40$ MPa,
- wydłużeniem $A = 30 \div 45\%$
- przewężeniem $Z = 80 \div 95\%$.

Aluminium - korozja

Aluminium wykazuje dużą odporność na korozję. Na powietrzu pokrywa się cienką warstwą Al_2O_3 , chroniącą przed korozją atmosferyczną, działaniem wody, stężonego kwasu azotowego, licznych kwasów organicznych, a także siarkowodoru.

Natomiast kwasy redukujące HCl i HF , woda morska, pary i jony rtęci powodują przyspieszenie korozji aluminium.

W celu polepszenia odporności na korozję aluminium może być poddane tzw. **anodowaniu**, tj. elektrolitycznemu procesowi wytwarzania powłoki tlenkowej, np. w roztworze 10% kwasu siarkowego, połączonemu z barwieniem powierzchni metalu na różne kolory.

Aluminium - zastosowanie

Gatunki aluminium hutniczego (o ograniczonej czystości) są stosowane do:

- produkcji stopów oraz licznych produktów codziennego użytku,
- urządzeń dla przemysłu spożywczego,
- na niektóre przewody elektryczne,
- wymienniki ciepła (PN-EN 683-2:2000),
- w budownictwie (PN-EN 508-2:2002U),
- w postaci folii – na opakowania artykułów spożywczych (PN-EN 546-2:2000).

Aluminium rafinowane (o wysokiej czystości) jest stosowane w elektronice i elektrotechnice oraz do budowy specjalnej aparatury chemicznej.

Wytwarzanie stopów aluminium

- niskie własności wytrzymałościowe aluminium można zwiększyć – nawet kilkakrotnie – przez wprowadzenie pierwiastków stopowych oraz obróbkę cieplną stopów. W porównaniu ze stalami stopy aluminium charakteryzują się znacznie mniejszą masą, a w niskiej temperaturze – większą udarnością.
- Najogólniej – ze względu na sposób wytwarzania – stopy aluminium dzieli się na:
 1. do obróbki plastycznej,
 2. odlewnicze.

Niektóre z tych stopów mogą być stosowane zarówno jako odlewnicze jak i przeznaczone do obróbki plastycznej.

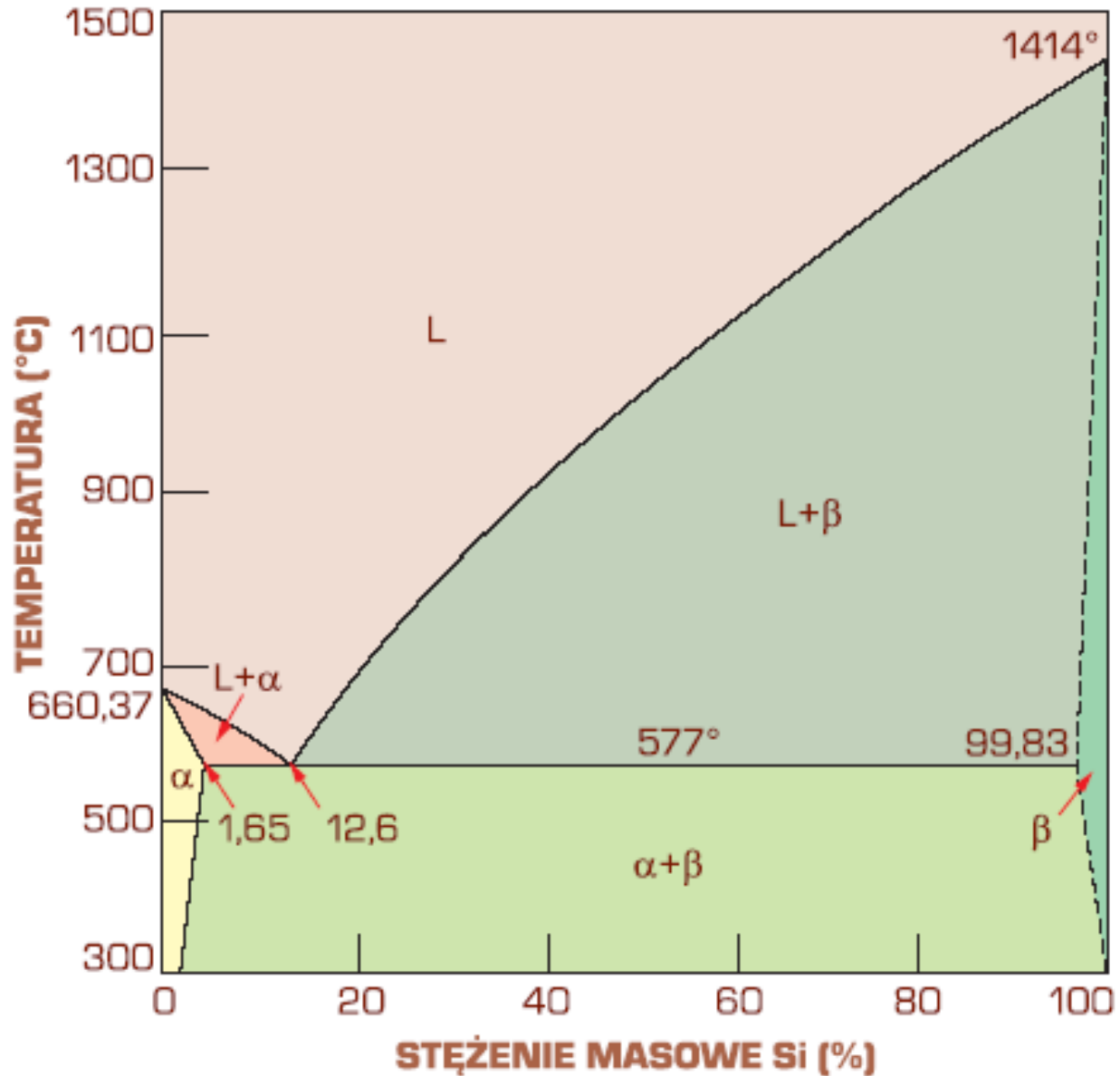
STOPY ALUMINIUM DO OBRÓBK PLASTYCZNEJ

- zawierają zwykle do ok. 5% pierwiastków stopowych, najczęściej Cu, Mg, Mn, niekiedy także Si, Zn, Ni, Cr, Ti lub Li.
- niektóre z tych stopów są stosowane w stanie zgniecionym lub po wyżarzaniu rekrytalizującym, a część jest poddawana obróbce cieplnej polegającej na utwardzaniu wydzieleniowym
- odkształceniu plastycznemu, przy zachowaniu specjalnych warunków, można także poddawać stopy aluminium o stężeniu dodatków stopowych większym niż 5%.

ODLEWNICZE STOPY ALUMINIUM

- przeważnie stopy wieloskładnikowe o dużym stężeniu – od 5 do 25% – pierwiastków stopowych, głównie Si, Cu, Mg, Zn i Ni lub ich różnych zestawień
- charakteryzują się dobrą lejnością i często małym skurczem odlewniczym
- w stanie lanym można także stosować stopy zawierające mniej niż 5% pierwiastków stopowych

Stopy aluminium z krzemem



Stopy aluminium z krzemem

- Podstawową grupę stopów Al z Si stanowią stopy odlewnicze zwane **siluminami**, o stężeniu 2÷30% Si (najczęściej 5÷13,5% Si).
- Krzem, jako podstawowy składnik tych stopów, zapewnia:
 1. dobrą rzadkoplłynność
 2. lejność
 3. mały skurcz odlewniczy.

Część stopów zawierających ponad 4% Si może być także stosowana po obróbce plastycznej

Stopy aluminium z krzemem

- Siluminy o składzie *eutektycznym* charakteryzują się bardzo dobrymi własnościami odlewniczymi, nie wykazują skłonności do pęknięcia na gorąco. Własności mechaniczne stopów obniżają jednak wydzielenia kryształów roztworu β (praktycznie kryształów Si), co występuje szczególnie po wolnym chłodzeniu z temperatury odlewania. Strukturę tego siluminu można polepszyć przez szybkie chłodzenie po odlaniu lub modyfikowanie.
- *Siluminy podeutektyczne* modyfikuje się sodem, dodawanym w postaci mieszaniny NaF, NaCl i KCl. Dodatek Na obniża temperaturę przemiany eutektycznej i powoduje przesunięcie punktu eutektycznego do większego stężenia – ok. 13% Si. Jako bardzo efektywny modyfikator jest stosowany także Sr, a niekiedy Sb.
- *Siluminy nadeutektyczne* wykazują duże wydzielenia kryształów roztworu β (niemal czystego Si). Stopy te są modyfikowane fosforem, który tworzy dyspersyjne cząstki AlP, stanowiące zarodki heterogeniczne w czasie krystalizacji cząstek roztworu β bogatego w Si. W wyniku tego w strukturze stopu ochłodzonego do temperatury pokojowej występuje eutektyka $\alpha + \beta$ i drobne cząstki roztworu β o znacznej dyspersji.

Zastosowanie

STOPY ODLEWNICZE ALUMINIUM Z KRZEMEM

Siluminy eutektyczne i nadeutektyczne wykazujące znaczną żarowytrzymałość są stosowane na wysoko obciążone tłoki silników spalinowych. Ze stopów podeutektycznych wytwarza się **silnie obciążone elementy dla przemysłu okrętowego i elektrycznego**, pracujące w **podwyższonej temperaturze i w wodzie morskiej**.

Wieloskładnikowe stopy Al z Si są stosowane m.in. na **głowice silników spalinowych** oraz inne odlewy w przemyśle maszynowym.

STOPY ALUMINIUM Z KRZEMEM DO OBRÓBKII PLASTYCZNEJ

Stopy Al z niewielkim dodatkiem – do ok. 2% Si są przeznaczone do obróbki plastycznej, na średnio obciążone elementy konstrukcji lotniczych i pojazdów mechanicznych oraz elementy głębokotłoczne i kute o złożonym kształcie. Stopy zawierające od 5 do 12% Si mogą być poddane również obróbce plastycznej, np. w celu wytworzenia drutów spawalniczych.

Aluminium - Magnez

- W stopach przemysłowych Al z Mg stężenie Mg jest zawarte w przedziale od 0,5 do ok. 13%.
- Stopy o małym stężeniu Mg wykazują dużą podatność na obróbkę plastyczną, a o dużym stężeniu – bardzo dobre własności odlewnicze.
- Stopy odlewnicze Al z Mg znajdują zastosowanie na odlewy o dużej odporności na korozję, np. na armaturę morską, elementy aparatury chemicznej oraz elementy dekoracyjne, a także silnie obciążone i narażone na uderzenia.
- Stopy Al z Mg do obróbki plastycznej, zwane zwyczajowo **hydronaliami**, zawierają 0,4÷5,6% Mg, a także niewielki dodatek Mn, niekiedy Si, Cr, Fe lub Pb. Znajdują zastosowanie na średnio obciążone elementy w przemyśle okrętowym i lotniczym oraz w urządzeniach przemysłu spożywczego i chemicznego. Stosowane są też na opakowania, np. na puszki do napojów.

Inne stopy aluminium

- Al – Cu – Mg - Stopy aluminium z Cu i Mg oraz niewielkim dodatkiem Mn albo Fe, lub Si są nazywane **duraluminium** lub **duralami miedziowymi**. Zwiększenie stężenia Cu oraz Mg powoduje podwyższenie własności wytrzymałościowych i zmniejszenie własności plastycznych oraz podatności durali na obróbkę plastyczną.

Durale miedziowe są stosowane na elementy maszyn, pojazdów mechanicznych, taboru kolejowego, samolotów, a także w budownictwie. Ich zastosowanie jest jednak ograniczone z powodu braku odporności na korozję.

Inne stopy aluminium

- Wieloskładnikowe stopy Al z Cu zawierające – oprócz Mg, Si i Mn – także Fe, Ni, Ti, Zr lub Li cechują się dobrymi własnościami mechanicznymi zarówno w temperaturze pokojowej, jak i podwyższonej. Duża ich żarowytrzymałość jest związana z tworzeniem się faz bogatych w Fe, Mn lub Ti.
- Żarowytrzymałe stopy aluminium cechują się dobrą odpornością na korozję gazową i erozję. Obróbka cieplna tych stopów polega na wyżarzaniu rekrytalizującym po zgnioście na zimno oraz na utwardzaniu wydzieleniowym. Przesycanie odbywa się zwykle w wodzie z temperatury $510\div 540^{\circ}\text{C}$, natomiast starzenie w temperaturze $160\div 200^{\circ}\text{C}$ przez kilka do kilkudziesięciu godzin.
- Żarowytrzymałe stopy aluminium są stosowane na elementy konstrukcyjne wytwarzane z wykorzystaniem obróbki plastycznej, głównie kucia matrycowego, pracujące w temperaturze do ok. 350°C , w szczególności na elementy konstrukcji lotniczych, środków transportu i maszyn

Inne stopy aluminium

- Czteroskładnikowe stopy **Al z Zn**, zawierające **Mg i Cu**, zwane **duralami cynkowymi**, wykazują najwyższe własności wytrzymałościowe ze wszystkich stopów aluminium. W stanie utwardzonym wydzieleniowo ich wytrzymałość na rozciąganie R_m osiąga ok. 700 MPa, a granica plastyczności $R_{p_{0.2}}$ – ok. 600 MPa, przy małym wydłużeniu $A = 2 \div 5\%$.
- Ograniczenie ich stosowania jest związane z małą odpornością na działanie podwyższonej temperatury.
- Durale cynkowe są także mało odporne na korozję, w szczególności naprężeniową, i z tego względu często plateruje się je aluminium lub stopem Al z Zn.
- Są wytwarzane w postaci blach, prętów, odkuwek i kształtowników.
- Niektóre stopy aluminium z cynkiem można też stosować jako odlewnicze.

Inne stopy aluminium

- **Al - Mn** – dzięki odporności na korozję znajdują zastosowanie na elementy pracujące w agresywnych ośrodkach korozyjnych, w szczególności na urządzenia produkcyjne i transportowe w przemyśle spożywczym i chemicznym, a także spawane zbiorniki na ciecze i gazy techniczne oraz inne elementy spawane lub zgrzewane
- **Al - Fe** – podobnie jak Al – Mn
- **Al - Li** - lit powoduje zwiększenie własności wytrzymałościowych przy jednoczesnym zmniejszeniu gęstości stopów Al, stopy te są stosowane przede wszystkim do wytwarzania elementów nowoczesnych samolotów.

Miedź

- liczba atomowa równa 29,
- masa atomowa wynosi 63,5463
- w związkach chemicznych miedź jest jedno- lub dwuwartościowa.
- nie wykazuje odmian alotropowych i krystalizuje w sieci ściennie centrowanej układu regularnego A1 o parametrze 0,3617 nm.
- temperatura topnienia miedzi wynosi 1084,88°C, a wrzenia ok. 2595°C.
- miedź ma gęstość 8,93 g/cm³ w 20°C.
- Wytrzymałość miedzi na rozciąganie wynosi $R_m = 200 \div 250$ MPa,
- granica plastyczności $R_e = 35$ MPa,
- twardość 45 HB,
- wydłużenie $A = 30 \div 35\%$.
- W wyniku obróbki plastycznej na zimno wytrzymałość miedzi zwiększa się do 400÷450 MPa, a twardość do 120 HB, przy zmniejszeniu wydłużenia do 1÷2%.
- Miedź cechuje duża przewodność cieplna i elektryczna
- jest odporna na korozję atmosferyczną dzięki pokrywaniu się **patyną**, tj. zasadowym węglanem miedziowym, i na działanie wody, nie wykazuje zaś odporności na działanie amoniaku.

Zastosowanie miedzi

- w elektrotechnice na przewody, gdzie wykorzystuje się jej wysoką przewodność elektryczną,
- w energetyce i przemyśle chemicznym na chłodnice i wymienniki ciepła – ze względu na dużą przewodność cieplną,
- W budownictwie są stosowane rury z miedzi Cu–DHP (min. 99,9% Cu, z których wykonuje się instalacje ciepłej i zimnej wody, ogrzewania, gazowe, ciekłego paliwa i sanitarne,

Klasyfikacja stopów miedzi

Stopy miedzi dzieli się na:

- odlewnicze,
- przeznaczone do obróbki plastycznej.

Wyróżnia się następujące grupy stopów miedzi:

- z cynkiem,
- z cynkiem i ołowiem,
- z cynkiem i niklem,
- z niklem,
- z cyną,
- z aluminium,
- z innymi pierwiastkami stopowymi, których łączne stężenie przekracza 5%,
- niskostopowe, w których stężenie pierwiastków stopowych jest mniejsze niż 5%.

Stopy miedzi – w zależności od tego, czy oprócz głównego dodatku zawierają jeszcze inne pierwiastki stopowe – mogą być:

- dwuskładnikowe,
- wieloskładnikowe.

Mosiądze

Stopy miedzi z cynkiem, jako głównym pierwiastkiem stopowym, są nazywane **mosiądzami**. Mosiądze dwuskładnikowe – ze względu na skład fazowy – dzieli się na:

- jednofazowe – o strukturze roztworu α i stężeniu od 2 do 39% Zn, - bardzo duża plastyczność - na wyroby głębokotłoczone (tombaki – zawierają 5 – 20% Zn),
- dwufazowe o strukturze mieszaniny $\alpha + \beta$ i stężeniu od 39 do 45% Zn. Wytrzymałość mosiądźców zawierających ok. 30 do 45% Zn zwiększa się przy znacznym zmniejszeniu plastyczności.

Mosiądze - korozja

Mosiądze charakteryzują się dobrą odpornością na korozję, szczególnie atmosferyczną i w wodzie morskiej. Odporność na korozję stopów miedzi z cynkiem zwiększa się wraz ze wzrostem stężenia Cu. Najczęściej spotykanymi rodzajami korozji mosiądzów jest **odcynkowanie** oraz **korozja naprężeniowa**, zwana pękaniem sezonowym mosiądzów.

Mosiądze wieloskładnikowe

Własności mosiądźców dwuskładnikowych są polepszone przez wprowadzenie dalszych dodatków stopowych. Należą do nich Si, Al, Sn, Pb, Fe, Mn, Ni i As, dodawane pojedynczo lub w różnych zestawieniach, zwykle o łącznym stężeniu nieprzekraczającym 4%.

- Mosiądze wieloskładnikowe w przeciwieństwie do dwuskładnikowych, znajdują szerokie zastosowanie jako materiały odlewnicze. Szeroko są stosowane również do obróbki plastycznej. Wieloskładnikowe mosiądze odlewnicze zwykle cechuje:
 - dobra odporność na korozję,
 - dobra odporność na ścieranie,
 - dobre własności wytrzymałościowe przy obciążeniach statycznych.

Stosuje się je głównie na:

- armaturę,
- osprzęt,
- łożyska,
- śruby okrętowe,
- elementy maszyn.

Mosiądze wysokoniklowe

- Stopy miedzi z niklem i cynkiem są stopami wieloskładnikowymi, tradycyjnie zwanymi **mosiączami wysokoniklowymi** lub ze względu na jasną barwę – **nowymi srebrami**,
- wykazują wysokie własności mechaniczne, dobrą podatność na obróbkę plastyczną na zimno i na gorąco, dobrą odporność na korozję,
- zastosowanie w przemyśle maszynowym, elektrochemicznym, precyzyjnym, chemicznym, sanitarnym i architekturze.

Miedzionikle

Miedzionikle - techniczne stopy miedzi z niklem przeznaczone do obróbki plastycznej.

Stopy te, których głównym dodatkiem jest Ni o stężeniu do 40%, zawierają także 1÷2% Si, Al, Fe lub Mn. Nikiel powoduje podwyższenie własności mechanicznych, odporności na korozję, rezystywności oraz siły termoelektrycznej miedzionikli.

Miedzionikle dzielimy na dwie grupy:

- odporne na korozję, takie jak CuNi30Mn1Fe (tradycyjnie zwany **melchiorem**), CuNi6Al2 (zwany **kuniałem**), CuNi3Si1Mn, CuNi19 (zwany **nikieliną**) i CuNi25(stosowany do wytwarzania monet),
- oporowe, w tym głównie CuNi44Mn1 (zwany **konstantanem**).

Brązy cynowe

- wykazują dobrą odporność na korozję, szczególnie w środowisku atmosfery przemysłowej i wody morskiej
- W stanie obrobionym plastycznie na zimno brązy cynowe charakteryzują się dużymi własnościami mechanicznymi, co umożliwia stosowanie ich w przemyśle chemicznym, papierniczym i okrętowym, m.in. na elementy aparatury kontrolno–pomiarowej, siatki, sprężyny, tulejki, łożyska ślizgowe, ślimacznice i ślimaki.
- Ze względu na konieczność przeciwdziałania wydzielaniu się bardzo twardego tlenku cyny SnO_2 , powstającego podczas odlewania np. panewek brązowych, co zagraża uszkodzeniem czopów współpracujących z nimi wałów, odlewnicze brązy cynowe są odtleniane **fosforem**, dodawanym zwykle w stężeniu ok. 1,2% jeszcze przed wprowadzeniem cyny do kąpieli metalowej. W brązach do obróbki plastycznej stężenie P nie może przekraczać 0,4%.

Wieloskładnikowe brązy cynowe

- W celu polepszenia niektórych własności oraz zaoszczędzenia Sn są produkowane stopy zawierające oprócz Cu i Sn dodatki Zn lub Pb,
- Zn przeciwdziała segregacji brązów cynowych sprzyjając ujednorodnieniu ich własności mechanicznych i zwiększeniu własności wytrzymałościowych. Cynk jest dobrym odtleniaczem i poprawia lejność tych stopów.
- Ołów, nietworzący roztworów, polepsza skrawalność brązu cynowego, zmniejsza współczynnik tarcia i korzystnie wpływa na szczelność odlewów, jednak przy większym stężeniu powoduje pogorszenie własności mechanicznych.

Zastosowanie

- dzwony
- tulejki i panewki łożyskowe,
- elementy maszyn,
- aparatury,
- osprzętu silników pojazdów mechanicznych
- armatura wodna.

Brązy aluminiowe

- Brązy aluminiowe wykazują dobrą odporność na korozję w środowisku wody morskiej i kwasów utleniających, dzięki pasywacji i tworzeniu się warstewki Al_2O_3 na ich powierzchni.
- Charakteryzują się dużymi własnościami mechanicznymi w temperaturze pokojowej i podwyższonej oraz wysoką odpornością na ścieranie.

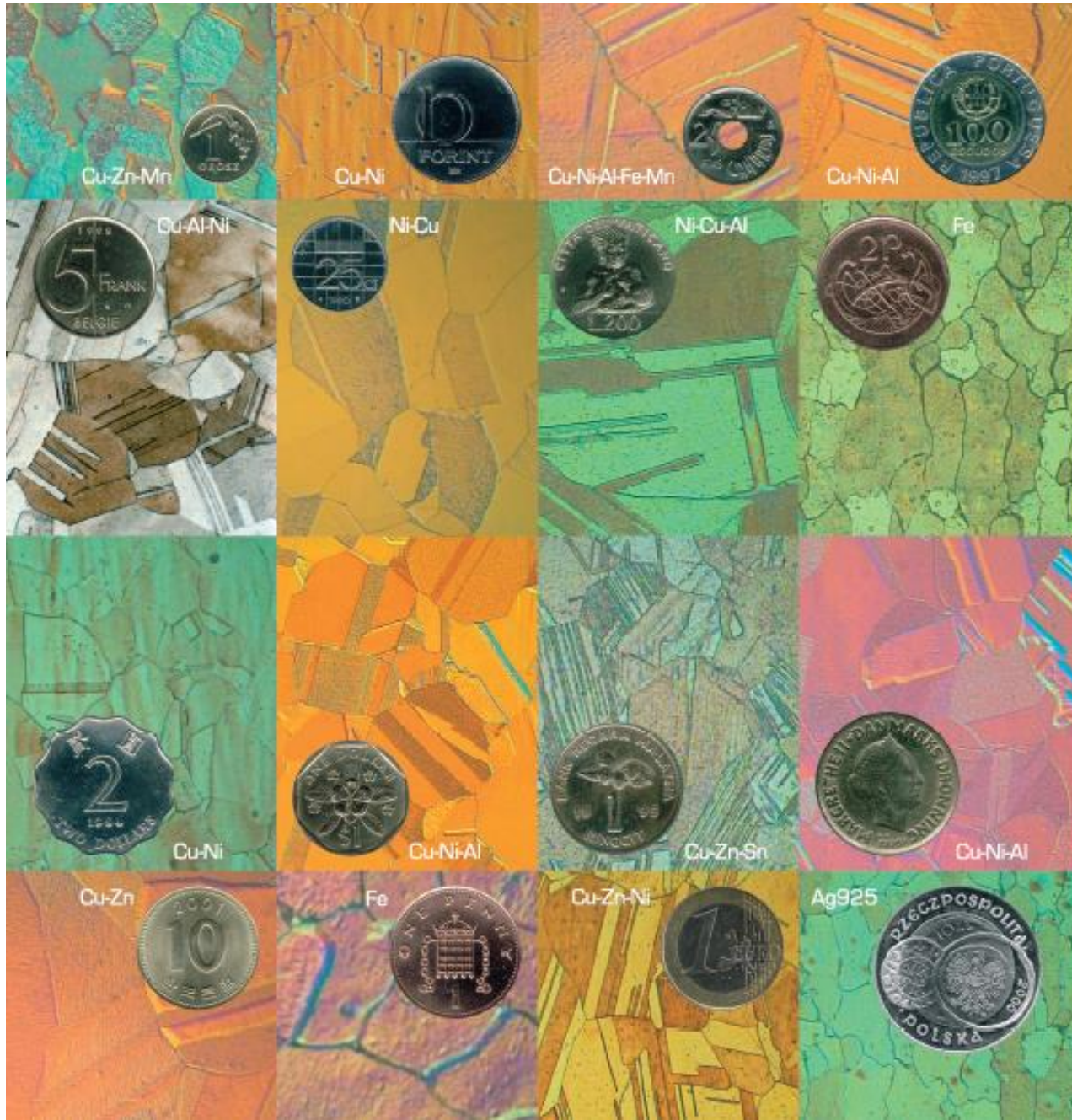
Zastosowanie:

- na panewki łożysk ślizgowych,
- koła zębate,
- gniazda zaworów,
- elementy konstrukcyjne w przemyśle chemicznym,
- elementy pracujące w wodzie morskiej, w tym także śruby okrętowe.
- stop $CuAl_5Zn_5Sn_1$ jest stosowany do wytwarzania monet.

INNE STOPY MIEDZI

- **Brązy berylowe** - elementy maszyn w wytwórniach materiałów wybuchowych i prochowniach, na szczotki silników elektrycznych i przewody trakcji elektrycznej, elektrody i przewody spawalnicze, a także na sprężyny, niektóre łożyska ślizgowe, elementy pomp i narzędzia chirurgiczne
- **Brązy krzemowe** - Stopy miedzi z krzemem, przeznaczone do obróbki plastycznej, są stosowane na elementy aparatury w przemysłach maszynowym, chemicznym i chłodniczym, w tym na siatki, sprężyny, łożyska i elementy samochodowe.
Brązy krzemowe odlewnicze są stosowane na panewki łożysk ślizgowych, wirniki pomp, koła cierne i zębate, elementy przekładni ślimakowych, zastępując droższe brązy cynowe.
- **Brązy manganowe - Manganin** $\text{CuMn}_{12}\text{Ni}_3$ o bardzo małej rezystywności jest stosowany na rezystory (oporniki) wzorcowe.
Brązy manganowe z Si typu $\text{CuMn}_{12}\text{Si}_3$, nazywane **stopami isima**, są stosowane na łopatki turbin.
Wieloskładnikowe stopy Cu z Mn i Al, np. $\text{CuMn}_{13}\text{Al}_8\text{Fe}_3\text{Ni}_2$, są stosowane na śruby okrętowe.

STOPY MONETARNE



Nikiel i jego stopy

Nikiel

- liczba atomowa 28,
- masa atomowa – 58,6934
- nie wykazuje odmian alotropowych, krystalizując w sieci ściennie centrowanej układu regularnego A1 o parametrze $a = 0,3516$ nm, co decyduje o tym, że metal ten jest podatny na obróbkę plastyczną zarówno na zimno, jak i na gorąco.
- temperatura topnienia Ni wynosi 1453°C , a temperatura wrzenia 2730°C .
- gęstość Ni wynosi $8,902$ g/cm³.
- w stanie zmiękczonej uzyskuje wytrzymałość na rozciąganie $R_m = 450$ MPa i wydłużenie $A = 45\%$,
- w stanie odkształconym na zimno z 50% stopniem gniotu – $R_m = 750$ MPa, a $A = 3\%$.
- zachowuje wysokie własności mechaniczne w temperaturze podwyższonej do ok. 500°C .
- jest stosowany w ograniczonym stopniu ze względu na stale powiększający się jego deficyt.

Zastosowanie

Czysty nikiel stosuje się na:

- podzespoły w lotnictwie i kosmonautyce (w tym na obudowy silników raketowych),
- w elektronice i elektrotechnice,
- na elementy specjalnej aparatury badawczej i chemicznej odpornej na działanie substancji żrących
- na sprzęt w przetwórstwie żywności,
- nikiel używany jest także w galwanotechnice,
- jako katalizator w wielu procesach chemicznych