

Biomateriały metaliczne

Najpopularniejsza definicja biomateriału brzmi następująco: biomateriał to każda substancja inna niż lek lub kombinacja substancji syntetycznych lub naturalnych, która może być użyta w dowolnym okresie w celu czasowego lub permanentnego uzupełnienia tkanek narządu lub ich części i przejęcia ich funkcji. Mówiąc prościej są to więc materiały, które mają zastosowanie w medycynie. Mianem biomateriałów nie określamy jednak tylko materiałów używanych wewnątrz organizmu, ale też te które mają kontakt z ludzkimi tkankami np. podczas operacji. Najbardziej naturalnym podziałem biomateriałów wydaje się być ich podział na metaliczne, ceramiczne i polimerowe. W tym artykulu przedstawiona jest pierwsza z tych grup i ich zastosowania.

1. Charakterystyka

Materiały metaliczne i ich stopy charakteryzują się z reguły wysokimi parametrami mechanicznymi, lepszymi od ceramiki, czy też polimerów. Jednak nie wszystkie z nich nadają się do wykorzystania w medycynie. Ich słabym punktem mogą być odporność na korozję. W jej wyniku może dojść do dostania się fragmentów materiału do organizmu i metalozy, a niektóre pierwiastki budujące metale i ich stopy mogą wywoływać alergię i mieć szkodliwe działanie na organizm. Poza tym większość materiałów metalicznych wykazuje niższą biogodność niż np. ceramika, co może powodować powstawanie zakrzepów i odczyny alergiczne. Z powyższych powodów określono zbiór wymagań, jakie powinien spełniać biomateriał metaliczny:

- Dobra odporność na korozję
- Odpowiednie własności mechaniczne
- Dobra jakość metalurgiczna i jednorodność
- Zgodność tkankowa (nietoksyczność i niewywoływanie odczynów alergicznych)
- Odporność na ścierne zużycie
- Brak tendencji do tworzenia zakrzepów (atrombogenność)
- Odpowiednie właściwości elektryczne
- Niskie koszty

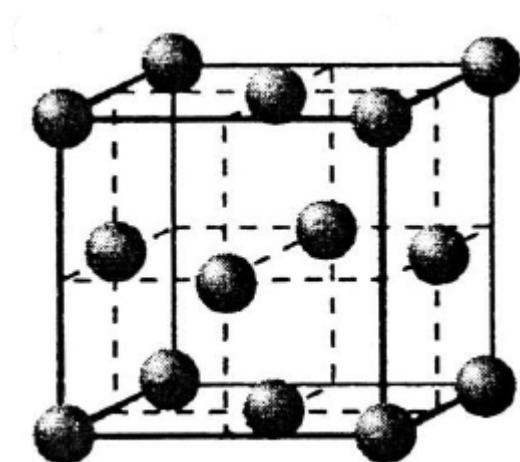
Wyżej wymienione cechy są uogólnionymi założeniami. Dla różnego zastosowania wymagane są mniej lub bardziej poszczególne właściwości i parametry np. w kardiochirurgii oczekuje się wysokiej atrombogenności, a w endoprotezach właściwości mechaniczne powinny być zbliżone do kości.

2. Biomateriały metaliczne wykorzystywane w medycynie

Wśród biomateriałów metalicznych wykorzystywanych w medycynie można wymienić stale austenityczne, stopy kobaltu, stopy tytanu oraz stopy z pamięcią kształtu.

2.1. Stale austenityczne

Stale austeniczne to stale kwasoodporne, które są najszerzej stosowane w medycynie. Zaliczają się do stopów odpornych na korozję. Najbardziej popularnym przedstawicielem tych stopów jest stal 316L. Jest to materiał, w którego skład wchodzi przede wszystkim chrom (16-25%) nikiel (powyżej 8%) i molibden (ok 3 %) oraz mangan i azot w mniejszych ilościach. Zawartość węgla w stalach austenicznych jest minimalna ($C < 0,003\%$). Mogą mieć wytrzymałość nawet 1850 MPa. Stopy te charakteryzują się strukturą paramagnetyczną. Odporność korozyjna jest uzyskana dzięki odpowiedniemu składowi tych biomateriałów. Chrom zmienia potencjał elektrochemiczny stali z ujemnego (-0,6 V) na dodatni (0,2 V) przy zawartości tego pierwiastka większej niż 13%. Powoduje to wzrost odporności korozyjnej w ośrodkach utleniających. Przy tym stężeniu chromu stop może tworzyć warstwę pasywacyjną zbudowaną z tlenków chromu, która dodatkowo chroni przed korozją. Nikiel jest pierwiastkiem który stabilizuje fazę austenitu i podwyższa energię błędów ułożenia, przez co warstwa pasywna jest trwalsza. Wraz ze wzrostem jego stężenia obserwuje się wzrost odporności na korozję naprężeniową i międzykrystaliczną. Molibden zwiększa odporność na korozję wżerową, natomiast tytan na międzykrystaliczną. Azot zwiększa wytrzymałości i odporność na korozję. Stopy austeniczne występują w strukturze regularnej ściennie centrowanej (rys. 1) [1]



Rysunek 1 Struktura regularna ściennie centrowana (RSC, A1) [2]

Mają bardzo szerokie zastosowanie ze względu na niską cenę i dobrze poznane właściwości. Stosowane są w praktycznie każdej dziedzinie życia np. lotnictwie, budownictwie, architekturze, przemyśle spożywczym, ochronie środowiska, sprzęcie agd, przemyśle chemicznym, papierniczym, farmaceutycznym, motoryzacji. [3], produkcji energii do mechaniki precyzyjnej i elektroniki. W medycynie stosuje się je to produkcji igieł śródszpikowych, narzędzi chirurgicznych (rys. 2D), płytek kostnych (rys. 2C), śrub i drutów kostnych, igieł, a nawet stentów (rys 2B) i elementów endoprotez (rys. 2A).



Rysunek 2 A: Endoproteza stawu biodrowego [5], B stenty naczyniowe [6], C płytki do ostesyn-tezy [7], D narzędzia chirurgiczne [8]

2.2. Stopy kobaltu

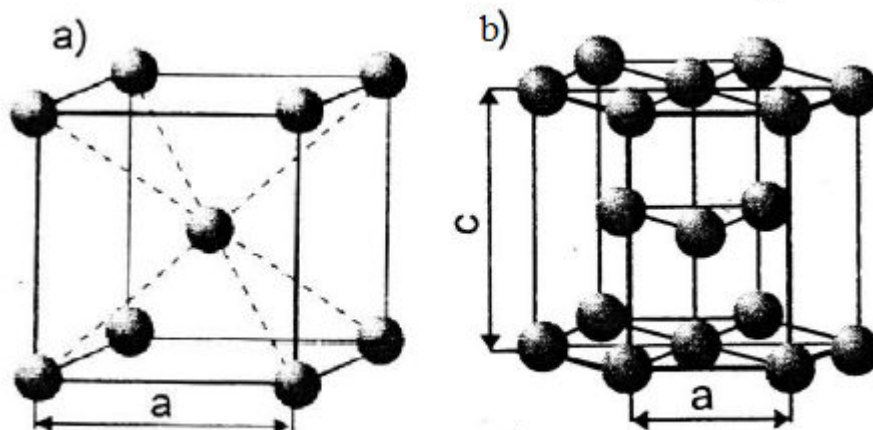
Są to stopy oparte na osnowie kobaltowej. Charakteryzują się wyższą biotolerancją w środowisku tkanek i płynów ustrojowych i większą odpornością na korozję wżerową i szczelinową oraz zdolnością do repasywacji w roztworach fizjologicznych niż powszechne stale austenityczne. Zawartość chromu wynosi 18-30%, molibdenu 2,5-9%, niklu 15-37%. Wśród innych pierwiastków stopowych występujących w małych ilościach można wymienić wanad, siarkę, mangan, tytan, kobalt, węgiel oraz żelazo. Jest to materiał cięższy niż stale austenityczne, ze względu na wyższą gęstość kobaltu ($8,9 \text{ g/cm}^3$) niż żelaza, używanego jako

osnowa w stalach austenitycznych ($7,8 \text{ g/cm}^3$). . Stopy te używane są głównie na elementy endoprotez, płytki, wkręty kostne, groty, druty i elementy kształtowe do zespołów dociskowych kości. Ze względu na to, że nie są to materiały plastyczne są mało rozpowszechnione w technice.

2.3.Stopy tytanu

Tytan występuje w dwóch odmianach alotropowych α i β . Porównanie ich zawarte jest w tabeli:

Odmiana	α	β
Twardość	230 HV	280 HV
Moduł Younga	100 GPa	80 GPa
Sieć krystalograficzna	HZ (rys. 3 a)	RPC (rys. 3 b)
Pierwiastki stabilizujące	Al, C,N,O,Ge	Nb, V,Ta,Mo
Stabilność	Do 882°C	od 882°C do 1668°C



Rysunek 3 A struktura regularna przestrzennie centrowana (RPC, A2), B struktura heksagonalna zwarta (HZ, A3)

Istnieją również stopy dwufazowe $\alpha+\beta$ zawierające tytan w obu odmianach alotropowych. W medycynie stosuje się głównie tytan techniczny o strukturze dwufazowej, zawierający 98,8 – 99,8 % tego pierwiastka, przede wszystkim stop Ti-6Al-4V. Stop ten charakteryzuje się wytrzymałością na rozciąganie 860 MPa, granicą plastyczności 780 MPa i wydłużeniem 10 %. Ogólnie stopy tytanu charakteryzują się bardzo dobrą odpornością korozyjną w środowisku tkankowym. Są lżejsze od stopów kobaltu i żelaza (gęstość tytanu to $4,5 \text{ g/cm}^3$). Nie wykazują dobrej odporności na ścieranie i mają zdolność do pasywacji przez utworzenie na powierzchni warstwy tlenków. Niskie właściwości tribologiczne i obecność wanadu w stopach używanych w medycynie negatywnie wpływa na ich biotolerancję, więc dąży się do opracowywania stopów tytanu bez udziału wanadu np. z pierwiastkiem β -twórczym niobem. Znalazły zastosowanie w elementach endoprotezach, elementach do zespawania odłamów kostnych, protetyce stomatologicznej, kardiochirurgii i kardiologii zabiegowej. Wytwarza się również porowate powłoki z tytanu [1].

2.4. Stopy z pamięcią kształtu

Stopy z pamięcią kształtu (SMA – shape memory alloys) należą do materiałów inteligentnych. Ich właściwości są związane z odwrótną przemianą martenzytyczną. Najbardziej popularnym stopem tego typu jest stop NiTi – nitinol, zawierający 53-57% niklu. Wyróżnia się jednokierunkowy i dwukierunkowy efekt pamięci kształtu oraz pseudosprężystość. Jednokierunkowy efekt pamięci kształtu polega na „zapamiętaniu” przez materiał tylko kształtu w fazie czyli wysokotemperaturowej. W dwukierunkowym efekcie pamięci kształtu kształt zapamiętany jest w obu fazach: wysoko i niskotemperaturowej. Pseudosprężystość jest związana z odwracalną przemianą wywołaną naprężeniem zewnętrznym, a nie temperaturą, jak w poprzednich przypadkach. W medycynie SMA wykorzystywane są do produkcji stentów, łuków ortodontycznych, urządzeń do wydłużania kończyn, klamer chirurgicznych, filtrów krwi, urządzenia do okluzji, płytki do osteosyntezy, gwoździe kostne, tuleje, aktywne endoskopy, zaciski, narzędzia chirurgiczne. Poza medycyną są wykorzystywane w lotnictwie, elektronice, automatyce i robotyce. [4]

1. Błażewicz S., Stoch L., *Biomateriały*, Warszawa, 2003, Akademicka Oficyna Wydawnicza Exit
2. http://www.iim.p.lodz.pl/wyklady/2_wiazania,budowa%20krystaliczna.pdf
3. <http://www.bth.pl/dane-techniczne/zastosowanie-stali-nierdzewnych/>
4. <http://www.matint.pl/materialy-z-pamiecia-ksztaltu.php>
5. <http://www.impomed.com.pl>
6. <http://www.infoescola.com>
7. <http://www.chifa.com.pl>
8. <http://www.mmstudio.com.pl>