

Zagadnienia

Moje zagadnienia:

1. Co to jest biomateriał?
2. Klasyfikacja biomateriałów
3. "Bio-" pojęcia
4. Zastosowania biomateriałów
5. Główne problemy implantologii
6. Wymagania stawiane biomateriałom
7. Mechaniczna charakterystyka materiałów (biologicznych)
8. Kości
9. Chrzątka i kolagen
10. Biomateriały metaliczne
11. Proces Krolla
12. Materiały ceramiczne
13. Proces Bayera
14. Metoda zol-żel

Opracowanie

Biomateriały

Definicje do wyboru do koloru:

- Biomateriał to każda **inna substancja niż lek** albo kombinacja substancji **syntetycznych lub naturalnych**, która może być użyta w dowolnym czasie, a której zadaniem jest **uzupełnianie lub zastępowanie tkanek** narządu lub jego części w celu spełnienia pewnej określonej funkcji.
- materiał, który **współpracuje z tkanką biologiczną** (niekoniecznie ludzką), z wykluczeniem leków.
- materiał przeznaczony do **współistnienia z biologicznymi systemami**, przeznaczony do **leczenia, diagnozowania, poprawiania lub zastąpienia częściowego lub całkowitego tkanki, narządu, lub spełniania ich funkcji w organizmie**

Klasyfikacja biomateriałów

Generacje

generacja	czas	charakter	przykłady
1.	od 1950	bioobojętne	złoto, nylon, kość słoniowa
2.	od 1980	bioaktywne	stopy Ti, Co-Cr, Mo, bioceramika
3.	od 2000	bioaktywne, wspierające regenerację tkanek	podłoża pod inżynierię tkankową, resorbowalny cement kostny, sztuczna skóra

Budowa, pochodzenie

Klasyfikacja:

- pochodzenia biologicznego
- syntetyczne

Grupy materiałów inżynierskich:

- metale
- polimery
- ceramika (nie metal i nie polimer - dlatego często są tu materiały węglowe)
- kompozyty

Biomateriały:

- Materiały metaliczne:

- stale austenityczne (niepoprawnie zwane chirurgicznymi) - duża zawartość chromu -> duża odporność na korozję - zmienia potencjał elektrochemiczny (od zawartości 16%)
- stopy na bazie kobaltu - Co-Cr-Mo
- stopy na bazie tytanu - z wanadem, aluminium, niobem
- materiały z pamięcią kształtu (en.smart materials) - metale albo polimery, odwrotna przemiana jakaś tam, *Nitinol*
- Materiały niemetaliczne (polimerowe):
 - biologiczne
 - cukrowe
 - białkowe
 - fibrynogen
 - jedwab
 - syntetyczne
 - biodegradowalne/bioresorbowalne
 - nici, szwy, scaffoldy, siatki do przepuklin, opatrunki
- Bioceramika:
 - hydroksyapatyty
 - bioszkła - metoda zol-żel, tlenek fosforu, tlenek wapnia, bez tlenku baru - toksyczny. Na bioszkle świetnie rośnie kość.

Podział ze względu na funkcję (podział według Kusia):

- biostatyczne
- biomechaniczne
- bioestetyczne
- wszczepy przeznaczone do kontaktu z krwią
- materiały do zespołów (nici, staplery, itp.)
- wszczepy jako nośniki leków

"Bio-" pojęcia

Wszczepy biostatyczne - materiały tworzące rusztowanie dla odnowy brakujących części tkanek lub organów oraz ich uzupełnienia. Tworzą odpowiednie warunki to odbudowy tkanek.

Wszczepy biomechaniczne - złożone konstrukcyjnie układy elementów, zastępujące niektóre biomechaniczny narządu ruchu.

Biomimetyka - naśladowanie struktur i procesów występujących w organizmach żywych.

Biokompatybilność (biogodność) - zdolność materiału do wywołania odpowiedzi gospodarza zgodnej z przeznaczeniem implantu. Aby przekonać się o tym czy materiał jest biogodny trzeba zbadać odpowiedź żywego organizmu na materiał i jego produkty degradacji.

Bioaktywność - zdolność powierzchni wszczepu lub pokrywających tę powierzchnię powłok do bezpośredniego połączenia, bez tworzenia warstwy pośredniej (otoczki okołointplantowej). Ma to korzystny wpływ na trwałość połączenia implant-tkanka.

Biofilm - trójwymiarowa kolonia bakterii zawartych w macierzy polimerów zewnątrzkomórkowych, wykazujących zdolność adhezji do wilgotnych powierzchni stałych oraz siebie nawzajem.

Zastosowania biomateriałów

- materiały dla chirurgii twarzowo-szczękowej
 - elementy wytrzymałe mechanicznie: metale, cementy, ceramika, polimery o wysokiej twardości
 - dodatkowy przykład: *CranioForm* - cement kostny robiony w czasie operacji
- materiały dla stomatologii
 - odporność na ścieranie, trwałe cechy estetyczne, odporność na korozję - jama ustna to paskudne środowisko: zmienne pH, zmienna temperatura, woda z solą, bakterie (biofilm)
 - aparaty ortodontyczne, implanty zębowe, wypełnienia
- materiały dla laryngologii
 - rekonstrukcje krtani i tchawicy
 - sprężystość zbliżona do tkanki chrzęstnej, bioinertność
- materiały dla okulistyki
 - **soczewki kontaktowe** - odporność na zanieczyszczenia (i różne biologiczne śmieci), przepuszczalność tlenu, zwilżalność filmem łzowym (adhezja)
 - keratoprotezy (sztuczne rogówki)
- materiały mające kontakt z krwią
 - **materiał atrombogeny** - niepowodujący zakrzepów

- sztuczne serce` `
- zastawki serca
 - mechaniczne - kulka w koszyku
 - biologiczne - fragment osierdzia świni
- stenty (w leczeniu zawałów, miażdżycy) - poszerzają światło naczynia krwionośnego (takie sprężynki)
- materiały dla ortopedii i traumatologii
 - trwałe, wytrzymałe - najczęściej przebywają długo
 - wkręty, płytki kostne, śruby (krócej niż 2 lata)
 - endoprotezy stawów, stabilizatory kręgosłupa (dłużej niż 2 lata)
- materiały do oparzeń i zranień
 - sztuczna skóra, kleje, przeszczepy regenerujące, nici chirurgiczne
 - nie powinny wywoływać niekorzystnych reakcji, mogą sobie degradować
- materiały do chirurgii plastycznej (bioestetyczne)
 - odpowiedni wygląd, brak reakcji alergicznych
- materiały dla instrumentarium chirurgicznego
 - odpowiednie właściwości mechaniczne i korozyjne
 - narzędzia do wprowadzania protez też muszą być bioinertne
 - łatwo sterylizowalne

Główne problemy implantologii

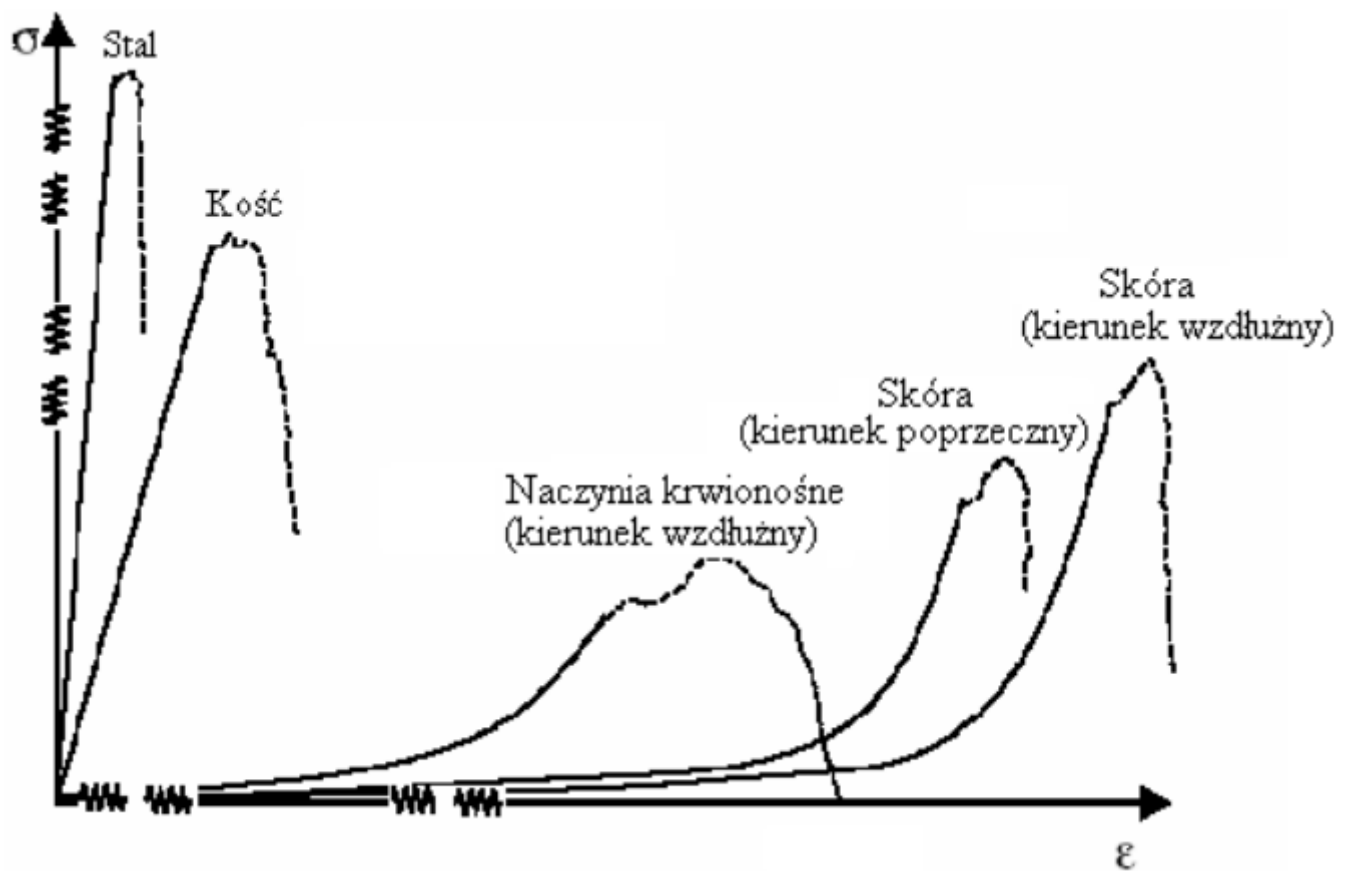
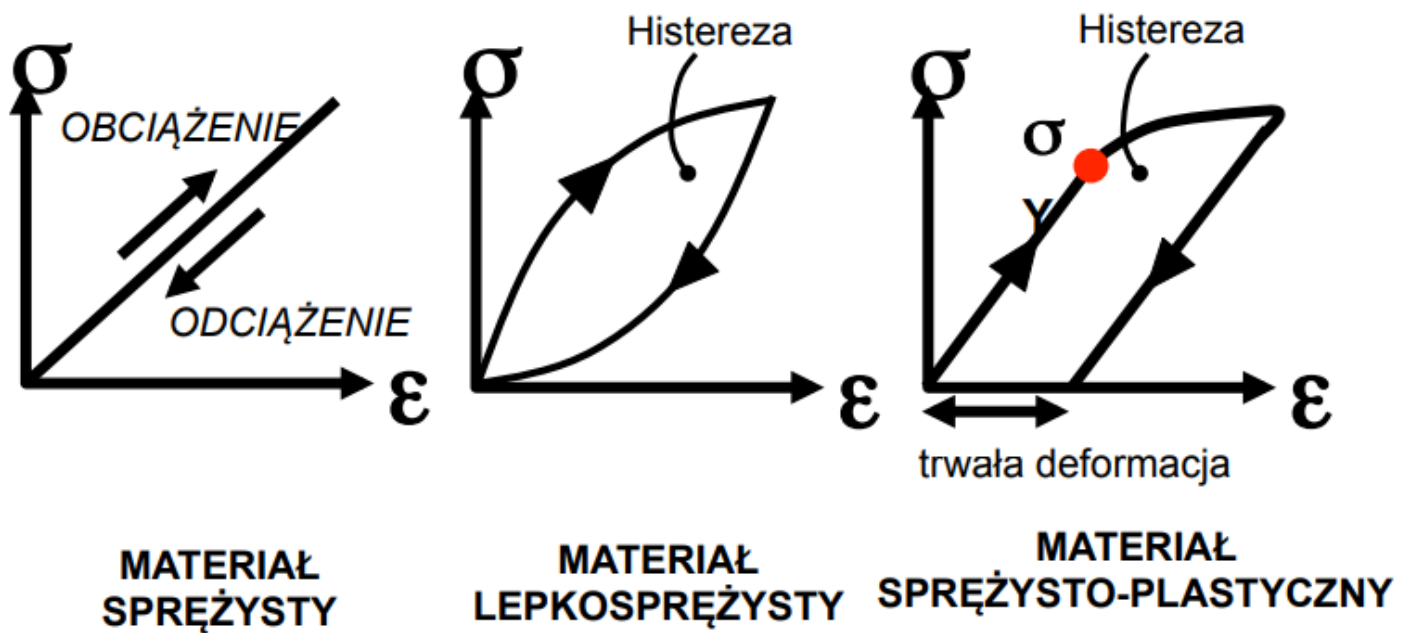
- Międzyfazowa stabilizacja z tkanką gospodarza - rozwiązanie: cementy kostne
- biomechaniczne i bioelektryczne niedopasowanie - różne moduły Younga, przewodności elektryczne, wynik: korozja
- tworzenie cząstek w wyniku tarcia - tarcie pod obciążeniami cyklicznymi, polietylen (właściwości sprężyste jak chrząstka) - łatwościeralny, mikrocząsteczki migrują po organizmie
- atrombogenność - każdy implant ma kontakt z krwią, choćby podczas wszczepiania
- brak zdolności do samonaprawiania
- brak zdolności do zmiany struktury i właściwości w odpowiedzi na działanie czynników zewnętrznych

Stres shielding (przesztynienie) - osłabiona tkanka kostna pęka pod wpływem niedopasowania właściwości mechanicznych protezy. Zapobieganie - trzpień protezy o różnej sztywności: krótsza strefa sztywna, kołnierze rozpraszające obciążenie.

Wymagania stawiane biomateriałom

1. obojętność
2. biokompatybilność
3. biofunkcyjność
4. Odpowiednie właściwości
 1. fizyczne
 2. mechaniczne
 3. chemiczne
 4. biologiczne
5. niski koszt

Mechaniczna charakterystyka materiałów (biologicznych)



Tkanki można dzielić na twarde (kości) i miękkie oraz na przenoszące (kości, naczynia, skóra) i nieprzenoszące obciążeń

Kości

Tkanka kostna zbudowana jest z komórek kostnych, oraz z macierzy kostnej zbudowanej z białek, głównie kolagenu (sprężystość) oraz substancji mineralnych (soli wapnia i fosforu głównie HA) odpowiadających za twardość i wytrzymałość

KOŚĆ JAKO STRUKTURA HIERARCHICZNA

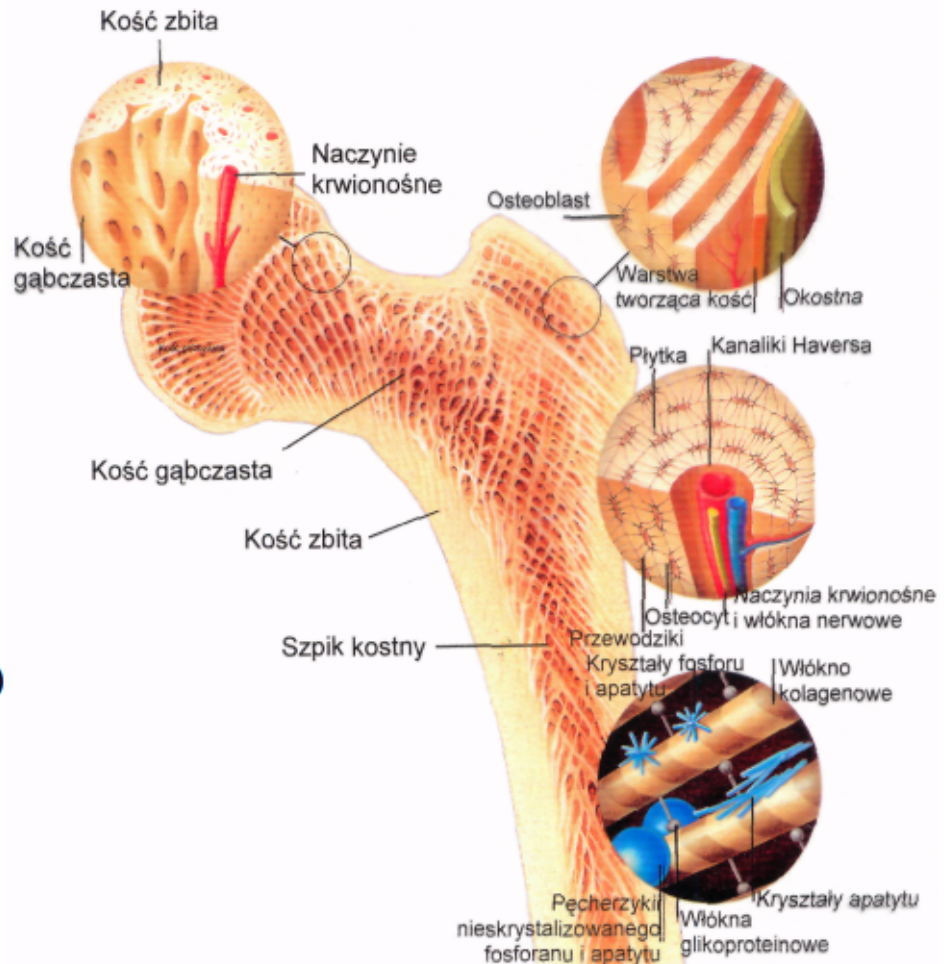
MAKROSTRUKTURA
(cała kość)

ARCHITEKTURA
(poziom tkanki)

MIKROSTRUKTURA
(osteon, beleczka kostna)

SUBSTRUKTURA
(poziom blaszki kostnej)

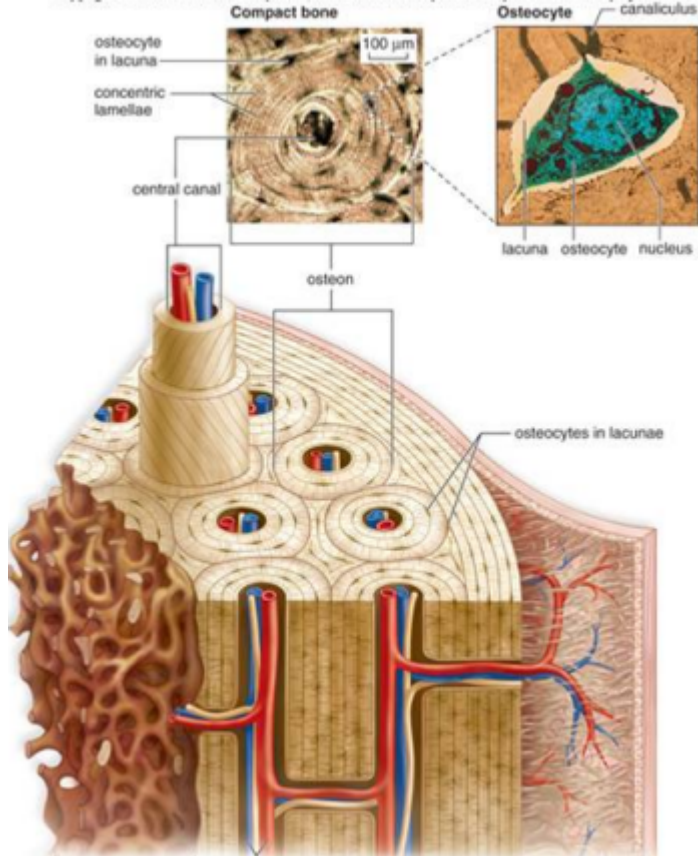
ULTRASTRUKTURA
(kryształ HA)



Tkanka zbita - zewnętrzna warstwa kości, podstawowa jednostka budulcowa - **osteon**. Odpowiada za oporność mechaniczną.

Kanał Haversa - w nim naczynia krwionośne (włosowate ~15µm średnicy), nerwy bezmielinowe (~4µm średnicy, funkcja nieznana). Wokół niego koncentrycznie ułożone **blaszki osteonu**, rozdzielone warstwami amorficznymi, łączone włóknami kolagenowymi. Naczynia w kanale Haversa łączą poprzecznie naczyniami w **kanałach Volkmanna**.

W blaszkach osteonu znajdują się **jamki**, w których są **osteocyty** - osteoblasty zabudowane przez zmineralizowaną macierz tkanki kostnej. Jamki są połączone **kanalikami**. Jamki i kanaliki wypełnia płyn śródkostny.



Tkanka gąbczasta - znacznie mniejszy ciężar właściwy, zbudowana z ułożonych w regularny system, elastycznie połączonych **beleczek**. Beleczki dostosowują się do kierunku naprężeń (prawo Wolffa)

Komórki kostne:

- osteoklasty
- osteoblasty
- osteocyty
- komórki powierzchni kości

<https://www.youtube.com/watch?v=-F0SpLr08tM>

Osteoblasty niszczą chrząstkę, robią kość

Osteoklasty niszczą kość.

Remodeling kostny

Osteoklasty resorbują tkankę kostną. Jak osteoblasty widzą osteoklasty to biegną robić kolagen, wiązać składniki mineralne a same zmieniają się osteocyty i naprawiają kość. Tkanka kostna może sobie potem mineralizować.

Zaburzenia jednego z procesów remodelingu mogą skutkować ubytkami (osteoporoza)

Chrząstka i kolagen

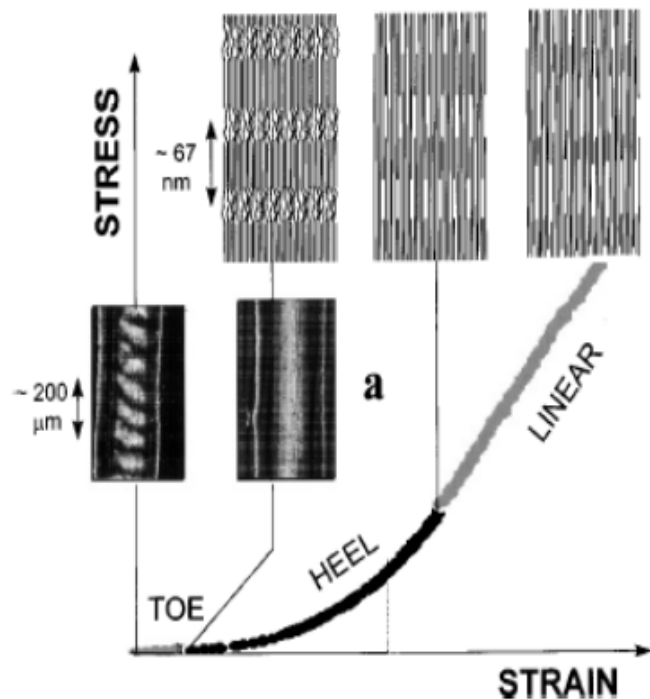
Budowa:

- woda
- włókna kolagenowe (dominują typu 2 - potrójna helisa)
- proteoglikany (bardzo duże cząsteczki, sacharyd+białko)

Chrząstka jest odżywiana tylko na zasadzie dyfuzji.

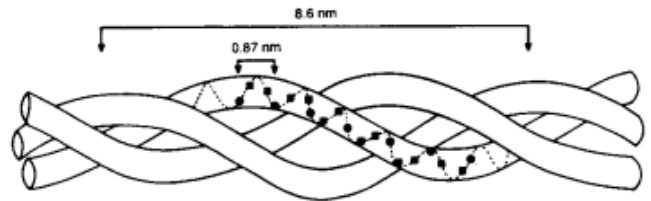
Chrząstka ma dużo wody. Pobiera ją i oddaje gdy jest obciążana. Jak się nie ruszamy to chrząstka nie jest odżywiana.

Kolagen



3 obszary krzywej:

- Makroskopowe rozwiązywanie się układu
- Mikroskopowe rozwiązywanie się struktury
- Rozciąganie potrójnej helisy i wiązań poprzecznych



Biomateriały metaliczne

Cztery grupy biomateriałów metalicznych

- stale (stopy żelaza z węglem do 2.11% wag. zawartości węgla) (stale austenityczne)
- stopy na bazie kobaltu
- stopy na bazie tytanu
- en.smart materials - materiały metaliczne z pamięcią kształtu

Austenit międzywęzłowy roztwór stały węgla w żelazie γ faza stosunkowo **twarda i wytrzymała, bardzo ciągliwa**, stopy austenityczne są **podatne do obróbki plastycznej** i odznaczają się złą skrawalnością.

Stale austenityczne są tanie, ale mają słabą odporność na korozję.

Stopy kobaltu - zdolne do repasywacji a więc odporne na korozję, lepsza biotolerancja od stali austenitycznych. Narażone na negatywne działanie węglików, rozwiązaniem jest obróbka termiczna.

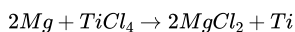
Główne składniki Co, Cr, Mo, Ni (mnemotechnika MONika KRoKOs)

Tytan i jego stopy - mały ciężar właściwy, wysoki koszt, bardzo odporne na korozję (pasywacja), witalne oddziaływanie w układach biologicznych, jednak może powodować reakcję okołowszczepową lub alergię.

Proces Krolla

Najczęściej używane rudy tytanu - rutyl (TiO_2), ilmenit ($FeTiO_3$).

Proces Krolla - redukcja $TiCl_4$ magnezem, operacja w procesie wytwarzania tytanu z rud.



Na dnie komory reaktora układa się gąbki metalicznego magnezu najwyższej czystości. Reaktor nagrzewa się w celu roztopienia magnezu. Doprowadza się $TiCl_4$, komorę wypełnia się gazem szlachetnym. Produktami są gąbka tytanowa (gromadzi wpięrkę się na ścinakach), chlorek magnezu i nadmiar magnezu. Produkty oczyszcza się łągując Mg i $MgCl_2$ kwasem solnym, lub je oddestylowując.

Materiały ceramiczne

Dziwna definicja - nie metal, nie polimer

Materiały ceramiczne:

- inertne
- aktywne
- bioresorbowalne

Podział:

- tradycyjna ceramika
 - korund $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$
 - fosforany wapnia
 - hydroksyapatyt (HA)
 - fosforan (tri) wapnia (TCP)
- tlenki, węgliki, azotki metali
- szkła
 - bioszkła

Generalnie wytwarzana w wysokiej temperaturze ale są wyjątki.

Wysoce biozgodne i bardzo twarde ale kruche, z wysokim modułem (narażają na stress shielding), niska energia pękania.

Mogą być gęste ale i porowate. Optymalne wrastanie kości w materiał porowaty: średnica porów 100-150um.

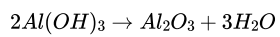
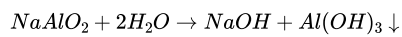
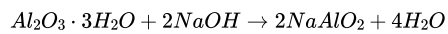
Proces Bayera

Podstawową rudą glinu jest boksyt

Proces Bayera - wylugowywanie wodorotlenków glinu zawartych w boksycie wodorotlenkiem sodu.

Powstały metaglinian sodu rozcieńcza się wodą i oddziela od nierozpuszczalnego osadu.

Z czystego roztworu wytrąca się wodorotlenek glinu, a następnie odfiltrowuje się go, przemywa i wypraża w celu otrzymania tlenku glinu.



Metoda zol-żel

https://www.youtube.com/watch?v=VIWGIKCV_6k

<https://www.youtube.com/watch?v=35IgXnXnA1Y&t=6s>