

Spis treści

Przedmowa	13
Rozdział 1. Wpływ sztucznych materiałów biokompatybilnych na żywe tkanki organiczne	19
1.1. Tkanki miękkie	19
1.2. Układ kostny	21
1.2.1. Makrobudowa kości	21
1.2.2. Wytrzymałość na rozciąganie i ściskanie	22
1.2.3. Wrażliwość na pękanie	23
1.2.4. Parametry określające sztywność	23
1.3. Wzrost skłonności do pękania kości u ludzi w starszym wieku	24
1.4. Ogólna charakterystyka biokompatybilnych materiałów pochodzenia nieorganicznego	27
1.4.1. Wprowadzenie	27
1.4.2. Metalowe materiały biokompatybilne	28
1.4.3. Ceramiczne materiały biokompatybilne	29
1.4.4. Polimery	30
1.5. Wpływ obiektów obcych na tkanki żywe	31
1.6. Wpływ środowiska, warunków eksploatacji i tkanek żywych na obiekty obce	33
Literatura	38
Rozdział 2. Pomiary właściwości mechanicznych metali i polimerów	39
2.1. Pomiary twardości	39
2.1.1. Pomiary makrometryczne	40
2.1.2. Pomiary mikrometryczne	41
2.1.3. Pomiary nanometryczne	42
2.2. Pomiary wytrzymałości na rozciąganie	42
2.2.1. Wytrzymałość bezwzględna (niezależna od gęstości)	42
2.2.2. Wytrzymałość właściwa (zależna od gęstości)	45
2.3. Wytrzymałość na ściskanie	47
2.4. Wytrzymałość na zginanie	49
2.5. Udarność	51
2.6. Moduły sprężystości	54
2.7. Odporność na propagację szczeliny	57
2.8. Wytrzymałość zmęczeniowa	60
Literatura	63
Rozdział 3. Polimery i kompozyty z osnową polimerową	64
3.1. Wprowadzenie	64
3.2. Łańcuch węglowy jako podstawa kształtowania właściwości mechanicznych polimerów	64
3.3. Polietylen	70
3.4. Włókna polimerowe	71
3.4.1. Tworzywa paraaramidowe (kevlar, twaron, nomex)	71
3.4.2. Włókna polietylenowe	72

3.5. Charakterystyka i zastosowanie PMMA	76
3.5.1. Właściwości mechaniczne	76
3.5.2. Ocena możliwości zastosowania tworzyw akrylowych w protetyce dentystycznej	77
3.5.3. Kompozyty z osnową PMMA wzmocnione włóknami wysokowytrzymałymi	79
3.6. Polieteroeteroketon (PEEK) i kompozyty z osnową z PEEK	81
3.7. Wpływ wilgotnego środowiska na polimery	83
3.7.1. Wilgotność względna	83
3.7.2. Kształtowanie wilgotności względnej w eksperymentach nawilżania	83
3.7.3. Nasiąkliwość żywic termoutwardzalnych	84
3.7.4. Nasiąkliwość i zmiany właściwości polimerów termoplastycznych	86
3.7.5. Degradacja polimerów pod wpływem różnych rodzajów promieniowania	87
3.7.6. Porównanie właściwości mechanicznych wybranych tworzyw akrylowych	88
Literatura	94

Rozdział 4. Chromowo-niklowe stale austenityczne odporne na korozję 96

4.1. Wpływ składu chemicznego stali chromowo-niklowych na ich strukturę i właściwości	96
4.2. Korozja międzykrystaliczna stali chromowo-niklowych	103
4.3. Korozja naprężeniowa	108
4.3.1. Zarodkowanie i rozwój szczeliny w korodującym obiekcie	108
4.3.2. Korozja równomierna stali austenitycznych z naprężeniami rozciągającymi	109
4.3.3. Wybrane przykłady skutków korozji naprężeniowej	111
4.3.4. Przyspieszona ocena odporności na korozję naprężeniową	113
4.3.5. Naprężenia progowe	115
4.3.6. Zapobieganie korozyjnemu pękaniu naprężeniowemu	115
4.4. Korozja stali chromowo-niklowych odkształconych plastycznie na zimno	116
4.4.1. Wpływ odkształcenia plastycznego na odporność na korozję międzykrystaliczną	116
4.4.2. Wpływ odkształcenia plastycznego na korozję naprężeniową	117
4.4.3. Wpływ odkształcenia plastycznego na korozję wżerową i szczelinową	118
4.5. Wytrzymałość zmęczeniowa w środowiskach aktywnych korozyjnie	121
4.5.1. Cechy charakterystyczne wytrzymałości zmęczeniowej stali i stopów metali	121
4.5.2. Porównanie wytrzymałości zmęczeniowej stali 316L, stopów kobaltu i stopów tytanu	123
4.6. Specjalne przeznaczenia stali chromowo-niklowych	124
Literatura	125

Rozdział 5. Chromowe stale ferrytyczne odporne na korozję 127

5.1. Strukturalne podstawy kształtowania właściwości stali ferrytycznych	127
5.2. Stale ferrytyczne I i II generacji – problemy eksploatacyjne	130
5.2.1. Chromowe stale ferrytyczne I generacji	130
5.2.2. Kompleks zagadnień związanych ze zjawiskiem kruchości 475°C i łatwym tworzeniem się w tej temperaturze fazy α'	132
5.2.3. Uzyskiwanie bardzo czystych stali	136
5.2.4. Spawalność stali ferrytyczno-martenzytycznych	137
5.2.5. Korozja wżerowa w wyrobach ze stali ferrytycznych	138
5.3. Stale ferrytyczne III generacji	141
5.4. Stale ferrytyczne z zawartością chromu od 10,5% do 12,5%	144
5.5. Porównanie stali ferrytycznych i austenitycznych	149
Literatura	152

Rozdział 6. Chromowe stale martenzytyczne odporne na korozję 153

6.1. Istotne czynniki różniące stale martenzytyczne od stali austenitycznych i ferrytycznych	153
6.2. Elementy technologii obróbki cieplnej stali martenzytycznych	155
6.3. Klasyfikacja stali martenzytycznych	159
6.4. Martenzytyczne stale chromowe ze zwiększoną zawartością niklu	160
6.5. Azot w martenzytycznych stalach odpornych na korozję	161
6.5.1. Wpływ azotu na przemiany fazowe w stalach chromowych	161
6.5.2. Wpływ azotu na odporność korozyjną chromowych stali martenzytycznych	164
6.6. Zastosowanie chromowych stali martenzytycznych ze zmniejszoną zawartością chromu w osnowie	167
Literatura	168

Rozdział 7. Narzędzia w pracowni protetycznej 170

7.1. Narzędzia skrawające do obróbki materiałów dentystycznych	170
7.2. Narzędzia do cięcia drutów ortodontycznych	175
7.3. Druty ortodontyczne	179
7.4. Kleszcze do gięcia drutu	180
Literatura	181

Rozdział 8. Tytan i stopy tytanu 182

8.1. Wprowadzenie	182
8.2. Podział stopów tytanu ze względu na strukturę	183
8.2.1. Podstawa klasyfikacji strukturalnej	183
8.2.2. Wpływ dodatków stopowych na strukturę stopów tytanu	183
8.2.3. Stopy tytanu typu I z podstawowym udziałem fazy α	184
8.2.3.1. Tytan techniczny	185
8.2.3.2. Stopy tytanu określane jako „prawie α ”	185
8.2.4. Stopy tytanu typu II z podstawowym udziałem fazy β	186
8.2.5. Stopy tytanu o strukturze $\alpha + \beta$	188
8.2.6. Morfologia stopów tytanu o strukturze $\alpha + \beta$ po zabiegach obróbki cieplnej poniżej temperatury β <i>transus</i>	188
8.2.7. Stop WT3-1	191
8.2.8. Stop Ti-6Al-4V	191
8.3. Właściwości mechaniczne stopów Ti-6Al-4V i Ti-6Al-7Nb	192
8.4. Tytan porowaty	194
8.5. Korozja tytanu i jego stopów	194
8.5.1. Korozja w warunkach przemysłowych i w zastosowaniach medycznych	194
8.5.2. Ocena korozyjności tytanu w kontakcie z płynami fizjologicznymi	195
8.5.3. Porównanie odporności korozyjnej tytanu technicznego i stopu Ti-6Al-4V	196
8.5.4. Porównanie odporności korozyjnej stopu Ti-6Al-4V oraz stopów z niobem lub cyrkonem	198
8.5.5. Porównanie odporności korozyjnej stopów tytanu z niobem lub cyrkonem oraz tytanu technicznego (CT)	199
8.6. Zagrożenie korozyjne ze strony fluoru	199
8.6.1. Doświadczalne pomiary natężenia korozji	199
8.6.2. Próby zmniejszenia podatności korozyjnej tytanu w środowiskach z fluorem	201
8.6.3. Wyniki polerowania wyrobów ze stopów tytanu w emulsji powstałej z Al_2O_3 oraz fluorowanych past do zębów	204

8.7. Przedwczesne zniszczenie implantów tytanowych	207
8.7.1. Czynniki pozamateriałowe	207
8.7.2. Przeciążenie	209
Literatura	210

Rozdział 9. Stopy niklowo-tytanowe 213

9.1. Wprowadzenie	213
9.2. Zależność odkształcenia od warunków eksperymentu dla różnych stopów metali	213
9.3. Właściwości stopów niklu z tytanem zmierzone w warunkach standardowych dla chromowo-niklowych stali austenitycznych	214
9.4. Efekt pamięci kształtu	218
9.5. Wytrzymałość zmęczeniowa	221
9.6. Odporność korozyjna	223
9.7. Wytwarzanie stałego docisku w długim czasie i wykorzystanie tego efektu w łukach ortodontycznych	226
9.8. Wykorzystanie efektu histerezy naprężeń występującej podczas rozciągania stopów niklu z tytanem	228
Literatura	229

Rozdział 10. Wypełnienia zębowe 231

10.1. Wprowadzenie	231
10.1.1 Ogólna charakterystyka materiałów wypełnieniowych	231
10.1.2 Podstawowe materiały polimerowe stosowane do wytwarzania wypełnień	232
10.2. Amalgamaty	232
10.3. Popularne kompozyty wzmacniane twardymi cząstkami w zastosowaniach ogólnotechnicznych	233
10.4. Osnowy polimerowe w kompozytowych wypełnieniach zębowych – wymagania specjalne	234
10.4.1. Próby przyspieszenia i skrócenia utwardzania żywic termoutwardzalnych	234
10.4.2. Żywice specjalne do wytwarzania zębowych wypełnień kompozytowych	236
10.4.3. Nieorganiczne cząstki wzmacniające	238
10.4.4. Preparowanie włókien i cząstek związkami proadhezyjnymi	243
10.4.5. Znaczenie ilości nałożonego silanu	245
10.5. Utwardzanie wypełnień światłem	248
10.6. Skurcz polimeryzacyjny oraz szczeliny między wypełnieniem kompozytowym i ścianką zęba	253
10.7. Hybrydowe polimery nieorganiczno-organiczne	261
10.8. Porównanie klasycznego kompozytu Herculite XR/XRV i nowego materiału nanokompozytowego Filtek Supreme XT Flowable	264
10.8.1. Kompozyt Herculite XR/XRV produkcji firmy Kerr	264
10.8.2. Kompozyt Filtek Supreme XT Flowable produkcji firmy 3M ESPE	265
Literatura	266

Rozdział 11. Ceramika i porcelana stomatologiczna 269

11.1. Szkło gospodarcze i ceramika narzędziowa	269
11.1.1. Struktura i właściwości szkła	269
11.1.2. Lepkość różnych ośrodków i formowanie wyrobów ze szkła	270
11.1.3. Wyżarzanie i hartowanie szkła	271
11.1.4. Umacnianie szkła metodami chemicznymi	272
11.1.5. Zmiany właściwości szkła w całym przekroju	273

11.2. Ceramika narzędziowa	273
11.2.1. Podział ceramiki ze względu na geometryczne rozłożenie kryształów w przestrzeni	273
11.2.2. Podział ceramiki ze względu na liczbę związków	274
11.2.3. Ważniejsze gatunki ceramiki narzędziowej	274
11.2.3.1. Tlenek aluminium Al_2O_3	274
11.2.3.2. Azotek krzemu typu $\beta-Si_3N_4$	276
11.2.3.3. Ceramika cyrkonowa ZrO_2	277
11.3. Odtwarzanie i uzupełnianie tkanek zębowych	279
11.4. Porcelana skaleniowa	281
11.4.1. Skaleń – podstawowy surowiec do wytwarzania porcelany skaleniowej	281
11.4.2. Skład chemiczny fazy szklistej w porcelanie skaleniowej	282
11.4.3. Sposoby zmniejszania wrażliwości porcelany skaleniowej na pękanie	283
11.4.3.1. Technologia PFM (<i>porcelain fused to metal</i>)	283
11.4.3.2. Umacnianie przez wymianę jonów oraz przez hartowanie	284
11.4.4. Kształtowanie właściwości porcelany skaleniowej przez zasilanie odpowiednimi minerałami ze źródeł zewnętrznych	285
11.5. Ceramika porowata nasycona szkłem	287
11.6. Wyroby protetyczne z ceramiki szklistej	287
11.6.1. Otrzymywanie i właściwości ceramiki szklistej	287
11.6.2. Kryształy leucytu ($KAlSi_2O_6$)	288
11.6.3. Ceramika szklista z kryształami dwukrzemianu litu ($Li_2Si_2O_5$)	290
11.6.4. Ceramika szklista z kryształami miki	290
11.6.5. Ceramika szklista z kryształkami ZrO_2 wydzielonymi w procesie dewitryfikacji	291
11.7. Tlenek aluminium w pierwotnych protetycznych materiałach ceramicznych oraz w materiałach współczesnych	291
11.8. Ceramika dentystryczna Al_2O_3	293
11.9. Ceramika ZrO_2 oraz kompozyty $Al_2O_3 + ZrO_2$ w protetyce ortopedycznej oraz ortodontycznej	296
11.10. Kompozyty polimerowe do licowania podkładów metalowych i pełnoceramicznych	305
Literatura	305

Rozdział 12. Odlewy stomatologiczne 307

12.1. Wprowadzenie	307
12.2. Stopy metali szlachetnych	308
12.2.1. Wpływ dodatków stopowych na właściwości stopów	308
12.2.2. Ogólny podział stopów metali szlachetnych (<i>noble alloys</i>)	310
12.2.3. Metalurgia stopów złota	310
12.2.4. Informacja ofertowo-zakupowa o stopach złota i palladu	314
12.3. Stopy palladowo-srebrne	317
12.3.1. Ogólna charakterystyka stopów srebrno-palladowych	317
12.3.2. Topienie i odlewanie stopów srebrno-palladowych	319
12.3.3. Wpływ warunków środowiskowych na właściwości odlewanych stopów	320
12.3.4. Obróbka cieplna	323
12.3.5. Korozja stopów srebrno-palladowych	327
12.3.6. Porównanie odporności korozyjnej typowych stopów złota i stopów srebrno-palladowych	328
12.4. Odlewy ze stopów tytanu	330
12.4.1. Zmiany właściwości tytanu i jego stopów w wyniku pochłaniania gazów i węgla	330
12.4.2. Czyszczenie powierzchni odlewów	336

12.5. Odlewane stale chromowo-niklowe	337
12.5.1. Wprowadzenie	337
12.5.2. Przemiany fazowe od temperatury krzepnięcia do temperatury poniżej 400°C	338
12.6. Stopy kobaltu oraz stopy niklu	341
12.6.1. Wprowadzenie	341
12.6.2. Topienie i formy odlewnicze	343
12.6.3. Charakterystyka wybranych stopów kobaltu i niklu	344
12.6.4. Właściwości mechaniczne i odporność korozyjna stopów kobaltu	345
12.6.4.1. Wytrzymałość na rozciąganie	345
12.6.4.2. Odporność korozyjna	346
12.7. Podział współczesnych stopów kobaltu z uwzględnieniem ich optymalnych zastosowań	347
12.7.1. Charakterystyka stopów kobaltu o podwyższonej sztywności	348
12.7.2. Charakterystyka stopów kobaltu o podwyższonej ciągliwości (do napalania porcelany)	348
12.7.3. Właściwości mechaniczne stopów kobaltu	349
12.7.4. Pomiary odporności na zużycie ściernie	352
12.7.5. Pomiary zużycia ściernio-korozyjnego w środowisku kwaśnym	353
12.7.6. Pomiary ściernio-korozyjne w sztucznej ślinie	354
Literatura	356
Rozdział 13. Materiały porowate	358
13.1. Wprowadzenie	358
13.2. Porowate warstwy wierzchnie	359
13.3. Materiały porowate o strukturze przestrzennej	363
13.4. Polimerowe porowate biomateriały szkieletowe (skafoldy)	364
13.5. Modyfikowanie wewnętrznych powierzchni porowatych polimerowych materiałów biokompatybilnych	366
13.6. Porowaty tytan i jego stopy	368
13.7. Porowate hydroksyapatyty	369
13.8. β -trójkwapniowy fosforan	370
Literatura	371
Rozdział 14. Połączenia różnych materiałów	373
14.1. Lutowanie – podstawowe informacje	373
14.2. Materiały do lutowania (lutowia)	376
14.3. Standardowe materiały do lutowania twardego wyrobów ortodontycznych	377
14.4. Modyfikowane materiały lutownicze do zastosowań ogólnoprzemysłowych	380
14.4.1. Zastosowanie tytanu, hafnu i cyrkonu w lutowaniu aktywnym	380
14.4.2. Materiały kompozytowe	381
14.5. Spawanie laserowe	381
14.5.1. Cechy spawania laserowego przydatne w pracach protetycznych	381
14.5.2. Czynniki technologiczne wpływające na jakość połączenia laserowego	382
14.5.3. Materiały dentystyczne spawane laserowo oraz metodą TIG	383
14.5.4. Wyniki pomiarów wytrzymałości na rozciąganie materiałów niespawanych oraz spawanych tego samego gatunku	384
14.5.5. Wyniki spawania laserowego różnych gatunków stopów dentystycznych	386
14.5.6. Porównanie spawania laserowego i spawania metodą TIG	387
14.5.7. Porównanie lutowania, spawania laserowego oraz spawania metodą TIG	388

14.6. Łączenia szkła i ceramiki z metalami	389
14.6.1. Trudności w łączeniu ceramiki z metalami	389
14.6.2. Próby zapewnienia korelacji między współczynnikami skurczu termicznego α	390
14.6.3. Metalizowanie powierzchni ceramicznych	391
14.6.4. Połączenia porcelany dentystycznej z metalowymi konstrukcjami podbudowy	391
14.6.5. Technologia licowania porcelaną podbudów metalowych	394
Literatura	396

Rozdział 15. Korozja wżerowa i szczelinowa 397

15.1. Wprowadzenie	397
15.2. Prądowe i chemiczne procesy towarzyszące powstawaniu, wzrostowi i repasywacji wżerów i szczelin korozyjnych	398
15.2.1. Zmiany prądowe towarzyszące wymuszonej pasywacji stali odpornych na korozję	398
15.2.2. Uproszczony model przepływu prądów korozyjnych oraz zmian chemicznych w szczelinie i we wżerze korozyjnym	399
15.3. Zarodkowanie korozji lokalnej	402
15.4. Podstawowe procesy podczas wzrostu wżerów	403
15.5. Repasywacja	404
15.6. Przypadki korozji wżerowej i szczelinowej stali austenitycznych typu 316	405
15.7. Odstępstwa od liniowej współzależności między potencjałem przebiecia E_b i wartością PRE	409
15.8. Poprawa odporności na korozję wżerową i szczelinową	412
15.9. Wysokoazotowe stale austenityczne chromowo-manganowe bez niklu	415
15.10. Dobór chromu, molibdenu i azotu w stalach austenitycznych odpornych na korozję lokalną	417
15.11. Łączny wpływ chromu, molibdenu oraz azotu na spowolnienie zarodkowania i wzrostu wżerów i szczelin	418
15.12. Ustalenie przybliżonej zależności między ekwiwalentem PRE i potencjałem przebiecia E_b wybranych stali austenitycznych	419
15.13. Korozja lokalna stopów aluminium	421
Literatura	422

Rozdział 16. Warstwy przypowierzchniowe 424

16.1. Azotowanie w budowie maszyn	424
16.2. Azotowanie tytanu i jego stopów	426
16.3. Podwyższone stężenie tlenu w warstwach powierzchniowych stopów tytanu	429
16.4. Powłoki hydroksyapatytowe na tytanie	431
16.4.1. Zalety i wady hydroksyapatytu	431
16.4.2. Powłoki hydroksyapatytowe na wyrobach ze stopów tytanu	431
16.5. Powłoki hydroksyapatytowe na stalach kwasoodpornych zawierających 18% chromu i 9% niklu	432
16.6. Właściwości powłok z bioceramiki hydroksyapatytowej w bezpośrednich kontaktach z tkankami żywymi	433
16.7. Nowy materiał nanokrystaliczny powstały z tytanu i hydroksyapatytu	435
Literatura	435

Rozdział 17. Korozja połączeń spawanych stali chromowo-niklowych w środowiskach z jonami chloru	437
17.1. Wprowadzenie	437
17.2. Warunki sprzyjające korozji międzykrystalicznej w połączeniach spawanych	438
17.3. Wybór warunków eksperymentalnej oceny odporności korozyjnej połączeń spawanych	445
17.4. Zestawienie stali austenitycznych, z których wykonano eksperymentalne połączenia spawane	446
17.5. Charakterystyka struktury i wybranych właściwości spoin	448
17.6. Przygotowanie próbek	449
17.7. Wyniki prób odporności korozyjnej w wodnych roztworach chlorku wapnia	449
17.8. Ocena wpływu płynu Ringera na prostopadłe wycięte połączenia spawane	451
17.9. Korozja połączeń spawanych o zróżnicowanej gładkości powierzchni w płynie Ringera	453
17.10. Próby odporności korozyjnej w 0,85-procentowym roztworze chlorku sodu	455
17.11. Podsumowanie	459
Literatura	461