

SPIS TREŚCI

Przedmowa	7
MATERIAŁY INŻYNIERSKIE	
WPROWADZENIE – RODZAJE MATERIAŁÓW INŻYNIERSKICH	9
1. WIĄZANIA MIĘDZY ATOMAMI	11
1.1. WIĄZANIA PIERWOTNE	12
1.2. WIĄZANIA WTÓRNE	13
2. SPOSOBY ROZMIESZCZENIA ATOMÓW W CIAŁACH STAŁYCH	14
2.1. STRUKTURA MATERIAŁÓW INŻYNIERSKICH	14
2.2. STRUKTURA NIEKRystaliczna	15
2.3. STRUKTURA KRystaliczna – ELEMENTY KRystalOGRAFII	15
2.3.1. Płaszczyzny krystalograficzne	17
2.3.2. Kierunki krystalograficzne	18
2.4. DEFEKTY STRUKTURY KRystalicznej	19
2.4.1. Defekty punktowe	19
2.4.2. Defekty liniowe	20
2.4.3. Defekty płaskie – powierzchniowe	24
2.4.4. Defekty objętościowe	26
3. CHARAKTERYSTYKA PODSTAWOWYCH WŁAŚCIWOŚCI MATERIAŁÓW ..	27
3.1. GĘSTOŚĆ	27
3.2. SZTYWNOŚĆ – SPRĘŻYSTOŚĆ	27
3.3. WYTRZYMAŁOŚĆ	30
3.3.1. Wytrzymałość statyczna	30
3.3.2. Twardość	32
3.3.3. Odporność na pękanie – wiązkość	33
3.3.4. Wytrzymałość zmęczeniowa	35
3.3.5. Wytrzymałość na pełzanie	38
3.3.6. Odporność na zużycie wskutek tarcia	42
3.3.7. Odporność na korozję	43
4. METODY UMACNIANIA MATERIAŁÓW PLASTYCZNYCH	45
4.1. UMACNIANIE ODKSZTAŁCENIOWE	45
4.2. UMACNIANIE PRZEZ ROZTWÓR	48
4.3. UMACNIANIE WYDZIELENIOWE I DYSPERSYJNE	49
4.4. UMOCNIENIE PRZEZ GRANICE ZIAREN	51

METALE I STOPY METALI

5. STRUKTURA METALI I STOPÓW	54
5.1. STRUKTURA METALI	54
5.2. STRUKTURA STOPÓW	56
5.2.1. Roztwory stałe	56
5.2.2. Fazy międzywęzłowe i międzymetaliczne	59
6. UKŁADY RÓWNOWAGI FAZOWEJ	60
6.1. UKŁADY DWUSKŁADNIKOWE	61
6.1.1. Układ z nieograniczoną rozpuszczalnością w stanie stałym	62
6.1.2. Układ równowagi z mieszaniną eutektyczną	63
6.1.3. Układ równowagi z przemianą perytektyczną	67
6.1.4. Układy z fazami międzymetalicznymi	70
6.1.5. Układ równowagi żelazo-węgiel	71
6.2. UKŁADY TRÓJSKŁADNIKOWE	80
6.3. RELACJE MIĘDZY RODZAJEM UKŁADU RÓWNOWAGI A WŁAŚCIWOŚCIAMI STOPU	81
7. KRZEPNIĘCIE I KRYSTALIZACJA TWORZYW METALOWYCH	83
7.1. ELEMENTY TERMODYNAMIKI	83
7.2. KRYSTALIZACJA CZYSTYCH METALI	84
7.2.1. Zarodkowanie fazy stałej	84
7.2.2. Wzrost kryształów	91
7.3. KRYSTALIZACJA STOPÓW	91
7.4. STRUKTURA PIERWOTNA	93
8. PRZEMIANY FAZOWE W STANIE STAŁYM	95
8.1. SIŁA NAPEŁDOWA PRZEMIAN FAZOWYCH W STANIE STAŁYM	95
8.2. ELEMENTY TEORII DYFUZJI	95
8.3. WYKRESY CTP	97
8.3.1. Przemiany dyfuzyjne	98
8.3.2. Przemiana bainityczna	103
8.3.3. Przemiana bezdyfuzyjna – martenzytyczna	103
8.4. UMACNIANIE WYDZIELENIOWE I DYSPEKSYJNE	109
9. ZMIANY STRUKTURY METALI I STOPÓW PODCZAS ODKSZTAŁCENIA. ZDROWIENIE I REKRYSTALIZACJA	111
9.1. STRUKTURA MATERIAŁU ODKSZTAŁCONEGO	111
9.2. ODBUDOWA STRUKTURY PO ODKSZTAŁCENIU	112
9.2.1. Zdrowienie	113
9.2.2. Rekrytalizacja	114
9.2.3. Rozrost ziaren	115
10. STOPY ŻELAZA Z WĘGLEM	116
10.1. STAL	116
10.1.1. Rola zanieczyszczeń	117
10.1.2. Wpływ domieszek	117
10.1.3. Wpływ dodatków stopowych	118
10.2. STALIWO	122
10.3. ŻELIWO	123
10.3.1. Wpływ składu chemicznego na grafityzację żelaza	124
10.3.2. Wpływ składu chemicznego na rodzaj metalicznej osnowy	124

11. METODY ODDZIAŁYWANIA NA STRUKTURĘ I WŁAŚCIWOŚCI STOPÓW Fe-C	126
11.1. OBRÓBKA CIEPLNA STOPÓW Fe-C	126
11.1.1. Przemiana perlityczna	127
11.1.2. Przemiana bainityczna	128
11.1.3. Przemiana martenzytyczna	129
11.1.4. Przemiany podczas odpuszczania	130
11.1.5. Wyżarzanie stopów Fe-C	131
11.2. TECHNICZNE ASPEKTY OBRÓBKII CIEPLNEJ	136
11.3. ZŁOŻONE METODY OBRÓBKII CIEPLNEJ	138
11.3.1. Obróbka cieplno-chemiczna	138
11.3.2. Obróbka cieplno-plastyczna	148
12. PRZEMYSŁOWE STOPY ŻELAZA	150
12.1. STAL	150
12.1.1. Stal konstrukcyjna niestopowa	153
12.1.2. Stal konstrukcyjna stopowa	159
12.1.3. Stal narzędziowa	168
12.1.4. Stal i stopy o specjalnych właściwościach chemicznych i fizycznych	172
12.2. STAL MARAGING	177
13. ODLEWNICZE STOPY ŻELAZA Z WĘGLEM	179
13.1. STALIWO	179
13.1.1. Staliwo niestopowe (węglowe)	180
13.1.2. Staliwo stopowe	181
13.2. ŻELIWO	182
13.2.1. Żeliwo białe	185
13.2.2. Żeliwo szare	185
13.2.3. Żeliwo sferoidalne	190
13.2.4. Żeliwo stopowe	194
13.2.5. Żeliwo ciągliwe	195
13.2.6. Żeliwo z grafitem wermikularnym	196
14. STOPY METALI NIEŻELAZNYCH	199
14.1. METALE LEKKIE I ICH STOPY	199
14.1.1. Aluminium i jego stopy	200
14.1.2. Magnez i jego stopy	213
14.1.3. Tytan i jego stopy	214
14.2. METALE CIĘŻKIE I ICH STOPY	219
14.2.1. Miedź i jej stopy	219
14.2.2. Stopy niklu i kobaltu	225
14.2.3. Cynk i jego stopy	228
MATERIAŁY CERAMICZNE I SZKŁA	
15. WPROWADZENIE	230
15.1. CERAMIKI KRystaliczne – PODZIAŁ I ROLA MATERIAŁÓW CERAMICZNYCH	230
15.2. SZKŁA – CERAMIKA NIEKRystaliczna	232
15.3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA WŁAŚCIWOŚCI KONSTRUKCYJNYCH MATERIAŁÓW CERAMICZNYCH	233

16. STRUKTURA MATERIAŁÓW CERAMICZNYCH	236
16.1. ROZKŁAD ATOMÓW W MATERIAŁACH CERAMICZNYCH	237
16.2. MIKROSTRUKTURA MATERIAŁÓW CERAMICZNYCH	239
17. WŁAŚCIWOŚCI CERAMIKI	242
17.1. WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE	242
17.1.1. Moduł sprężystości materiałów ceramicznych	243
17.1.2. Wytrzymałość	245
17.1.3. Twardość	246
17.1.4. Kruchość materiałów ceramicznych	248
17.1.5. Zależność wytrzymałości ceramiki od czasu	251
17.2. WŁAŚCIWOŚCI CIEPLNE	253
17.2.1. Odporność na gwałtowne zmiany temperatury	253
17.2.2. Pełzanie i zmęczenie cieplne	254
18. WYTWARZANIE I KSZTAŁTOWANIE CERAMIKI – WAŻNIEJSZE GATUNKI CERAMIKI TECHNICZNEJ	256
18.1. WYTWARZANIE CERAMIKI I INFORMACJE PODSTAWOWE	256
18.2. WAŻNIEJSZE GATUNKI CERAMIKI TECHNICZNEJ	258
18.2.1. Tlenek aluminium Al_2O_3	258
18.2.2. Azotek krzemu Si_3N_4	259
18.2.3. Ceramika cyrkonowa ZrO_2	260
18.2.4. Ceramika karborudowa SiC	261
18.3. WŁAŚCIWOŚCI CERAMIKI TECHNICZNEJ	262
18.4. MOŻLIWOŚCI PODWYŻSZANIA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH MATERIAŁÓW CERAMICZNYCH	266

MATERIAŁY KOMPOZYTOWE

19. KOMPOZYTY	267
19.1. WPROWADZENIE	267
19.1.1. Klasyfikacja kompozytów	268
19.1.2. Elementy mechaniki kompozytów	271
19.2. RODZAJE WZMOCNIENIA ORAZ GRANICA ROZDZIAŁU MIĘDZY WZMOCNIENIEM A OSNOWĄ	279
19.2.1. Włókna syntetyczne nieorganiczne	280
19.2.2. Elementy wzmacniające w postaci wiskersów oraz cząstek	286
19.3. KOMPOZYTY O OSNOWIE METALOWEJ	287
19.3.1. Wprowadzenie	287
19.3.2. Wytwarzanie kompozytów o osnowie metalowej	288
19.3.3. Reakcje na granicy rozdziału wzmocnienie-osnowa	293
19.3.4. Właściwości mechaniczne kompozytów	293
19.3.5. Zastosowanie kompozytów o osnowie metalowej	297
20. KOMPOZYTY O OSNOWIE CERAMICZNEJ	300
20.1. WPROWADZENIE	300
20.2. WYTWARZANIE KOMPOZYTÓW O OSNOWIE CERAMICZNEJ	301
20.3. PRZEGLĄD WAŻNIEJSZYCH KOMPOZYTÓW O OSNOWIE CERAMICZNEJ	304
20.3.1. Kompozyty o osnowie Al_2O_3	304
20.3.2. Kompozyty o osnowie szklisto-ceramicznej	306
20.3.3. Kompozyty węglowo-węglowe	307
LITERATURA	310