

SPIS TREŚCI

Przedmowa	9
Wstęp	11
Ogólne wiadomości o metalach i stopach	
1. Istota przedmiotu i jego znaczenie	21
2. Metale, ich cechy i własności	22
3. Ciała krystaliczne i bezpostaciowe	25
4. Sieci krystaliczne	25
5. Kryształy i ich własności	29
Rozdział 1	
Metale — krystalizacja i struktura	
I. Krzepnięcie i budowa metalu odlanego	32
6. Krystalizacja pierwotna. Krzywe stygnięcia. Temperatury krytyczne	32
7. Budowa cieczy. Schemat powstawania kryształów	33
8. Krzepnięcie wlewka. Przełom metalu. Zasada metod makro- i mikro- skopowych. Struktura ziarnista	36
9. Wymiary ziarn i ich wpływ na jakość metalu	38
10. Teoria krystalizacji	39
11. Budowa wlewka (odlewu)	41
II. Zmiany struktury metali w stanie stałym	43
12. Przemiany alotropowe w metalach i związane z nimi zjawisko krystalizacji wtórnej	43
13. Działywanie mechaniczne na metal. Odkształcenie plastyczne	45
14. Proces powstawania nowych ziarn podczas nagrzewania odkształconego metalu (rekrystalizacja)	49
Rozdział 2	
Metale złożone czyli stopy	
I. Ogólna charakterystyka stopów	54
15. Właściwości stopów	54
16. Podział stopów	57
II. Wykresy równowagi układów najprostszych (podstawowych)	58
17. Pojęcie wykresu równowagi i jego wyznaczanie dla najprostszych stopów-mieszanin (I typ)	58
18. Krzepnięcie i struktura stopów ołów-antymon	61
19. Wyznaczenie wykresu równowagi stopów-roztworów stałych (II typ)	65
20. Krystalizacja i struktura stopów bismut-antymon (II typ)	66
21. Wyniki analizy wykresów	70
22. Reguła dźwigni z jej zastosowaniem	71
23. Określenie składu stopu i jego struktury	73
24. Segregacja w stopach-mieszaninach (międzykrystaliczna i ciężarowa)	74
25. Zastosowanie reguły dźwigni do krystalizacji roztworów stałych	76
26. Zmiana składu faz podczas krystalizacji roztworów stałych. Segregacja dendrytyczna	77
27. Reguła faz i jej zastosowanie do stopów	79

III. Pozostałe typy wykresów równowagi układów podwójnych	82
28. Wykres z roztworami stałymi granicznymi i eutektyką	82
29. Wykres z przemianą perytektyczną	85
30. Wykresy ze związkami chemicznymi	87
31. Przypadek nietrwałego związku chemicznego	89
32. Przemiany stopów w stanie stałym	90
33. Przemiany alotropowe stopów	90
34. Wydzielanie składnika z roztworu stałego	91
35. Rozkład roztworu stałego	92
36. Tworzenie się związków chemicznych w stopach stałych	93
37. Przemiany magnetyczne	93
38. Brak rozpuszczalności składników w stanie ciekłym	94
IV. Uzupełniające wiadomości o stopach układów podwójnych	95
39. Tworzenie się stopów a właściwości składników	95
40. Zależność pomiędzy typem wykresu równowagi a własnościami stopów (prawo Kurnakowa)	97
41. Stopy w stanie poza równowagą	101
V. Wykresy równowagi układów potrójnych	103
42. Zasada budowy wykresu	103
43. Wykres równowagi przy nieograniczonej rozpuszczalności wzajemnej składników	105
44. Wykres równowagi przy zupełnym braku rozpuszczalności składników w stanie stałym	108
45. Rzuty wykresu na płaszczyznę	111
46. Inne przypadki układów złożonych	112

Rozdział 3

Stopy żelaza z węglem

I. Wykres równowagi	115
47. Uwagi ogólne	115
48. Obecny wykres równowagi układu Fe-C i jego cechy charakterystyczne	115
49. Fazy występujące w układzie żelazo-cementyt	118
50. Przemiany w układzie żelazo-cementyt	120
51. Oznaczenia temperatur krytycznych	121
52. Układ żelazo-cementyt. Składniki strukturalne w warunkach równowagi	122
53. Krzepnięcie i struktura pierwotna stali	123
54. Krzepnięcie i struktura pierwotna żeliw (surówek)	125
II. Stale węglowe	125
55. Struktury stali przy temperaturze otoczenia	125
56. Własności stali powoli chłodzonych	131
57. Zwykłe domieszki stali. Wpływ na strukturę i własności. Wtrącenia niemetaliczne	135
58. Podział stali na gatunki i ich znakowanie w przemyśle	140

Rozdział 4

Żeliwa

59. Uwagi ogólne	143
I. Żeliwa białe	143
60. Struktura żeliw białych przy temperaturze otoczenia	143
61. Własności i zastosowanie żeliw białych	147
II. Żeliwa szare	148
62. Ogólna charakterystyka technicznych żeliw szarych i ich struktura	148
63. Wpływ grafitu na własności żeliw	154
64. Czynniki wpływające na tworzenie się grafitu	155
65. Wpływ domieszek na grafityzację i strukturę żeliwa	157
66. Żeliwo wyższej jakości	160
67. Modyfikowanie żeliwa	162
68. Normy żeliwa szarego	163
69. Rośnięcie żeliwa	164

III. Żeliwo ciągliwe	164
70. Budowa i skład żeliw ciągliwych zależnie od warunków wytwarzania	164
71. Żeliwo ciągliwe o czarnym rdzeniu	166
72. Żeliwo ciągliwe o białym (jasnym) rdzeniu	168
73. Własności i zastosowanie żeliw ciągliwych	168

Rozdział 5

Odlewanie i przeróbka plastyczna stali

I. Odlewanie i wady z nim związane	170
74. Uwagi ogólne	170
75. Segregacja we wlewkach stalowych. Stałe wtrącenia niemetaliczne	172
76. Gazy i pęcherze we wlewkach	178
77. Jamy usadowe i naprężenia (pęknięcia) we wlewkach	181
II. Przeróbka plastyczna metali (stali)	184
78. Uwagi ogólne	184
79. Przeróbka plastyczna stali na zimno	185
80. Nagrzewanie stali zgniecionej	186
81. Rekryształizacja stali	187
82. Przeróbka plastyczna na gorąco	189
83. Struktura stali przerobionej plastycznie na gorąco	190
84. Wady stali przerobionej plastycznie na gorąco	195

Rozdział 6

Obróbka cieplna stali

85. Uwagi ogólne	196
I. Wyżarzanie stali	196
86. Wyżarzanie zbliżające do stanu równowagi (wyżarzanie zupełne)	196
87. Wyżarzanie w celu uzyskania cementytu kulkowego (wyżarzanie zmiękczające)	197
88. Wyżarzanie w celu rozdrobnienia ziarn (wyżarzanie normalizujące)	199
89. Rozrost ziarn austenitu. Rzeczywista wielkość ziarn. Przegrzanie i przepalenie stali	202
90. Badanie wielkości ziarn. Umowne ziarna austenitu w stali	204
91. Inne rodzaje wyżarzania	208
II. Hartowanie i odpuszczanie stali	210
92. Definicja procesów. Stany odbiegające od równowagi	210
93. Poszczególne stadia przemiany przechłodzonego roztworu stałego	211
94. Izotermiczny rozkład austenitu	216
95. Struktury stali eutektoidalnej zahartowanej	220
96. Własności zahartowanej stali eutektoidalnej	223
97. Punkty krytyczne przy hartowaniu. Krytyczna szybkość chłodzenia	224
98. Wpływ zawartości węgla na hartowanie (hartowanie stali podeutektoidalnych i nadeutektoidalnych)	227
99. Wpływ zawartości węgla i innych czynników na krytyczną szybkość chłodzenia	229
100. Wpływ zawartości węgla na temperatury krytyczne i na strukturę stali podczas hartowania	230
101. Własności stali zahartowanych a zawartość węgla	232
102. Naprężenia i wady hartowania	234
103. Odpuszczanie stali na sorbit i troostyt	237
104. Ogólna teoria odpuszczania przy niskiej temperaturze. Starzenie stopów	237
105. Starzenie stali miękkiej	239
106. Starzenie i odpuszczanie stali twardych przy niskiej temperaturze	239
107. Własności stali po odpuszczeniu przy temperaturach średnich i wysokich	242
108. Struktura stali odpuszczonych	245
109. Hartowność stali i metody jej określania	246
III. Praktyka hartowania i odpuszczania	251
110. Znaczenie hartowania i odpuszczania oraz warunki skuteczności ich przeprowadzania	251
111. Temperatura nagrzewania do hartowania	252

112. Sposoby nagrzewania i czas wygrzewania. Rozmieszczenie przedmiotów przy nagrzewaniu	253
113. Szybkości chłodzenia. Ośrodki chłodzące	254
114. Sposoby chłodzenia	256
115. Wpływ stanu wyjściowego (struktury)	257
116. Nowe metody hartowania stali	258
117. Metody hartowania powierzchniowego	259
118. Hartowanie indukcyjne prądami o wielkiej częstotliwości	261
119. Inne metody hartowania. Obróbka cieplna podzerowa	263
120. Odpuszczanie. Barwy nalotów	265
IV. Obróbka cieplno-chemiczna stali	266
121. Wiadomości ogólne	266
122. Nawęglanie w ośrodku stałym	268
123. Nawęglanie gazowe	273
124. Azotowanie stali	274
125. Cyjanowanie	276
126. Inne rodzaje obróbki cieplno-chemicznej	278

Rozdział 7

Stale i żeliwa stopowe

I. Wiadomości ogólne	280
127. Stal stopowa	280
128. Zachowanie się pierwiastków stopowych wobec żelaza	280
129. Oddziaływanie pierwiastków stopowych na węgiel	284
130. Rozmieszczenie pierwiastków stopowych w stali	285
131. Wpływ pierwiastków stopowych na temperaturę krytyczną podczas ogrzewania	287
132. Rozrost ziarn austenitu w stalach stopowych	289
133. Wpływ pierwiastków stopowych na przemiany austenitu podczas chłodzenia	290
134. Wpływ pierwiastków stopowych na przemiany podczas odpuszczania stali zahartowanej	294
135. Własności mechaniczne i kruchość stali stopowych odpuszczonych	296
136. Wpływ składników stopowych na hartowność stali	297
II. Klasyfikacja stali stopowych	298
137. Klasyfikacja stali stopowych według struktury po ochłodzeniu w powietrzu	299
138. Klasyfikacja według składu i struktury w stanie równowagi. Klasyfikacja według zastosowania	301
III. Stale stopowe konstrukcyjne	303
139. Podział stali konstrukcyjnych stopowych i wskaźniki ich własności	303
140. Wpływ pierwiastków stopowych na mechaniczne własności stali w stanie równowagi	305
141. Wpływ pierwiastków stopowych na mechaniczne własności stali cieplnie ulepszonej	308
142. Wpływ pierwiastków stopowych na własności mechaniczne stali w stanie martenzytycznym po odpuszczaniu przy niskiej temperaturze	314
143. Jakość metalurgiczna stali stopowej konstrukcyjnej	318
144. Ogólne uwagi o składzie i oznaczaniu stali stopowych	323
145. Przykład stali niskostopowej budowlanej i maszynowej stosowanej w stanie zbliżonym do równowagi	325
146. Gatunki stali stopowej stosowanej w stanie ulepszonym (w stanie sorbitycznym)	327
147. Gatunki stali stopowej stosowanej w stanie hartowanym i odpuszczonym przy niskiej temperaturze (w stanie martenzytycznym)	32
IV. Stal narzędziowa	330
148. Ogólna charakterystyka stali na narzędzia skrawające i warunków jej pracy	330
149. Stal niskostopowa na narzędzia skrawające	331
150. Stal szybko tnąca	333
151. Twarde stopy na narzędzia skrawające	338
152. Stal na narzędzia do obróbki plastycznej	340
153. Stal na narzędzia pomiarowe	341

V. Stale i stopy o szczególnych własnościach i zastosowaniu	342
154. Wiadomości ogólne	342
155. Stopy o specjalnych własnościach cieplnych	343
156. Stopy o dużej oporności elektrycznej	344
157. Stale i stopy o określonych własnościach magnetycznych	345
158. Stale odporne na ścieranie	349
159. Stale odporne na korozję	351
160. Stal żaroodporna i żarowytrzymała	356
161. Żeliwa stopowe	360

Rozdział 8

Metale i stopy nieżelazne

162. Uwagi ogólne	363
I. Miedź i nikiel	363
163. Miedź czerwona i jej domieszki	363
164. Stopy miedzi układów Cu-Zn, Cu-Sn, Cu-Al	366
165. Mosiądze techniczne	370
166. Techniczne brązy cynowe	372
167. Brązy techniczne: alumińowy (brązal), krzemowy i berylowy	375
168. Nikiel i jego stopy	378
II. Aluminium (glin techniczny), magnez i ich stopy	379
169. Aluminium i jego domieszki	379
170. Stopy aluminium	380
171. Złożone stopy alumińowe (duralumin)	386
172. Magnez i jego stopy	389
III. Cynk, cyna, ołów i ich stopy	390
173. Własności i zastosowanie tych metali	390
174. Stopy cynku i ołowiu	391
175. Stopy łożyskowe (przeciwcierne). Babbity	392
IV. Stopy spiekane	397
176. Wiadomości ogólne	397
177. Metody metalurgii proszków	399
178. Własności stopów spiekanych i wyrobów oraz ich znaczenie techniczne	401
Dodatek I. Metody badań mechanicznych metali	409
1. Badania statyczne	409
2. Badania dynamiczne	416
3. Badania twardości	418
4. Badania na zmęczenie	424
5. Badania na pełzanie	428
6. Badania na ścieranie	429
Dodatek II. Korozja metali	431
1. Elektrochemiczna teoria korozji	431
2. Pasywny (bierny) stan metali	438
3. Korozja metali w różnych warunkach	439
4. Korozja stopów	442
5. Ochrona przed korozją za pomocą powłok ochronnych	444
Dodatek III. Stałe fizyczno-chemiczne głównych pierwiastków tworzących stopy metali	446
Dodatek IV. Wykresy równowagi różnych układów stopów podwójnych	450
Literatura	470