

OBSAH

ÚVOD, 9

1 KRYSTALOVÁ STRUKTURA, 11

1.1 Stavba hmoty, 11

- 1.1.1 Atomy a molekuly, 11
- 1.1.2 Mendělejevova periodická tabulka prvků, 12
- 1.1.3 Hmotnosti, 13
- 1.1.4 Prvky a jejich atomové parametry, 15
- 1.1.5 Vazby mezi atomy, 17

1.2 Základy krystalografie, 18

- 1.2.1 Krystalová buňka, 18
- 1.2.2 Krystal, 23
- 1.2.3 Polykrystalická struktura, 23
- 1.2.4 Značení indexů bodů, směrů a rovin v krystalických látkách, 24
 - 1.2.4.1 Indexy bodů, 24
 - 1.2.4.2 Indexy směrů, 24
 - 1.2.4.3 Indexy rovin, 25
- 1.2.5 Poruchy krystalové struktury, 27
 - 1.2.5.1 Bodové poruchy, 28
 - 1.2.5.2 Čárové poruchy, 28
 - 1.2.5.3 Plošné a prostorové poruchy, 31

1.3 Deformace struktury, 32

- 1.3.1 Pružná deformace, 32
- 1.3.2 Plastická deformace, 34
 - 1.3.2.1 Plastická deformace kluzem, 34
 - 1.3.2.2 Plastická deformace dvojčatěním, 37
 - 1.3.2.3 Krystalografická textura, 38
- 1.3.3 Zpevnění struktury trvalou deformací zastudena, 39
- 1.3.4 Velikost deformace, 40
 - 1.3.4.1 Poměrná deformace, 40
 - 1.3.4.2 Skutečná deformace, 41
 - 1.3.4.3 Vztahy mezi poměrnou a logaritmickou deformací, 41

2 ZÁKLADY TERMODYNAMIKY KOVŮ A JEJICH SLITIN, 43

2.1 Termodynamická soustava, 43

2.2 Fáze, 43

- 2.2.1 Tekutá fáze, 44
- 2.2.2 Pevná fáze, 44
- 2.2.3 Tuhý roztok, 45
 - 2.2.3.1 Substituční tuhý roztok, 45
 - 2.2.3.2 Intersticiální tuhý roztok, 46
- 2.2.3 Zpevnění kovů přísadovými prvky, 46
- 2.2.4 Fázová přeměna, 47

2.3 Termodynamická rovnováha, 47

- 2.3.1 Volná a aktivační energie, 47
- 2.3.2 Difúze, 48

2.4 Krystalizace kovů a jejich slitin, 50

- 2.4.1 Průběh krystalizace, 50
 - 2.4.1.1 Nukleace, 50
 - 2.4.1.2 Růst krystalů, 51
 - 2.4.1.3 Krystalizace kovů, 54
 - 2.4.1.4 Krystalizace slitin, 54
 - 2.4.1.7 Objemové změny při krystalizaci, 55

2.5 Rovnováha fází v jednosložkové soustavě, 55

3 ROVNOVÁŽNÉ BINÁRNÍ DIAGRAMY, 56

- 3.1 Použití binárních diagramů, 56
 - 3.1.1 Popis obecného binárního diagramu, 56
 - 3.1.2 Vztah mezi atomovými a hmotnostními procenty, 57
 - 3.1.2.1 Výpočet atomových procent, 87
 - 3.1.2.2 Výpočet hmotnostních procent, 58
 - 3.1.3 Určování množství a chemického složení fází, 58
 - 3.1.4 Gibbsův zákon fází, 59
- 3.2 Soustava s neomezenou rozpustností v tekutém i tuhém stavu, 60
 - 3.2.1 Rovnovážná krystalizace, 60
 - 3.2.2 Nerovnovážná krystalizace, 63
 - 3.2.3 Kongruentní krystalizace, 64
- 3.3 Soustavy s úplnou rozpustností v tekutém a částečnou rozpustností v tuhém stavu, 64
 - 3.3.1 Soustava s eutektickou přeměnou, 65
 - 3.3.1.1 Popis diagramu, 65
 - 3.3.1.2 Eutektická přeměna slitiny o eutektickém složení, 66
 - 3.3.1.3 Podeutektické slitiny, které prošly eutektickou přeměnou, 67
 - 3.3.1.4 Nadeutektické slitiny, které prošly eutektickou přeměnou, 68
 - 3.3.1.5 Určování chemického složení a množství struktury pomocí eutektika, 69
 - 3.3.1.6 Slitiny, které neprošly eutektickou přeměnou, 69
 - 3.3.1.7 Nerovnovážná krystalizace, 70
 - 3.3.2 Soustava s eutektoidní přeměnou, 71
 - 3.3.2.1 Popis diagramu, 71
 - 3.3.2.2 Eutektoidní přeměna slitiny o eutektoidním složení, 72
 - 3.3.2.3 Podeutektoidní slitiny, které prošly eutektoidní přeměnou, 73
 - 3.3.2.4 Nadeutektoidní slitiny, které prošly eutektoidní přeměnou, 73
 - 3.3.2.5 Slitiny, které neprošly eutektoidní přeměnou, 73
 - 3.3.3 Soustava s peritektickou přeměnou, 74
 - 3.3.3.1 Popis diagramu, 74
 - 3.3.3.2 Peritektická přeměna slitiny o peritektickém složení, 75
 - 3.3.3.3 Peritektická přeměna slitiny s přebytkem krystalů oproti tavenině, 76
 - 3.3.3.4 Peritektická přeměna slitiny s přebytkem taveniny oproti krystalům, 77
 - 3.3.3.5 Slitiny, které neprošly peritektickou přeměnou, 77
 - 3.3.4 Soustava s peritektoidní přeměnou, 77
 - 3.3.4.1 Popis diagramu, 77
 - 3.3.4.2 Peritektoidní přeměna slitiny o peritektoidním složení, 78
 - 3.3.4.3 Peritektoidní přeměna slitiny s přebytkem krystalů α oproti krystalům γ , 78
 - 3.3.4.4 Peritektoidní přeměna slitiny s přebytkem krystalů γ oproti krystalům α , 79
 - 3.3.4.5 Slitiny, které neprošly peritektoidní přeměnou, 79
 - 3.3.5 Soustava s metatektickou přeměnou, 80
- 3.4 Soustavy s částečnou rozpustností v tekutém i tuhém stavu, 80
 - 3.4.1 Soustava s monotektickou přeměnou, 80
 - 3.4.2 Soustava s monotektoidní přeměnou, 82
 - 3.4.3 Soustava se syntetickou přeměnou, 82
- 3.5 Vliv změny rozpustnosti v tuhém stavu na strukturu při ochlazování, 83
- 3.6 Intermediální fáze, 84

4 SLITINY ŽELEZA S UHLÍKEM, 86

- 4.1 Železo, 86
 - 4.1.1 Fyzikální vlastnosti železa, 86
 - 4.1.2 Modifikace železa, 86
- 4.2 Uhlík, 87
 - 4.2.1 Grafit, 88
 - 4.2.2 Karbid železa, 88
 - 4.2.3 Tuhé roztoky uhlíku v železe, 89
- 4.3 Rozdělení slitin železa s uhlíkem, 89
 - 4.3.1 Oceli, 90
 - 4.3.2 Litiny, 90
- 4.4 Objemové změny ocelí a litin, 91

5 METASTABILNÍ SOUSTAVA $Fe-Fe_3C$, 92

- 5.1 Rovnovážný diagram $Fe-Fe_3C$, 92
 - 5.1.1 Popis diagramu $Fe-Fe_3C$, 92
 - 5.1.2 Fáze v diagramu $Fe-Fe_3C$, 94
 - 5.1.3 Směsi fází v diagramu Fe_3C , 94
- 5.2 Ochlazování ocelí v diagramu $Fe-Fe_3C$, 95
 - 5.2.1 Ochlazování eutektoidní oceli, 95
 - 5.2.2 Ochlazování nadeutektoidních ocelí, 96
 - 5.2.3 Ochlazování podeutektoidních ocelí, 97
 - 5.2.3.1 Ochlazování podeutektoidních ocelí, které prošly peritektickou přeměnou, 98
 - 5.2.3.2 Ochlazování podeutektoidních ocelí, které neprošly peritektickou přeměnou, 99
- 5.3 Ochlazování bílých litin, 99
 - 5.3.1 Ochlazování eutektické bílé litiny, 99
 - 5.3.2 Ochlazování nadeutektických bílých litin, 100
 - 5.3.3 Ochlazování podeutektických bílých litin, 101
- 5.4 Grafitzace ocelí, 101
- 5.5 Vliv legujících prvků, 102
 - 5.5.1 Vliv prvků na termodynamickou stabilitu feritu a austenitu, 103
 - 5.5.2 Vliv prvků na mechanické a fyzikální vlastnosti feritu a austenitu, 104
 - 5.5.3 Vliv legujících prvků na diagram $Fe-Fe_3C$, 104

6 STABILNÍ SOUSTAVA $Fe-C$, 105

- 6.1 Rovnovážný diagram $Fe-C$, 105
- 6.2 Ochlazování grafitických litin, 106
 - 6.2.1 Ochlazování eutektické grafitické litiny, 106
 - 6.2.2 Ochlazování nadeutektických grafitických litin, 107
 - 6.2.3 Ochlazování podeutektických grafitických litin, 107
- 6.3. Hodnocení grafitu, 102
 - 6.3.1 Hodnocení tvaru grafitu, 107
 - 6.3.2 Hodnocení velikosti grafitu, 109
 - 6.3.3 Hodnocení rozložení grafitu, 109
 - 6.3.4 Grafítizační očkování a modifikace grafitu, 110
- 6.4 Pseudobinární diagram $Fe-C-Si$, 111
- 6.5 Základní kovová hmota (matrice) v grafitických litinách, 112
- 6.6 Srovnání soustavy $Fe-C$ s $Fe-Fe_3C$, 113

7 ROZPADY TUHÝCH ROZTOKŮ, 114

- 7.1 Rozpady austenitu u ocelí, 114
 - 7.1.1 Přeměny při rozpadu austenitu, 114
 - 7.1.1.1 Proeutektoidní přeměny, 114
 - 7.1.1.2 Perlitická přeměna, 115
 - 7.1.1.3 Baitická přeměna, 117
 - 7.1.1.4 Martenzitická přeměna, 118
 - 7.1.1.5 Objemové změny při strukturních přeměnách, 121
 - 7.1.2 Diagramy rozpadu austenitu, 122
 - 7.1.2.1 Diagramy izotermického rozpadu austenitu, 122
 - 7.1.2.2 Diagramy anizotermického rozpadu austenitu, 122
 - 7.1.2.3 Vytváření diagramů IRA a ARA , 122
 - 7.1.2.4 Diagramy IRA a ARA podeutektoidních ocelí, 124
 - 7.1.2.5 Diagramy IRA a ARA nadeutektoidních ocelí, 124
 - 7.1.2.6 Teploty M_s a M_f , 125
 - 7.1.2.7 Zbytkový austenit, 126
 - 7.1.2.8 Srovnání diagramů IRA a ARA , 127
 - 7.1.2.9 Vliv přídavných prvků na velikost kritické rychlosti, 128
 - 7.1.2.10 Reálné diagramy ARA , 129

8 TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ OCELÍ A LITIN, 136

- 8.1 Cyklus tepelného zpracování, 136
 - 8.1.1 Ohřev a výdrž, 136
 - 8.1.2 Ochlazování, 138
- 8.2 Žihání ocelí, 138
 - 8.2.1 Rekrystalizační žihání, 140
 - 8.2.1.1 Rekrystalizační teplota, 140
 - 8.2.1.2 Mechanismus odpevňování, 141
 - 8.2.1.3 Vlivy působící na statickou rekrystalizaci, 143
 - 8.2.1.4 Rekrystalizační textury, 144
 - 8.2.2 Žihání na odstranění pnutí, 145
 - 8.2.3 Protivločkové žihání, 145
 - 8.2.4 Žihání na odstranění vodíku, 145
 - 8.2.5 Žihání naměkko, 146
 - 8.2.6 Normalizační žihání, 146
 - 8.2.7 Žihání na zhrubnutí zrna, 147
 - 8.2.8 Izotermické žihání, 147
 - 8.2.9 Homogenizační (difúzní) žihání, 148
 - 8.2.10 Termomechanické tváření, 148
- 8.3 Žihání litin, 149
 - 8.3.1 Žihání bílých litin - vznik temperovaných litin, 149
 - 8.3.2 Žihání grafitických litin, 150
 - 8.3.3 Žihání tvrzených litin, 151
- 8.4 Kalení ocelí, 151
 - 8.4.1 Kalicí podmínky, 151
 - 8.4.1.1 Struktury před kalením, 151
 - 8.4.1.2 Kalicí teplota, 151
 - 8.4.1.3 Výdrž na kalicí teplotě, 152
 - 8.4.1.4 Kalicí prostředí, 152
 - 8.4.2 Kalitelnost ocelí, 154
 - 8.4.2.1 Zakalitelnost, 154
 - 8.4.2.2 Prokalitelnost, 155
 - 8.4.3 Kalení na martenzit, 157
 - 8.4.3.1 Přímé kalení, 158
 - 8.4.3.2 Lomené kalení, 159
 - 8.4.3.3 Termální kalení, 159
 - 8.4.3.4 Termomechanické kalení, 160
 - 8.4.3.5 Dílčí kalení na martenzit, 160
 - 8.4.4 Kalení na bainit, 161
- 8.5 Popouštění martenzitu, 161
 - 8.5.1 Průběh popouštění, 161
 - 8.5.1.1 Nízkoteplotní popouštění, 165
 - 8.5.1.2 Vysokoteplotní popouštění, 165,
 - 8.5.2 Popouštěcí křehkost, 166
 - 8.5.2.1 Vysokoteplotní popouštěcí křehkost, 166
 - 8.5.2.2 Nízkoteplotní popouštěcí křehkost, 167
- 8.6 Kalení a popouštění litin, 167
 - 8.6.1 Kalení bílých litin, 167,
 - 8.6.2 Kalení grafitických litin, 167
- 8.7 Chemicko-tepelné zpracování ocelí, 168
 - 8.7.1 Cementování, 168
 - 8.7.2 Nitridování, 170
 - 8.7.3 Nitrocementování a karbonitridování, 171
 - 8.7.4 Sulfonitridování, 171
 - 8.7.5 Ochrana povrchu proti korozi a žáru, 171

Rejstřík, 172

Literatura, 177