

OBSAH

| | |
|--|----|
| PŘEDMLUVA AUTORA | 11 |
| 1 • METALURGIE Z HLEDISKA ATOMOVÉ TEORIE | 13 |
| 1.1 Charakteristika kovů | 13 |
| 1.2 Atom | 13 |
| 1.3 Notace stavů elektronu v atomu | 15 |
| 1.4 Periodická soustava prvků | 16 |
| 1.5 Chemické vlastnosti prvků a kovová vazba | 19 |
| 1.6 Uspořádání atomů v kovech | 21 |
| 1.7 Elektrony v krystalu kovu | 24 |
| 1.8 Kovy a izolátory | 28 |
| 1.9 Reálné krystaly a jejich poruchy | 29 |
| Dodatek ke kapitole 1. Základy krystalografie | 31 |
| 1.10 Označování rovin a směrů v krystalu | 31 |
| 1.11 Stereografická projekce | 33 |
| 2 • EXPERIMENTÁLNÍ ZÁKLADY METALURGIE | 37 |
| 2.1 Tuhnutí čistých kovů | 37 |
| 2.2 Metalografie | 38 |
| Optický mikroskop | 38 |
| Elektronový mikroskop | 42 |
| 2.3 Rovnovážný fázový diagram | 44 |
| 2.3.1 Kovy v pevném stavu navzájem dokonale rozpustné | 45 |
| 2.3.2 Kovy v pevném stavu vzájemně nerozpustné | 47 |
| 2.3.3 Kovy v pevném stavu navzájem omezeně rozpustné | 48 |
| 2.3.4 Fázové diagramy některých důležitých systémů | 52 |
| 2.3.5 Omezení použitelnosti rovnovážných fázových diagramů | 53 |
| 2.3.6 Pásmové čištění | 54 |
| 2.4 Difrakce neutronů, elektronů a rentgenových paprsků | 54 |
| 2.4.1 Princip a metody difrakce rentgenových paprsků | 54 |
| 2.4.2 Difrakce elektronů | 66 |
| 2.4.3 Difrakce neutronů | 67 |
| 2.5 Mechanické vlastnosti kovů | 70 |
| 2.5.1 Zkouška tahem | 70 |
| 2.5.2 Zkouška tvrdosti | 72 |
| 2.5.3 Rázová zkouška | 73 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 2.5.4 | Tečení | 73 |
| 2.5.5 | Únava | 74 |
| 2.6 | Fyzikální vlastnosti kovů | 75 |
| 2.6.1 | Hustota | 75 |
| 2.6.2 | Tepebné vlastnosti | 75 |
| 2.6.3 | Elektrická vodivost | 77 |
| 2.6.4 | Magnetické vlastnosti | 78 |
| 3 | • TERMODYNAMICKÉ ZÁKLADY METALURGIE | 81 |
| 3.1 | Úvod | 81 |
| 3.2 | Vliv teploty na krystaly kovů | 81 |
| 3.3 | Křivky specifických tepel a fázové změny | 84 |
| 3.4 | Entalpie, entropie a volná entalpie | 85 |
| 3.5 | Statistická povaha entropie | 87 |
| 3.6 | Změny volné entalpie při fázových změnách | 89 |
| 3.7 | Teplotní závislost změny volné entalpie a polymorfismus | 90 |
| 3.8 | Termodynamika mřížkových poruch | 93 |
| 3.9 | Rychlost reakce | 95 |
| 3.10 | Mechanismus fázových změn | 97 |
| 3.11 | Rovnovážný fázový diagram | 100 |
| 3.12 | Difúze | 103 |
| 3.12.1 | Mechanismus difúze | 103 |
| 3.12.2 | Faktory ovlivňující difúzi | 105 |
| 4 | • STRUKTURA SLITIN | 107 |
| 4.1 | Úvod | 107 |
| 4.2 | Primární substituční tuhé roztoky | 107 |
| 4.2.1 | Vliv velikostí atomů | 108 |
| 4.2.2 | Vliv chemické afinity | 109 |
| 4.2.3 | Vliv poměru mocenství | 110 |
| 4.3 | Tvar křivek likvidus a solidus | 110 |
| 4.4 | Mez primární rozpustnosti | 111 |
| 4.5 | Intersticiální tuhé roztoky | 114 |
| 4.6 | Intermediální fáze | 115 |
| 4.6.1 | Elektrochemické sloučeniny | 116 |
| 4.6.2 | Intersticiální sloučeniny a Lavesovy fáze | 116 |
| 4.6.3 | Elektronové sloučeniny | 118 |
| 4.7 | Hyperstruktury | 120 |
| 4.7.1 | Příklady hyperstruktur | 121 |
| 4.7.2 | Uspořádání na dlouhou a krátkou vzdálenost | 122 |
| 4.7.3 | Určování uspořádaného stavu | 123 |
| 4.7.4 | Vliv uspořádání na fyzikální vlastnosti | 126 |
| 4.8 | Magnetické vlastnosti kovů a slitin | 127 |
| 4.8.1 | Dia- a paramagnetismus | 127 |
| 4.8.2 | Feromagnetismus | 128 |
| 4.8.3 | Magnetické slitiny | 130 |
| 4.8.4 | Antiferomagnetismus a feromagnetismus | 132 |
| 4.9 | Elektronová struktura přechodových kovů | 132 |

| | |
|--|-----|
| 5 • PLASTICITA KOVŮ A SLITIN | 138 |
| 5.1 Elastická a plastická deformace | 138 |
| 5.1.1 Kritické skluzové napětí | 139 |
| 5.1.2 Vztah mezi skluzem a strukturou krystalu | 140 |
| 5.1.3 Zákon kritického skluzového napětí | 141 |
| 5.1.4 Dvojitý skluz | 143 |
| 5.1.5 Vztah mezi zpevněním a skluzem | 144 |
| 5.2 Dislokace v krystalech | 145 |
| 5.2.1 Hranové a šroubové dislokace | 146 |
| 5.2.2 Mechanismus skluzu a šplhání | 146 |
| 5.2.3 Elastické vlastnosti dislokací | 149 |
| 5.2.4 Neúplné dislokace | 150 |
| 5.3 Dislokace v krystalech s těsným uspořádáním | 152 |
| 5.3.1 Rozšířené dislokace | 152 |
| 5.3.2 Zakotvené dislokace | 155 |
| 5.3.3 Thompsonův referenční čtyřstěn | 156 |
| 5.4 Neúplné dislokace v kubicky prostorově centrované mřížce | 156 |
| 5.5 Experimentální důkazy existence dislokací | 157 |
| 5.5.1 Nepřímá pozorování | 157 |
| 5.5.2 Růst krystalů | 158 |
| 5.5.3 Přímá pozorování dislokací | 159 |
| 5.5.4 Uspořádání dislokací v krystalech | 162 |
| 5.6 Vznik skluzových pásů (Frankův-Readův zdroj) | 164 |
| 5.7 Faktory ovlivňující kritické skluzové napětí | 166 |
| 5.7.1 Peierlsova-Nabarrova síla | 166 |
| 5.7.2 Hranice zrn | 167 |
| 5.7.3 Interakce mezi dislokacemi | 167 |
| 5.7.4 Interakce dislokací s příměšovými atomy a bodovými poruchami | 168 |
| 5.7.5 Precipitáty | 168 |
| 6 • POLYKRISTALY, DEFORMAČNÍ ZPEVNĚNÍ A ZOTAVOVÁNÍ | 170 |
| 6.1 Polykrystaly | 170 |
| 6.1.1 Vliv hranic zrn na plastické vlastnosti kovů | 170 |
| 6.1.2 Deformace nebo mechanické dvojčatění | 173 |
| 6.1.3 Dvojčatění a lom | 177 |
| 6.1.4 Přednostní orientace | 178 |
| 6.2 Deformační zpevnění | 179 |
| 6.2.1 Úvod | 179 |
| 6.2.2 Tři oblasti zpevnění | 182 |
| 6.2.3 Oblast I | 183 |
| 6.2.4 Oblast II | 184 |
| 6.2.4.1 Model „pile-up“ | 184 |
| 6.2.4.2 Teorie dislokačního lesa | 186 |
| 6.2.4.3 Teorie dislokačních skoků | 187 |
| 6.2.5 Oblast III a deformační odpevnění | 192 |
| 6.2.6 Vliv energie vrstevné chyby | 194 |
| 6.2.7 Vliv teploty na skluzové napětí | 195 |
| 6.3 Žihání | 196 |
| 6.3.1 Úvod | 196 |
| 6.3.2 Zotavení | 198 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 6.3.3 | Rekrytalizace | 200 |
| 6.3.4 | Růst zrn | 202 |
| 6.3.5 | Žihací dvojčata | 204 |
| 6.3.6 | Rekrytalizační textury | 205 |
| 7 • | DISLOKACE, PŘÍMĚSI A VAKANCE | 206 |
| 7.1 | Příměsi a dislokace | 206 |
| 7.1.1 | Úvod | 206 |
| 7.1.2 | Ostrá mez skluzu a přidružené jevy | 206 |
| 7.1.3 | Vliv příměsových atomů | 208 |
| 7.1.4 | Vznik atmosfér příměsových atomů kolem dislokací | 209 |
| 7.1.5 | Vliv atmosfér na plastické tečení | 209 |
| 7.1.6 | Horní a dolní mez skluzu v polykrystalických látkách | 210 |
| 7.1.7 | Interakce atomů příměsí s dislokacemi | 211 |
| 7.1.7.1 | Elastické interakce | 212 |
| 7.1.7.2 | Jiné typy interakce atomů příměsí s dislokacemi | 217 |
| 7.1.8 | Chování v oblasti tečení | 219 |
| 7.2 | Bodové poruchy a dislokace | 220 |
| 7.2.1 | Úvod | 220 |
| 7.2.2 | Tvorba vakancí | 220 |
| 7.2.2.1 | Vznik vakancí bombardováním částicemi o vysoké energii | 221 |
| 7.2.2.2 | Vakance vzniklé při deformaci | 223 |
| 7.2.3 | Vliv vakancí na fyzikální a mechanické vlastnosti | 224 |
| 7.2.4 | Nukleace dislokačních smyček | 226 |
| 7.2.5 | Elektronomikroskopická pozorování vakančních poruch | 227 |
| 7.2.5.1 | Kalení | 227 |
| 7.2.5.2 | Ozáření jadernými částicemi | 235 |
| 7.2.5.3 | Plastické deformace | 239 |
| 7.2.6 | Zotavování shluků poruch | 239 |
| 7.2.7 | Zpevnění vyvolané vakancemi | 240 |
| 7.2.8 | Vakanční poruchy ve slitinách | 242 |
| 7.2.9 | Vznik dislokací | 246 |
| 8 • | PRECIPITAČNÍ VYTVRZOVÁNÍ A EUTEKTOIDNÍ TRANSFORMACE | 248 |
| 8.1 | Precipitační vytvrzování | 248 |
| 8.1.1 | Precipitace z přesyceného tvrdého roztoku | 248 |
| 8.1.2 | Změna vlastností doprovázejících stárnutí | 250 |
| 8.1.3 | Strukturní změny | 251 |
| 8.1.4 | Některé běžné vytvrzovatelné soustavy | 257 |
| 8.1.4.1 | Hliník—měď | 257 |
| 8.1.4.2 | Hliník—stříbro | 258 |
| 8.1.4.3 | Ternární soustavy | 260 |
| 8.1.5 | Mechanismus vytvrzování | 261 |
| 8.1.5.1 | Vytvrzování vnitřními pnutími | 261 |
| 8.1.5.2 | Chemické vytvrzování | 262 |
| 8.1.5.3 | Disperzní vytvrzování | 263 |
| 8.1.5.4 | Vytvrzování u slitin hliník—měď | 263 |
| 8.1.6 | Činitelé ovlivňující proces stárnutí | 265 |
| 8.2 | Rozklad austenitu | 269 |
| 8.2.1 | Úvod | 269 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 8.2.2 | Reakce austenit — perlit | 271 |
| 8.2.2.1 | Faktory ovlivňující nukleaci a růst | 271 |
| 8.2.2.2 | Mechanismus a morfologie | 272 |
| 8.2.2.3 | Hypoeutektoidní oceli | 274 |
| 8.2.2.4 | Vliv legujících prvků | 274 |
| 8.2.3 | Reakce austenit — martenzit | 275 |
| 8.2.3.1 | Krystalografie martenzitické transformace | 275 |
| 8.2.3.2 | Mechanismus vzniku martenzitu | 276 |
| 8.2.3.3 | Kinetika vzniku martenzitu | 278 |
| 8.2.4 | Přeměna austenit — bainit | 279 |
| 8.2.5 | Temperování a tepelné zpracování | 279 |
| 9 | • LOM, TEČENÍ A ÚNAVA | 282 |
| 9.1 | Lom | 282 |
| 9.1.1 | Křehký lom | 282 |
| 9.1.1.1 | Giffithovo kritérium mikrotrhlin | 283 |
| 9.1.1.2 | Tvoření mikrotrhlin plastickým skluzem | 284 |
| 9.1.1.3 | Mechanismus lomu | 286 |
| 9.1.1.4 | Praktické úvahy | 287 |
| 9.1.2 | Tvárný lom a lom po hranicích zrn | 290 |
| 9.2 | Tečení | 290 |
| 9.2.1 | Úvod | 290 |
| 9.2.2 | Mechanismy tečení | 292 |
| 9.2.2.1 | Přechodové tečení | 292 |
| 9.2.2.2 | Rovnoměrné tečení | 294 |
| 9.2.2.3 | Tečení po hranici zrn | 296 |
| 9.2.2.4 | Terciární tečení a lom | 297 |
| 9.2.3 | Metalurgické faktory ovlivňující tečení | 298 |
| 9.2.3.1 | Úvahy o slitinách odolávajících tečení | 298 |
| 9.3 | Únava | 300 |
| 9.3.1 | Úvod | 300 |
| 9.3.2 | Únava z technického hlediska | 301 |
| 9.3.2.1 | Faktory ovlivňující životnost vzorku | 301 |
| 9.3.3 | Metalurgické faktory ovlivňující únava | 303 |
| 9.3.4 | Strukturní změny doprovázející únava | 304 |
| 9.3.4.1 | Únavové zpevnění | 305 |
| 9.3.4.2 | Vznik únavových trhlinek a únavového lomu | 307 |
| | Dodatek 1. NĚKTERÉ POTŘEBNÉ KONSTANTY | 311 |
| | Dodatek 2. ÚKOLY | 313 |