

# Obsah

<b>1 ÚVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Materiály a člověk .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Podíl přírodních věd na materiálovém inženýrství .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Materiálové inženýrství a technologie .....</b>	<b>5</b>
Literatura ke kapitole 1 .....	7
<b>2 STAVBA ATOMU .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Struktura atomového jádra .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Struktura atomového obalu .....</b>	<b>9</b>
2.2.1 Kvantové stavy atomů (klasická teorie) .....	9
2.2.2 Kvantové stavy elektronů (aplikace vlnové mechaniky) .....	10
<b>2.3 Periodická soustava prvků .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Vazby mezi atomy .....</b>	<b>19</b>
2.4.1 Iontová vazba .....	20
2.4.2 Kovalentní vazba .....	20
2.4.3 Vazba Van der Waalsova .....	22
2.4.4 Kovová vazba .....	22
2.4.4.1 Teorie volných elektronů v kovech .....	22
2.4.4.2 Zónová teorie pevných látek .....	26
Příklady ke kapitole 2 .....	31
Literatura ke kapitole 2 .....	33
<b>3 STRUKTURA ATOMOVÝCH KOMPLEXŮ .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1 Uspořádání hmoty v prostoru .....</b>	<b>34</b>
Uspořádání na krátkou a dlouhou vzdálenost .....	34
<b>3.2 Základy krystalografie .....</b>	<b>35</b>
3.2.1 Konstrukce prostorové mřížky .....	35
3.2.1.1 Konstrukce lineární mřížky .....	36
3.2.1.2 Konstrukce mřížkové roviny .....	36
3.2.1.3 Konstrukce základní prostorové mřížky .....	37
3.2.2 Rovnice mřížkové přímky a roviny, Millerovy indexy .....	38
3.2.2.1 Poznámka k Millerovým indexům .....	42
3.2.2.2 Zóny rovin .....	43

3.2.2.3	Vzdálenost mezi rovinami .....	43
<b>3.3</b>	<b>Krystalografické soustavy, krystalová symetrie .....</b>	<b>46</b>
<b>3.4</b>	<b>Uspořádání v krystalových strukturách .....</b>	<b>47</b>
3.4.1	Geometrické podmínky .....	47
3.4.2	Vliv vazby mezi částicemi na uspořádání .....	48
3.4.3	Atomové poloměry .....	49
3.4.4	Uspořádání v kovových krystalech .....	49
3.4.5	Vztah mezi uspořádáním atomů a Millerovými indexy .....	52
	Příklady ke kapitole 3 .....	53
	Literatura ke kapitole 3 .....	56
<b>4</b>	<b>PORUCHY KRYSTALICKÉ MŘÍŽKY .....</b>	<b>57</b>
<b>4.1</b>	<b>Bodové poruchy .....</b>	<b>57</b>
4.1.1	Vlastnosti bodových poruch .....	58
	Bodové poruchy v nerovnovážné koncentraci .....	58
4.1.2	Migrace bodových poruch .....	59
<b>4.2</b>	<b>Čarové poruchy .....</b>	<b>59</b>
4.2.1	Definice dislokací .....	60
4.2.2	Vlastnosti dislokací .....	62
4.2.2.1	Napětí v okolí dislokace .....	62
4.2.2.2	Energie dislokace .....	63
4.2.2.3	Síly působící na dislokace .....	63
4.2.3	Parciální dislokace a vrstevné chyby .....	66
4.2.4	Interakce mezi dislokacemi .....	68
4.2.5	Interakce dislokací s bodovými poruchami .....	69
4.2.6	Intersekce dislokací .....	69
4.2.7	Interakce dislokací s dispersními částicemi .....	71
4.2.8	Vznik dislokací .....	72
<b>4.3</b>	<b>Plošné vady .....</b>	<b>72</b>
4.3.1	Hranice subzrn (malouhlové hranice) .....	73
4.3.2	Hranice zrn (velkouhlové hranice) .....	73
	Literatura ke kapitole 4 .....	74
<b>5</b>	<b>ÚVOD DO TERMODYNAMIKY MATERIÁLŮ .....</b>	<b>75</b>
<b>5.1</b>	<b>Předmět termodynamiky .....</b>	<b>75</b>
<b>5.2</b>	<b>Veličiny a jednotky v termodynamice, důležité konstanty, standardní podmínky .....</b>	<b>76</b>
5.2.1	Základní veličiny a základní jednotky .....	76
5.2.2	Veličiny s odvozenými jednotkami .....	77
5.2.3	Důležité konstanty .....	80

5.2.4	Standardní podmínky .....	81
<b>5.3</b>	<b>Termodynamická soustava .....</b>	<b>81</b>
5.3.1	Definice a druhy termodynamických soustav .....	81
5.3.2	Složky termodynamické soustavy .....	82
5.3.3	Fáze termodynamické soustavy .....	82
5.3.3.1	Plynné fáze .....	83
5.3.3.2	Kapalné fáze .....	83
5.3.3.3	Tuhé (pevné) fáze .....	84
5.3.3.4	Existence a přeměna fází v závislosti na teplotě a tlaku .....	84
5.3.4	Fázové pravidlo .....	85
<b>5.4</b>	<b>Termodynamický stav látky .....</b>	<b>87</b>
5.4.1	Stav termodynamické rovnováhy a nerovnováhy .....	87
5.4.2	Stav stabilní, metastabilní a nestabilní .....	87
5.4.3	Stavové veličiny a stavové funkce .....	89
<b>5.5</b>	<b>Termodynamický děj .....</b>	<b>90</b>
5.5.1	Samovolný děj, nucený děj .....	90
5.5.2	Popis samovolného děje, děj ne vratný a děj vratný .....	91
5.5.3	Význam a využití vratných dějů v termodynamice .....	92
5.5.3.1	Vratný a ne vratný průběh fázové přeměny (krystalizace a tavení) čistého kovu .....	93
5.5.3.2	Vratný (rovnovážný) a ne vratný (nerovnovážný) průběh krystalizace a tavení tuhého roztoku v binární soustavě .....	93
<b>5.6</b>	<b>Nultá věta termodynamiky .....</b>	<b>95</b>
<b>5.7</b>	<b>První věta termodynamiky .....</b>	<b>96</b>
5.7.1	Vnitřní energie .....	96
5.7.2	Entalpie .....	99
5.7.3	Tepelné kapacity kondenzovaných látek .....	100
5.7.3.1	Definice tepelné kapacity .....	100
5.7.3.2	Molární tepelná kapacita $C_p$ pevných látek a její závislost na teplotě .....	102
5.7.3.2.1	Experimentálně zjištěné hodnoty .....	102
5.7.3.2.2	Výpočtové teorie .....	102
5.7.3.2.3	Další ovlivňující faktory .....	106
5.7.3.3	Molární tepelná kapacita $C_p$ pevných látek a její závislost na teplotě, vztah mezi $C_p$ a $C_v$ .....	107
5.7.4	Termochemie .....	108
5.7.4.1	Reakční teplo při exotermických a endotermických přeměnách .....	108
5.7.4.2	Termochemické zákony .....	110
5.7.4.3	Reakční teplo fázové přeměny .....	111
5.7.4.4	Směšovací a rozpouštěcí teplo .....	113
5.7.4.5	Slučovací teplo .....	114
<b>5.8</b>	<b>Druhá věta termodynamiky .....</b>	<b>114</b>
5.8.1	Teplo a práce .....	114
5.8.1.1	Tepelný stroj a tepelná účinnost .....	115
5.8.1.2	Ideální tepelný stroj, Carnotův cyklus .....	116
5.8.1.3	Obecný vratný kruhový děj, entropie .....	117
5.8.1.4	Matematická formulace druhé věty termodynamické .....	119
5.8.2	Samovolnost termodynamických dějů .....	120
5.8.2.1	Změna entropie při ne vratných a vratných termodynamických dějích .....	120
5.8.2.1.1	Změna entropie při vratném přenosu tepla mezi soustavou a jejím okolím .....	121

7.1.1	Substituční tuhé roztoky .....	224
7.1.1.1	Uspořádané substituční tuhé roztoky .....	224
7.1.1.2	Pravidla pro tvorbu substitučních tuhých roztoků .....	226
7.1.2	Intersticiální tuhé roztoky .....	226
<b>7.2</b>	<b>Intermediální fáze .....</b>	<b>227</b>
7.2.1	Elektrochemické sloučeniny .....	227
7.2.2	Sloučeniny určené velikostním faktorem .....	228
7.2.3	Elektronové sloučeniny .....	230
<b>7.3</b>	<b>Fáze v keramických soustavách .....</b>	<b>231</b>
7.3.1	Jednosložková keramika .....	231
7.3.2	Binární keramické struktury .....	232
7.3.3	Ternární keramické systémy .....	233
7.3.4	Karbidická a nitridická keramika .....	234
	Literatura ke kapitole 7 .....	234
<b>8</b>	<b>ROVNOVÁHA FÁZÍ A ROVNOVÁŽNÉ DIAGRAMY... 236</b>	
<b>8.1</b>	<b>Úvod - souvislost rovnováhy fází a rovnovážných diagramů s termodynamikou .....</b>	<b>236</b>
<b>8.2</b>	<b>Interpretace rovnovážných diagramů .....</b>	<b>237</b>
8.2.1	Křivky chladnutí a tuhnutí. ....	237
8.2.2	Počet stupňů volnosti soustavy .....	239
8.2.3	Určení rovnovážného chemického složení a rovnovážného množství fází koexistujících při dané teplotě .....	240
8.2.3.1	Chemické složení koexistujících rovnovážných fází .....	240
8.2.3.2	Množství koexistujících rovnovážných fází .....	241
8.2.3.3	Rovnovážné chemické složení a rovnovážné množství koexistujících rovnovážných fází z hlediska zákona o zachování hmoty .....	242
8.2.4	Sauverovy diagramy .....	243
<b>8.3</b>	<b>Základní binární rovnovážné diagramy .....</b>	<b>244</b>
8.3.1	Popis základních rovnovážných diagramů .....	246
8.3.2	Fázové přeměny v základních rovnovážných diagramech při snižování teploty .....	246
8.3.2.1	Diagram s úplnou rozpustností (obr. 8.8a, obr. 8.9) .....	247
8.3.2.2	Diagram s úplnou nerozpustností a s eutektickou přeměnou (obr. 8.8d, obr. 8.10) .....	247
8.3.2.3	Diagram s částečnou rozpustností a eutektickou přeměnou (obr. 8.8e, obr. 8.11) .....	249
8.3.2.4	Diagram s částečnou rozpustností a peritektickou přeměnou (obr. 8.8f, obr. 8.12) .....	251
8.3.3	Tvar výsledných struktur v základních rovnovážných diagramech .....	252
8.3.4	Uplatnění základních rovnovážných diagramů u skutečných soustav .....	254
<b>8.4</b>	<b>Binární rovnovážné diagramy se změnou rozpustnosti v tuhém stavu .....</b>	<b>256</b>
8.4.1	Popis rovnovážných diagramů se změnou rozpustnosti .....	257

8.4.2 Fázové přeměny při klesající teplotě v diagramech se změnou rozpustnosti .....	257
8.4.2.1 Diagram s úplnou rozpustností při vyšších teplotách a s jejím poklesem v tuhém stavu při nižších teplotách (obr. 8.18a, obr. 8.19) .....	257
8.4.2.2 Diagram s eutektickou přeměnou a s oboustrannou částečnou klesající rozpustností (obr. 8.18b, obr. 8.20) .....	258
8.4.2.3 Diagram s peritektickou přeměnou a s oboustranným poklesem rozpustnosti (obr. 8.18c, obr. 8.21) .....	260
8.4.2.4 Diagramy s eutektickou nebo s peritektickou přeměnou a s oboustrannou vzrůstající rozpustností (obr. 8.18d,e, obr. 8.22, obr. 8.23) .....	262
8.4.3 Tvar výsledných struktur .....	263
8.4.4 Uplatnění obecných rovnovážných diagramů se změnou rozpustnosti u skutečných soustav .....	264
<b>8.5 Binární rovnovážné diagramy s překrystalizací .....</b>	<b>264</b>
8.5.1 Popis rovnovážných diagramů s překrystalizací .....	266
8.5.2 Fázové přeměny v rovnovážných diagramech s překrystalizací .....	267
8.5.2.1 Diagram s úplnou rozpustností a s úplnou překrystalizací tuhého roztoku b na tuhý roztok a v celém koncentračním rozsahu diagramu (obr. 8.26a) .....	267
8.5.2.2 Diagram s peritektickou přeměnou a s úplnou překrystalizací tuhého roztoku $\gamma$ na tuhý roztok $\beta$ (obr. 8.26b) .....	267
8.5.2.3 Rovnovážný diagram s otevřenou oblastí $\gamma$ a s uzavřenou oblastí $\alpha$ (obr. 8.26c) .....	267
8.5.2.4 Rovnovážný diagram s otevřenou oblastí $\alpha$ a s uzavřenou oblastí $\gamma$ (obr. 8.26d) .....	268
8.5.2.5 Rovnovážný diagram s úplnou vzájemnou rozpustností složek v tuhém stavu při vyšších teplotách, s eutektoidní přeměnou a s částečnou oboustrannou rozpustností, která se při poklesu teploty snižuje (obr. 8.26e) .....	268
8.5.2.6 Rovnovážný diagram s eutektickou a s eutektoidní přeměnou, s částečnou rozpustností B v A $\beta$ a A $\alpha$ , s úplnou nerozpustností A v B (obr. 8.26f) .....	270
8.5.3 Tvar výsledných struktur v rovnovážných diagramech s překrystalizací .....	272
8.5.4 Uplatnění rovnovážných diagramů s překrystalizací u skutečných soustav .....	272
<b>8.6 Binární rovnovážné diagramy s intermediární fází .....</b>	<b>273</b>
8.6.1 Rovnovážné diagramy s intermediární fází kongruentního typu .....	273
8.6.1.1 Rovnovážný diagram s intermediární fází s neproměnným složením .....	273
8.6.1.2 Rovnovážný diagram s intermediární fází s proměnným složením .....	274
8.6.2 Rovnovážné diagramy s intermediární fází inkongruentního typu .....	275
<b>8.7 Vícesložkové soustavy .....</b>	<b>275</b>
8.7.1 Způsoby zobrazování tříložkových soustav .....	275
8.7.2 Krystalizace ternárních slitin .....	276
8.7.2.1 Soustava s dokonalou rozpustností složek v tuhém stavu .....	276
8.7.2.2 Soustava s úplnou nerozpustností složek v tuhém stavu .....	277
8.7.2.3 Soustavy s částečnou klesající rozpustností složek v tuhém stavu .....	278
8.7.3 Řezy ternárními diagramy .....	278
<b>8.8 Vztah mezi rovnovážnými diagramy a vlastnostmi slitin .....</b>	<b>279</b>
<b>8.9 Sestrojování rovnovážných diagramů .....</b>	<b>280</b>
<b>8.10 Příklady ke kapitole 1 [1] .....</b>	<b>281</b>
Příklad P 8.1 Soustava H <sub>2</sub> O-NaCl .....	281

Příklad P 8.2	Soustava $H_2O-C_{12}H_{22}O_{11}$ .....	282
Příklad P 8.3	Soustava Pb-Sn .....	282
Příklad P 8.4	Soustava Cu-Ni, vlastnosti .....	283
Příklad P 8.5	Soustava Cu-Ni .....	284
Příklad P 6.1	Výpočet středního kvadratického přemístění atomů .....	208
Příklad P 8.6	Srovnání eutektické, peritektické a eutektoidní přeměny .....	284
Literatura ke kapitole 8	.....	285

## 9 FÁZOVÉ PŘEMĚNY ..... 286

### 9.1 Termodynamika a kinetika fázových přeměn ..... 286

### 9.2 Krystalizace kovů ..... 287

9.2.1	Krystalizace čistých kovů .....	288
9.2.1.1	Homogenní nukleace .....	288
9.2.1.2	Heterogenní nukleace .....	290
9.2.1.3	Růst krystalů .....	292
9.2.1.4	Možnosti ovlivňování krystalizace .....	295

### 9.3 Fázové přeměny v tuhém stavu ..... 295

9.3.1	Fázové přeměny s tepelně aktivovaným růstem .....	295
9.3.1.1	Polymorfni přeměny kovů .....	297
9.3.1.2	Rozpad přesycených tuhých roztoků .....	298
9.3.1.3	Eutektoidní a bainitické transformace .....	300
9.3.1.3.1	Eutektoidní transformace .....	301
9.3.1.3.2	Bainitická transformace .....	303
9.3.1.3.3	Martenzitická transformace .....	305

### 9.4 Metody identifikace fází a studia fázových přeměn ..... 309

9.4.1	Metody studia chemického složení kovových a keramických soustav .....	310
9.4.1.1	Analýza založená na chemické reakci studované látky (klasická chemická analýza) .....	310
9.4.1.2	Elektrochemické analytické metody .....	310
9.4.1.3	Optické metody chemické analýzy .....	310
9.4.1.3.1	Elektromagnetické záření .....	310
9.4.1.3.2	Rozdělení spektrálních metod .....	312
9.4.2.1.1	Rentgenová difrakce .....	317
9.6.2.1.2	Metody rentgenové difraktografie .....	317
9.4.2	Metody identifikace fází .....	315
9.4.2.1	Rentgenová fázová (strukturní) analýza .....	315
9.4.2.2.1	Rentgenová difrakce .....	317
9.4.2.2.2	Metody rentgenové difraktografie .....	317
9.4.3	Metody studia fázových přeměn .....	321
9.4.3.1	Tepelná analýza .....	322
9.4.3.2	Dilatometrická analýza .....	323
9.4.3.3	Magnetické a elektrické metody .....	324
9.4.3.3.1	Magnetometrie .....	325
9.4.3.3.2	Rezistometrie .....	325
Literatura ke kapitole 9	.....	326

## 10 DEFORMAČNÍ A LOMOVÉ CHOVÁNÍ MATERIÁLU, REKRYSALIZACE ..... 328

### 10.1 Napětí ..... 328

### 10.2 Deformace ..... 331

10.2.1 Elastická deformace ..... 331

10.2.2 Anelastická deformace ..... 334

10.2.3 Plastická deformace ..... 336

10.2.3.1 Plastická deformace monokrystalu - orientační faktor, kritické skluzové napětí ..... 338

10.2.3.2 Krystalová struktura a plastická deformace ..... 339

10.2.3.2.1 Kovová vazba ..... 339

10.2.3.2.2 Kovalentní a iontová vazba ..... 344

10.2.4 Plastická deformace polykrystalů ..... 344

### 10.3 Zotavení a rekrystalizace ..... 347

### 10.4 Rozvoj porušení a lom ..... 348

10.4.1 Energetické kritérium nestabilního lomu ..... 348

10.4.1.1 Nestabilní lom pásu za podmínky konstantního přemístění ..... 349

10.4.1.2 Nestabilní lom pásu za podmínky konstantního zatížení ..... 351

10.4.2 Podmínky vzniku nestabilního lomu ..... 351

10.4.3 Volba materiálu a lomová houževnatost ..... 353

10.4.4 Mechanismy porušování ..... 356

10.4.4.1 Tvárné porušení ..... 356

10.4.4.2 Štěpné porušení ..... 358

10.4.4.3 Křehkost slitin ..... 360

10.4.4.4 Časově závislý růst trhliny ..... 360

10.4.4.4.1 Vznik a růst trhlin způsobený cyklickým zatěžováním ..... 360

10.4.4.4.2 Růst trhlin vlivem korozního prostředí ..... 362

Příklady ke kapitole 10 ..... 364

Příklad 10.1 ..... 364

Příklad 10.2 ..... 364

Příklad 10.3 ..... 366

Příklad 10.5 ..... 366

Příklad 10.6 ..... 367

Literatura ke kapitole 10 ..... 369

## 11 STUDIUM STRUKTURY KOVOVÝCH A KERAMICKÝCH MATERIÁLŮ ..... 371

### 11.1 Světelná mikroskopie ..... 371

11.1.1 Faktory charakterizující metodiku světelné mikroskopie ..... 372

11.1.2 Optické metody zviditelnění struktury ..... 374

11.1.2.1 Světlé pole ..... 375

11.1.2.2 Tmavé pole ..... 377

11.1.2.3 Polarizované světlo ..... 377

11.1.2.4 Fázový kontrast a interferenční mikroskopie ..... 377

11.1.3 Příprava metalografických preparátů ..... 378

11.1.3.1 Odběr vzorku ..... 378

11.1.3.2 Označování vzorků .....	379
11.1.3.3 Hrubé broušení .....	379
11.1.3.4 Preparování vzorků .....	379
11.1.3.5 Broušení .....	379
11.1.3.6 Leštění .....	380
11.1.3.7 Vyvolání struktury .....	382
11.1.4 Příprava preparátů z keramických materiálů .....	384
11.1.4.1 Řezání .....	384
11.1.4.2 Broušení .....	385
11.1.4.3 Leštění .....	385
11.1.4.4 Vyvolání struktury .....	385
11.1.5 Aplikované metody speciální metalografie .....	387
11.1.5.1 Teplotní mikroskopie .....	387
11.1.5.2 Nedestruktivní metalografie .....	388
11.1.5.3 Měření mikrotvrdosti .....	388
11.1.6 Kvantitativní metalografie .....	389
11.1.6.1 Srovnávací metody .....	388
11.1.6.2 Měřicí metody .....	389
<b>11.2 Elektronová mikroskopie .....</b>	<b>392</b>
11.2.1 Elektronové záření, interakce elektronů s látkou .....	393
11.2.2 Transmisní elektronová mikroskopie .....	395
11.2.2.1 Elektronový mikroskop .....	395
11.2.2.2 Preparáty pro transmisní elektronovou mikroskopii .....	399
11.2.2.3 Vznik kontrastu .....	400
11.2.2.4 Příprava preparátů pro transmisní elektronovou mikroskopii .....	401
11.2.3 Elektronová difrakce .....	402
11.2.4 Rastrovací elektronová mikroskopie .....	404
11.2.5 Aplikace metod transmisní a rastrovací elektronové mikroskopie .....	408
11.2.5.1 Chemická analýza v elektronové mikroskopii .....	408
11.2.5.2 Fraktografie .....	411
Literatura ke kapitole 11 .....	413

## 11a OBRAZOVÉ PŘÍLOHY KA KAPITOLE 11

MP 1 Leptání na makrostrukturu .....	414
MP 2 Leptání na hranice zrn .....	415
MP 3 Plošné leptání .....	416
MP 4 Struktura eutektoidu .....	417
MP 5 Projevy plastické deformace (deformace skluzem) .....	418
MP 6 Projevy plastické deformace (dvojčatění) .....	419
MP 7 Čistota materiálu .....	420
MP 8 Grafitické litiny .....	421
MP 8 Grafitické litiny - pokračování .....	422
MP 9 Zobrazení struktury technického hliníku (různé mikroskopické techniky) .....	423
MP 10 Struktura keramiky .....	424
MP 11 Měření mikrotvrdosti .....	425
MP 12 Kvantitativní metalografie .....	426
MP 13 Transmisní elektronová mikroskopie (metoda replik) .....	427
MP 14 Transmisní elektronová mikroskopie (metoda tenkých fólií) .....	428
MP 15 Rastrovací elektronová mikroskopie (mikrofraktografie) .....	429
MP 15 Rastrovací elektronová mikroskopie (mikrofraktografie) – pokračování .....	430
MP 16 Rastrovací elektronová mikroskopie (únavový lom) .....	431
MP 17 Rastrovací elektronová mikroskopie (chemická mikroanalýza) .....	432
MP 18 Elektronová difraktografie .....	433

MP 19	Struktura kompozitních materiálů .....	434
MP 20	Metalografie slévárenských vad .....	435

## **12 ZKOUŠENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ MATERIÁLU ..... 436**

### **12.1 Mechanické vlastnosti a mechanické charakteristiky ..... 436**

### **12.2 Rozdělení mechanických zkoušek ..... 438**

12.2.1	Základní mechanické zkoušky .....	439
12.2.1.1	Zkouška tahem, tlakem a ohybem .....	440
12.2.1.2	Zkoušky tvrdosti .....	451
12.2.1.3	Zkouška rázem v ohybu .....	454

### **12.3 Mechanické zkoušky a mezní stavy materiálu ..... 457**

12.3.1	Zkoušení odolnosti materiálu z hlediska křehkého lomu .....	457
12.3.2	Zkoušení odolnosti materiálu z hlediska únavy .....	465
12.3.3	Zkoušení vlivu zvýšených teplot na mechanické vlastnosti materiálu .....	471

### **12.4 Technologické vlastnosti ..... 474**

12.4.1	Zkoušky slévárenských vlastností .....	474
12.4.1.1	Zkoušky zabíhavosti .....	474
12.4.1.2	Zkoušky smrštění .....	475
12.4.2	Zkoušky svařitelnosti .....	476
12.4.3	Zkoušky tvařitelnosti .....	478
12.4.3.1	Zkoušky tvařitelnosti za studena .....	478
12.4.3.2	Zkoušky tvařitelnosti za tepla .....	480
	Literatura ke kapitole 12 .....	481

## **13 NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ MATERIÁLU A VÝROBKŮ ..... 482**

### **13.1 Úvod ..... 482**

13.1.1	Pojem vady a základní dělení vad .....	482
13.1.2	Přehled používaných metod kontroly .....	483

### **13.2 Vizualní kontrola ..... 485**

### **13.3 Kapilární (penetrační) zkoušky ..... 484**

### **13.4 Zkoušky magnetoinduktivní a elektroinduktivní (zkoušky elektromagnetické) ..... 487**

13.4.1	Metody rozptylových toků (rozptylových polí) .....	487
13.4.1.1	Rozptylový tok .....	487
13.4.1.2	Způsoby magnetizace polotovarů a výrobků při kontrole metodami rozptylových toků .....	489
13.4.1.3	Metoda magnetického prášku (metoda polévaci) .....	490
13.4.1.4	Jiné způsoby indikací rozptylových toků .....	491
13.4.2	Metoda vířivých proudů .....	493

13.4.3 Metody strukturoskopické .....	493
<b>13.4 Zkoušky ultrazvukem .....</b>	<b>494</b>
13.4.1 Zdroje ultrazvuku .....	497
13.4.2 Metody ultrazvukové defektoskopie .....	499
<b>13.5 Zkoušky pronikavým zářením (zkoušky radiologické) .....</b>	<b>502</b>
13.5.1 Charakteristika záření .....	503
13.5.2 Interakce rentgenového a gama záření s látkou .....	506
13.5.3 Technika prozařování .....	507
13.5.4 Hodnocení výsledků prozařování1 .....	510
Literatura ke kapitole 13 .....	511
<b>REJSTŘÍK .....</b>	<b>513</b>