

	Seznam symbolů . . . . .	11
	Předmluva . . . . .	14
1.	ÚVOD . . . . .	17
2.	ZÁKLADY NAUKY O KOVECH . . . . .	20
2.1	Vnitřní stavba kovů . . . . .	20
2.1.1	Elektronová struktura krystalů . . . . .	21
2.1.2	Bližší rozdělení kovů podle vazeb . . . . .	23
6	2.2 <u>Základní pojmy termodynamické</u> . . . . .	24
	2.2.1 Složky, fáze, soustava . . . . .	24
	2.2.2 Popis soustavy . . . . .	25
	2.2.3 Fázové pravidlo . . . . .	25
	2.2.4 Energie soustavy . . . . .	26
	2.2.5 Entropie . . . . .	27
	2.2.6 Volná energie a volná entalpie . . . . .	28
	2.2.7 Standardní termodynamické vlastnosti . . . . .	29
	2.2.8 Volná entalpie a rovnovážné diagramy . . . . .	30
1	2.3 <u>Krystalová mřížka</u> . . . . .	32
	2.3.1 Označování rovin a směrů . . . . .	34
	2.3.2 Nedokonalosti skutečné mřížky . . . . .	36
	Bodové vady . . . . .	36
	Čárové vady . . . . .	37
	Plošné a prostorové vady . . . . .	41
	2.4 <u>Difúze v kovech a slitinách</u> . . . . .	42
	2.4.1 Základní zákony difúze . . . . .	42
	2.4.2 Mechanismy difúze . . . . .	43
	2.4.3 Strukturální citlivost difúze . . . . .	46
	2.5 <u>Kovové soustavy</u> . . . . .	47
	2.5.1 Kovy v kapalném stavu . . . . .	47
	2.5.2 <u>Krystalizace čistých kovů</u> . . . . .	49
	Homogenní (spontánní) nukleace . . . . .	50
	<i>Vliv podchlazení</i> . . . . .	51
	Heterogenní nukleace . . . . .	52
	Růst krystalů čistého kovu . . . . .	52
	Struktura ztuhlého kovu . . . . .	54
	<i>Růst krystalu při pozitivním teplotním gradientu</i> . . . . .	54
	<i>Růst krystalu při negativním teplotním gradientu</i> . . . . .	55
	2.5.3 <u>Rovnovážné diagramy</u> . . . . .	56
	Soustavy s úplnou rozpustností složek v tuhém stavu . . . . .	57
	<u>Tuhé roztoky</u> . . . . .	57
	Rovnovážné diagramy slitin neomezeně rozpustných v tuhém stavu . . . . .	60
	<i>Pákové pravidlo</i> . . . . .	61
	<i>Nerovnovážná krystalizace</i> . . . . .	61
	Rovnovážné diagramy slitin s omezenou rozpustností obou složek v tuhém stavu . . . . .	63
	<i>Nerovnovážná krystalizace</i> . . . . .	65
	Rovnovážné diagramy slitin s úplnou nerozpustností složek v tuhém stavu . . . . .	66

	Rovnovážné diagramy slitin s omezenou rozpustností v tuhém stavu a peritektickou přeměnou . . . . .	67
	<i>Nerovnovážná krystalizace</i> . . . . .	68
	Rovnovážné diagramy slitin s intermediálními fázemi . . . . .	68
	<i>Podstata intermediálních fází</i> . . . . .	68
	<i>Typy diagramů s intermediálními fázemi</i> . . . . .	72
	Slitiny v kapalném stavu . . . . .	74
	<u>Krystalizace slitin</u> . . . . .	75
	Segregace . . . . .	77
	Vicesložkové soustavy . . . . .	77
	<i>Způsoby zobrazování v ternárních soustavách</i> . . . . .	78
	<i>Krystalizace ternárních slitin</i> . . . . .	79
	<i>Řezy ternárními diagramy</i> . . . . .	83
2.5.4	<u>Fázové přeměny v tuhém stavu</u> . . . . .	84
	Alotropie kovů . . . . .	86
	Rozpad přesyceného tuhého roztoku . . . . .	88
	Precipitační vytvrzování . . . . .	90
2.6	<u>Metody zkoumání struktur a fázových přeměn</u> . . . . .	91
2.6.1	Struktura kovů a slitin . . . . .	91
2.6.2	Metody zkoumání struktur . . . . .	93
	Makroskopické pozorování . . . . .	93
	Mikroskopické pozorování . . . . .	94
	Světelná metalografická mikroskopie . . . . .	99
	Elektronová mikroskopie . . . . .	102
	Rentgenová a elektronová difrakce . . . . .	106
2.6.3	Metody studia fázových přeměn . . . . .	111
	Tepelná analýza . . . . .	112
	Dilatometrie . . . . .	113
	Metody založené na změnách magnetických a elektrických vlastností . . . . .	114
	Mikroanalýza strukturních složek . . . . .	116
2.7	Literatura a příklady . . . . .	117
3	<b>VLASTNOSTI KOVŮ A SLITIN</b> . . . . .	120
3.1	Přehled fyzikálních vlastností . . . . .	120
3.2	Koroze a opotřebení . . . . .	130
3.2.1	Koroze . . . . .	130
	Chemická koroze . . . . .	132
	Elektrochemická koroze . . . . .	134
	Protikorozi ochrana . . . . .	141
	Korozní zkoušky . . . . .	143
3.2.2	Opotřebení . . . . .	144
	Zkoušky opotřebení . . . . .	147
3.3	<u>Chování kovů za působení vnějších sil</u> . . . . .	148
3.3.1	<u>Napětí a deformace</u> . . . . .	149
	Pružná deformace . . . . .	150
	Mechanismus pružné deformace . . . . .	152
	Trvalá deformace . . . . .	152
	<i>Kluzový mechanismus</i> . . . . .	152
	<i>Krystalografické podmínky kluzu</i> . . . . .	155
	<i>Dvojčatění</i> . . . . .	157
	<i>Deformační zpevnění monokrystalu</i> . . . . .	157
	<i>Deformace a zpevňování polykrystalu</i> . . . . .	158
	<i>Vliv dalších činitelů na deformační charakteristiku</i> . . . . .	160
	<i>Rekrystalizace deformačně zpevněného kovu</i> . . . . .	162
	<i>Vlastnosti deformačně zpevněného kovu</i> . . . . .	162
	<i>Rekrystalizační pochody</i> . . . . .	164
	Tečení kovů . . . . .	174
	Relaxace . . . . .	176
3.3.2	Lom . . . . .	176
3.4	<u>Mechanické vlastnosti a jejich zkoušení</u> . . . . .	178
3.4.1	Odebírání vzorků . . . . .	178
3.4.2	Mechanické zkoušky statické . . . . .	179
	Zkouška tahem . . . . .	180
	Zkušební tyče . . . . .	181

	Jiné statické zkoušky . . . . .	188
	<i>Zkouška tlakem</i> . . . . .	188
	<i>Zkouška ohybem</i> . . . . .	188
	<i>Zkouška stříhem</i> . . . . .	189
	<i>Zkouška krutem</i> . . . . .	190
3.4.3	Zkoušky tvrdosti . . . . .	191
	<i>Přístroje k zjišťování tvrdosti</i> . . . . .	195
	<i>Mikrotvrdost</i> . . . . .	195
3.4.4	<u>Dynamické zkoušky</u> . . . . .	197
	Zkoušky rázové . . . . .	197
	Únavové zkoušky — únava materiálu . . . . .	202
	<i>Druhy únavového poškození</i> . . . . .	202
	<i>Vysokocyklová únava</i> . . . . .	204
	<i>Činitele ovlivňující únavu</i> . . . . .	208
	<i>Nizkocyklová únava</i> . . . . .	211
3.4.5	<u>Mechanické zkoušky za teplot odlišných od okolí</u> . . . . .	212
	Mechanické zkoušky za vyšších teplot . . . . .	213
	Mechanické zkoušky za nízkých teplot . . . . .	218
3.4.6	Cejchování zkušebních strojů . . . . .	218
3.4.7	Volba zkušebních metod a hodnocení výsledků zkoušek . . . . .	219
3.5	<u>4 Technologické vlastnosti a jejich zkoušení</u> . . . . .	220
3.5.1	Technologické vlastnosti . . . . .	220
3.5.2	Technologické zkoušky . . . . .	221
	Zkoušky svařitelnosti . . . . .	221
	Zkoušky tvárnosti za studena . . . . .	225
	Zkoušky tvárnosti za tepla . . . . .	228
	Technologické zkoušky výrobků . . . . .	229
3.6	<u>5 Zkoušky bez porušení</u> . . . . .	229
3.6.1	Prozařování rentgenovým a gama zářením . . . . .	229
3.6.2	Zkoušení ultrazvukem . . . . .	234
3.6.3	Zkoušení magnetickými a indukčními metodami . . . . .	236
	Magnetická metoda prášková . . . . .	236
	Indukční metody . . . . .	238
3.6.4	Zkoušky kapilární . . . . .	238
3.6.5	Použitelnost defektoskopických metod . . . . .	240
3.7	Literatura a příklady . . . . .	240
4	<u>TECHNICKÉ SLITINY ŽELEZA</u> . . . . .	242
4.1	<u>8 Slitiny železa s uhlíkem</u> . . . . .	242
4.1.1	Čisté železo . . . . .	242
4.1.2	Rovnovážné soustavy železa s uhlíkem . . . . .	244
4.1.3	Metastabilní soustava železo — karbid železa . . . . .	245
4.1.4	Stabilní soustava železo — grafit . . . . .	253
4.1.5	Vliv vnějších podmínek na rovnovážné diagramy . . . . .	255
4.1.6	Rozdělení slitin železa a uhlíku . . . . .	256
4.1.7	Význam rovnovážných diagramů při zpracování slitin železa . . . . .	257
4.2	<u>9 Vliv dalších prvků</u> . . . . .	258
4.2.1	<u>Doprovodné prvky</u> . . . . .	259
	Škodlivé doprovodné prvky — nečistoty . . . . .	259
	<i>Síra</i> . . . . .	259
	<i>Kyslík</i> . . . . .	262
	<i>Fosfor</i> . . . . .	263
	<i>Dusík</i> . . . . .	263
	<i>Vodík</i> . . . . .	265
	Doprovodné prvky prospěšné . . . . .	267
	<i>Mangan</i> . . . . .	267
	<i>Křemík</i> . . . . .	268
	<i>Měď</i> . . . . .	270
	Slitinové prvky — přísady . . . . .	271
	<i>Vzájemné působení slitinových prvků se železem</i> . . . . .	272
	<i>Vztah slitinových prvků k uhlíku</i> . . . . .	274
	<i>Vliv slitinových prvků na soustavu železo — uhlík</i> . . . . .	275
4.3	<u>10 Mechanismus a kinetika rozpadu austenitu</u> . . . . .	278
4.3.1	Perlitická a feritická přeměna . . . . .	278

4.3.2	Martenzitická přeměna . . . . .	282
4.3.3	Bainitická přeměna . . . . .	286
4.3.4	Anizotermický rozpad austenitu . . . . .	288
4.3.5	Popouštění zakalené oceli . . . . .	289
4.4	<sup>11</sup> Tepelné zpracování . . . . .	291
4.4.1	Žihání . . . . .	293
	Žihání bez překrytalizace . . . . .	294
	Žihání s překrytalizací . . . . .	295
4.4.2	Kalení . . . . .	297
	Kalitelnost a prokalitelnost . . . . .	299
	Kalici prostředí . . . . .	301
	Modifikované postupy kalení . . . . .	302
4.4.3	Popouštění . . . . .	304
	Popouštění za nízké teploty — napouštění . . . . .	304
	Popouštění za vysoké teploty — zušlechťování . . . . .	306
4.4.4	Vytvrzování . . . . .	308
4.4.5	Povrchové kalení a chemicko-tepelné zpracování . . . . .	309
	Povrchové kalení . . . . .	309
	Chemicko-tepelné zpracování . . . . .	313
	Porovnání vlastností tvrdých povrchových vrstev . . . . .	321
4.4.6	Tepelně-mechanické zpracování . . . . .	323
4.4.7	Zásady pro ohřev vsázky . . . . .	324
	Způsoby ohřevu vsázky . . . . .	324
	Ochrana povrchu vsázky při ohřevu . . . . .	325
	Vliv ohřevu na austenitické zrno . . . . .	325
4.5	<sup>12</sup> Konstrukční oceli a slitiny . . . . .	327
4.5.1	Hlediska pro volbu a rozřídění oceli . . . . .	327
	Ukazatelé vlastností konstrukčních ocelí . . . . .	327
	Materiálové normy . . . . .	329
	Rozdělení a označení ocelí . . . . .	331
4.5.2	Konstrukční oceli obvyklé jakosti . . . . .	334
	Celková charakteristika . . . . .	334
	Příklady použití . . . . .	334
	Vývojové tendence . . . . .	336
4.5.3	Ušlechtilé konstrukční oceli . . . . .	337
	Celková charakteristika . . . . .	337
	Zásady pro volbu slitinových ušlechtilých ocelí . . . . .	338
	Oceli k cementování . . . . .	338
	Oceli k zušlechťování . . . . .	341
	Příklady volby konstrukčních ocelí pro některé typické součásti . . . . .	346
4.5.4	Oceli a slitiny se zvláštními vlastnostmi . . . . .	350
	Celková charakteristika . . . . .	350
	Korozivzdorné a žárovzdorné oceli a slitiny . . . . .	351
	Žáropevné oceli a slitiny . . . . .	363
	Oceli pro nízké teploty . . . . .	366
	Oceli a slitiny odolné proti opotřebení . . . . .	367
	Oceli a slitiny se zvláštními fyzikálními vlastnostmi . . . . .	368
4.5.5	Oceli na odlitky . . . . .	371
4.6	<sup>13</sup> Oceli na nástroje . . . . .	372
4.6.1	Požadavky na nástrojové oceli a jejich rozdělení . . . . .	372
4.6.2	Uhlíkové nástrojové oceli . . . . .	373
4.6.3	Slitinové nástrojové oceli . . . . .	373
4.6.4	Rychlořezné oceli . . . . .	374
4.6.5	Zvláštnosti tepelného zpracování nástrojů . . . . .	375
4.7	<sup>14</sup> Litiny . . . . .	378
4.7.1	Rozdělení a význam . . . . .	378
4.7.2	Šedá litina — krystalizace a složení . . . . .	379
	Krystalizace . . . . .	381
	Strukturní součásti litiny . . . . .	387
4.7.3	Druhy šedých litin . . . . .	391
	Šedá litina s lupínkovým grafitem . . . . .	391
	Vliv složení . . . . .	394
	Vztahy mezi strukturou, složením a vlastnostmi . . . . .	395
4.7.4	Tvárná litina . . . . .	398

4.7.5	Bílá litina . . . . .	399
4.7.6	Skověpová litina . . . . .	400
4.7.7	Legované litiny . . . . .	401
	<i>Litiny se zvýšenými vlastnostmi mechanickými</i> . . . . .	401
	<i>Litiny korozivzdorné</i> . . . . .	403
	<i>Litiny žárovzdorné</i> . . . . .	403
	<i>Ekonomické otázky legování litin</i> . . . . .	405
4.7.8	Temperovaná litina . . . . .	405
	<i>Litina s bílým lomem</i> . . . . .	405
	<i>Litina s černým lomem</i> . . . . .	406
	<i>Litina perlitická</i> . . . . .	408
	<i>Vlastnosti temperované litiny</i> . . . . .	409
4.7.9	Porovnání litých materiálů . . . . .	409
4.8	Literatura a příklady . . . . .	411
5	<b>NEŽELEZNÉ KOVY A JEJICH SLITINY</b> . . . . .	415
5.1	Třídění neželezných kovů a jejich slitin . . . . .	415
5.2	Vlastnosti neželezných kovů a jejich slitin . . . . .	418
5.2.1	Technicky nejdůležitější kovy . . . . .	418
5.2.2	Způsoby zvyšování mechanických vlastností . . . . .	421
	Změny mechanických vlastností tvářením . . . . .	423
	Změny mechanických vlastností legováním . . . . .	425
	Změny mechanických vlastností tepelným zpracováním . . . . .	427
5.2.3	Slitiny neželezných kovů . . . . .	428
	Běžné slitiny mědi . . . . .	428
	Běžné slitiny hliníku . . . . .	434
5.2.4	Fyzikální vlastnosti . . . . .	438
5.2.5	Chemické vlastnosti . . . . .	442
5.2.6	Technologické vlastnosti . . . . .	443
5.3	Příklady využití speciálních slitin neželezných kovů . . . . .	444
5.4	Čisté a velmi čisté kovy . . . . .	449
5.4.1	Budoucnost velmi čistých kovů . . . . .	451
5.5	Literatura a příklady . . . . .	451
6	<b>SLINUTÉ KOVY A KOVOVÉ SOUSTAVY</b> . . . . .	453
6.1	Prášková metalurgie a výroba slinutých materiálů . . . . .	453
6.1.1	Vlastnosti kovových prášků . . . . .	453
6.1.2	Lisování výlisku z kovového prášku . . . . .	454
6.1.3	Slinování výlisků z kovového prášku . . . . .	454
6.2	Slinuté vysokotavitelné kovy . . . . .	455
6.3	Slinutá ocel . . . . .	456
6.4	Slinuté mikroheterogenní materiály . . . . .	456
6.4.1	Kluzná ložiska . . . . .	456
6.4.2	Pórovité kovy . . . . .	457
6.4.3	Kovokeramické třecí materiály . . . . .	457
6.4.4	Nástrojové materiály . . . . .	458
6.4.5	Kontakty pro elektrotechniku . . . . .	460
6.4.6	Disperzně zpevněné slitiny . . . . .	461
6.5	Způsoby výroby kovových prášků . . . . .	462
6.6	Literatura a příklady . . . . .	463
7	<b>MATERIÁLY A ZÁŘENÍ</b> . . . . .	464
7.1	Poškozování materiálů zářením . . . . .	464
7.2	Reaktorové materiály . . . . .	466
7.3	Literatura a příklady . . . . .	468
8	<b>VÝROBNÍ POCHODY A JAKOST OCELI</b> . . . . .	469
8.1	Dnes používané ocelářské pochody . . . . .	469
8.1.1	Pochod Martinův a jeho varianty . . . . .	469
8.1.2	Pochody kyslíkové a jejich modifikace . . . . .	470
8.1.3	Výroba oceli v elektrických pecích . . . . .	471
	<i>Elektrické obloukové pece</i> . . . . .	471
	<i>Výroba oceli v indukčních pecích</i> . . . . .	472
8.2	Ocelový ingot . . . . .	472

8.2.1	Rozdělení ocelí podle způsobů tuhnutí . . . . .	472
8.2.2	Struktura ingotu a jeho nehomogenita . . . . .	473
8.3	Rafinační pochody . . . . .	476
8.3.1	Rafinace oceli ve vakuu . . . . .	476
8.3.2	Tavicí a přetavovací rafinační pochody . . . . .	477
8.4	Srovnání ocelářských pochodů a jejich další rozvoj . . . . .	480
8.5	Problémy výroby velmi čistých ocelí . . . . .	483
8.6	Přehled objemu výroby surového železa, oceli a kovů . . . . .	484
8.7	Literatura a příklady . . . . .	488
9	<b>MATERIÁLY NA BÁZI MAKROMOLEKULÁRNÍCH LÁTEK . . . . .</b>	<b>489</b>
9.1	Technický význam makromolekulárních látek (plastů a pryží) . . . . .	489
9.2	Vznik makromolekulárních látek . . . . .	494
9.3	Struktura polymerů . . . . .	495
9.3.1	Soudržné síly v polymerech . . . . .	495
9.3.2	Polarizovatelnost kovalentní vazby v polymerech . . . . .	496
9.3.3	Velikost makromolekul . . . . .	498
9.3.4	Geometrická pravidelnost a tuhost makromolekul . . . . .	499
9.3.5	Teplota skelného přechodu . . . . .	500
9.3.6	Nadmolekulární struktura polymerů . . . . .	503
	Morfologie krystalických polymerů . . . . .	503
	Morfologie amorfních polymerů . . . . .	507
9.3.7	Předpoklady krystalizace z hlediska chemické struktury polymerů . . . . .	508
9.3.8	Termodynamické zákonitosti a kinetika krystalizace polymerů . . . . .	509
9.4	Složené materiály (kompozity na bázi makromolekulárních látek) . . . . .	510
9.5	Mechanické vlastnosti polymerů . . . . .	513
9.5.1	Projevy viskoelastivity v deformačním chování . . . . .	513
9.5.2	Deformační chování při působení proměnlivých sil . . . . .	521
9.5.3	Dlouhodobá statická a únavová pevnost . . . . .	525
9.6	Kluzné vlastnosti a odolnosti proti opotřeby . . . . .	528
9.7	Elektrické vlastnosti . . . . .	529
9.8	Tepelné vlastnosti . . . . .	532
9.9	Korozní odolnost polymerů . . . . .	533
9.9.1	Botnění a chemická reaktivita polymerů . . . . .	533
9.9.2	Degradace účinkem tepelné energie a záření . . . . .	534
9.10	Zkoušení plastů a pryží . . . . .	535
9.11	Použití plastů . . . . .	537
9.11.1	Použití plastů v chemickém a potravinářském strojírenství . . . . .	538
9.11.2	Použití plastů v dopravní technice . . . . .	539
9.11.3	Příklady strojírenského použití pryže . . . . .	541
9.12	Zpracování polymerů . . . . .	542
9.12.1	Vstřikování . . . . .	543
9.12.2	Vytlačování . . . . .	543
9.12.3	Lisování . . . . .	544
9.12.4	Tvarování . . . . .	544
9.13	Zpracovatelské vlastnosti plastů a kaučuků . . . . .	545
9.14	Literatura a příklady . . . . .	546
	Přehled čs. norem o strojírenských materiálech . . . . .	548
	Důležité konstanty . . . . .	551
	Převodní tabulky a jednotky . . . . .	552
	Rejstřík . . . . .	554