

# Obsah

Úvod .....	8
<b>1. ÚVOD, HISTORIE VÝROBY ŽELEZA, TAVICÍ AGREGÁTY VE SLÉVÁRNÁCH OCELI, ORGANIZACE TAVÍREN .....</b>	<b>9</b>
1.1 Úvod .....	9
1.2 Historie výroby železa .....	10
1.3 Tavicí agregáty ve slévárnách oceli .....	12
1.4 Technologický a informační tok v tavnárnách oceli .....	14
<b>2. ROZTOKY ROZTAVENÝCH KOVŮ .....</b>	<b>15</b>
2.1 Složení roztoků .....	15
2.2 Ideální roztok .....	17
2.3 Reálné roztoky .....	18
2.4 Interakční koeficienty .....	21
2.4.1 Vývoj, určování a používání interakčních koeficientů .....	21
2.4.2 Současné problémy a význam stanovení interakčních koeficientů .....	22
2.4.3 Kritérium hodnověrnosti interakčních koeficientů .....	23
2.4.4 Současné práce o periodicitě interakčních koeficientů v taveninách železa a v austenitu .....	24
2.5 Chemické rovnováhy u metalurgických reakcí .....	27
<b>3. TERMODYNAMICKÉ ZÁKLADY OCELÁŘSKÝCH POCHODŮ .....</b>	<b>29</b>
3.1 Výsvětlení základních pojmů .....	29
3.2 Vnitřní energie .....	31
3.3 Entalpie .....	32
3.4 Vratné a nevratné děje .....	33
3.5 Reakční teplo, závislost reakčního tepla na teplotě .....	34
3.6 Entropie .....	34
3.7 Volná energie a volná entalpie .....	36
3.8 Chemický potenciál .....	37
3.9 Závislost rovnovážné konstanty na teplotě .....	39
3.10 Parciální molární stavové veličiny .....	40
3.11 Základy kinetiky metalurgických reakcí .....	44
3.11.1 Řád fyzikálně chemické reakce .....	46
3.11.2 Arrheniova rovnice .....	48
<b>4. ROZTOKY KOVŮ, NEKOVŮ A PLYNŮ V ŽELEZE, OCELÁŘSKÉ STRUSKY</b>	<b>50</b>
4.1 Kyslík v roztaveném železe .....	50
4.2 Dusík v roztaveném železe .....	52
4.3 Vodík v roztaveném železe .....	55
4.4 Uhlík v roztaveném železe .....	58
4.5 Síra v roztaveném železe .....	58
4.6 Roztavené ocelářské strusky .....	60

4.7	Základy molekulové teorie strusek .....	61
4.8	Základy iontové teorie strusek .....	63
4.9	Rafinační schopnost strusek .....	67
<b>5.</b>	<b>ZÁKLADY KRYSALIZACE A SEGREGAČNÍCH POCHODŮ .....</b>	<b>72</b>
5.1	Krystalizace čistých kovů .....	72
5.2	Mikrosegregace, rozdělení prvků mezi tekutou a tuhou fází .....	76
<b>6.</b>	<b>SORTIMENT OCELÍ NA ODLITKY .....</b>	<b>84</b>
6.1	Normy ocelí na odlitky .....	84
<b>7.</b>	<b>VÝROBA NELEGOVANÝCH OCELÍ NA ODLITKY V ZÁSADITÝCH OBLOUKOVÝCH PECÍCH .....</b>	<b>97</b>
7.1	Konstrukce elektrické obloukové pece .....	97
7.2	Výzdivky elektrických obloukových pecí .....	99
7.3	Vývoj elektrických obloukových pecí .....	102
7.4	Technologie výroby nelegovaných ocelí .....	104
7.4.1	Oprava pece a sázení .....	104
7.4.2	Tavení vsázky .....	105
7.4.3	Oxidační údobí .....	108
7.5	Údobí dohotovení (dezoxidace, rafinace, redukční údobí) .....	116
7.5.1	Dezoxidace oceli .....	116
7.5.2	Odsíření oceli .....	123
7.5.3	Dolegování oceli .....	125
7.5.4	Měření teploty .....	126
7.5.5	Praxe vedení tavby .....	126
<b>8.</b>	<b>INTENZIFIKACE VÝROBY OCELI V OBLOUKOVÝCH PECÍCH .....</b>	<b>129</b>
8.1	Vývoj zařízení a technologie používané v elektrických obloukových pecích ve světě ...	129
8.2	Soudobé vývojové trendy ve výrobě oceli v EOP .....	131
8.3	Intenzifikační opatření na obloukových pecích .....	134
8.3.1	Použití silnějších pecních transformátorů a vodou chlazených stěn a víka .....	134
8.3.2	Použití kyslíku .....	134
8.3.3	Intenzifikace tavení vsázky kyslíko-palivovými hořáky .....	135
8.3.4	Řízení energetických režimů .....	137
8.3.5	Využití tepla spalin odcházejících z EOP .....	139
8.3.6	Dmyšny ve dnu EOP .....	139
8.3.7	Intenzifikace dohotovení .....	140
8.4	Tendence dalšího rozvoje výroby a intenzifikace EOP .....	140
8.5	Současný stav výroby v EOP v České republice .....	141
8.6	Intenzifikace výroby oceli ve slévárnách .....	141
<b>9.</b>	<b>VÝROBA LEGOVANÝCH OCELÍ V ZÁSADITÝCH OBLOUKOVÝCH PECÍCH .....</b>	<b>145</b>
9.1	Chování jednotlivých prvků při výrobě oceli v zásadité obloukové peci .....	147
9.2	Výroba nízkolegovaných ocelí v zásadité obloukové peci .....	149
9.3	Výroba vysokolegovaných ocelí v zásaditých obloukových pecích .....	150
9.3.1	Výroba korozivzdorných ocelí v zásaditých obloukových pecích .....	150
9.3.1.1	Vliv uhlíku na vlastnosti korozivzdorných ocelí .....	150
9.3.1.2	Hlavní směry vývoje korozivzdorných ocelí .....	150
9.3.2	Základy výroby korozivzdorných ocelí .....	152
9.3.2.1	Závěry pro praxi .....	155
9.3.2.2	Praxe výroby vysokolegovaných chromových ocelí v zásaditých obloukových pecích ..	157
9.3.3	Výroba vysokolegovaných manganových ocelí (Hadfieldovy oceli) .....	160
9.3.3.1	Praxe výroby vysokolegovaných manganových ocelí v zásaditých obloukových pecích	161

9.4	Poznámky k výrobě vysokolegovaných ocelí .....	162
<b>10.</b>	<b>VÝROBA OCELI V KYSELÝCH OBLOUKOVÝCH PECÍCH .....</b>	<b>164</b>
10.1	Výzdívka kyselých obloukových pecí .....	164
10.2	Přednosti kyselých obloukových pecí ve srovnání s pecemi zásaditými .....	164
10.3	Závěry z ekonomického hodnocení kyselých obloukových pecí ve slévárnách ČR .....	165
10.4	Používané výrobní způsoby v kyselých obloukových pecích .....	167
10.4.1	Aktivní pochod .....	169
10.4.2	Pasivní pochod .....	170
<b>11.</b>	<b>VÝROBA NELEGOVANÝCH A LEGOVANÝCH OCELÍ V ELEKTRICKÝCH INDUKČNÍCH PECÍCH .....</b>	<b>172</b>
11.1	Elektrické indukční pece kelímkové středofrekvenční .....	173
11.2	Zařízení elektrické indukční pece .....	173
11.3	Výrobnost elektrických indukčních kelímkových pecí .....	176
11.4	Výdusky elektrických indukčních kelímkových pecí .....	179
11.4.1	Kyselé výdusky elektrických indukčních kelímkových pecí .....	179
11.4.2	Zásadité a vysocehlinitanové (korundové) dusací hmoty .....	183
11.5	Výroba oceli v kyselých EIP .....	184
11.5.1	Výroba nelegovaných a nízkolegovaných ocelí .....	184
11.5.2	Výroba vysokolegovaných ocelí na kyselé výdusce .....	186
11.6	Výroba oceli v EIP se zásaditou a vysocehlinitanovou výduskou .....	189
11.7	Pece Drop down .....	189
<b>12.</b>	<b>DEZOXIDACE OCELI V PÁNVI A ODLÉVÁNÍ .....</b>	<b>191</b>
12.1	Používané lící pánve k dopravě a odlévání oceli .....	191
12.2	Závěrečná dezoxidace oceli v pánvi a její vliv na vlastnosti oceli .....	193
12.3	Vliv výzdívky tavicího agregátu na vlastnosti oceli z hlediska morfologie vyloučených sulfidů .....	196
12.3.1	Vliv obsahu síry a uhlíku na vlastnosti oceli vyrobené v zásadité obloukové peci .....	196
12.3.2	Porovnání hodnot houževnatosti u ocelí vyrobených v kyselých a zásaditých obloukových a indukčních pecích .....	196
12.4	Modifikace oxidů a sulfidů po závěrečné dezoxidaci v pánvi a její vliv na vlastnosti oceli .....	198
12.5	Vliv ostatních nečistot na vlastnosti oceli .....	201
12.6	Pokles teploty kovu v pánvi během odlévání .....	202
12.7	Reoxidace oceli během odlévání .....	203
12.7.1	Vliv chemického složení na rozsah reoxidačních pochodů .....	204
12.7.2	Vliv použitého pojivového systému formy .....	205
12.7.3	Vliv použitého ostřiva a ošetření lícе formy .....	205
12.7.4	Vliv charakteru proudění na průběh reoxidačních procesů .....	205
12.7.5	Vliv způsobu odlévání .....	207
12.7.6	Vliv konstrukce odlitku .....	208
<b>13.</b>	<b>SEKUNDÁRNÍ METALURGIE .....</b>	<b>210</b>
13.1	Rozdělení metod sekundární metalurgie .....	210
13.2	Použití jednotlivých postupů sekundární metalurgie .....	212
13.3	Principy jednotlivých postupů sekundární metalurgie .....	214
13.3.1	Postupy sekundární metalurgie provozované při atmosférickém tlaku .....	214
13.3.1.1	Rafinace kovu inertními plyny .....	214
13.3.1.2	Použití syntetických strusek .....	217
13.3.1.3	Injektáž prachových přísad tryskou .....	218
13.3.1.4	Injektáž pomocí plněného profilu .....	219

13.3.1.5	Pánvová pec .....	220
13.3.1.6	Pochod AOD .....	221
13.3.1.7	Pochod CLU .....	223
13.3.2	Postupy sekundární metalurgie provozované při sníženém tlaku (ve vakuu) .....	223
13.3.2.1	Pochod VD .....	224
13.3.2.2	Pochod VOD .....	225
13.3.3	Kombinované pochody sekundární metalurgie s využitím vakua .....	225
13.3.3.1	Pochod VAD .....	226
13.3.3.2	Pochod ASEA-SKF .....	226
13.3.4	Speciální pochody sekundární metalurgie pro velké objemy zpracovávaného kovu s využitím vakua .....	226
13.3.4.1	Vakuové odplynění oběžným způsobem .....	226
13.3.4.2	Vakuové odplynění oceli zdvižným způsobem .....	227
13.3.4.3	Vakuové odplynění oceli v proudu .....	227
13.4	Speciální metalurgické pochody a zařízení .....	227
13.4.1	Vakuové elektrické obloukové pece .....	228
13.4.2	Elektrostruskové přetavování a odlévání .....	228
13.4.3	Vakuové indukční pece .....	229
13.5	Použití jednotlivých postupů sekundární metalurgie ve slévárnách .....	230
13.6	Další vývoj a nasazení sekundární metalurgie .....	231
<b>14.</b>	<b>VADY OCELOVÝCH ODLITKŮ .....</b>	<b>235</b>
14.1	Vady povrchu .....	237
14.1.1	Přípečeniny .....	237
14.1.2	Zálupy .....	238
14.1.3	Nárosty .....	239
14.1.4	Výronky a výpotky .....	239
14.1.5	Zatekliny .....	239
14.1.6	Nepravidelnosti povrchu odlitku .....	239
14.1.7	Vady povrchové ochrany odlitku .....	240
14.2	Porušení souvislosti .....	240
14.3	Dutiny .....	240
14.3.1	Bubliny způsobené reakcí kyslíku s uhlíkem za vzniku oxidu uhelnatého .....	241
14.3.2	Bubliny způsobené vodíkem .....	242
14.3.3	Bubliny způsobené dusíkem .....	242
14.3.4	Zahlcený plyn a síťkovité bubliny .....	243
14.3.5	Bodliny .....	244
14.3.6	Odvařeniny .....	244
14.3.7	Staženiny .....	244
14.4	Makroskopické vměstky a vady makrostruktury .....	245
14.5	Vady mikrostruktury .....	248
14.6	Vady chemického složení a vlastností odlitků .....	249
<b>15.</b>	<b>VÝROBA LITINY VE SLÉVÁRNÁCH OCELI .....</b>	<b>251</b>
15.1	Rozdělení litin .....	251
15.1.1	Litiny s lupinkovým grafitem (LLG) .....	251
15.1.2	Litiny s kuličkovým grafitem (LKG) .....	253
15.1.3	Litiny s červíkovitým (vermikulárním) grafitem (LČG) .....	255
15.1.4	Temperované litiny (TL) .....	257
15.1.5	Izotermicky kalené (zúšlechtně) litiny (ADI litiny) .....	257
15.2	Základy metalurgie litin .....	260

15.2.1	Uhlík v litinách .....	260
15.2.2	Křemík v litinách .....	261
15.2.3	Kyslík v litinách .....	263
15.2.4	Mangan v litinách .....	268
15.2.5	Měď v litinách .....	268
15.2.6	Nikl v litinách .....	269
15.2.7	Molybden v litinách .....	269
15.2.8	Chrom v litinách .....	269
15.2.9	Hořčík v litinách .....	269
15.2.10	Hliník v litinách .....	272
15.2.11	Ostatní prvky v litinách .....	272
15.3	Výroba litiny v elektrických pecích .....	273
15.3.1	Výroba litiny v elektrických obloukových pecích .....	273
15.3.2	Výroba litiny v elektrických indukčních pecích .....	274
15.4	Litiny pro speciální použití .....	275
15.4.1	Nízkoalegované litiny .....	276
15.4.2	Vysokoalegované litiny .....	276
15.4.3	Metalurgie vysokoalegovaných litin .....	282
16.	<b>VYUŽITÍ NÁKLADOVÉ ANALÝZY K ŘÍZENÍ VÝROBY .....</b>	<b>286</b>
16.1	Základní pojmy .....	286
16.2	Kalkulace nákladů .....	287
16.2.1	Metoda rozdílové kalkulace .....	288
16.2.2	Metoda neúplných vlastních nákladů .....	289
16.3	Využití nákladových modelů k řízení výroby .....	294
16.3.1	Využití nákladových modelů v oblasti obchodu .....	294
16.3.2	Využití nákladových modelů v technologické přípravě výroby .....	294
16.3.3	Využití nákladových modelů při řízení nákladů ve výrobě .....	296
16.3.4	Využití nákladových modelů při rozhodování na úrovni vedení společnosti .....	297
16.4	Kalkulační vzorec na odlitek .....	298
16.4.1	Náklady na formovací směs .....	299
16.4.2	Náklady na jádrovou směs .....	300
16.4.3	Náklady na obklady nálitků .....	300
16.4.4	Náklady na nátěry .....	300
16.4.5	Náklady na tryskační materiál .....	301
16.4.6	Náklady na brusné kotouče .....	301
16.4.7	Náklady na svařovací elektrody .....	302
16.4.8	Náklady na kyslík a acetylén .....	302
16.4.9	Náklady na mzdy .....	303
16.4.10	Náklady na energii .....	304
Rejstřík	.....	306