

	Předmluva	11
	Úvod	13
1.	Základní suroviny a jejich vlastnosti	17
1.1	Železné a manganové rudy	17
1.1.1	Klasifikace železných rud podle chemického složení	17
1.1.2	Klasifikace manganových rud podle chemického složení	19
1.1.3	Jakostní podmínky pro rudy a jejich zkoušení	20
1.1.3.1	Chemické a mineralogické vlastnosti rud	21
1.1.3.2	Fyzikální vlastnosti rud	24
1.1.3.3	Fyzikálně chemické vlastnosti rud	28
1.2	Struskotvorné přísady	33
1.3	Náhrada za přírodní suroviny	34
1.4	Palivo	34
1.4.1	Základní funkce paliva při úpravě rud za tepla a při výrobě železa	34
1.4.2	Černouhelný koks a jeho vlastnosti	35
1.4.3	Zvláštní druhy černouhelného koksu	45
1.4.4	Hnědouhelný koks	47
1.4.5	Dřevěné uhlí	47
1.4.6	Antracit	47
1.4.7	Topné oleje	48
1.4.8	Plynná paliva	48
2.	Teoretické základy úpravy rud	50
2.1	Zprůměrnování (homogenizace) rud	51
2.2	Pražení rud	53
2.2.1	Kalcinační pražení	53
2.2.1.1	Vypařování vlhkosti a disociace hydrátů	53
2.2.1.2	Disociace uhlíčanů	54
2.2.1.3	Reakce arzenu	60
2.2.2	Oxidační pražení	60
2.2.3	Magnetizační pražení	62
2.2.3.1	Redukční způsob magnetizačního pražení	65
2.2.3.2	Oxidační způsob magnetizačního pražení	67
2.2.3.3	Redukčně oxidační způsob magnetizačního pražení	67
2.3	Obohacování rud	68
2.3.1	Obohacování ručním přebíráním	69
2.3.2	Obohacování vypíráním	69
2.3.3	Gravitační rozduřování	69
2.3.4	Flotace	71
2.3.5	Magnetické rozduřování	73
2.3.6	Elektrostatické rozduřování	74
2.3.7	Produkty rozduřování rud	75
2.4	Spékání rud	76
2.4.1	Podstata a základní způsoby spékání	76
2.4.2	Teoretické základy spékání rud v klidné (stacionární) vrstvě	78
2.4.2.1	Hoření paliva a přestup tepla ve spékané vrstvě	78
2.4.2.2	Teplná bilance pochodu spékání	91
2.4.2.3	Prodyšnost vsázky a proudění plynu spékanou vrstvou	92
2.4.2.4	Fyzikálně chemické děje ve spékané vrstvě	95
2.4.2.5	Reakce mezi tuhými fázemi, mšknutí rud a vznik kapalné fáze	99
2.4.2.6	Tuhnutí kapalné fáze a rekrystalizace tuhých fází	103
2.4.2.7	Mineralogické složení aglomerátu	104
2.4.2.8	Makrostruktura aglomerátu	106

2.4.2.9	Úloha vratného aglomerátu	108
2.4.3	Podstata spékání rud v troubových pecích	109
2.4.4	Podstata spékání rud ve vířivé vrstvě	109
2.4.5	Vlastnosti aglomerátu	110
2.5	Peletizace rud	113
2.5.1	Podstata peletizace	113
2.5.2	Teoretické základy sbalování	114
2.5.2.1	Povrchové vlastnosti jemnozrnných rud a rudných koncentrátů	114
2.5.2.2	Fyzikálně chemické vlastnosti vody a kapilární jevy	116
2.5.2.3	Mechanismus sbalování	118
2.5.2.4	Sbalovatelnost surovin a pevnost sbalků	119
2.5.2.5	Přísady používané při sbalování	120
2.5.3	Teoretické základy zpevňování sbalků	121
2.5.3.1	Vysokoteplotní zpevňování sbalků	121
2.5.3.2	Chemicko-katalytické zpevňování sbalků	124
2.5.4	Vlastnosti pelet a jejich zkoušení	125
3.	Teoretické základy výroby surového železa ve vysoké peci	128
3.1	Pochody v oblasti výfučen	129
3.1.1	Charakteristika pochodů v oblasti výfučen	129
3.1.2	Vnitřní stavba tuhých paliv a její vliv na reakce hoření	131
3.1.3	Termodynamika hoření paliva v oblasti výfučen	133
3.1.3.1	Dokonalé hoření uhlíku	136
3.1.3.2	Nedokonalé hoření uhlíku	137
3.1.3.3	Boudouardova reakce	139
3.1.3.4	Reakce uhlíku s vodní párou	141
3.1.3.5	Reakce hoření kyslíčnku uhelnatého a vodíku	143
3.1.4	Základy reakční kinetiky hoření paliva v oblasti výfučen	146
3.1.4.1	Rychlost homogenních a heterogenních reakcí	147
3.1.4.2	Kinetické charakteristiky hoření uhlíku koksu	150
3.1.4.3	Kinetické charakteristiky Boudouardovy reakce	153
3.1.4.4	Kinetické charakteristiky reakce uhlíku s vodní párou	154
3.1.4.5	Zvláštnosti mechanismu homogenního hoření	155
3.1.5	Mechanické děje v oblasti výfučen	157
3.1.6	Teplota a tlak plynu v oksyličovacích prostorech	159
3.1.7	Rozměry oksyličovacích prostorů a jejich změny v oblasti výfučen	160
3.1.8	Oksyličování surového železa a další reakce v oblasti výfučen	164
3.2	Proudění plynu a pohyb surovin	166
3.2.1	Základní zákonitosti proudění plynu vsázkou	168
3.2.1.1	Ztráta tlaku plynu v klidné zrnité vrstvě	169
3.2.1.2	Průběh Reynoldsova kritéria v šachtě vysoké pece	171
3.2.1.3	Průběh dynamického tlaku plynu ve vysoké peci	173
3.2.1.4	Vliv zvýšeného tlaku na charakter proudění plynu	173
3.2.2	Řízení plynových proudů ve vysoké peci	175
3.2.2.1	Vliv pracovního profilu vysoké pece	175
3.2.2.2	Vliv relativní velikosti průměru zvonu	175
3.2.2.3	Vliv úhlu sklonu zásypného zvonu	176
3.2.2.4	Vliv některých technologických parametrů	177
3.2.3	Pohyb surovin ve vysoké peci	178
3.2.4	Hydrodynamické jevy v sedle a nistěji	180
3.2.5	Meze výrobnosti vysoké pece	181
3.2.5.1	Meze výrobnosti z hlediska vlivu tuhých fází	181
3.2.5.2	Meze výrobnosti z hlediska vlivu kapalných fází	182
3.3	Přestup tepla ve vysoké peci	184
3.3.1	Teplota ve vysoké peci a charakter přestupu tepla mezi plynem a vsázkou	184

3.3.2	Přestup tepla v horním pásmu vysoké pece	189
3.3.3	Přestup tepla ve spodním pásmu vysoké pece	192
3.3.4	Přestup tepla ve středním pásmu vysoké pece	193
3.3.5	Metody určování součinitele přestupu tepla α	194
3.3.6	Vliv chemických reakcí na přestup tepla mezi plynem a vsázkou	196
3.3.7	Praktické závěry vyplývající z teoretického rozboru zákoni- tostí přestupu tepla	197
3.4	Vypařování vlhkosti a disociace některých látek	198
3.4.1	Vypařování vlhkosti a disociace hydrátů	198
3.4.2	Reakce hydrátové vody s uhlíkem a kyslíčkem uhelnatým	200
3.4.3	Disociace uhlíčanů	201
3.4.3.1	Termodynamika disociace uhlíčanů	202
3.4.3.2	Mechanismus disociace uhlíčanů	205
3.4.3.3	Základy kinetiky disociace uhlíčanů	207
3.4.4	Disociace siřnků	210
3.4.5	Prchavé látky z koksu	212
3.5	Redukce kyslíčnicků železa	212
3.5.1	Fázový diagram železo—kyslík	216
3.5.2	Vnitřní stavba kyslíčnickových fází	218
3.5.3	Termodynamická rovnováha soustav Fe—O—C a Fe—O—H	224
3.5.3.1	Soustava Fe—O—C	224
3.5.3.2	Soustava Fe—O—H	230
3.5.4	Způsoby hodnocení podílu jednotlivých druhů redukce na celkové redukci	233
3.5.5	Vliv přímé redukce kyslíčnicků železa na měrnou spotřebu uhlíku	235
3.5.6	Redukce železa ze složitých soustav	240
3.5.7	Základy kinetiky redukčních pochodů	242
3.5.7.1	Celkový mechanismus redukce	242
3.5.7.2	Difúze plynu difúzní vrstvou a v pórech	244
3.5.7.3	Adsorpce a desorpce plynu	250
3.5.7.4	Reakce na fázovém rozhraní a vznik zárodků nové fáze	253
3.5.7.5	Difúze v tuhé fázi	255
3.5.7.6	Difúzně kinetická teorie redukce kyslíčnicku	258
3.5.8	Názory na mechanismus přímé redukce železa z tuhé fáze	261
3.5.9	Redukce železa z kapalné fáze	262
3.6	Redukce doprovodných prvků	264
3.6.1	Termodynamická stálost různých kyslíčnicků	264
3.6.2	Redukce manganu	265
3.6.2.1	Mangan a jeho sloučeniny s kyslíkem	265
3.6.2.2	Redukce vyšších kyslíčnicků manganu	268
3.6.2.3	Redukce manganu z tuhého MnO	269
3.6.2.4	Redukce manganu ze strusky	272
3.6.2.5	Vliv železa na redukci manganu ze strusky	273
3.6.2.6	Výtěžnost manganu ze vsázky	274
3.6.3	Redukce křemíku	275
3.6.3.1	Kyslíčnický křemíku a jejich stálost	275
3.6.3.2	Redukce křemíku z SiO ₂	276
3.6.3.3	Redukce křemíku z křemičitanů a ze strusky	278
3.6.3.4	Rízení obsahu křemíku v surovém železe	279
3.6.3.5	Tékání SiO při redukci křemíku	280
3.6.4	Redukce fosforu	281
3.6.4.1	Fosfor a jeho kyslíčnický	281
3.6.4.2	Redukce fosforu z P ₂ O ₅ a z fosforečnanů	281
3.6.4.3	Redukce fosforu z roztavené strusky	283
3.6.5	Redukce jiných prvků	283
3.7	Nauhličování železa a rozpouštění dalších prvků	288
3.7.1	Nauhličování železa v tuhém stavu	288
3.7.2	Nauhličování roztaveného železa	291

3.7.3	Přechod dalších prvků do železa	292
3.8	Vysokopeční struska	293
3.8.1	Vznik strusky a její význam pro vysokopeční pochod	293
3.8.2	Molekulární a iontová teorie vnitřní stavby strusek	296
3.8.3	Struktura křemičitanů	299
3.8.4	Tavitelnost vysokopeční strusky	301
3.8.5	Viskozita vysokopeční strusky	307
3.8.6	Vliv vlastností strusky na vysokopeční pochod	313
3.9	Odsiřování surového železa	314
3.9.1	Termodynamika odsiřovacích reakcí	315
3.9.1.1	Odsiřování kyslíčkem vápenatým	318
3.9.1.2	Odsiřování kyslíčkem hořečnatým	320
3.9.1.3	Odsiřování křemičitanovými struskami	320
3.9.1.4	Odsiřování manganem	321
3.9.1.5	Odsiřování kalcinovanou sodou	322
3.9.1.6	Odsiřování karbidem vápníku	324
3.9.1.7	Odsiřování hořčíkem	325
3.9.2	Základy kinetiky odsiřovacích reakcí	326
3.9.3	Odsiřování surového železa ve vysoké peci	327
3.10	Hodnocení redukční a tepelné práce vysoké pece	329
3.10.1	Látkové bilance vysokopečního pochodu	329
3.10.1.1	Výpočet měrného množství strusky	331
3.10.1.2	Bilance Fe_2O_3 , FeO, Fe, Mn, C, SO_3 , S _{celk} a struskotvorných kyslíčků	331
3.10.1.3	Výpočet množství kyslíku, které přešlo ze vsázky do plynu	333
3.10.1.4	Výpočet množství suchého sazebního plynu	334
3.10.1.5	Výpočet množství suchého dmýchaného větru	335
3.10.1.6	Výpočet množství vodíku oksyloženého při redukcí na vodní páru	336
3.10.1.7	Kontrolní uhlíková, kyslíková a dusíková bilance	336
3.10.1.8	Souhrnná látková bilance	338
3.10.2	Výpočet redukčních a jiných ukazatelů na základě látkových bilancí	338
3.10.2.1	Výpočet množství uhlíku koksu, které shořelo v oksyločovacích prostorech (C_1)	338
3.10.2.2	Výpočet redukčních stupňů	339
3.10.2.3	Výpočet spotřeby uhlíku a CO na redukcí	340
3.10.2.4	Výpočet tepelné účinnosti uhlíku	340
3.10.2.5	Výpočet redukční účinnosti CO a H_2	340
3.10.2.6	Jiné ukazatele	340
3.10.3	Celková tepelná bilance vysokopečního pochodu	341
3.10.3.1	Celková tepelná bilance prvního typu	346
3.10.3.2	Celková tepelná bilance druhého typu	348
3.10.3.3	Celková tepelná bilance třetího typu	349
3.10.3.4	Stupeň využití tepla	350
3.10.4	Výpočet měrné spotřeby koksu jako součást výpočtu vysokopeční vsázky	350
3.10.5	Pásmové tepelné bilance	355
3.10.6	Grafický způsob hodnocení redukční a tepelné práce vysoké pece	358
4.	Teoretické základy výroby surového železa v nízkošachetních pecích	361
4.1	Charakteristika výroby	361
4.2	Zvláštnosti redukčních pochodů	362
5.	Teoretické základy výroby surového železa v elektrických pecích	364
5.1	Charakteristika výroby	364

5.2	Zvláštnosti redukce v elektrických obloukových pecích	365
5.3	Zvláštnosti redukce v odporových elektrických pecích	367
6.	Teoretické základy přímé výroby železa	369
6.1	Klasifikace přímých způsobů výroby železa	369
6.2	Příprava redukovadla a kovonosné vsázky	369
6.3	Redukce ve fluidizačních reaktorech	373
6.4	Redukce v retortách	377
6.5	Redukce v troubových pecích	378
6.6	Redukce v šachtových pecích (bez tavení)	381
6.7	Karbonylová výroba práškového železa	393
	Základní termodynamické hodnoty některých prvků a sloučenin důležitých v hutnictví železa (tab. 38)	384
	Literatura	395
	Rejstřík	402