

OBSAH

Předmluva	10
Přehled veličin a jejich jednotek	11
1. Zdroje a spotřeba energie	13
1.1 Zdroje energie	13
1.2 Energetická situace v ČSSR a ve státech RVHP	15
1.3 Energetické charakteristiky a měrná spotřeba energie	17
1.4 Energetické zdroje hutí	20
2. Základní pojmy a vztahy v tepelné technice	21
2.1 Základní pojmy	21
2.2 Základní plynové zákony	26
2.3 Směsi plynů	31
2.4 Měrné teplo	32
2.5 Entalpie	34
2.6 Vlhkost plynů	35
3. Měřicí přístroje	37
3.1 Přístroje pro měření teplot	37
3.1.1 Dilatační teploměry	37
3.1.2 Tlakové teploměry	38
3.1.3 Odporové teploměry	38
3.1.4 Termoelektrické teploměry	40
3.1.5 Bezkontaktní teploměry	44
3.2 Přístroje pro měření tlaku	46
3.2.1 Kapalinové tlakoměry	47
3.2.2 Deformační tlakoměry	48
3.2.3 Pístové tlakoměry	48
3.3 Přístroje pro měření množství	49
3.3.1 Rychlostní měřidla	49
3.3.2 Průřezová měřidla	50
3.3.3 Objemová měřidla	52
3.4 Přístroje pro měření vlhkosti	52
3.4.1 Vlasový vlhkoměr	52
3.4.2 Elektrolýtický vlhkoměr	52
3.4.3 Psychrometry	53
3.5 Přístroje pro analýzu plynu	54
3.5.1 Chemické analyzátory	54
3.5.2 Elektrické analyzátory	54
3.5.3 Infračervené analyzátory	56
3.5.4 Magnetické analyzátory	56

4.	Paliva	57
4.1	Základní zdroje tepelné energie v průmyslu	57
4.1.1	Prvotní zdroje	57
4.1.1.1	Tuhá paliva	58
4.1.1.2	Kapalná paliva	60
4.1.1.3	Plynná paliva	62
4.1.2	Elektrická energie	65
4.1.2.1	Vytápění odporové	66
4.1.2.2	Vytápění elektrickým obloukem	66
4.1.2.3	Vytápění indukční	67
4.1.3	Jaderná energie	67
4.2	Vlastnosti paliv	69
4.2.1	Chemické složení paliva	70
4.2.1.1	Význam jednotlivých složek paliva	70
4.2.1.2	Analýza paliva	71
4.2.2	Změny vlastností paliva při ohřevu	73
4.2.3	Spalné teplo a výhřevnost	74
4.2.4	Spalná teplota	76
4.2.4.1	Základní druhy spalných teplot	77
4.2.4.2	Výpočty spalných teplot	78
4.3	Spalování paliv	86
4.3.1	Zápalná teplota a meze vznětlivosti	87
4.3.1.1	Zápalná teplota	87
4.3.1.2	Meze vznětlivosti	88
4.3.2	Kinetická, difúzní a přechodová oblast spalování	88
4.3.3	Hoření plyných paliv	89
4.3.4	Hoření kapalných paliv	92
4.3.5	Hoření tuhých paliv	92
4.3.6	Výpočty spotřeby vzduchu a množství spalin	93
4.3.6.1	Stechiometrické výpočty	94
4.3.6.2	Přibližné výpočty	105
4.3.7	Kontrola spalování	107
4.3.7.1	Analytické metody	108
4.3.7.2	Grafické metody	110
4.4	Zušlechťování paliv	111
4.4.1	Zplyňování paliv	111
4.4.1.1	Základní schéma generátoru	111
4.4.1.2	Základní zplyňovací reakce	112
4.4.1.3	Technologie zplyňování	113
4.4.1.4	Druhy generátorového plynu	114
4.4.2	Štěpení paliv	115
4.4.2.1	Podstata štěpení	115
4.4.2.2	Technologie štěpení	116
4.5	Oceňování paliv	119
4.5.1	Součinitel využití paliva	121
4.5.2	Dynamická cena paliva	123
4.5.3	Určení ekonomické vhodnosti použití paliv	124
4.6	Záměnnost topných plynů	127
4.6.1	Zásady stanovení záměnnosti topných plynů	127
4.6.2	Metody záměnnosti	128
4.6.3	Úprava topných plynů	129
4.7	Uskladňování a rozvody topných plynů a olejů	130
4.7.1	Uskladňování topných plynů	130

4.7.1.1	Plynojemy	130
4.7.1.2	Podzemní uskladňování topných plynů	135
4.7.2	Uskladňování topných olejů	135
4.7.3	Rozvody topných plynů a olejů	136
5.	Základy proudění plynu v pecních systémech	138
5.1	Úvodní vztahy	138
5.2	Základy teorie proudění plynu	141
5.2.1	Rozdělení tlaků plynu	141
5.2.2	Matematické vyjádření jednotlivých tlaků	142
5.2.3	Charakter proudění plynu	143
5.2.4	Základní rovnice proudění plynu	144
5.3	Ztráty tlaku při proudění	145
5.3.1	Ztráty tlaku místními odpory	145
5.3.2	Ztráty tlaku třením	149
5.3.3	Ztráty tlaku odporem ve svislých kanálech	150
5.4	Praktické případy proudění plynu	151
5.4.1	Výtok plynu pecními otvory	151
5.4.1.1	Otvor s ostrými hranami	151
5.4.1.2	Otvor s válcovou trubici	152
5.4.2	Výtok plynu s vysokým tlakem	155
5.4.3	Proudění plynu v pecních kanálech	155
5.4.4	Proudění plynu v pracovním prostoru pece	156
5.4.5	Odvod spalin	157
5.5	Recirkulace plynu	160
6.	Základy sdílení tepla	162
6.1	Základní pojmy a druhy přenosu tepla	162
6.2	Sdílení tepla konvekcí	163
6.2.1	Fyzikální základy konvekce	164
6.2.2	Teoretický základ konvekčního sdílení tepla	166
6.2.3	Konvekční přenos tepla při volném proudění	168
6.2.3.1	Přirozená konvekce v neomezeném prostoru	168
6.2.3.2	Přirozená konvekce v omezeném prostoru	170
6.2.4	Konvekční přenos tepla při nuceném proudění	171
6.2.4.1	Přenos tepla při laminárním proudění v trubce	171
6.2.4.2	Přenos tepla při turbulentním proudění v trubce	172
6.2.4.3	Přenos tepla při turbulentním proudění ve svazku trubek	173
6.3	Sdílení tepla sáláním	175
6.3.1	Podstata tepelného sálání	175
6.3.2	Zákony sálání těles	176
6.3.3	Sálání mezi dvěma tělesy	179
6.3.4	Sálání plynu a plamene	181
6.4	Sdílení tepla vedením	185
6.4.1	Stacionární (ustálené) vedení tepla	186
6.4.1.1	Vedení tepla rovinnou stěnou	187
6.4.1.2	Vedení tepla válcovou stěnou	189
6.4.2	Nestacionární (neustálené) vedení tepla	190
6.5	Kombinovaný přenos tepla	197
6.5.1	Kombinovaný přenos tepla sáláním a konvekcí	197
6.5.2	Kombinovaný přenos tepla vedením a konvekcí	198
7.	Ohřev a ochlazování kovů	199
7.1	Fyzikální vlastnosti kovů za různých teplot	199

7.2	Sdílení tepla v pracovním prostoru pece	201
7.2.1	Vnější přenos tepla v pracovním prostoru pece	202
7.2.2	Vnitřní přenos tepla v pracovním prostoru pece	207
7.3	Ohřev jednotlivých druhů těles	207
7.3.1	Tělesa tenká a tlustá v teorii ohřevu	207
7.3.2	Teoretický výpočet ohřevu tenkých těles	208
7.3.3	Teoretický výpočet ohřevu tlustých těles	209
7.3.3.1	Ohřev při konstantní hustotě tepelného toku na povrch tělesa ($q = \text{konst}$)	209
7.3.3.2	Ohřev při konstantní teplotě povrchu tělesa ($t_{\text{pov}} = \text{konst}$)	214
7.4	Režim ohřevu kovů	218
7.5	Přibližné výpočty doby a rychlosti ohřevu ocelí	222
7.6	Technologické zásady ohřevu kovů	224
7.6.1	Tepelná pnutí při ohřevu ocelí	225
7.6.2	Konečná teplota ohřevu ocelí	227
7.6.3	Dovolená nerovnoměrnost ohřevu	229
7.7	Oxidace oceli při ohřevu	229
7.7.1	Vliv doby a teploty ohřevu	229
7.7.2	Vliv chemického složení ohříváné oceli	230
7.7.3	Vliv pecní atmosféry a dalších činitelů	230
7.7.4	Výpočet množství pecního opalu	231
7.8	Ochrana oceli před zokujením při ohřevu	232
7.8.1	Ohřev v umělých ochranných atmosférách	233
7.8.2	Rychloohřev oceli	233
7.8.3	Ohřev při změněném složení pecní atmosféry dosažené změnou spalovacích podmínek	234
7.8.4	Ochranné povlaky, ohřev s ochrannou vrstvou plynu na půdě pece a další možnosti ochrany	235
8.	Průmyslové pece	236
8.1	Materiály pro stavbu pecí	236
8.1.1	Žárovzdorné a izolační materiály	236
8.1.1.1	Vlastnosti žárovzdorných materiálů a jejich zkoušení	237
8.1.1.2	Křemičité materiály	240
8.1.1.3	Hlinito-křemičitanové materiály	243
8.1.1.4	Vysocehlinité materiály	244
8.1.1.5	Magnezitové materiály	245
8.1.1.6	Uhlíkové materiály	245
8.1.1.7	Speciální materiály	246
8.1.1.8	Lehčené a izolační materiály	246
8.1.1.9	Žárovbetony	247
8.1.2	Vhodnost použití žárovzdorných a izolačních materiálů	247
8.1.3	Kovové materiály	249
8.2	Stavební části pece	249
8.2.1	Základní charakteristiky	249
8.2.2	Stavební prvky pecí	252
8.2.2.1	Základy pecí	252
8.2.2.2	Nístěj, stěny a klenba pece	252
8.2.2.3	Odtahové kanály a komíny	256
8.2.2.4	Armatury a manipulace se vsázkou	257
8.2.3	Topný systém	258
8.2.3.1	Hořáky na kapalně palivo	259
8.2.3.2	Hořáky na plynné palivo	265
8.2.4	Výměníky tepla	269

8.2.4.1	Rekuperátory	271
8.2.4.1.1	Výpočet rekuperátorů	271
8.2.4.1.2	Konstrukční provedení rekuperátorů	278
8.2.4.2	Regenerátory	282
8.3	Průmyslové pece	296
8.3.1	Rozdělení pecí	296
8.3.2	Druhy pecí	300
8.3.2.1	Vysoké pece	300
8.3.2.2	Ohříváče větru	303
8.3.2.3	Aglomerační zařízení	307
8.3.2.4	Kuplovný	307
8.3.2.5	SM pece	310
8.3.2.6	Tandemové pece	312
8.3.2.7	Konvertory	314
8.3.2.8	Mísíče	316
8.3.2.9	Elektrické pece	316
8.3.2.10	Hlubinné pece	320
8.3.2.11	Komorové pece	323
8.3.2.12	Strkací pece	324
8.3.2.13	Pokulovací pece	327
8.3.2.14	Karuselové pece	329
8.3.2.15	Sklářské pece	330
8.3.2.16	Keramické pece kruhové	331
8.4	Tepelné režimy pecí a jejich řízení	332
8.4.1	Tepelné režimy pecí	332
8.4.2	Řízení a regulace pecí	336
8.4.3	Zásady bezpečné práce u průmyslových pecí	336
9.	Tepelná bilance	337
9.1	Bilancování topných paliv	338
9.2	Tepelné bilance průmyslových pecí	338
9.3	Stanovení základních položek tepelné bilance pece	340
9.3.1	Položky příjmu tepla	340
9.3.2	Položky výdeje tepla	341
9.4	Stanovení spotřeby paliva	350
9.5	Účinnost pece	350
10.	Druhotné energetické zdroje	360
10.1	Charakteristika a možnosti využití druhotných energetických zdrojů	360
10.2	Využití citelného tepla odcházejících spalin	363
10.3	Využití tepla chladicí vody	365
10.3.1	Vodní chlazení	366
10.3.2	Horkovodní chlazení	368
10.3.3	Expanzní chlazení	368
10.3.4	Odpařovací chlazení	369
10.3.5	Chlazení látkami o vyšším bodu varu	372
10.4	Využití citelného tepla žhavého kovu	373
10.5	Využití citelného tepla žhavé strusky	375
10.6	Využití citelného tepla žhavého koksu	378