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 Elektrolytický 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 plynných 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 trubicí 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 = konst) 209
7.3.3.2 Ohřev při konstantní teplotě povrchu tělesa (t_{pov} = 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 ohřívané 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 Žárobetony 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 kapalné 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 Ohřívače větru . . . 303
8.3.2.3 Aglomerační zařízení . . . 307
8.3.2.4 Kuplovny . . . 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 Mísiče . . . 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