

OBSAH

Úvod	11
Použitá označení a symboly	13
1. Vlastnosti kovů a slitin při různých teplotách	15
1.1 Tepelná vodivost kovů	16
1.2 Měrné teplo a tepelný obsah kovů	20
1.3 Měrná hmotnost kovů	23
1.4 Tepelné šíření kovů	23
1.5 Součinitel teplotní vodivosti	24
1.6 Součinitel tepelné setrvačnosti	25
1.7 Mechanické vlastnosti ocelí	26
2. Základní pojmy	28
2.1 Sálání spalin v pecním prostoru	29
2.2 Teplota pece a pecního zdiva	33
2.3 Oblast vnějšího a vnitřního přenosu tepla	34
2.4 Rozlišení vsázky na tenká a tlustá tělesa	35
3. Vnější přestup tepla na vsázku	37
3.1 Vliv vzájemné polohy šedých těles	38
3.2 Bilance tepelných toků na povrchu ohřivaného materiálu	39
3.3 Bilance tepelných toků na povrchu pecního zdiva	40
3.4 Konvekční přestup tepla na ohřivaný materiál	40
3.5 Výsledná rovnice vnějšího přestupu tepla	41
3.6 Grafo-analytické řešení vnějšího přestupu tepla	42
3.7 Přibližný výpočet vnějšího tepelného toku	49
3.8 Ohřev nebo ochlazování v kapalném prostředí	51
3.9 Ochlazování vsázky na vzduchu	51
4. Teoretický výpočet ohřevu tenkých těles	56
4.1 Ohřev tenkých těles v peci s konstantní teplotou	56
4.2 Ohřev tenkých těles v peci s proměnnou teplotou	60
5. Teoretický výpočet ohřevu tlustých těles	62
5.1 Odvození Fourierovy diferenciální rovnice vedení tepla	62

5.2	Obecné řešení diferenciální rovnice vedení tepla	65
5.3	Podmínky jednoznačnosti při řešení rovnice vedení tepla	66
5.3.1	Zdroje (impulzy) tepla	67
5.3.2	Počáteční podmínka	68
5.3.3	Povrchové podmínky	68
5.4	Vliv geometrického tvaru tělesa, jejich průměrná teplota a tepelný obsah	72
5.4.1	Možnost zjednodušení tvaru tělesa při výpočtu	72
5.4.2	Tělesa ohraničených rozměrů	75
5.4.3	Průměrná teplota a tepelný obsah těles	77
5.5	Diagramatické řešení Fourierovy rovnice s použitím metody superpozice	79
5.5.1	Princip elementární superpozice (PES)	80
5.5.2	Princip kombinované superpozice (PKS)	81
5.5.3	Použití superpozice při symetrickém rozložení tepelných zdrojů	88
6.	Teoretický výpočet složitějších případů ohřevu kovů	91
6.1	Ohřev při měnících se okrajových podmínkách	91
6.1.1	Měnící se počáteční podmínky	92
6.1.2	Měnící se povrchové podmínky	93
6.2	Ohřev při měnících se fyzikálních vlastnostech kovů s teplotou	101
6.3	Asymetrický ohřev	104
6.3.1	Součinitel asymetričnosti ohřevu (při ohřevu desky)	105
6.3.2	Asymetrický ohřev tělesa válcovitého tvaru	107
6.3.3	Asymetrický ohřev při dvourozměrném a třírozměrném teplotním poli	108
6.4	Ohřev dutých válců (trubek)	111
6.5	Ohřev pórovitého materiálu	116
6.5.1	Těleso vrstevnaté struktury	118
6.5.2	Těleso vláknité struktury	120
6.5.3	Těleso zrnité struktury	121
6.6	Ohřev nehomogenních těles složitého tvaru	123
6.7	Výpočet ohřevu při některých dalších složitých zadáních	125
7.	Technologické zásady ohřevu kovů	129
7.1	Konečná teplota ohřevu kovů	129
7.2	Tepelná pnutí při ohřevu (ochlazování) oceli	133
7.2.1	Výpočet tepelných pnutí	134
7.2.2	Dovolené rychlosti ohřevu	138
7.2.3	Rozdělení ocelí (do skupin) podle režimu ohřevu	138
7.3	Uložení materiálu v pecním prostoru	142
7.4	Dovolená nerovnoměrnost ohřevu a stupeň prohrátí	144
7.5	Režim ohřevu kovů a jeho volba	148
7.6	Návrh režimu ohřevu kovů pomocí grafo-analytické metody	150
7.7	Empirické vztahy k určení doby ohřevu	159
8.	Oxidace a oduhličení oceli při ohřevu	163
8.1	Teoretické základy oxidace oceli	163
8.2	Vliv jednotlivých činitelů na propal kovu	165
8.2.1	Vliv teploty a doby ohřevu	165
8.2.2	Vliv pecní atmosféry	166
8.2.3	Vliv chemického složení kovu a dalších činitelů	168
8.3	Výpočet opalu kovu při ohřevu	169
8.4	Oduhličení oceli	171
8.5	Cesty vedoucí ke snížení propalu oceli (zhuštění ohřevu)	172

8.5.1	Zkvalitnění ohřívacího pochodu	173
8.5.2	Rychloohřev oceli	173
8.5.2.1	Výhody rychloohřevu	174
8.5.2.2	Problém dovolených rychlostí u rychloohřevu	174
8.5.2.3	Vliv druhu oceli na rychloohřev	175
8.5.2.4	Výpočet režimu rychloohřevu	176
8.5.3	Změna složení pecní atmosféry dosažená změnou spalovacích podmínek	190
8.5.3.1	Regenerační pece pro bezokujový ohřev	191
8.5.3.2	Rekupační pece pro bezokujový ohřev	192
8.5.3.3	Bezokujový ohřev s použitím kyslíku	194
8.5.4	Ochranné povlaky a ohřev s ochrannou vrstvou plynu na půdě pece	196
8.5.5	Ohřev v solných a jiných lázních	196
8.5.6	Ohřev v lithiové atmosféře a ohřev s alkyboritany	197
9.	Výpočet režimu ohřevu oceli v základních typech průmyslových pecí	198
9.1	Ohřev ingotů v hlubinných pecích	199
9.1.1	Obecná charakteristika hlubinných pecí	199
9.1.2	Režim ohřevu ingotů v hlubinných pecích	200
9.1.3	Výpočet ohřevu ingotů v hlubinných pecích	204
9.1.3.1	Příklad výpočtu ohřevu studených ingotů z nízkouhlíkové oceli	204
9.1.3.2	Příklad výpočtu ohřevu teplých ingotů z nízkouhlíkové oceli	210
9.2	Ohřev ingotů a předvalků v průběžných narážecích pecích	215
9.2.1	Obecná charakteristika narážecích pecí	215
9.2.2	Tepelná práce narážecích pecí	218
9.2.3	Výpočet ohřevu oceli v narážecích pecích	224
9.2.3.1	Příklad výpočtu ohřevu oceli v třípásmové narážecí peci	224
9.2.3.2	Příklad výpočtu ohřevu oceli v dvoupásmové narážecí peci	235
9.3	Ohřev kruhových ingotů a předvalků	240
9.3.1	Obecná charakteristika a konstrukce pecí	240
9.3.2	Tepelná práce karuselových pecí	243
9.3.3	Tepelná práce sekčních pecí pro ohřev trub	246
9.3.4	Výpočet ohřevu oceli v karuselových pecích	248
9.4	Ohřev oceli v kovářských komorových pecích	256
9.4.1	Obecná charakteristika kovářských komorových pecí	256
9.4.2	Tepelná práce kovářských komorových pecí	258
9.4.3	Výpočet ohřevu oceli v kovářských komorových pecích	259
9.5	Ohřev oceli při tepelném zpracování	269
9.5.1	Obecná charakteristika a konstrukce pecí pro tepelné zpracování	269
9.5.2	Režim ohřevu kovů v pecích pro tepelné zpracování	274
9.5.3	Výpočet režimu tepelného zpracování podle zadaného diagramu	275
9.5.4	Výpočet tepelného režimu pokloповých pecí	285
9.5.4.1	Tepelný režim pokloповých pecí	285
9.5.4.2	Příklad výpočtu režimu tepelného zpracování v pokloповých pecích	286
<i>Příloha I</i> Přehled a číslo zadání okrajových podmínek k řešení rovnice vedení tepla v tělesech základních tvarů. (Pro tato zadání jsou v příloze II uvedeny výsledné diagramy. Dodatečná zadání se složitějšími okrajovými podmínkami uvádí příloha III)		
		292
<i>Příloha II</i> Výsledné diagramy k řešení rovnice vedení tepla při různých počátečních a povrchových podmínkách		
		302

<i>Příloha III</i> Dodatečná zadání se složitějšími okrajovými podmínkami	401
<i>Příloha IV</i>	407
<i>Tabulka IV/1:</i> Hodnoty funkce $\psi(y)$ k výpočtu ohřevu tenkých těles podle radiačního vzorce	407
<i>Tabulka IV/2:</i> Přehled výpočtových vzorců (pro počáteční podmínky různého druhu) pro tělesa různých geometrických tvarů	408
<i>Tabulka IV/3:</i> Rozdělení teplot a použitých atmosfér pecního prostoru pro různé způsoby mechanického a tepelného zpracování kovů	409
<i>Tabulka IV/4:</i> Rozdělení ocelí podle W. Riemanna	410
<i>Tabulka IV/5:</i> Rozdělení nejpoužívanějších československých ocelí do skupin podle C_{ekv}	411
<i>Tabulka IV/6:</i> Hodnoty $\left(\frac{T}{100}\right)^4 = \left(\frac{t + 273}{100}\right)^4$	412
Literatura	414
Rejstřík	418