

OBSAH

| | |
|----------------|----|
| Úvod | 11 |
|----------------|----|

I. část: Technické výpočty a konstrukční řešení odporových pecí

| | |
|---|----|
| 1. Ohřev a chlazení zboží | 17 |
| 1.1. Základní početní postupy | 17 |
| 1.1.1. Stanovení průběhu ohřevu nebo chlazení zboží | 17 |
| 1.1.2. Sdílení tepla v peci | 28 |
| 1.2. Fyzikální parametry zboží a vzduchu | 33 |
| 1.2.1. Základní údaje o kovech | 33 |
| 1.2.2. Tepelná vodivost v závislosti na teplotě | 34 |
| 1.2.3. Tepelná vodivost vrstevnatého a porézního zboží | 35 |
| 1.2.4. Střední měrná teplota c v závislosti na teplotě | 37 |
| 1.2.5. Sálavost ϵ_n technických povrchů ve směru normály pro různé teploty | 39 |
| 1.3. Fyzikální parametry suchého vzduchu při tlaku $10\ 332\ \text{kpm}^{-2}$ | 40 |
| 2. Vytápění pecí a sušáren | 40 |
| 2.1. Ohřev s bezprostředním použitím topných článků | 41 |
| 2.1.1. Připomínky k řešení pecního prostoru | 42 |
| 2.1.1.1. Přestup tepla do zboží | 42 |
| 2.1.1.2. Stejneměrnost ohřevu | 43 |
| 2.1.2. Rozmístění topení v peci | 44 |
| 2.1.3. Topné odpory | 46 |
| 2.1.3.1. Volba druhu vodiče | 46 |
| 2.1.3.2. Teplota a povrchové zatížení topných článků | 47 |
| 2.1.3.3. Životnost vodiče | 49 |
| 2.1.4. Výpočet odporových vodičů slitinových | 50 |
| 2.1.5. Příprava topných článků | 53 |
| 2.1.6. Konstrukce a uchycení topných článků | 55 |
| 2.1.7. Příkon topení a jeho změny | 58 |
| 2.1.7.1. Volba velikostí příkonu | 58 |
| 2.1.7.2. Změny příkonu topení | 59 |
| 2.2. Ohřev prostřednictvím teplotonosných médií | 59 |
| 2.2.1. Důvody pro použití teplotonosných médií. Jejich druhy | 59 |
| 2.2.2. Poznámky k zařízením, v nichž používáme teplotonosných médií | 62 |

| | |
|---|-----|
| 3. Konstrukční parametry stěn pecí a sušáren | 64 |
| 3.1. Pevnost a stabilita stěn | 67 |
| 3.2. Elektrické izolační vlastnosti stěn pecí | 67 |
| 3.2.1. Odolnost proti elektrickému průrazu | 68 |
| 3.3. Prostup tepla stěnou pece v ustáleném stavu | 68 |
| 3.3.1. Prostup tepla jedinou vrstvou izolačního materiálu | 68 |
| 3.3.2. Prostup tepla několika vrstvami izolačního materiálu | 70 |
| 3.3.3. Prostup tepla stěnamí se vzduchovými mezerami | 72 |
| 3.3.4. Prostup tepla profukovanými vzduchovými mezerami | 75 |
| 3.4. Tepelné ztráty v ustáleném stavu | 75 |
| 3.4.1. Tepelné ztráty stěnou | 75 |
| 3.4.2. Tepelné zkraty | 76 |
| 3.4.3. Vliv tvaru na velikost tepelných ztrát | 76 |
| 3.4.4. Tepelné ztráty dnem pece | 78 |
| 3.4.5. Tepelné ztráty otvory | 79 |
| 3.4.6. Tepelné ztráty dopravníky a jiným pomocným zařízením, opouštějícím přechodné pec | 82 |
| 3.5. Akumulace tepla ve stěnách pece | 83 |
| 3.5.1. Určení teplotního pole, ztrát a akumulovaného tepla ve vyzdívce Schmidovou metodou | 84 |
| 3.5.2. Akumulace tepla v ustáleném stavu | 87 |
| 3.5.3. Akumulace tepla v neustáleném stavu | 88 |
| 3.5.4. Doba ohřevu a chladnutí pece | 89 |
| 3.6. Hospodářská hlediska při volbě vyzdívky | 89 |
| 3.6.1. Optimální tloušťka vyzdívky | 89 |
| 3.6.2. Lehké konstrukce stěn pecí | 90 |
| 3.7. Poznámky ke konstrukci a montáži | 91 |
| 3.7.1. Základy | 91 |
| 3.7.2. Vyzdívání | 91 |
| 3.7.3. Zavěšené izolační stěny | 92 |
| 3.7.4. Panelové stěny pecí | 92 |
| 3.7.5. Vysoušení a vyhřívání pecí | 93 |
| 4. Faktory ovlivňující přestup a prostup tepla | 94 |
| 5. Nucený oběh vzduchu v pracovním prostoru pece | 97 |
| 5.1. Podmínky pro nucený oběh vzduchu | 98 |
| 5.2. Navrhování oběhového systému | 100 |
| 5.2.1. Tlakové ztráty v systému pro nucený oběh vzduchu | 102 |
| 5.2.2. Oběhové systémy | 110 |
| 5.3. Ventilátory | 113 |
| 5.3.1. Oběžné kolo | 113 |
| 5.3.2. Spirální skříň | 117 |
| 5.3.3. Hřídel ventilátoru | 118 |
| 5.3.4. Chlazení hřídelů a ložisek, uložení, mazání | 121 |
| 6. Pece s umělými atmosférami a pece vakuové | 126 |
| 6.1. Vytvořiče | 126 |
| 6.2. Pece s ochrannými atmosférami | 131 |
| 6.2.1. Pece se síťovým pásovým dopravníkem | 132 |
| 6.2.2. Nerovné pece (Hump back) | 132 |
| 6.2.3. Střásací pece | 133 |
| 6.2.4. Pece s článkovým dopravníkem | 133 |

| | |
|---|-----|
| 6.2.5. Vsádkové pece k cementování | 133 |
| 6.2.6. Průběžné pece k cementování. Pece s posunovačem | 136 |
| 6.2.7. Válečkové pece | 139 |
| 6.2.8. Pece pro průběžné zpracování pásů | 139 |
| 6.3. Vyzdívky a topení při použití umělých atmosfér. Měření | 140 |
| 6.3.1. Požadované vlastnosti vyzdívek | 140 |
| 6.3.2. Výběr topných odporů | 140 |
| 6.3.3. Měření | 141 |
| 6.4. Vakuové pece | 143 |
| 6.4.1. Použití vakuových pecí při tváření a tepelném zpracování kovů | 145 |
| 6.4.2. Použití vakua při sublimačním nanášení tenkých kovových povlaků | 145 |
| 6.4.3. Odplyňování kovu v tuhém stavu | 145 |
| 6.4.4. Další použití | 146 |
| 6.4.5. Vakuové systémy | 147 |
| 6.5. Ochranné atmosféry a vakuum v práškové metalurgii | 150 |
| 7. Regulace teploty v pecích | 151 |
| 7.1. Regulovaná veličina | 152 |
| 7.2. Způsoby charakterizování regulovaných procesů | 153 |
| 7.3. Hlavní činitelé, ovlivňující regulovatelnost zařízení. Zlepšování regulačních vlastností zařízení | 159 |
| 7.3.1. Obtížnost regulace | 159 |
| 7.3.2. Úpravy pecí, zlepšující jejich regulační vlastnosti. | 161 |
| 7.4. Aplikace regulátoru na daný proces | 170 |
| 7.4.1. Obecná kritéria pro volbu regulátoru | 170 |
| 7.4.2. Vliv regulátoru na skutečnou velikost regulační plochy | 172 |
| 7.5. Typy regulátorů a jejich použití | 173 |
| 7.5.1. Spojité regulátory | 173 |
| 7.5.2. Dvoupolohový regulátor | 179 |
| 7.5.3. Impulsové regulátory | 186 |
| 7.6. Rozvětvené jednoparametrové regulační obvody | 187 |
| 7.6.1. Obvody s pomocnou akční veličinou | 187 |
| 7.6.2. Obvody s pomocnou měřenou veličinou | 187 |
| 7.7. Teploměry | 189 |
| 7.7.1. Chyby měření při použití běžných teploměrů. | 190 |
| 7.7.2. Zpoždění údaje teploměru | 194 |
| 7.8. Jištění proti náhlému stoupnutí teplot | 198 |
| 8. Servomechanismy | 199 |
| 8.1. Jednotlivě zařazené mechanismy a komplexní řešení synchronizovanými mechanismy | 199 |
| 8.2. Volba servomechanismů | 201 |
| 8.3. Hydraulické mechanismy na pecích | 202 |
| 8.3.1. Hlavní výhody a nevýhody hydraulických mechanismů | 202 |
| 8.3.2. Porovnání hydraulických mechanismů s pneumatickými a elektrickými | 203 |
| 8.3.3. Poznámky k navrhování hydraulických mechanismů pro pece | 205 |
| 8.4. Pomocné mechanismy a zařízení na pecích. Doprava pecním prostorem | 207 |
| 8.4.1. Dopravníky | 207 |
| 8.4.2. Pohony dopravníků | 211 |
| 8.4.3. Jiné druhy dopravy | 212 |
| 8.5. Hlavní tendence v mechanizaci a automatizaci tepelného zpracování | 213 |
| 8.5.1. Volba druhu mechanizace a automatizace | 214 |
| 8.5.2. Automatizace kontroly | 215 |

| | |
|---|-----|
| 8.5.3. Organizace řízení pecí | 216 |
| 9. Materiály | 217 |
| 9.1. Volba materiálů | 217 |
| 9.2. Kovové konstrukční materiály | 234 |
| 9.2.1. Použití | 234 |
| 9.3. Žárovzdorné keramické materiály | 240 |
| 9.3.1. Vlastnosti žárovzdorných materiálů | 241 |
| 9.3.2. Přehledy vlastností běžných žárovzdorných staviv | 246 |
| 9.3.3. Žárovzdorné hmoty pro nejvyšší teploty (1 400 až 2 800 °C) | 246 |
| 9.3.4. Žárovzdorné cihly a kameny | 247 |
| 9.3.5. Zrněná staviva | 260 |
| 9.3.6. Tepelně izolující materiály | 261 |
| 9.3.7. Izolanty do teploty 150 °C, chladírenské a stavební | 261 |
| 9.3.8. Nosníky topných odporů | 268 |
| 9.4. Vlastnosti odporových materiálů pro topné články | 269 |
| 9.4.1. Topná tělesa pro teploty do 1 300 °C | 269 |
| 9.4.2. Topná tělesa pro teploty vyšší než 1 300 °C | 272 |
| 9.5. Antivibrační nátěry | 272 |

II. část: Technické výpočty a konstrukční řešení sušáren

| | |
|--|-----|
| 10. Sušení kusového zboží | 277 |
| 10.1. Přenos a vedení tepla | 279 |
| 10.2. Průběh sušení | 280 |
| 11. Sušárny, u nichž ohřev probíhá za barometrického tlaku | 287 |
| 11.1. Volba typu sušárny a provozní podmínky sušení | 287 |
| 11.1.1. Vsádkové sušárny | 288 |
| 11.1.2. Průběžné sušárny | 289 |
| 11.2. Potřebné množství a rychlost vzduchu | 290 |
| 11.3. Potřebné množství tepla | 290 |
| 11.4. Potřebná doba sušení | 291 |
| 11.4.1. Rychlost odpařování. Shepherdův diagram | 291 |
| 11.4.2. Hlavní faktory, ovlivňující rychlost sušení | 293 |
| 11.5. Topné články. Jejich umístění | 294 |
| 11.6. Uspořádání sušicího prostoru | 295 |
| 11.6.1. Proudění v sušárně | 295 |
| 11.6.2. Rovnoměrnost sušení | 296 |
| 11.7. Měření a regulace | 297 |
| 11.8. Odpařování rozpouštědel | 297 |
| 11.8.1. Sušení nátěrů | 298 |
| 11.8.2. Vypalování nátěrů při vysokých teplotách | 299 |
| 12. Vakuové sušárny | 300 |
| 12.1. Volba typu sušárny a podmínek sušení | 300 |
| 12.2. Odpařování vody ve vakuu | 301 |
| 12.3. Potřebná doba sušení | 302 |
| 12.4. Topné články | 302 |
| 12.5. Vývěvy | 303 |
| 12.5.1. Volba druhu vývěvy | 304 |
| 12.5.2. Dimenzování vývěv | 308 |

| | |
|--|-----|
| 12.6. Rozvod vakua | 309 |
| 12.6.1. Výpočet vodivosti rozvodů | 309 |
| 12.7. Měření a regulace | 310 |
| III. část: Technicko-hospodářské úvahy a výpočty | |
| 13. Ekonomické bilancování a vyhodnocování projektů a provozu pecí | 311 |
| 13.1. Stanovení ekonomické efektivity investice | 312 |
| 13.2. Ekonomické hodnocení ve stadiu projektové přípravy | 315 |
| 13.3. Metodika stanovování spotřebních charakteristik a norem elektrické energie při (plánování) provozu elektrických pecí | 320 |
| 13.3.1. Postup při odvozování charakteristik v závislosti na objemu výroby | 322 |
| 13.3.2. Metoda nejmenších čtverců | 323 |
| 13.3.3. Zjednodušená metoda (skupinová metoda) | 324 |
| 13.3.4. Určování charakteristik a normocharakteristik střední progresse | 325 |
| 13.3.5. Určování progresivní charakteristiky a normocharakteristiky na základě technické analýzy | 326 |
| 13.3.6. Kontrola spotřebních energetických norem | 327 |
| 13.3.7. Problematika normování spotřeby elektrické energie na základě hrubé hod- noty výroby | 328 |
| 13.3.8. Problematika normování spotřeby elektrické energie v závislosti na odpraco- vaných hodinách, provozních hodinách zařízení a normohodinách | 330 |
| 14. Všeobecné připomínky a poznámky k hospodářským úvahám | 333 |
| 14.1. Tendence ve vývoji elektrotepelných odporových zařízení | 333 |
| 14.2. Zadání a grafy pracovního režimu | 334 |
| 14.3. Pracovní metody | 335 |
| 14.4. Technicko-hospodářské ukazatele | 336 |
| 14.5. Analýza ekonomického efektu automatizační výstroje pecí | 337 |
| Literatura | 340 |