

OBSAH

| | | |
|-------------|---|----|
| 1. | Úvod | 14 |
| 1.1 | Historie keramiky | 14 |
| 2. | KERAMICKÉ SUROVINY A VÝCHOZÍ LÁTKY | 18 |
| 2.1 | Přírodní suroviny, ložiska a jejich vznik | 18 |
| 2.1.1 | Plastické keramické suroviny | 18 |
| 2.1.1.1 | Vznik plastických keramických surovin | 22 |
| 2.1.1.2 | Kaoliny | 24 |
| 2.1.1.3 | Jílů a zeminy pro keramiku | 29 |
| 2.1.1.4 | Vermikulit | 39 |
| 2.1.1.5 | Nejilové vrstevnaté suroviny | 39 |
| 2.1.2 | Neplastické vrstevnaté suroviny | 41 |
| 2.1.2.1 | Ostrůva | 42 |
| 2.1.2.1.1 | Křemen | 42 |
| 2.1.2.1.2 | Hlinitokřemičitá ostrůva | 44 |
| 2.1.2.1.3 | Zvláštní ostrůva nebo plniva | 45 |
| 2.1.2.2 | Suroviny s vysokým obsahem CaO a nebo MgO | 46 |
| 2.1.2.2.1 | Vápenec | 46 |
| 2.1.2.2.2 | Dolomit | 48 |
| 2.1.2.2.3 | Wollastonit | 48 |
| 2.1.2.2.4 | Magnezit | 50 |
| 2.1.2.3 | Zirkon | 50 |
| 2.1.2.3.1 | Spodumen | 50 |
| 2.1.2.4 | Alkalická taviva | 51 |
| 2.1.2.4.1 | Živce | 51 |
| 2.1.2.4.1.1 | Původ a vlastnosti živců | 53 |
| 2.1.2.4.2 | Nefelinický syenit | 55 |
| 2.1.2.4.3 | Nefelinický fonolit | 56 |
| 2.1.2.4.4 | Eutektická taviva | 56 |
| 2.2 | Úprava keramických surovin | 56 |
| 2.2.1 | Úprava kaolinu | 56 |
| 2.2.2 | Úprava jílu | 59 |
| 2.2.3 | Úprava živců | 59 |
| 2.2.4 | Úprava sklářských písků | 60 |
| 2.3 | Syntetické suroviny pro keramiku | 60 |
| 2.3.1 | Oxid hlinitý | 61 |
| 2.3.2 | Oxid zirkoničitý | 63 |
| 2.3.3 | Oxid titaničitý | 63 |
| 2.3.4 | Mullit | 64 |
| 2.3.5 | Leucit | 68 |
| 2.3.6 | Neoxidové keramické materiály | 69 |
| 2.3.6.1 | Nitrid křemiku | 69 |
| 2.3.6.2 | Karbid křemiku | 70 |
| 3. | ZÁKLADY KERAMICKÉ TECHNOLOGIE | 71 |
| 3.1 | Příprava keramických směsí | 71 |
| 3.1.1 | Mletí keramických směsí | 71 |
| 3.1.1.1 | Kontinuální mokré mletí v bubnovém mlýně | 73 |
| 3.1.1.2 | Suché mletí v bubnovém mlýně | 74 |
| 3.1.1.3 | Mletí velmi jemných keramických prášků | 74 |
| 3.1.1.4 | Kontrola velikosti částic meliva | 75 |
| 3.1.2 | Odvodnění keramických suspenzí | 75 |
| 3.1.2.1 | Kalolisování | 75 |
| 3.1.2.2 | Rozprašovací sušení | 76 |
| 3.1.3 | Zvláštní způsoby přípravy keramických směsí | 79 |
| 3.1.3.1 | Reakce v plynné fázi | 79 |
| 3.1.3.2 | Společné srážení z roztoků solí | 79 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 3.1.3.3 | Hydrolytické srážení dopantu na dispergované částice | 80 |
| 3.1.3.4 | Otěrové mletí | 80 |
| 3.1.3.5 | Vymrazování | 80 |
| 3.1.3.6 | Metoda sol - gel | 80 |
| 3.2 | Způsoby tvarování keramiky | 81 |
| 3.2.1 | Lití z vodní suspenze | 81 |
| 3.2.1.1 | Reologické vlastnosti keramických suspenzí | 83 |
| 3.2.1.2 | Řízení reologických vlastností suspenzí | 88 |
| 3.2.2 | Lití do sádrových forem | 90 |
| 3.2.3 | Lití nevodných keramických suspenzí | 92 |
| 3.2.4 | Tvarování keramických folií | 93 |
| 3.2.5 | Plastické tvarování | 94 |
| 3.2.5.1 | Plastické tvarování práškových směsí | 101 |
| 3.2.6 | Způsoby lisování | 102 |
| 3.2.6.1 | Přetokové lisování | 102 |
| 3.2.6.2 | Pístové lisování | 105 |
| 3.2.6.3 | Izostatické lisování | 106 |
| 3.2.6.4 | Žárové lisování | 107 |
| 3.2.6.5 | Izostatické žárové lisování | 107 |
| 3.3 | Sušení keramiky | 107 |
| 3.4 | Výpal keramiky | 114 |
| 3.4.1 | Dehydroxidace jílových minerálů | 115 |
| 3.4.2 | Vyhořívání organických látek | 118 |
| 3.4.3 | Vznik nových krystalických fází ve střepe | 119 |
| 3.4.4 | Modifikační přeměna křemene | 120 |
| 3.4.5 | Tavení živců | 120 |
| 3.4.6 | Reakce v pevném stavu | 123 |
| 3.4.7 | Slinování | 126 |
| 3.4.7.1 | Stadia slinování | 127 |
| 3.4.7.2 | Slinování za přítomnosti kapalné fáze | 130 |
| 3.4.8 | Optimalizace výpalu keramiky | 131 |
| 3.4.8.1 | Výpal v oblasti elastické deformace keramického materiálu | 131 |
| 3.4.8.2 | Výpal v oblasti nevratné deformace keramického materiálu | 133 |
| 3.4.8.3 | Optimální teplota výpalu | 134 |
| 3.4.8.4 | Chlazení v oblasti nevratné deformace keramického materiálu | 134 |
| 3.4.8.5 | Chlazení v oblasti elastické deformace keramického materiálu | 135 |
| 3.4.9 | Optimální křivka výpalu | 135 |
| 3.4.10 | Požadavky na výpal keramiky | 136 |
| 3.5 | Povrchové úpravy | 136 |
| 3.5.1 | Glazury a engoby | 136 |
| 3.5.1.1 | Glazury | 136 |
| 3.5.1.2 | Engoby | 145 |
| 3.5.2 | Keramické barvy | 146 |
| 3.5.2.1 | Naglazurové barvy | 150 |
| 3.5.2.2 | Vtvné barvy | 150 |
| 3.5.2.3 | Podglazurové barvy | 150 |
| 3.5.3 | Preparáty vzácných kovů | 151 |
| 3.5.4 | Listry | 151 |
| 3.5.5 | Emaily | 151 |
| 3.5.6 | Speciální povrchové úpravy keramiky | 152 |
| 3.5.6.1 | Řezání, kalibrace, broušení, leštění a lapování | 152 |
| 3.5.6.2 | Pokovování a pájení keramiky | 152 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 4. | VZTAHY MEZI MIKROSTRUKTUROU A VLASTNOSTMI KERAMIKY | 154 |
| 4.1 | Mechanické vlastnosti keramiky | 154 |
| 4.1.1 | Mechanická pevnost keramiky | 160 |
| 4.1.2 | Hodnocení mechanických vlastností keramických materiálů | 166 |
| 4.1.3 | Vyhodnocení výsledků | 172 |
| 4.1.4 | Lomová mechanika | 175 |
| 4.1.5 | Analýza lomové plochy | 180 |
| 4.2 | Chemické vlastnosti keramiky | 181 |
| 4.2.1 | Koroze keramiky plyny | 181 |
| 4.2.2 | Koroze keramiky kapalinami | 182 |
| 4.2.3 | Metody hodnocení chemické odolnosti glazur | 187 |
| 4.3 | Tepelné vlastnosti keramiky | 189 |
| 4.3.1 | Měrné teplo | 189 |
| 4.3.2 | Tepelná vodivost | 190 |
| 4.3.3 | Teplotní vodivost | 191 |
| 4.3.4 | Teplotní roztažnost | 192 |
| 4.3.5 | Odolnost proti náhlým změnám teploty | 193 |
| 4.4 | Vysokoteplotní chování keramiky | 196 |
| 4.4.1 | Creep keramiky | 197 |
| 4.4.2 | Mechanismy creepu | 199 |
| 4.5 | Elektrické a magnetické vlastnosti keramiky | 203 |
| 4.5.1 | Elektrické vlastnosti keramiky | 203 |
| 4.5.1.1 | Elektrická vodivost | 203 |
| 4.5.1.2 | Polarizace a permitivita keramického dielektrika | 205 |
| 4.5.1.3 | Elektrická pevnost keramických dielektrik | 207 |
| 4.5.1.4 | Dielektrické ztráty | 208 |
| 4.5.1.5 | Supravodivost | 208 |
| 4.5.2 | Rozdělení keramických dielektrik | 210 |
| 4.5.3 | Magnetické vlastnosti keramiky | 210 |
| 4.6 | Optické vlastnosti keramiky | 211 |
| 5. | TECHNOLOGIE VÝROBY A VLASTNOSTI JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ KERAMIKY | 214 |
| 5.1 | Cihlářské výrobky | 214 |
| 5.1.1 | Pálené zdící prvky | 217 |
| 5.1.2 | Cihelné stropní prvky | 218 |
| 5.1.2.1 | Vlhkostní roztažnost střepu | 222 |
| 5.1.3 | Pálená střešní krytina | 223 |
| 5.1.4 | Výkvěty | 230 |
| 5.1.4.1 | Rozpusťnost solí v jílových surovinách | 230 |
| 5.1.4.2 | Vznik ve vodě rozpustných solí ve výrobcích | 231 |
| 5.1.5 | Cihelná dlažba | 232 |
| 5.1.6 | Antuka | 232 |
| 5.2 | Obkladové materiály | 232 |
| 5.2.1 | Pórovinové obkládačky | 233 |
| 5.2.1.1 | Dvoužárové pórovinové obkládačky | 233 |
| 5.2.1.2 | Jednožárové pórovinové obkládačky | 238 |
| 5.2.2 | Dlaždice | 241 |
| 5.2.2.1 | Hutné glazované obkladové prvky | 241 |
| 5.2.2.2 | Vysoce slinuté glazované a neglazované dlaždice | 243 |
| 5.2.2.3 | Tažené dlaždice | 246 |
| 5.2.3 | Dekorační techniky | 247 |
| 5.2.4 | Antibakteriální úpravy povrchu | 248 |
| 5.2.5 | Tintometrická příprava tiskových barev | 250 |
| 5.2.6 | Použití keramických obkladových prvků | 252 |
| 5.2.7 | Kachle | 252 |
| 5.3 | Zdravotnická keramika | 254 |
| 5.4 | Kameninové výrobky | 258 |
| 5.4.1 | Kameninové trouby | 259 |
| 5.4.2 | Chemická kamenina | 266 |
| 5.5 | Porcelán | 268 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 5.6 | Hořečnatá keramika | 277 |
| 5.6.1 | Steatitová keramika | 277 |
| 5.6.2 | Forsteritová keramika | 281 |
| 5.6.3 | Cordieritová keramika | 283 |
| 5.7 | Žárovzporné materiály tvarové | 284 |
| 5.7.1 | Hlinitokřemičité žárovzporné materiály | 285 |
| 5.7.2 | Zásadité žárovzporné materiály | 288 |
| 5.7.3 | Tavené žárovzporné materiály | 289 |
| 5.7.3.1 | Technologie výroby | 289 |
| 5.7.3.2 | Přehled výrobků | 291 |
| 5.7.3.3 | Vlastnosti | 291 |
| 5.7.3.4 | Použití | 294 |
| 5.7.4 | Tepelně izolační žárovzporné materiály | 294 |
| 5.7.4.1 | Tvarové tepelně izolační žárovzporné materiály | 294 |
| 5.7.4.1.1 | Výroba a použití tvarových tepelně izolačních žárovzporných materiálů | 294 |
| 5.7.4.1.2 | Výroba pórovitých materiálů přidavkem vyhořívajících přísad | 295 |
| 5.7.4.1.3 | Výroba pórovitých materiálů napěněných vzduchem | 295 |
| 5.7.4.1.4 | Výroba pórovitých materiálů vývinem plyných komponent chemickou reakcí | 296 |
| 5.7.4.1.5 | Technologie výroby pórovitých materiálů přidavkem těkavých látek | 296 |
| 5.7.4.1.6 | Výroba pórovitých materiálů přidavkem lehčeného plniva do směsí | 296 |
| 5.7.4.1.7 | Výroba pórovitých materiálů kombinováním různých způsobů | 297 |
| 5.7.4.2 | Výroba a použití vláknitých materiálů | 297 |
| 5.7.4.2.1 | Výroba vláken z taveniny | 299 |
| 5.7.4.2.2 | Výroba vláken chemickou cestou | 300 |
| 5.7.4.2.3 | Změny vláken při zahřívání | 300 |
| 5.7.4.2.4 | Výrobky ze žárovzporných vláken | 301 |
| 5.7.4.2.5 | Výhody a nevýhody vláknitých tepelně izolačních materiálů | 303 |
| 5.7.5 | Neoxidické žárovzporné materiály | 304 |
| 5.8 | Žárovzporné materiály netvarové | 304 |
| 5.8.1 | Fyzikálně chemické procesy probíhající při tvrdnutí | 306 |
| 5.8.1.1 | Keramická vazba | 306 |
| 5.8.1.2 | Hydraulická vazba | 306 |
| 5.8.1.2.1 | Hydraulická vazba s portlandským cementem (PC) | 306 |
| 5.8.1.2.2 | Hydraulická vazba s hlinitanovým cementem (AC) | 307 |
| 5.8.1.3 | Anorganicko-chemická vazba | 310 |
| 5.8.1.3.1 | Fosforečná vazba | 311 |
| 5.8.1.3.2 | Vazba s vodním sklem | 311 |
| 5.8.1.3.3 | Vazba na bázi chloridu a síranu hořečnatého | 312 |
| 5.8.1.3.4 | Ostatní druhy chemické vazby | 312 |
| 5.8.1.4 | Organická vazba | 312 |
| 5.8.2 | Výroba netvarových zrněných staviv | 313 |
| 5.8.3 | Použití netvarových staviv | 313 |
| 5.9 | Keramika s nízkou teplotní roztažností | 313 |
| 5.9.1 | Celsianová keramika | 314 |
| 5.9.2 | Lithná keramika | 314 |
| 5.9.3 | Thialitová keramika | 316 |
| 5.10 | Konstrukční keramické materiály | 318 |
| 5.10.1 | Oxidová keramika | 318 |
| 5.10.1.1 | Keramika z oxidu hlinitého | 319 |
| 5.10.1.2 | Keramika z oxidu zirkoničitého | 320 |
| 5.10.1.3 | Transformačně zpevněná keramika | 322 |
| 5.10.2 | Neoxidová keramika | 324 |
| 5.10.2.1 | Keramika z karbidu křemíku | 324 |
| 5.10.2.2 | Keramika z nitridu křemíku | 326 |
| 5.10.2.3 | Keramika z nitridu hliníku | 327 |
| 5.10.2.4 | Keramika z karbidu boru | 328 |
| 5.10.2.5 | Keramika z nitridu boru | 328 |
| 5.10.3 | Kompozitní materiály | 329 |
| 5.10.3.1 | Vlákna | 329 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 5.10.3.2 | <i>Whiskry</i> | 330 |
| 5.10.3.3 | <i>Kompozity s kovovou matrix</i> | 330 |
| 5.10.3.4 | <i>Kompozity s keramickou matrix</i> | 330 |
| 5.10.4 | Nanostrukturní materiály | 331 |
| 5.10.5 | Biokeramické materiály | 332 |
| 5.11 | Keramické materiály pro elektrotechniku | 332 |
| 5.11.1 | Rozdělení materiálů | 333 |
| 5.11.2 | Keramické izolanty | 334 |
| 5.11.3 | Dielektrika pro kondenzátory | 334 |
| 5.11.4 | Piezoelektrika | 337 |
| 5.11.5 | PLZT keramika | 338 |
| 5.11.6 | Polovodivá keramika | 338 |
| 5.11.7 | Materiály s napětově závislým odporem | 338 |
| 5.11.8 | Keramika v mikroelektronice | 338 |
| 5.11.9 | Ferity | 340 |
| 5.11.9.1 | <i>Magneticky měkké ferity</i> | 340 |
| 5.11.9.2 | <i>Příprava feritů</i> | 341 |
| 5.11.9.3 | <i>Magneticky tvrdé ferity</i> | 342 |
| 6. | ZKUŠEBNÍ METODY | 345 |
| 6.1 | Stanovení vlhkosti | 345 |
| 6.2 | Stanovení smrštění sušením | 345 |
| 6.3 | Stanovení citlivosti keramické směsi k sušení metodou Bigotovy křivky | 346 |
| 6.4 | Stanovení smrštění pálením (výpalem) | 346 |
| 6.5 | Stanovení nasákavosti, objemové hmotnosti, zdánlivé pórovitosti, zdánlivé hustoty a pórovitosti skutečně vypáleného střepe | 347 |
| 6.6 | Stanovení pevnosti vzorků v ohybu po vysušení nebo po výpalu | 348 |
| 6.7 | Stanovení ztráty žíháním | 349 |
| 6.8 | Stanovení nevratné vlhkostní roztažnosti keramického střepe | 349 |
| 6.9 | Stanovení koeficientu teplotní roztažnosti | 350 |
| 6.10 | Stanovení žárovzdornosti | 352 |
| 6.11 | Stanovení únosnosti v žáru | 354 |
| 6.12 | Stanovení tečení za vysokých teplot | 358 |
| 6.13 | Stanovení trvalých délkových změn v žáru | 359 |
| 6.14 | Stanovení odolnosti proti náhlé změně teploty | 360 |
| 6.15 | Stanovení napětí ve vrstvě glazury na střepe | 362 |
| 6.15.1 | Stanovení napětí mezi střepe a glazurou Stegerovou metodou | 362 |
| 6.15.2 | Orientační dilatometrické stanovení napětí ve vrstvě glazury na střepe | 363 |
| 6.16 | Stanovení rozdělavací vody plastického těsta a čísla plastičnosti dle Pfefferkorna | 364 |
| 7. | POUŽITÁ A DOPORUČENÁ LITERATURA | 366 |
| 8. | SEZNAM NEJDŮLEŽITĚJŠÍCH SYMBOLŮ | 379 |
| | REJSTŘÍK | 382 |
| | OBRAZOVÉ PŘÍLOHY | |
| | PREZENTACE FIREM | |