Obsah

1.	**Historie keramiky**	15
1.1	Historie technického porcelánu a technické keramiky	16
1.1.1	Charakteristika výrobkové skupiny	16
1.1.2	Vývoj organizační struktury výrobní základny technického porcelánu a technické keramiky	20
1.1.3	Vývoj používaných technologií ve výrobě porcelánových izolátorů	23
1.1.4	Vývoj ve výrobě instalační a montážní keramiky	26
1.1.5	Vývoj ve výrobě technické keramiky	27
1.1.6	Výzkum a vývoj	32
2.	**Fyzikálně chemické vlastnosti**	37
2.1	Periodická soustava prvků	37
2.2	Chemické prvky	38
2.3	Přehled prvků a chemických látek	41
2.4	Důležité minerály (L. Pardon)	54
2.5	Krystalové soustavy	56
2.6	Body tání některých prvků a sloučenin	57
2.7	Body tání některých minerálů	59
2.8	Mohsova stupnice tvrdosti	60
2.9	Konstanty součinitelů teplotní roztažnosti - β (K^{-1})	60
2.10	Fázové diagramy	62
2.11	Termické křivky - DTA Test	65
3.	**Základní keramické suroviny**	67
3.1	Chemické složení a molekulová hmotnost surovin	67
3.2	Jílovinové minerály	68
3.3	Živec	73
3.4	Křemen	74
3.5	Mastek, talek	75
3.6	Dolomit	77
3.7	Vápenec	77
3.8	Magnezit	77
3.9	Soda kalcinovaná	77
3.10	Vodní sklo	77
3.11	Provozní voda	77
3.12	Uhličitan barnatý	78
3.13	Frita barnatozinečnatá, barnatozinečnatozirkoničitá	78

3.14 Oxid boritý . . . 79
3.15 Kyselina boritá . . . 79
3.16 Borax . . . 79
3.17 Oxid vápenatý a oxid hořečnatý . . . 79
3.18 Oxid olovnatý . . . 79
3.19 Oxid železitý . . . 79
3.20 Oxid zirkoničitý . . . 79
3.21 Oxid hlinitý . . . 80
3.21.1 Krystalické hydroxidy . . . 80
3.21.2 Kalcinace oxidu hlinitého . . . 81
3.21.3 Základní třídění oxidu hlinitého pro keramiku . . . 84
3.22 Lupek . . . 86
3.23 Organické látky, užívané v keramických hmotách . . . 87

4. Výpočty keramických surovin a hmot . . . 91
4.1 Výpočet racionálního složení z chemického složení - z alkálií . . . 91
4.1.1 Výpočet faktorů . . . 92
4.1.2 Praktický příklad výpočtu racionálního složení živce . . . 92
4.2 Výpočet chemického složení, Segerova vzorce a souřadnic pro fázový diagram z navážky steatitové hmoty . . . 94
4.3 Výpočet Segerova vzorce z navážky steatitové hmoty a z chemického vzorce surovin . . . 96
4.4 Výpočet teoretického složení kordieritové hmoty z chemického vzorce 98
4.5 Výpočet chemického složení, Segerova vzorce a souřadnic z navážky kordieritové hmoty . . . 98
4.6 Výpočet Segerova vzorce z navážky kordieritové hmoty a z chemického vzorce jednotlivých surovin . . . 99
4.7 Výpočet porcelánové hmoty dosazovacím způsobem . . . 101
4.8 Grafický výpočet navážky porcelánové hmoty ze tří surovin pomocí trojúhelníkového diagramu . . . 102
4.9 Grafický výpočet navážky porcelánové hmoty z více surovin pomocí trojúhelníkového diagramu . . . 103
4.10 Výpočet navážky porcelánové hmoty pomocí nomogramu a trojúhelníkového systému souřadnic . . . 106
4.11 Výpočet navážky porcelánové hmoty z racionálního složení hmoty a z racionálního složení surovin pomocí rovnic . . . 109
4.12 Výpočet navážky porcelánové hmoty z více surovin pomocí rovnic . 112

5.	**Keramické hmoty**	119
5.1	Kamenina slinutá	121
5.2	Kamenina pórovitá	122
5.2.1	Ztekucovací zkoušky kameninových a porcelánových hmot pro lití do sádrových forem	123
5.3	Porcelán	124
5.3.1	Přehled porcelánových hmot	125
5.3.2	Měkké porcelánové hmoty	126
5.3.3	Tvrdé porcelánové hmoty	126
5.3.4	Použití barvítek do hmot	127
5.3.5	Barvení hmot pro odlišení v provoze	128
5.3.6	Obsah vody v různých porcelánových hmotách	128
5.3.7	Vytvářecí způsoby různých výrobků	128
5.3.8	Výpal porcelánu	129
5.3.9	Technické vlastnosti porcelánu v soustavě kaolinit-živec-křemen	133
5.3.10	Oblasti keramických hmot v soustavě kaolinit-živec-křemen	134
5.4	Kordieritové hmoty	136
5.4.1	Složení kordieritových hmot	137
5.5	Steatitové hmoty	138
5.5.1	Suroviny pro steatitové hmoty	139
5.5.2	Složení steatitových hmot	142
5.6	Forsteritové hmoty	143
5.7	Mullit-korundové hmoty	143
5.7.1	Složení mullit-korundových hmot	143
5.8	Korundové hmoty	145
5.8.1	Úprava surovin a přísady	145
5.8.2	Slinuté korundové hmoty s obsahem Al_2O_3 86,0-99,0 %	145
5.8.3	Mikrozrnná korundová hmota s obsahem Al_2O_3 nad 99,85 %	146
5.8.4	Průsvitný korund s obsahem Al_2O_3 99,85 %	149
5.8.5	Pevnost korundu v závislosti na obsahu Al_2O_3	150
5.8.6	Složení korundových hmot	151
5.9	Spinelové hmoty	152
5.9.1	Příklad korundové hmoty se spinelem hořečnatým	152
5.10	Cermety	153
5.10.1	Vlastnosti cermetů	154
5.11	Piezokeramika	155
5.12	Slinutá bezkyslíkatá keramika	155

5.12.1 Karbidy . . . 155
5.12.2 Zhutňování karbidu křemíku . . . 156
5.12.3 Samovazný karbid křemíku . . . 156
5.12.4 Nitrid křemíku . . . 156
5.12.5 Sialon . . . 157
5.12.6 Vlastnosti nekyslíkatých látek . . . 158
5.13 Hmoty pro pouzdra a pomůcky na výpal . . . 158
5.14 Hodnoty teplotní roztažnosti a tepelné vodivosti některých keramických materiálů . . . 159
5.15 Žárocement . . . 159
5.16 Ochranný povlak na šamotová pouzdra . . . 160
5.17 Korundové desky pro výpal na 1700 °C . . . 160
5.18 Keramický vysokožárný tmel . . . 160
5.19 Směs na lepení desek z keramické vaty na vyzdívku pece . . . 162
5.20 Vodivý grafitový povlak . . . 162
5.21 Tmel na úpravu povrchových trhlinek . . . 163

6. Keramické glazury . . . 165
6.1 Vlastnosti glazur . . . 165
6.2 Glazury syrové . . . 166
6.3 Engoba . . . 166
6.4 Glazury fritované . . . 166
6.5 Frity . . . 167
6.6 Segerův vzorec . . . 168
6.6.1 Rozdělení oxidů v Segerově vzorci . . . 168
6.7 Různé frity a jejich Segerův vzorec . . . 168
6.8 Porcelánové glazury a jejich Segerův vzorec . . . 169
6.8.1 Různé glazury - jejich složení a vypalovací teploty . . . 171
6.9 Fyzikální vlastnosti glazur . . . 172
6.9.1 Přilnavost glazury . . . 172
6.9.2 Transformační bod . . . 172
6.9.3 Číslo kyselosti glazury . . . 172
6.9.4 Roztažnost glazury . . . 172
6.9.5 Pnutí mezi střepem a glazurou (podle Příhody) . . . 173
6.9.6 Měření pnutí mezi střepem a glazurou . . . 173
6.9.7 Grafické znázornění pnutí (podle Příhody) . . . 174
6.9.8 Kelímková metoda podle Singera . . . 174
6.9.9 Zkouška na glazovaném prstenci . . . 174

6.9.10 Měření stékavosti glazury 175
6.10 Suroviny pro glazuru 176
6.10.1 Vedlejší suroviny pro glazuru 177
6.10.2 Vliv jednotlivých oxidů na glazuru 177
6.11 Barevné glazury 179
6.11.1 Barevné systémy barvítek 179
6.11.2 Přehled barvicích prvků 180
6.11.3 Barvení glazur - oblast tvrdého porcelánu 183
6.11.4 Barvení glazur - oblast měkkého porcelánu 183
6.11.5 Barvení glazur - oblast kameniny 184
6.11.6 Oblast zátavových barev 184
6.12 Segerův vzorec a popis různých glazur 185
6.13 Glazury listrové 187
6.14 Glazury kamnářské 188
6.15 Glazury krystalické 188
6.16 Glazury solné 189
6.17 Glazury stékavé 189
6.18 Glazura polovodivá 189
6.19 Směs pro nátěr izolátorů 191
6.20 Složení (navážka) glazur pro různé hmoty (%) 191
6.21 Složení transparentních glazur 193
6.22 Složení olovnatých glazur 196
6.23 Složení krycích glazur 199
6.24 Teplota tání některých sloučenin a eutektických směsí 200
6.25 Vady glazur 206

7. Výpočty keramických glazur a frit 209
7.1 Důležité suroviny pro glazury 209
7.2 Výpočet Segerova vzorce porcelánové glazury z navážky 210
7.2.1 Zpětný výpočet navážky glazury ze Segerova vzorce 214
7.3 Výpočet Segerova vzorce glazury z chemického složení stanoveného chemickým rozborem a výpočet navážky glazury 216
7.4 Výpočet Segerova vzorce z navážky glazury pro steatit 218
7.4.1 Zpětný výpočet navážky glazury pro steatit ze Seger. vzorce 219
7.5 Výpočet molárního vzorce frity z navážky (Griffit) 220
7.6 Výpočet chem. složení a Segerova vzorce frity a glazury z navážky . 222
7.7 Výpočet navážky glazury ze Segerova vzorce, jejíž část je fritovaná . 225
7.7.1 Zpětný výpočet Seg. vzorce z navážky glazury, jejíž část je fritovaná 228

7.8 Výpočet navážky frity pro tyrkysovou modř ze Segerova vzorce pomocí faktorů . . . 230
7.8.1 Zpětný výpočet Seg. vzorce z navážky frity pro tyrkysovou modř . . 231
7.8.2 Výpočet výtěžku frity . . . 232
7.9 Výpočet přídavku frity A do frity B, aniž by se změnil molární poměr frity B (Griffit) . . . 233

8. Technologie keramické výroby . . . 241
8.1 Technologické schéma výroby porcelánu, steatitu a kordieritu . . . 241
8.2 Mletí keramických hmot v bubnových mlýnech . . . 242
8.2.1 Mletí velmi jemných hmot oxidové keramiky v bubnových mlýnech s pružnou pryžovou vložkou . . . 242
8.2.2 Výpočet hodnot pro mletí v bubnovém mlýně . . . 245
8.2.3 Výpočet množství omelu v bubnových mlýnech při mletí za mokra . 248
8.3 Mletí ve vibračních mlýnech . . . 249
8.4 Rozprašovací sušení keramických hmot . . . 250
8.4.1 Ztekucovací zkoušky keramických hmot pro rozprašovací sušení . . 251
8.4.2 Rozprašovací sušárna - schéma . . . 253
8.4.3 Vstupní klíč pro použití rozprašovací trysky . . . 253
8.4.4 Hodnoty granulátu steatitové hmoty z rozprašovací sušárny . . . 259
8.4.5 Ovlivnění parametrů granulátu při rozprašovacím sušení . . . 259
8.5 Moderní alternativa přípravy plastické hmoty . . . 260
8.5.1 Křížové pravidlo pro mísení . . . 262
8.5.2 Výpočet mísení suspenze a granulátu pomocí rovnice . . . 262
8.6 Porovnání granulátu lisovací hmoty vyrobeného ve vířivé vrstvě a rozprašovací sušárně . . . 263
8.7 Lisování vlhké hmoty (přetokové) . . . 264
8.8 Lisování hmot za sucha . . . 269
8.8.1 Výpočet násypného prostoru lisovacího nástroje . . . 273
8.8.2 Vady při lisování keramických obkládaček . . . 274
8.8.3 Vady keramických dlaždic v procesu výroby . . . 275
8.9 Konstrukční příklady pro lisované keramické díly . . . 276
8.9.1 Konstrukční příklady podložek pro vypalování . . . 279
8.10 Izostatické lisování v keramickém průmyslu . . . 279
8.10.1 Izostatické lisy používané v keramických závodech . . . 280
8.10.2 Technologie izostatického lisování keramických hmot ve volné mokré gumové formě . . . 282
8.10.3 Postup při lisování velkých plnojádrových izolátorů . . . 288

8.10.4 Obrábění za sucha . . . 288
8.10.5 Technologie izostatického lisování v pevné suché gumové formě . . 290
8.10.6 Výhody izostatického lisování . . . 292
8.10.7 Nevýhody izostatického lisování . . . 292
8.11 Aglomerace práškových surovin a hmot v peletizačním talíři . . . 293
8.12 HIP - izostatické lisování za tepla . . . 296
8.13 Tlakové slinování . . . 296
8.14 Lití keramické fólie . . . 298
8.15 Nízkotlaké vstřikové lití . . . 301
8.16 Vysokotlaké vstřikové lití . . . 304
8.17 Keramické povlaky provedené plazmovým nástřikem . . . 304
8.18 Zařízení na mísení a hnětení . . . 305
8.18.1 Vlhčení granulátu steatitové hmoty z rozprašovací sušárny pro tažení 306
8.19 Vakuování keramických hmot . . . 306
8.19.1 Šnekový vakuový lis . . . 306
8.19.2 Vakuový lis s olejovým čerpadlem . . . 309
8.19.3 Vakuový lis DORST V10 spH . . . 311
8.19.4 Plastifikace hmot . . . 312
8.19.5 Konstrukční příklady na úpravu výrobků pro tažení . . . 313
8.20 Tažení na vakuotažném pístovém hydraulickém lisu . . . 314
8.21 Elektrody pro navařování ostří šablon a šneků vakuových lisů . . . 315
8.22 Sádrové modely a formy . . . 315
8.22.1 Zpevňování sádrových modelů a forem . . . 316
8.23 Povrchová úprava výrobků před výpalem . . . 317
8.23.1 Obrábění za sucha . . . 317
8.23.2 Zařízení na zhotovení profilu karborundového kotouče . . . 318
8.24 Povrchová úprava výrobků po výpalu . . . 319
8.24.1 Broušení keramických dílů . . . 319
8.24.2 Lapování . . . 320
8.24.3 Omílání . . . 322
8.25 Spojování keramiky s kovem . . . 322
8.25.1 Pokovování . . . 322
8.25.2 Zásady pro konstrukci spájených průchodek . . . 324
8.25.3 Měkké pájky . . . 325
8.25.4 Tvrdé pájky . . . 326
8.25.5 Nízkoteplotně spájené průchodky . . . 326
8.26 Tmely pro spojování keramiky s kovovými armaturami . . . 329

8.26.1 Nejpoužívanější tmel - cement . . . 329
8.26.2 Sírografitový tmel . . . 330
8.26.3 Tmelení směsí antimon - olovo . . . 330
8.26.4 Tmelení Dentakrylem . . . 330
8.26.5 Zhodnocení technologie tmelení . . . 331

9. Provozní kontrolní systém . . . 333
9.1 Plastické suroviny . . . 333
9.2 Neplastické suroviny . . . 333
9.3 Porcelánová hmota na izolátory . . . 334
9.4 Porcelánová licí hmota . . . 335
9.5 Lisovaný elektroporcelán . . . 335
9.6 Modelářská sádra . . . 336
9.7 Glazura . . . 337
9.8 Cement pro tmelení izolátorů . . . 337

10. Laboratorní a provozní zkoušky . . . 339
10.1 Stanovení velikosti částic sítovým rozborem . . . 339
10.2 Stanovení sítového zbytku . . . 343
10.3 Stanovení objemové hmotnosti za sucha u hmot, mletých pod 40 μm 343
10.3.1 Zařízení na lisování tablet . . . 346
10.4 Oprava na vlhkost surovin při navažování hmot . . . 347
10.5 Úprava suspenze hmoty na nižší viskozitu (zředění) . . . 348
10.6 Úprava suspenze hmoty na vyšší viskozitu (zahuštění) . . . 350
10.7 Citlivost keramických hmot při sušení . . . 351
10.8 Výpočet lineárního smrštění sušením, pálením a smrštění celkové . . . 352
10.9 Výpočet chemického složení vzorku po vypálení . . . 353
10.10 Nasákavost . . . 354
10.11 Objemová hmotnost . . . 354
10.12 Stanovení měrné hmotnosti . . . 355
10.13 Metoda na stanovení objemové hmotnosti syrových nebo suchých výrobků . . . 355
10.14 Mechanická pevnost v ohybu . . . 357
10.15 Měření leštěných rovinných ploch . . . 358
10.16 Stanovení intervalu slinutí keramických hmot . . . 358
10.17 Přípravek na měření litrové hmotnosti granulátu . . . 360
10.18 Teplotní roztažnost . . . 361
10.19 Zkouška odolnosti proti náhlým změnám teploty . . . 362

10.20 Odolnost keramických obkládaček a dlaždic proti náhlým změnám teploty . . . 362
10.21 Zkušební vzorky pro fyzikální, mechanické, elektrické a tepelné zkoušky keramických hmot . . . 363
10.22 Měření teploty . . . 365
10.22.1 Segerovy žároměrky . . . 365
10.22.2 Barva žáru v peci . . . 368
10.22.3 Porovnání teplot Segerových žároměrek podle stupňů Celsia a Fahrenheita . . . 368
10.22.4 Žároměrné kroužky Riedhammer . . . 369
10.22.5 Optický pyrometr . . . 369
10.22.6 Měření teplot termočlánkem . . . 369
10.23 Stanovení čísla kyselosti u lisovacích olejů . . . 370
10.24 Praktická zkouška deformace v žáru . . . 372
10.25 Převodní tabulka orientačních hodnot hustoty ve °Bé na kg.m^{-3} . . . 373
10.26 Hodnoty míchačů a rozplavovačů fy DORST . . . 374
10.27 Stanovení plastičnosti keramické hmoty podle Pfefferkorna . . . 375
10.28 Měření plastičnosti penetrometrem . . . 376
11. Špičková technická keramika . . . 377
12. Normy . . . 379
12.1 Normy ČSN . . . 379
12.2 Keramické izolační materiály ČSN EN 60672-3 . . . 384
13. Přehled jednotek a značek . . . 391
13.1 Převody některých starších jednotek na základní jednotky SI . . . 391
13.2 Řecká abeceda . . . 396
14. Použitá literatura . . . 397
Rejstřík . . . 401
Vzpomínky autora . . . 405