

OBSAH

Předmluva

I. Úvod do chemie a technologie cementu

1. <i>Pojivo, maltovina, cement</i>	19
2. <i>Jak se dospělo k dnešnímu cementu</i>	22
3. <i>Výroba cementu v Československu</i>	32
4. <i>Cement dříve a dnes</i>	43
5. <i>Stručný přehled výroby portlandského cementu</i>	44

II. Chemie cementu

1. <i>Pálení a chladnutí slínku</i>	47
a) Přehled o pochodech při pálení a chladnutí slínku	47
aa) Pálení	47
bb) Chladnutí	55
b) Význam reakcí tuhých fází pro výrobu p-cementu	56
aa) Všeobecné	56
bb) Průběh reakcí	58
cc) Činitelé krystalové aktivity při výrobě slínku	59
dd) Aktivace a stabilisace	60
α) Příčiny aktivity	60
β) Způsoby stabilisace	63
ee) Aktivní stav komponent	64
ff) Styk komponent	65
gg) Vnější vlivy	66
α) Teplota	66
β) Aktivace tepelnými nárazy	67
γ) Ovzduší	67
δ) Záření	68
hh) Nerovnovážné stavy slínku	68
ii) Aktivace při mletí a zpracování cementu	71
c) Fázové rovnováhy při tvorbě slínku	72
aa) Úvod	72
bb) Volné kysličníky	79
cc) Soustava CaO—SiO ₂	83

dd) Soustava $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3$	83
ee) Soustava $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$	84
ff) Soustava $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$	85
gg) Pole p-cementu	92
hh) Soustava $\text{CaO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$	95
ii) Soustavy s FeO	100
jj) Soustavy s Fe_2O_3	101
kk) Soustavy s alkáliemi	112
ll) Jiné soustavy	119
d) Krystalisace z tavenin při tvorbě slínku	121
2. Slínek, jeho petrografie a struktura	125
a) Petrografie p-slínku	125
aa) Alit	129
bb) Belit	137
cc) Základní slínková hmota	142
α) Celit. Světlá spojovací hmota	142
β) Tmavá spojovací hmota	146
dd) Volné vápno	150
ee) Volná magnésie	152
ff) Ostatní slínkové nerosty	153
b) Struktura slínkových nerostů	157
aa) Kyslíčnk vápenatý a hořečnatý	157
bb) Alit	157
cc) Belit	159
dd) Hlinitaný a železitaný	164
3. Hydrauličnost	169
4. Hydrolýsa a hydratace slínkových nerostů	172
a) Soustava $\text{CaO}-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$	175
aa) Vývoj názorů	175
bb) Současný názor	178
cc) Hydratace křemičitanů vápenatých za zvýšené teploty	185
dd) Struktura vodnatých křemičitanů vápenatých	192
b) Struktura portlanditu a brucitu	195
c) Soustava $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$	198
aa) Vývoj názorů	200
bb) Novější výzkumy	201
cc) Hydratace hlinitanů vápenatých za zvýšené teploty	203
dd) Struktura vodnatých hlinitanů vápenatých	204
d) Soustava $\text{CaO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$	205
aa) Vývoj názorů	206
bb) Novější výzkumy	207
cc) Hydratace železitanů vápenatých za zvýšené teploty	208
dd) Struktura vodnatých železitanů vápenatých	209

f) Tavený cement	914
g) Elektrotavený cement	914
h) Slinutý hlinitanový cement	916
i) Rotačkový hlinitanový cement	917
j) Bílý hlinitanový cement	918
k) Vysokopepní hlinitanový cement	918
l) Použití hlinitanového cementu	919
m) Směsné maltoviny s hlinitanovým cementem	920
aa) AG-cement	921
Vlastnosti	921
Tuhnutí	922
Výroba	923
Upotřebení	923
bb) Nízkoteplotní sírano-hlinitanové cementy	924

VI. Sdružená výroba cementu, kovů a chemikálií

a) Výroba cementu a kyseliny sírové	926
b) Výroba cementu a železa	931
aa) P-cement a železo	931
bb) A-cement a železo	933
c) Výroba cementu a kyslíčnku hlinitého	934
d) Výroba cementu a síranu amonného	936
e) Výroba cementu a fosforu	937
f) Výroba cementu, kyslíčnku hlinitého a kyseliny sírové	938
g) Výroba cementu, kyslíčnku hlinitého a železa	938
h) Výroba cementu, kyslíčnku hlinitého a sloučenin fosforu	939
i) Zuzitkování kouřových plynů cementárny	939
aa) Získávání draselných solí	939
bb) Výroba staviv	942

VII. Dodatky

Literatura

Rejstřík autorů

e) Quaternerní hydráty a komplexní sloučeniny	209
aa) Hydrogranáty	210
bb) Sulfohlinitany vápenaté	212
α) Čtení znázornění recipročních soustav	213
β) Soustava $(\text{Ca}^{2+}, \text{Al}^{3+})(\text{SO}_4^{2-}, \text{OH}^-) - \text{H}_2\text{O}$	214
γ) Vlastnosti a příprava síranohlinitanů vápenatých	220
cc) Jiné komplexní soli	226

III. Vlastnosti cementu

1. Chemické složení	229
2. Nerostné složení	231
3. Barva	237
4. Jemnost mletí	238
aa) Jak jemně mlít	238
bb) Selektivnost mletí slínku	241
cc) Vyjadřování jemnosti mletí	242
5. Specifická a objemová váha	244
6. Reologie	244
aa) Reologie cementové kaše	245
bb) Reologie tuhnutí cementové kaše	246
cc) Dotvarování	247
7. Tuhnutí a tvrdnutí	249
a) Teorie o tuhnutí	251
b) Fysikální příčiny tuhnutí	253
c) Chemické příčiny tuhnutí	255
d) Fysikální struktura zatuhlých cementových hmot	260
e) Oteplování při tuhnutí	268
f) Rychlost tuhnutí	273
g) Sádrovec jako zpomalovač tuhnutí p-cementu	277
h) Tuhnutí za snížené teploty	279
i) Tuhnutí za zvýšené teploty	280
aa) Prameny oteplení	281
bb) Pochody při tuhnutí za tepla	281
8. Objemová stálost	283
a) Škodlivé rozpínání	284
b) Smršťování	291
9. Pevnosti	294
a) Cement	296
b) Vodní součinitel	297
c) Zpevňování	299

10. Chemická odolnost	302
11. O cementových normách	303

IV. Postup výroby cementu

1. Suroviny	309
a) Vápenatá složka	310
aa) Vápenec	310
bb) Jiné vápenaté suroviny	315
cc) Rozdružování vápence	320
α) Flotace	321
β) Rozdružování v těžkém prostředí a jiné	323
b) Hydraulické složky	325
c) Vnášení polokoksu	327
d) Mineralisátory slinování	327
e) Sádrovec	330
f) Moduly a jiné vztahy	332
g) Skládání surovin	338
aa) Křížový způsob	339
bb) Výpočet na podkladě hydraulického modulu	339
cc) Výpočet na podkladě kyslíčnickových složek	340
dd) Výpočet na podkladě standardního vápna	341
ee) Výpočet na podkladě potencionální analýsy	342
ff) Skládání surovinové směsi grafickou cestou	343
2. Příprava surovinové směsi	346
a) Různé postupy přípravy suroviny	346
aa) Postup za mokra	346
bb) Postup za polomokra	348
cc) Postup za sucha	349
dd) Jaký způsob volit	350
b) Rozpojování a třídění	351
aa) Drcení	353
bb) Mletí	354
α) Spotřeba energie	354
cc) Pracovní způsoby	356
dd) Pochody při mletí	358
ee) Jemnost mletí suroviny	361
ff) Třídění	362
c) Stroje na úpravu surovin za sucha	362
aa) Stroje na hrubé drcení	362
α) Čelistový drtič	362
β) Kuželový drtič na hrubé drcení	368
bb) Stroje na jemné drcení	370
α) Kuželový drtič na jemnější drcení	370

	β) Kladivový drtič	372
	γ) Válcový drtič	379
	δ) Odrazový drtič	382
ce)	Stroje na mletí	385
	α) Mletí v kulových mlýnech	385
	β) Kulový mlýn	389
	γ) Troubový mlýn	393
	δ) Vícekomorový neboli sdružený mlýn	395
	Druhy vícekomorových mlýnů	397
	Součásti vícekomorových mlýnů	398
	Zpět od mlýna vícekomorového k jednodokomorovému	404
	Mlecí tělíska	405
	Provoz vícekomorového mlýna	407
	Čedičové pancěře	407
	Zvyšování výkonu třídícími pancéřovými deskami	408
	Zvyšování výkonu odvětráváním mlýnů	410
	e) Jak se mlelo dřívě	411
dd)	Novodobé mlýny válcové a prstencové	413
ee)	Nové způsoby mletí	416
	α) Vibrační mlýn	416
	β) Elektro-hydraulický mlýn*	420
	γ) Tryskové mletí	420
ff)	Sušení před mletím	420
gg)	Mletí uhlí	424
hh)	Třídíče	427
	α) Síta	427
	Provozní zařízení	429
	β) Větrné třídíče	430
	Provozní zařízení	431
ii)	Mletí na uzavřený okruh za sucha	434
jj)	Odměřování a odvažování	439
kk)	Skladování surovin	442
ll)	Stejnóměrnost	444
mm)	Odprašování	449
	α) Povaha odlučovačů prachu	451
	β) Činitelé, určující volbu odlučovače	452
	γ) Odprašovací oddíly	453
	δ) Tkané ceďáky	455
	e) Filtry provazové, síťové a papírové	457
	ž) Cyklony	458
	η) Setrvačné neboli žaluziové odlučovače	461
	θ) Mokré odprašování	462
	i) Elektrické odlučovače	463
	κ) Zvukové a ultrazvukové odlučovače	468
	λ) Odprašování v našich cementárnách	469
	μ) Onemocnění z prachu	471
d)	Stroje na úpravu surovin za mokra	476
	aa) Mletí za mokra	476
	bb) Rozplavovače	477
	cc) Mísicí nádrže a zásobníky	479

dd)	Opravování složení kalu	483
ee)	Způsoby promíchávání kalu	483
	α) Měchanické promíchávání	484
	β) Promíchávání čerpáním	484
	γ) Promíchávání tlakovým vzduchem	485
	δ) Smíšené promíchávání	486
ff)	Množství vody v kalu	486
gg)	Dvojstupňové mletí v uzavřených okruzích za mokra	490
hh)	Odkalovače a pochody v nich	494
ii)	Práce z odvodněného kalu	500
	α) Filtrace kalu	500
	β) Postup s olejem	504
3.	<i>Pálení a pece</i>	504
a)	Pálení cementu	505
b)	Vliv druhu a jemnosti suroviny	508
c)	Vliv průběhu křivky pálení	509
aa)	Období suchého slinování	509
bb)	Období taveninového slinování	512
	α) Vliv kyslíčnicku železitého	513
	β) Vliv kyslíčnicku hořečnatého	514
	γ) Vliv alkálií	515
cc)	Období chladnutí	517
dd)	Palivo	517
d)	Nejstarší pece	518
e)	Otáčivá pec	521
aa)	Vývoj otáčivé pece	525
bb)	Peení těleso	527
cc)	Pohon pece	529
dd)	Hlavice pece a hořák	530
ee)	Vytápění otáčivé pece	532
	α) Topení mletým uhlím	532
	β) Topení tekutým palivem	532
	γ) Topení plynem	534
ff)	Plnění pece. Vestavby	535
gg)	Úlet prachu a jeho vracení	537
hh)	Chlazení slinovacího pásma	537
ii)	Vyzdívka pece	538
	α) Druh vyzdívky	538
	β) Ochranná nálepková vrstva na vyzdívce	541
	γ) Prstencové nálepky	545
jj)	Chlazení slínku	547
	α) Chladicí buben	547
	β) Planetový chladič	548
	γ) Tlakové chlazení	549
kk)	Výkon a kalorická spotřeba otáčivé pece	552
	α) Řetězy	554
	β) Ostatní tepelně hospodárná opatření na peci	555

γ) Sušiče a kalcinátoary	556
δ) Kotle na odpadní teplo	560
ε) Výměníče tepla	563
ζ) Modelové pokusy	567
η) Příklady zvýšení výkonu a snížení kalorické spotřeby otáčivé pece v cizině	567
11. Kontrola a přehled o zásadách hospodárního provozu otáčivé pece	572
f) Pec Lepol	576
g) Výhled dalšího vývoje otáčivé pece	579
h) Slinovací rošt	580
aa) Podstata	580
bb) Surovina	582
cc) Hrudkování	583
dd) Vracený slínek	583
ee) Slinování	584
ff) Odpadní teplo	585
gg) Výkon a opotřebení	585
hh) Slinovací rošt na surovinový kal	586
ii) Výhody a nevýhody	586
i) Automatická šachtovka	587
aa) Podávací zařízení	594
bb) Šachta a její plášť	595
cc) Vyzdívka pece	596
dd) Surovinová tělíska	596
ee) Pohyblivý rošt	606
ff) Dmýchání	607
gg) Vynášecí zařízení s bezprašným uzávěrem	612
hh) Odprašovací zařízení	614
ii) Měřicí zařízení	615
jj) Vysokovýkonná šachtovka	616
kk) Provoz vysokovýkonné šachtovky	619
α) Palivo	620
β) Surovina	622
γ) Spotřeba tepla	622
ll) Další pokroky a vyhlídky šachtovky	623
α) Mleté palivo, schodový rošt, slupkové hrudky	628
mm) Šikmá otáčivá šachtovka	631
j) Pálení ve vznosu	632
k) Tavení p-cementu v elektrické peci	633
l) Porovnání různých druhů pecí	633
4. Úpravnictví slínku	638
a) Skladování slínku	638
b) Mletí cementu	641
aa) Základní poznatky	641

bb) Předdrení slínku	643
cc) Provádění mletí	644
dd) Přísady při mletí	652
ee) Mletí slínku za mokra	655
ff) Mletí slínku s olejem	657
c) Skladování cementu	657
aa) Chlazení cementu	657
bb) Pochody při skladování cementu	659
cc) Zásobníky na cement	662
dd) Měření úrovně moučky	665
d) Balení cementu	666
e) Nakládání a doprava cementu	672
5. <i>Doprava v závodě</i>	678
a) Jeřáb v cementárně	681
b) Pneumatická doprava	684
aa) Sací zařízení	684
α) Doprava uhlí	685
β) Doprava popela	685
bb) Tlačné zařízení	686
α) Fullerovo čerpadlo	687
β) Möllerovo čerpadlo	692
γ) Pneumatické nádoby	693
δ) Pneumatická doprava s vážením soustavy Büttner	698
e) Schmidtvův vyrovnávací oblouk a články	699
ζ) Spotřeba vzduchu a síly při pneumatické dopravě	700
c) Čerací žlab	701
d) Fluidní lože	704
e) Přívod moučky	705
f) Výroba tlakového vzduchu	707
g) Doprava kalu	707
aa) Přímé čerpání	708
bb) Vzdušná doprava	709
α) Dvojitý presor soustavy Polysius	709
β) Doprava kalu zařízením Miag	709
γ) Mamutový bagr	710
cc) Vedení kalu	712
6. <i>Automatisace v cementárně. Televis</i>	712

V. Druhy cementů

1. <i>Křemičitanové cementy</i>	724
a) Portlandský cement	724
b) Přírodní cement	732

c) Vysokohodnotný cement (VHC)	733
d) Alitový cement	737
e) Rychlovazný cement (RVC)	739
f) Cement rychletuhnoucí neboli promptní	743
g) Belitový cement	744
h) Nízkoslitý cement	745
i) Cement na masivní stavby	746
j) Silniční cement	752
k) Bílý cement	754
aa) Vlastnosti	755
bb) Suroviny	758
cc) Pálení	760
dd) Mletí slínku	761
ee) Upotřebení	762
l) Barevné cementy	763
m) Železitanové p-cementy	765
n) Vodotěsné cementy	772
aa) Podstata rozpínavých cementů	776
bb) Vodotěsné cementy hlinitanové	779
cc) Vodotěsné cementy struskové	781
dd) Vodotěsné cementy portlandské	781
o) Těsnicí cementy	782
p) Hořečnatý portlandský cement	784
aa) Jak se dospělo k hořečnatému p-cementu	785
bb) Výroba hořečnatého p-cementu	790
cc) Vlastnosti	791
q) Hořečnato-křemičitanové cementy	791
r) Hydrofobní cement	793
aa) Zkušenosti s hydrofobním cementem	794
s) Fungicidní a baktericidní cement	797
t) Barnaté a strontnaté cementy	798
2. Směsné cementy	799
a) Cementy s hydraulickými přísadami	799
aa) Všeobecné o hydraulických přísadách	799
α) Rozdělení hydraulických přísad	799
β) Podstata aktivity hydraulických přísad	802
γ) Hodnocení hydraulických přísad	803
δ) Aktivace hydraulických přísad	806
bb) Právě pucolány	809
α) Co je pucolán	809
cc) Umělé pucolány	811
dd) Pucolánový cement	813
ee) Trasový cement	815
α) Tras	815
β) Trasový cement	818

ff)	Popílkový cement	819
	α) Složení popílku	821
	β) Úprava popílku	826
	γ) Předpisy na popílky	828
	δ) Popílek jako hydraulická přísada	829
gg)	Křemelinový cement	831
	α) Křemelinové cementy s nízkým obsahem křemeliny	832
	β) Křemelinou nastavený cement	834
hh)	Cement s Si-látkou	834
ii)	Cementy s přísadou pálených zemín	835
jj)	Cementy s přísadou pálených hornin	837
b)	Cementy s latentně hydraulickými přísadami	838
aa)	Struska a cementy	838
	α) Struska dříve a dnes	840
	β) Chemické složení strusky	844
	γ) Nerostné složení strusky	850
	δ) Fyzikální stav strusky	851
	ε) Rozpadavost strusek	860
	ζ) Cementová struska. Čs. norma	862
	η) Granulování vysokopecní strusky	865
	θ) Zušlechťování strusky	868
	ι) Hydratace vysokopecní strusky	871
	κ) Semláni strusky s p-slínkem	874
	Strusko-portlandský cement	876
	Volba strusky	878
	Volba slínku	878
	Sušení	879
	Mletí	880
	Určování strusky	880
	Vlastnosti strusko-portlandských cementů	881
	Směsné pojivo	882
	λ) Mokré mletí strusky	883
c)	Cementy s neaktivními přísadami	886
aa)	Písčité a podobné cementy	886
bb)	Zdicí maltoviny a pojiva	889
cc)	Živičný cement	892
3.	Hlinítanový cement	892
a)	Vývoj výroby	894
b)	Vlastnosti	896
	aa) Chemické složení	896
	bb) Nerostné složení	898
	cc) Tuhnutí	904
	dd) Pevnosti	908
	ee) Jiné vlastnosti	909
c)	Suroviny	911
d)	Skládání surovin	912
e)	Úprava surovin	913