

Spis treści

Wstęp	11
1. Obliczenia składu fazowego i modułów klinkieru portlandzkiego oraz składu namiaru surowcowego	13
<i>Marek Gawlicki</i>	
1.1. Obliczanie składu fazowego klinkieru portlandzkiego na podstawie wyników analizy chemicznej	13
1.1.1. Wzory Bogue'a	15
1.1.2. Inne wzory stosowane do obliczania składu fazowego klinkieru portlandzkiego	18
1.2. Moduły charakteryzujące klinkier portlandzki	20
1.2.1. Moduły nasycenia klinkieru portlandzkiego tlenkiem wapnia	22
1.2.1.1. Moduł nasycenia Kühla	22
1.2.1.2. Moduł nasycenia Kinda	23
1.2.1.3. Moduł nasycenia Guttmanna i Gille'a	24
1.2.1.4. Moduł nasycenia Lea i Parkera	25
1.2.1.5. Ocena wysycenia klinkieru portlandzkiego tlenkiem wapnia na podstawie wartości Δ	26
1.3. Przykład obliczeń składu fazowego klinkieru portlandzkiego oraz modułów MK, MG i LSF	27
1.4. Przykład obliczeń składu namiaru surowcowego	28
Literatura	32
2. Analiza składu fazowego spoiw mineralnych i produktów ich hydratacji	33
<i>Marek Gawlicki</i>	
2.1. Mikroskopia optyczna	34
2.1.1. Preparatyka	34
2.1.1.1. Przygotowanie próbki średniej klinkieru portlandzkiego	34
2.1.1.2. Przygotowanie preparatów do szlifowania	35

2.1.1.3. Szlifowanie i polerowanie preparatów	36
2.1.1.4. Trawienie powierzchni preparatów mikroskopowych	38
2.1.2. Charakterystyka mikroskopowa	
faz tworzących klinkier portlandzki	38
2.1.2.1. Alit	39
2.1.2.2. Belit	40
2.1.2.3. Substancja wypełniająca	41
2.1.2.4. Niezwiązany tlenek wapnia	42
2.1.2.5. Peryklaz	43
2.1.2.6. Inne fazy występujące w klinkierze portlandzkim	43
2.1.3. Mikroskopowa analiza ilościowa	44
2.1.4. Zestawienie zdjęć mikroskopowych	
preparatów przygotowanych z klinkierów portlandzkich	46
2.1.5. Mikroskopowa analiza proszkowa	52
2.2. Rentgenowska analiza dyfrakcyjna	53
2.2.1. Identyfikacja faz tworzących badany materiał	53
2.2.2. Rentgenowska analiza ilościowa	59
2.3. Analiza termiczna	62
2.3.1. Termograwimetria	63
2.3.2. Termiczna analiza różnicowa	64
2.3.3. Różnicowa kalorymetria skaningowa	65
2.3.4. Przykłady zastosowań analizy termicznej	65
Literatura	72

3. Oznaczanie zawartości wolnego wapna w klinkierze portlandzkim i popiołach lotnych

Marek Gawlicki

3.1. Przyczyny występowania CaO_w	
w klinkierze portlandzkim i popiołach lotnych	74
3.2. Wpływ CaO_w na właściwości użytkowe	
cementów i popiołów lotnych	77
3.3. Metody oznaczania CaO_w w cementach i popiołach lotnych	78
3.3.1. Metody chemiczne	79
3.3.1.1. Metoda glikolowa	79
3.3.1.2. Metoda etyloacetylooctanowa	80
3.3.1.3. Inne metody chemiczne oznaczania CaO_w	81
3.3.2. Metoda mikroskopowa	81
3.3.3. Metoda rentgenowska	82
3.4. Wykonanie oznaczenia CaO_w	
w klinkierze portlandzkim metodą glikolową	83
3.5. Wykonanie oznaczenia CaO_w	
w popiele lotnym metodą etyloacetylooctanową	
zgodnie z PN-EN 451-1:2004	84

3.6. Wykonanie oznaczeń CaO_w i $\text{Ca}(\text{OH})_2$ metodą etyloacetylooctanową w próbkach zawierających uwodnione krzemiany wapnia	85
Literatura	85
4. Oznaczanie pucolanowości	87
<i>Marek Gawlicki</i>	
4.1. Klasyfikacja i podstawowe właściwości pucolan	87
4.2. Metody oznaczania pucolanowości	89
4.2.1. Chemiczne metody oznaczania pucolanowości	89
4.2.2. Fizyczne metody oznaczania pucolanowości	90
4.3. Oznaczanie pucolanowości cementów pucolanowych	93
4.4. Wykonanie oznaczenia pucolanowości metodą opartą na ASTM C 379-65	95
Literatura	96
5. Analiza chemiczna spoiw mineralnych	97
<i>Andrzej Bobrowski</i>	
5.1. Etapy postępowania analitycznego	98
5.1.1. Pobieranie, pomniejszanie i uśrednianie	99
5.1.2. Przygotowanie próbek do analizy	99
5.1.2.1. Metody oznaczania i badania próbek stałych	100
5.1.2.2. Metody roztwarzania próbek spoiw mineralnych	100
5.1.3. Metody analityczne stosowane w analizie spoiw mineralnych	105
5.1.3.1. Metody klasyczne	105
5.1.3.2. Metody instrumentalne	106
5.1.4. Kryteria doboru metody analitycznej	106
5.2. Klasyczne metody analizy chemicznej	107
5.2.1. Podstawy analizy wagowej	107
5.2.1.1. Prawo działania mas, iloczyn rozpuszczalności, rozpuszczalność, efekt solny	107
5.2.1.2. Rodzaje osadów i warunki ich powstawania	109
5.2.2. Analiza miareczkowa (objętościowa)	110
5.2.2.1. Kompleksy chelatowe (wielokleszczowe)	110
5.2.2.2. Zastosowanie kompleksonów w chemicznej analizie ilościowej	112
5.2.2.3. Rodzaje miareczkowania kompleksonometrycznego	116
5.2.3. Wskaźniki kompleksonometryczne	119
5.2.4. Selektyność oznaczeń kompleksonometrycznych	120
5.2.5. Błędy oznaczeń kompleksonometrycznych	121

5.3. Charakterystyka analitycznych procedur oznaczania głównych składników spoiw mineralnych	121
5.3.1. Podstawowe informacje	121
5.3.2. Metody roztwarzania cementów i sposoby wydzielania SiO_2 w wagowym oznaczeniu krzemionki	124
5.3.3. Oznaczenie zawartości tlenku żelaza (Fe_2O_3) i tlenku glinu (Al_2O_3) metodą kompleksonometryczną	128
5.3.4. Oznaczenie zawartości tlenku wapnia i tlenku magnezu metodą kompleksonometryczną	130
5.3.4.1. Miareczkowanie jonów wapnia i magnezu za pomocą EDTA	130
5.3.4.2. Miareczkowanie jonów wapnia roztworem EGTA	130
5.3.4.3. Miareczkowanie jonów magnezu roztworem DCTA	132
5.3.5. Grawimetryczne oznaczenie zawartości bezwodnika kwasu siarkowego	132
5.3.6. Oznaczenie anionów chlorkowych w cementach	133
5.4. Instrumentalne metody systematycznej analizy cementu	133
5.5. Instrumentalne metody oznaczenia wybranych składników cementu	134
5.5.1. Oznaczenie Na_2O i K_2O w cementach metodą atomowej spektrometrii emisyjnej ze wzbudzeniem w płomieniu (metoda fotometrii płomieniowej)	134
5.5.2. Oznaczenie w cemencie zawartości chromu(VI) rozpuszczalnego w wodzie	135
5.5.3. Instrumentalne metody oznaczania fosforu w cementach i surowcach do ich wytwarzania	137
5.5.4. Oznaczanie śladowych zawartości rtęci w cementach	138
5.6. Statystyczne oszacowanie wyników analizy spoiw mineralnych	140
Literatura	140
6. Klasyfikacja i cechy fizyczne spoiw cementowych	142
<i>Wiesława Nocuń-Wczelik</i>	
6.1. Wprowadzenie	142
6.2. Podstawowe informacje o cemencie	142
6.3. Składniki cementu	143
6.4. Klasyfikacja cementów powszechnego użytku	147
6.4.1. Cementy powszechnego użytku o podwyższonej zawartości na działanie siarczanów	150
6.5. Właściwości użytkowe cementu – czas wiązania, stałość objętości i wytrzymałość	151

6.5.1. Wiązanie zaczynu cementowego	151
6.5.2. Oznaczanie konsystencji normowej zaczynu cementowego i początku wiązania	153
6.5.3. Zmiany objętości zaczynu cementowego i ich badanie	154
6.5.4. Kształtowanie wytrzymałości zaprawy cementowej	155
6.6. Cementy specjalne	157
6.6.1. Cementy specjalne według norm PN-B-19707:2013 i PN-EN 14216:2005	157
6.6.1.1. Cementy o dużej odporności na działanie siarczanów – HSR	157
6.6.1.2. Cementy o małej zawartości alkaliów – NA	158
6.6.1.3. Cementy specjalne o bardzo niskim cieple hydratacji – VLH	159
6.6.2. Inne cementy o specjalnych właściwościach – przegląd	160
6.6.2.1. Cement biały	160
6.6.2.2. Cementy glinowe	161
6.6.2.3. Cementy ekspansywne	164
6.6.2.4. Cementy wiertnicze	165
6.6.2.5. Cement o właściwościach fotokatalitycznych	167
6.7. Wykaz podstawowych norm dotyczących badania cementów	167
Literatura	168
7. Efekty cieplne procesu hydratacji spoiw mineralnych	170
<i>Wiesława Nocuń-Wczelik</i>	
7.1. Wprowadzenie	170
7.2. Mechanizm hydratacji cementu a przebieg wydzielania ciepła	171
7.3. Czynniki wpływające na efekt cieplny hydratacji	172
7.3.1. Ciepło hydratacji cementów zawierających inne, poza klinkierem, składniki główne (dodatki mineralne)	179
7.3.2. Wpływ domieszek chemicznych na ciepło hydratacji cementu	180
7.3.3. Inne zastosowania kalorymetrii w badaniach procesu hydratacji	181
7.4. Standaryzacja pomiarów kalorymetrycznych spoiw cementowych	185
7.5. Zasady oznaczania ciepła hydratacji	186
7.6. Oznaczanie ciepła hydratacji metodami standardowymi	187
7.6.1. Metoda semiadiabatyczna	187
7.6.2. Metoda ciepła rozpuszczania	188
7.7. Zasada działania i opis konstrukcji mikrokalorymetru różnicowego	188
7.7.1. Wzorcowanie mikrokalorymetru i wyznaczanie efektu cieplnego hydratacji	190
7.8. Cementy powszechnego użytku a kryteria niskiego i bardzo niskiego ciepła hydratacji	191
Literatura	192

8. Nowoczesne metody mikroskopowe i mikroanalizyczne w badaniach mikrostruktury klinkieru cementu portlandzkiego, zaczynów cementowych i kompozytów betonowych	194
<i>Wiesława Nocuń-Wczelik</i>	
8.1. Wprowadzenie	194
8.2. Elektronowy mikroskop skaningowy jako narzędzie w badaniach morfologii i tekstury (mikrostruktury) materiałów	194
8.3. Elektronowa mikroskopia skaningowa – rys historyczny	195
8.4. Podstawy fizyczne mikroskopii skaningowej	195
8.4.1. Zdolność rozdzielcza	197
8.4.2. Powiększenie	197
8.4.3. Budowa mikroskopu skaningowego	198
8.4.4. Preparatyka	199
8.4.5. Obserwacje w warunkach środowiska naturalnego materiałów	200
8.5. Podstawy mikroanalizy rentgenowskiej	200
8.5.1. Spektroskopia promieniowania rentgenowskiego (analiza promieniowania rentgenowskiego w mikroobszarach)	201
8.5.2. Spektroskopia elektronów wstecznie rozproszonych	203
8.6. Mikrostruktura klinkieru cementowego	204
8.7. Mikrostruktura produktów hydratacji cementu portlandzkiego	209
8.7.1. Mikrostruktura zaczynu cementowego hydratyzującego z udziałem dodatków mineralnych	212
8.7.2. Mikrostruktura stref kontaktowych kruszywo – zaczyn i zaczyn – zbrojenie	213
8.7.3. Mikrostruktura materiałów autoklawizowanych	214
Literatura	230
9. Projektowanie betonów zwykłych i badanie ich właściwości – podstawy	231
<i>Artur Łagosz</i>	
9.1. Wprowadzenie	231
9.2. Podstawowe pojęcia z zakresu technologii betonu	231
9.3. Istota projektowania składu betonów zwykłych	235
9.3.1. Analiza informacji dotyczących przedmiotu projektowania i wynikające z niej kryteria składu	236
9.3.2. Dobór składników mieszanki betonowej	239
9.3.2.1. Dobór cementu	239
9.3.2.2. Wymagania dotyczące kruszywa stosowanego do produkcji betonów zwykłych	240

9.4. Metody projektowania betonów	243
9.4.1. Metoda trzech równań	244
9.4.1.1. Równanie konsystencji	244
9.4.1.2. Równanie szczelności	246
9.4.1.3. Równanie wytrzymałości (Bolomeya)	246
9.4.1.4. Rozwiązanie równania Bolomeya	248
9.4.2. Metoda doświadczalna	249
9.5. Sprawdzenie wyników projektowania – wprowadzenie odpowiednich korekt i weryfikacja uzyskanych rezultatów	250
9.5.1. Sprawdzenie zgodności wyników obliczeń z wytycznymi norm	251
9.5.2. Korekty	251
9.5.2.1. Korekta zawartości cementu	251
9.5.2.2. Korekta stosunku w/c	252
9.5.2.3. Korekta zawartości zaprawy i cząstek poniżej 0,125 mm	252
9.5.3. Doświadczalna weryfikacja składu betonu	252
9.6. Przykład projektowania betonu metodą trzech równań	253
9.6.1. Projektowanie mieszanki betonowej, w której nie przewidziano użycia domieszek poprawiających reologię (bez plastyfikatorów i superplastyfikatorów)	253
9.6.1.1. Przyjęcie podstawowych założeń do projektowania	253
9.6.1.2. Jakościowy dobór składników	253
9.6.1.3. Przyjęcie współczynników w równaniu Bolomeya i obliczenie stosunku w/c	255
9.6.1.4. Przyjęcie pozostałych współczynników i obliczenie ilości składników mieszanki betonowej	255
9.6.1.5. Obliczenie ilości kruszywa żwirowego oraz piasku wchodzących w skład mieszanki kruszywa	256
9.6.1.6. Sprawdzenie zawartości cementu	256
9.6.1.7. Sprawdzenie stosunku w/c	256
9.6.1.8. Sprawdzenie zawartości zaprawy	257
9.6.1.9. Sprawdzenie zawartości cząstek o średnicy poniżej 0,125 mm	257
9.6.1.10. Uwzględnienie wilgotności kruszywa	257
9.6.2. Projektowanie mieszanki betonowej, w której przewidziano użycie domieszki w postaci plastyfikatora i uwzględniono rzeczywistą wytrzymałość cementu	258
9.6.2.1. Przyjęcie podstawowych założeń do projektowania	258
9.6.2.2. Dobór składników	258

9.6.2.3. Przyjęcie współczynników w równaniu Bolomeya i obliczenie stosunku w/c	259
9.6.2.4. Przyjęcie pozostałych współczynników i obliczenie ilości składników mieszanki betonowej	259
9.6.2.5. Obliczenie ilości kruszywa żwirowego oraz piasku wchodzących w skład mieszanki kruszywa	260
9.6.2.6. Sprawdzenie zawartości cementu	260
9.6.2.7. Sprawdzenie stosunku w/c	260
9.6.2.8. Sprawdzenie zawartości zaprawy	261
9.6.2.9. Sprawdzenie zawartości cząstek o średnicy poniżej 0,125 mm	261
9.6.2.10. Uwzględnienie wilgotności kruszywa	261
9.6.3. Omówienie wyników projektowania (podrozdziały 9.6.1 i 9.6.2)	261
9.7. Ogólne zasady wprowadzania dodatków do betonów zwykłych	262
9.8. Badanie właściwości mieszanki betonowej	264
9.8.1. Ocena konsystencji	264
9.8.2. Ocena zawartości powietrza w mieszance betonowej	266
9.9. Badanie wytrzymałości betonu na ściskanie – ocena klasy wytrzymałości betonu	267
Literatura	269
10. Właściwości reologiczne zaczynów cementowych	271
<i>Wiesława Nocuń-Wczelik</i>	
10.1. Wprowadzenie	271
10.2. Podstawowe pojęcia reologii	272
10.3. Zaczyn cementowy jako obiekt reologiczny	276
10.4. Wyznaczanie parametrów reologicznych zaczynów cementowych za pomocą reometru	276
10.5. Wpływ domieszek i dodatków na właściwości reologiczne zaczynów cementowych	278
Literatura	281
11. Ocena jakości w przemyśle materiałów wiążących	282
<i>Wiesława Nocuń-Wczelik, Grzegorz Łój</i>	
11.1. Wprowadzenie	282
11.2. Zasady funkcjonowania rynku europejskiego	283
11.3. Wymagania ogólne dotyczące wyrobów budowlanych	284
11.4. Specyfikacje techniczne. Dokumenty oceny	285
11.5. Systemy oznakowania wyrobów	286
11.6. Ocena i weryfikacja stałości właściwości użytkowych	287
11.7. Wprowadzenie do obrotu wyrobów budowlanych	291
11.8. „PEWNY CEMENT”	292
Literatura	292