

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	74
--	-----------

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 niezwiązanego $\text{Ca}(\text{OH})_2$ metodą etyloacetylooctanową w próbkach zawierających uwodnione krzemiany wapnia	85
Literatura	85
4. Oznaczanie puculanowości	87
<i>Marek Gawlicki</i>	
4.1. Klasyfikacja i podstawowe właściwości puculan	87
4.2. Metody oznaczania puculanowości	89
4.2.1. Chemiczne metody oznaczania puculanowości	89
4.2.2. Fizyczne metody oznaczania puculanowości	90
4.3. Oznaczanie puculanowości cementów puculanowych	93
4.4. Wykonanie oznaczenia puculanowości metodą opartą na ASTM C 379-65 T	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. Selektywność 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
6.5. Właściwości użytkowe cementu –	
czas wiązania, stałość objętości i wytrzymałość	150
6.5.1. Wiązanie zaczynu cementowego	150

6.5.2. Oznaczanie konsystencji normowej zaczynu cementowego i początku wiązania	152
6.5.3. Zmiany objętości zaczynu cementowego i ich badanie	153
6.5.4. Kształtowanie wytrzymałości zaprawy cementowej	154
6.6. Cementy specjalne	156
6.6.1. Cementy specjalne według norm PN-B-19707:2003, PN-EN 14216:2005 i PN-EN 197-4:2005	156
6.6.1.1. Cementy o dużej odporności na działanie siarczanów – HSR	156
6.6.1.2. Cementy o małej zawartości alkaliów – NA	157
6.6.1.3. Cementy o bardzo niskim cieple hydratacji – VLH	159
6.6.2. Inne cementy o specjalnych właściwościach – przegląd	159
6.6.2.1. Cement biały	159
6.6.2.2. Cementy glinowe	160
6.6.2.3. Cementy ekspansywne	162
6.6.2.4. Cementy wiertnicze	164
6.6.2.5. Cement o właściwościach fotokatalitycznych	166
6.7. Wykaz podstawowych norm dotyczących badania cementów	166
Literatura	167
7. Efekty cieplne procesu hydratacji spoiw mineralnych	168
<i>Wiesława Nocuń-Wczelik</i>	
7.1. Wprowadzenie	168
7.2. Mechanizm hydratacji cementu a przebieg wydzielania ciepła	169
7.3. Czynniki wpływające na efekt cieplny hydratacji	170
7.3.1. Ciepło hydratacji cementów zawierających inne, poza klinkierem, składniki główne (dodatki mineralne)	176
7.3.2. Wpływ domieszek chemicznych na ciepło hydratacji cementu	177
7.3.3. Inne zastosowania kalorymetrii w badaniach procesu hydratacji	177
7.4. Standaryzacja pomiarów kalorymetrycznych spoiw cementowych	181
7.5. Zasady oznaczania ciepła hydratacji	181
7.6. Oznaczanie ciepła hydratacji metodami standardowymi	182
7.6.1. Metoda semiadiabatyczna	182
7.6.2. Metoda ciepła rozpuszczania	183
7.7. Zasada działania i opis konstrukcji mikrokalorymetru różnicowego	184
7.7.1. Wzorcowanie mikrokalorymetru i wyznaczanie efektu cieplnego hydratacji	186
7.8. Cementy powszechnego użytku a kryteria niskiego i bardzo niskiego ciepła hydratacji	187
Literatura	187

8. Nowoczesne metody mikroskopowe i mikroanalizyczne w badaniach mikrostruktury cementu, zaczynów cementowych i kompozytów betonowych	189
<i>Wiesława Nocuń-Wczelik</i>	
8.1. Wprowadzenie	189
8.2. Elektronowy mikroskop skaningowy jako narzędzie w badaniach morfologii i tekstury (mikrostruktury) materiałów	189
8.3. Elektronowa mikroskopia skaningowa – rys historyczny	190
8.4. Podstawy fizyczne mikroskopii skaningowej	190
8.4.1. Zdolność rozdzielcza	192
8.4.2. Powiększenie	192
8.4.3. Budowa mikroskopu skaningowego	193
8.4.4. Preparatyka	194
8.5. Środowiskowy elektronowy mikroskop skaningowy	195
8.6. Podstawy mikroanalizy rentgenowskiej	195
8.6.1. Spektroskopia promieniowania rentgenowskiego (analiza promieniowania rentgenowskiego w mikroobszarach)	196
8.6.2. Spektroskopia elektronów wstecznie rozproszonych	198
8.7. Mikrostruktura klinkieru cementowego	199
8.4. Mikrostruktura produktów hydratacji cementu portlandzkiego	204
8.7.1. Mikrostruktura zaczynu cementowego hydratyzującego z udziałem dodatków mineralnych	207
8.7.2. Mikrostruktura stref kontaktowych kruszywo – zaczyn i zaczyn – zbrojenie	208
8.7.3. Mikrostruktura materiałów autoklawizowanych	209
Literatura	225
9. Projektowanie betonów zwykłych i badanie ich właściwości	226
<i>Artur Łagosz</i>	
9.1. Wprowadzenie	226
9.2. Podstawowe pojęcia z zakresu technologii betonu	226
9.3. Istota projektowania składu betonów zwykłych	230
9.3.1. Analiza informacji dotyczących przedmiotu projektowania i wynikające z niej kryteria składu	231
9.3.2. Dobór składników mieszanki betonowej	234
9.3.2.1. Dobór cementu	234
9.3.2.2. Wymagania dotyczące kruszywa stosowanego do produkcji betonów zwykłych	235

9.4. Metody projektowania betonów	238
9.4.1. Metoda trzech równań	239
9.4.1.1. Równanie konsystencji.....	239
9.4.1.2. Równanie szczelności	241
9.4.1.3. Równanie wytrzymałości (Bolomeya).....	241
9.4.1.4. Rozwiązanie równania Bolomeya	243
9.4.2. Metoda doświadczalna	244
9.5. Sprawdzenie wyników projektowania – wprowadzenie odpowiednich korekt i weryfikacja uzyskanych rezultatów	245
9.5.1. Sprawdzenie zgodności wyników obliczeń z wytycznymi norm	246
9.5.2. Korekty	246
9.5.2.1. Korekta zawartości cementu	246
9.5.2.2. Korekta wskaźnika w/c	247
9.5.2.3. Korekta ilości zaprawy i cząstek poniżej 0,125 mm	247
9.5.3. Doświadczalna weryfikacja składu betonu	247
9.6. Przykład projektowania betonu metodą trzech równań	248
9.6.1. Projektowanie mieszanki betonowej, w której nie przewidziano użycia domieszek poprawiających reologię (bez plastyfikatorów i superplastyfikatorów).....	248
9.6.1.1. Przyjęcie podstawowych założeń do projektowania	248
9.6.1.2. Jakościowy dobór składników	248
9.6.1.3. Przyjęcie parametrów w równaniu Bolomeya i obliczenie wskaźnika w/c	250
9.6.1.4. Przyjęcie pozostałych parametrów i obliczenie ilości składników mieszanki betonowej	250
9.6.1.5. Obliczenie ilości kruszywa żwirowego oraz piasku wchodzących w skład mieszanki kruszywa	251
9.6.1.6. Sprawdzenie zawartości cementu	251
9.6.1.7. Sprawdzenie wskaźnika w/c	251
9.6.1.8. Sprawdzenie zawartości zaprawy	252
9.6.1.9. Sprawdzenie zawartości cząstek o średnicy poniżej 0,125 mm	252
9.6.1.10. Uwzględnienie wilgotności kruszywa	252
9.6.2. Projektowanie mieszanki betonowej, w której przewidziano użycie domieszki w postaci plastyfikatora i uwzględniono rzeczywistą wytrzymałość cementu	253
9.6.2.1. Przyjęcie podstawowych założeń do projektowania	253
9.6.2.2. Jakościowy dobór składników	253

9.6.2.3. Przyjęcie parametrów w równaniu Bolomeya i obliczenie wskaźnika w/c	254
9.6.2.4. Przyjęcie pozostałych parametrów i obliczenie ilości składników mieszanki betonowej	254
9.6.2.5. Obliczenie ilości kruszywa żwirowego oraz piasku wchodzących w skład mieszanki kruszywa	255
9.6.2.6. Sprawdzenie zawartości cementu	255
9.6.2.7. Sprawdzenie wskaźnika w/c	255
9.6.2.8. Sprawdzenie zawartości zaprawy	256
9.6.2.9. Sprawdzenie zawartości cząstek o średnicy poniżej 0,125 mm	256
9.6.2.10. Uwzględnienie wilgotności kruszywa	256
9.6.3. Omówienie wyników projektowania (podrozd. 9.6.1 i 9.6.2)	256
9.7. Ogólne zasady wprowadzania dodatków do składu betonów zwykłych	257
9.8. Badanie właściwości mieszanki betonowej	259
9.8.1. Ocena konsystencji	259
9.8.2. Ocena zawartości powietrza w mieszance betonowej	261
9.9. Badanie wytrzymałości betonu na ściskanie – ocena klasy wytrzymałości betonu	262
Literatura	264