

Materiały budowlane, Materiały wiążące, spoiwa, betony	N O R M A   B R A N Ż O W A	
	Cement. Metody badań. Badanie ciepła uwodnienia metodą termosową	BN-63 6730-03

### 1. WSTĘP

**1.1. PRZEDMIOT NORMY.** Przedmiotem normy jest metoda oznaczania ciepła uwodnienia cementu, drogą bezpośredniego mierzenia temperatury zaprawy cementowej, twardniejącej w termosie w warunkach zbliżonych do adyabatycznych.

**1.2. ZASTOSOWANIE.** Metoda opisana w niniejszej normie służy do badania ciepła uwodnienia cementu w początkowym okresie twardnienia, przy czym okres badania nie powinien przekraczać 72 godzin.

**1.3. OKREŚLENIE.** Ciepło uwodnienia cementu jest to ilość ciepła wydzielona w wyniku reakcji chemicznej pomiędzy składnikami cementu a wodą, wyrażoną w kaloriach na gram.

**1.4. OBJAŚNIENIE OGÓLNE.** Pomieszczenie, w którym mają być wykonane pomiary, powinno mieć temperaturę możliwie stałą, okna wychodzące na północ, lub zaopatrzone w zaslony dla uniknięcia nagrzewania promieniami słonecznymi. W pomieszczeniu nie powinno być przewiewów. W czasie wykonywania pomiarów drzwi i okna powinny być zamknięte.

#### 1.5. NORMY ZWIĄZANE

PN-54/B-11000 Piasek do prób wytrzymałościowych cementu.

### 2. PRZEBIEG OZNACZENIA

**2.1. ZASADA OZNACZANIA.** Oznaczanie polega na mierzeniu temperatury zaprawy cementowej, twardniejącej w termosie w warunkach zbliżonych do adyabatycznych. Ciepło uwodnienia cementu w cal/G oblicza się jako sumę ciepła nagromadzonego w określonym czasie w termosie i ciepła rozpuszczonego w tym samym czasie przez urządzenie.

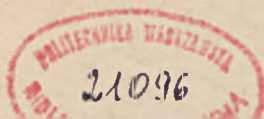
#### 2.2. PRZYRZĄDY

**2.2.1. Cylindryczny termos /naczynie Dewara/ o pojemności około 750 ml zaopatrzone w gumowy korek, w którym jest umieszczony termometroska-**

Instytut Przemysłu Wiążących Materiałów Budowlanych	Ustanowiona przez Dyrektora Zjednoczenia Przemysłu Cementowego dnia 21 października 1963 r. /Mon. Polski nr 95/63 poz. 449/	Obowiązuje od dnia 1.I.64r. w zakresie metod badań
---	---	--

Druk i rozpowszechnianie Zakład Reprodukcyjny i WDB. Warszawa, Królewska 27  
tel. 26-44-21 wew. 281. Zam. nr 230 z dnia 14.II.1968 r. Nakład 100+2 egz.  
Cena zł. 6.-

Ark. druk. 1,0



BN-63/6730-03

li 0 - 50°C, pozwalający na mierzenie temperatury z dokładnością do 0,1°C. Dolna część termometru zaopatrzona jest w rurkę gumową, ułatwiającą wyjmowanie termometru z zaprawy, po ukończeniu pomiaru.

2.2.2. Łaźnia wodna o pojemności około 50 litrów, zaopatrzona w urządzenie regulujące temperaturę z dokładnością do 0,1°C.

2.2.3. Planimetr dowolnej konstrukcji umożliwiający mierzenie powierzchni figur płaskich.

### 2.3. OZNACZANIE POJEMNOŚCI CIEPLNEJ PRZYRZĄDU

2.3.1. Wykonanie pomiarów. Zważyć z dokładnością do 0,1 G termos, korek gumowy i rurkę gumową nałożoną na termometr, oraz oznaczyć w cylindrze miarowym objętość tej części termometru, która w czasie pomiaru zanurzona jest w zaprawie.

2.3.2. Obliczenie wyników. Pojemność cieplną przyrządu /C/ w cal/°C, obliczyć wg wzoru:

$$C = 0,2 \frac{g}{2} + 0,34 \frac{g_1}{2} + g_2 / + 0,46 V$$

w którym:

g - ciężar termosu, w gramach

0,2 - ciepło właściwe szkła, w cal/G/°C,

g<sub>1</sub> - ciężar korka gumowego, w gramach

0,34 - ciepło właściwe gumy, w cal/G/°C

g<sub>2</sub> - ciężar rurki gumowej, w gramach

V - objętość części termometru zanurzonej w zaprawie, w cm<sup>3</sup>

0,46 - ciepło właściwe rtęci w cal/cm<sup>3</sup>/°C

Obliczanie pojemności cieplnej należy wykonać z dokładnością do 0,01 cal/°C.

Każdy komplet aparatury /termos, korek, termometr, rurka gumowa/, dla którego została obliczona pojemność cieplna, powinien być oznaczony jedynakowymi numerami i w czasie pracy żadna z jego części składowych nie może być zamieniona.

W razie konieczności wymiany części aparatury, oznaczenie pojemności cieplnej należy wykonać ponownie.

### 2.4. OZNACZENIE STAŁEJ ROZPROSZENIA URZĄDZENIA

2.4.1. Wykonanie pomiaru. Odważyć w termosie z dokładnością do 1,0 G - 550 G wody w temperaturze około 45°C. Termos zakryć natychmiast korkiem zaopatrzonym w termometr, po czym powierzchnię korka pokryć warstwą parafiny, lub innej substancji wodoszczelnej. Następnie termos umieścić w kąpielu wodnej o temperaturze 20 ± 0,1°C, zanurzając go na taką głębokość, aby woda sięgała na wysokość około 2 cm ponad poziom korka. Odczyty temperatury wody w termosie zanotować dwa razy z dokładnością do 0,1°C. Pierwszy raz po 3, a drugi po 44 godzinach od chwili zanurzenia termosu w kąpielu wodnej.

2.4.2. Obliczenie wyników. Stała rozproszenia urządzenia /K/ w cal/  
/godz/°C, obliczyć wg wzoru:

$$K = /C + g_3/ \frac{/2,31 \log t_3/ - /2,31 \log t_{44}/}{44 - 3}$$

w którym:

- C - pojemność ciepła przyrządu obliczona wg 2.3.2., w cal/°C  
 g<sub>3</sub> - ciężar wody w termosie, w gramach  
 t<sub>3</sub> - różnica pomiędzy temperaturą wody w termosie, a temperaturą ką  
 pieli wodnej, po upływie 3 godz. od chwili rozpoczęcia pomia-  
 ru, w °C.  
 2,31 - współczynnik przy zamianie ln na log  
 t<sub>44</sub> - różnica pomiędzy temperaturą wody w termosie, a temperaturą ką  
 pieli wodnej, po upływie 44 godz. od chwili rozpoczęcia pomia-  
 ru, w °C.

2.4.3. Ilość pomiarów i dopuszczalne odchylenie wyników. Należy prze-  
 prowadzić conajmniej dwa oznaczenia stałej rozproszenia urządzenia. Jak-  
 o wynik ostateczny przyjmuje się średnią arytmetyczną z dwóch wyników  
 nie różniących się od siebie więcej niż 0,5 cal/godz./°C.

## 2.5. OZNACZENIE CIEPŁA UWODNIENIA

2.5.1. Wykonanie pomiaru. Do suchej miski metalowej odważyć z dokład-  
 nością do 1 G, 120 G cementu, 540 G piasku grubego wg PN-54/B-11000,  
 przy czym piasek i cement powinny mieć temperaturę 20°C. Cement z pias-  
 kiem zmieszać dokładnie, a następnie dodać 72 ml wody o temperaturze  
 20°C i dalej energicznie mieszać stalową łopatką przez 2 minuty.

Przygotowaną w ten sposób zaprawę przenieść do termosu i zagęścić przez  
 potrząsanie naczyniem. Pozostałe w misce resztki zaprawy usunąć kawał-  
 kiem waty i przenieść do termosu, który następnie należy natychmiast  
 przykryć korkiem zaopatrzonym w termometr. Powierzchnię korka pokryć  
 warstwą parafiny, lub innej substancji wodoszczelnej i termos zanurzyć  
 w kąpieli wodnej o temperaturze 20 ± 0,1°C, w ten sposób, aby woda  
 sięgała na wysokość 2 cm ponad poziom korka. Po 5 minutach, liczonych  
 od chwili dodania wody do zaprawy odczytać temperaturę zaprawy i od-  
 czyt ten traktować jako początkowy. Następnie odczytywać temperaturę  
 co 1 godzinę w okresie wzrostu, a co 4 godziny w okresie spadku tempe-  
 ratury.

Z odczytanych wartości dla temperatury zaprawy w okresie badania, wykre-  
 ślić na wykresie krzywą temperatury w zależności od czasu badania oraz  
 zaznaczyć linię temperatury kąpieli wodnej. Następnie zmierzyć plani-  
 metrem powierzchnię ograniczoną krzywą temperatury i linią temperatury  
 kąpieli wodnej dla danego czasu badania.

2.5.2. Obliczanie wyników. Ciepło uwodnienia cementu w badanym okresie  
 czasu /Q<sub>x</sub>/, w cal/G, obliczyć wg wzoru:

$$Q_x = \frac{q}{g}$$

w którym:

g - ciężar cementu, w gramach

q -- ciepło wydzielone w czasie od 0 do X godz. w kaloriach, obliczone wg wzoru:

$$q = /C + m/ \left[ /20 - t_0/ + /t_x - 20/ \right] \div F_{0-x} K$$

w którym:

C - pojemność cieplna przyrządu, w cal/°C, obliczona wg 2.3.2.

m - pojemność cieplna zaprawy, w cal/°C, obliczona wg wzoru:

$$m = /0,186 \times \text{ciężar cementu}/ + /0,189 \times \text{ciężar piasku}/ + /0,998 \times \text{ciężar wody}/$$

t<sub>0</sub> - początkowa temperatura zaprawy, w °C

t<sub>x</sub> - końcowa temperatura zaprawy, w °C

F<sub>0-x</sub> - powierzchnia ograniczona krzywą temperatury zaprawy, a linią temperatury kąpieli wodnej w czasie badania od 0 do X godzin, w cm<sup>2</sup>

K - stała rozproszenia termosu, w cal/godz./°C wg 2.4.2.

0,186 - ciepło właściwe cementu, w cal/G/°C

0,189 - ciepło właściwe piasku, w cal/G/°C

0,998 - ciepło właściwe wody, w cal/G/°C

Przykład rejestracji pomiarów i obliczanie wyników podany jest w załączniku nr 1.

2.5.3. Ilość pomiarów i dopuszczalne odchylenia wyników. Należy przeprowadzić conajmniej dwa pomiary ciepła uwodnienia cementu. Jako wynik ostateczny przyjmuje się średnią arytmetyczną z dwóch wyników, nie różniących się od siebie więcej niż 3 cal/G.

K O N I E C

PRZYKŁAD REJESTRACJI POMIARÓW  
I OBLICZANIA WYNIKÓW

1. OZNACZANIE POJEMNOŚCI CIEPLNEJ PRZYRZĄDU

Ciężar termosu	g	=	193,0 G
" korka gumowego	g <sub>1</sub>	=	15,0 "
" rurki gumowej	g <sub>2</sub>	=	7,0 "

Objętość części termometru zanurzonej w zaprawie V = 7,5 cm<sup>3</sup>

$$C = 0,2 + \frac{g}{2} + 0,34 / \frac{g_1}{2} + g_2 / + 0,46 V$$

$$C = 0,2 \frac{193,0}{2} + 0,34 / \frac{15,0}{2} + 7,0 / + / 0,46 \times 7,5 / = 27,75 \text{ cal/}^\circ\text{C}$$

$$\underline{C = 27,75 \text{ cal/}^\circ\text{C}}$$

2. OZNACZANIE STAŁEJ ROZPROSZENIA URZĄDZENIA

Ciężar wody w termosie	g <sub>3</sub>	=	550 G
------------------------	----------------	---	-------

Różnica pomiędzy temperaturą wody w termosie a temperaturą kąpielii wodnej, po upływie 3 godzin od chwili rozpoczęcia pomiaru	t <sub>3</sub>	=	23,8 °C
---	----------------	---	---------

Różnica pomiędzy temperaturą wody w termosie a temperaturą kąpielii wodnej, po upływie 44 godzin od chwili rozpoczęcia pomiaru	t <sub>44</sub>	=	9,6 °C
--	-----------------	---	--------

$$K = /C + g_3 / \frac{2,31 \log t_3 - 2,31 \log t_{44}}{44 - 3}$$

$$K = /27,75 + 550 / \frac{2,31 \cdot 1,3766 / - / 2,31 \cdot 0,9823 /}{44 - 3} = 12,8 \text{ cal/godz./}^\circ\text{C}$$

$$\underline{K = 12,8 \text{ cal/godz./}^\circ\text{C}}$$

3. OZNACZANIE CIEPŁA UWODNIENIA

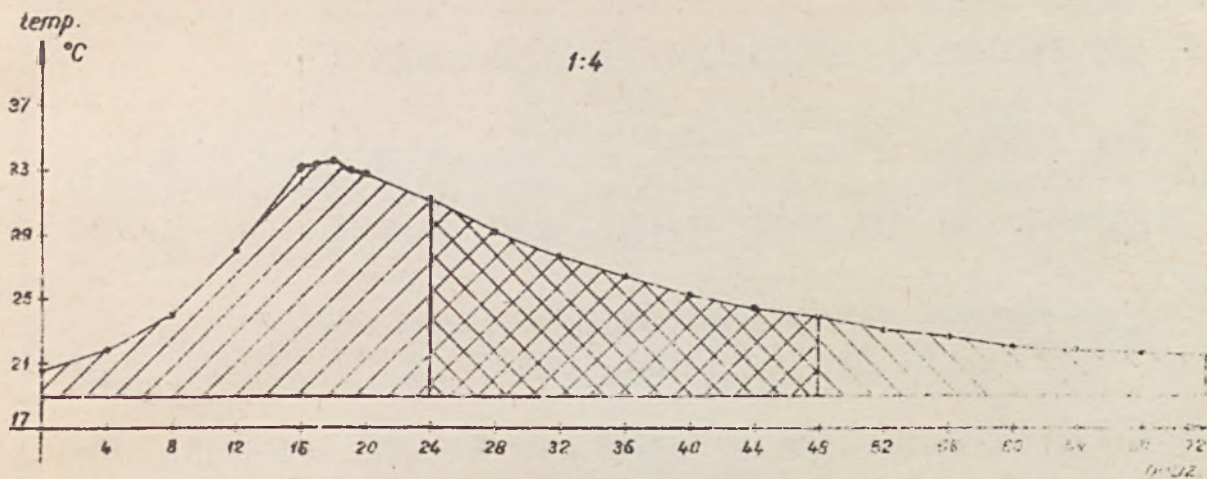
temperatura otoczenia	-	18 °C
" kąpielii wodnej	-	20 "
ilościowy skład zaprawy:		
cement	-	120 G
piasek	-	540 G
woda	-	72 G

Załącznik nr 1 do BN-63/6730-03

Zapisy temperatury zaprawy twardniejącej w termosie:

Lp.	Data i godzina pomiaru	Czas od początku badania w godz.	Temperatura zaprawy w °C
1	2	3	4
1	04.02.58 10 <sup>00</sup>	0	20,8
2	11 <sup>00</sup>	1	21,2
3	12 <sup>00</sup>	2	21,4
4	13 <sup>00</sup>	3	21,7
5	14 <sup>00</sup>	4	21,9
6	15 <sup>00</sup>	5	22,2
7	16 <sup>00</sup>	6	22,6
8	17 <sup>00</sup>	7	23,1
9	18 <sup>00</sup>	8	23,6
10	19 <sup>00</sup>	9	24,3
11	20 <sup>00</sup>	10	25,2
12	21 <sup>00</sup>	11	26,5
13	22 <sup>00</sup>	12	28,0
14	23 <sup>00</sup>	13	29,7
15	24 <sup>00</sup>	14	31,5
16	05.02.58 1 <sup>00</sup>	15	32,3
17	2 <sup>00</sup>	16	33,1
18	3 <sup>00</sup>	17	33,2
19	4 <sup>00</sup>	18	33,3
20	5 <sup>00</sup>	19	33,0
21	6 <sup>00</sup>	20	32,8
22	10 <sup>00</sup>	24	31,2 - t <sub>24</sub>
23	14 <sup>00</sup>	28	29,3
24	18 <sup>00</sup>	32	27,8
25	22 <sup>00</sup>	36	26,4
26	06.02.58 2 <sup>00</sup>	40	25,3
27	6 <sup>00</sup>	44	24,4
28	10 <sup>00</sup>	48	23,5 - t <sub>48</sub>
29	14 <sup>00</sup>	52	23,0
30	18 <sup>00</sup>	56	22,2
31	22 <sup>00</sup>	60	22,0
32	07.02.58 2 <sup>00</sup>	64	21,8
33	6 <sup>00</sup>	68	21,6
34	10 <sup>00</sup>	72	21,4 - t <sub>72</sub>

Krzywa temperatury zaprawy



Powierzchnia ograniczona krzywą temperatury i linią temperatury kapie-  
li wodnej, oznaczona planimetrem dla poszczególnych pól.

	$F_{0 - 24}$	$F_{24 - 48}$	$F_{48 - 72}$
Pomiar 1	161,76	160,80	64,16
" 2	161,60	161,28	64,00
" 3	162,40	160,16	64,32
" 4	161,60	160,00	64,16
" 5	162,40	160,32	64,16
" 6	161,95	160,50	64,16
suma	971,71	963,06	384,96
średnio	161,95	160,51	64,16

Obliczenie ciepła uwodnienia cementu po 24 godzinach

$$Q_{24} = \frac{24}{g} = \frac{4402,35}{120} = 36,68 \text{ cal/G}$$

$$Q_{24} = /C + m/ \left[ /20 - t_0/ + /t_{24} - 20/ \right] + F_{0-24} \text{ K;}$$

$$Q_{24} = /27,75 + 196,23/ \left[ /20 - 20,8/ + /31,2 - 20/ \right] + /161,95 \cdot 12,8/ = 4402,35 \text{ cal}$$



Załącznik nr 1 do BN-63/6730-03

$$m = /0,186 \times 120/ + /0,189 \times 540/ + /0,998 \times 72/ = 196,23 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$$

$$\underline{Q_{24} = 36,68 \text{ cal/g}}$$

Obliczenie ciepła uwodnienia cementu po 48 godzinach

$$Q_{48} = \frac{Q_{48}}{g} = \frac{4732,24}{120} = 39,43 \text{ cal/G}$$

$$Q_{48} = /C + m/ [ /20 - t_0/ + /t_{48} - 20/ ] + /F_{0-24} + F_{24-48}/ \times$$

$$Q_{48} = /27,75 + 196,23/ [ /20 - 20,8/ + /23,5 - 20/ ] +  
+ /161,95 + 160,51/ 12,8 = 4732,24 \text{ cal}$$

$$m = /0,186 \times 120/ + /0,189 \times 540/ + /0,998 \times 72/ = 196,23 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$$

$$\underline{Q_{48} = 39,43 \text{ cal/g}}$$

Obliczenie ciepła uwodnienia cementu po 72 godzinach

$$Q_{72} = \frac{Q_{72}}{g} = \frac{5083,13}{120} = 42,37 \text{ cal/G}$$

$$Q_{72} = /C + m/ [ /20 - t_0/ + /t_{72} - 20/ ] +  
+ /F_{0-24} + F_{24-48} + F_{48-72}/ \times$$

$$Q_{72} = /27,75 + 196,23/ [ /20 - 20,8/ + /21,4 - 20/ ] +  
+ /161,95 + 160,51 + 64,16/ 12,8 = 5083,13 \text{ cal}$$

$$m = /0,186 \times 120/ + /0,189 \times 540/ + /0,998 \times 72/ = 193,23$$

$$\underline{Q_{72} = 42,37 \text{ cal/G}}$$