

Marian MADAJ, Wojciech KLIMAS

Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni
Politechnika Śląska

WPLYW SZKŁA WODNEGO SODOWEGO NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI SPOIWA UTEX-15

Streszczenie. Hydrauliczny transport spoiw mineralnych polega na przygotowaniu na powierzchni kopalni mieszaniny spoiwa z wodą (zaczynu spoiwowego) o takiej konsystencji, która umożliwi jego przemieszczenie rurociągami do miejsca stosowania w podziemnych wyrobiskach górniczych wykorzystując do tego celu tylko ciśnienie hydrostatyczne. Wielkość ciśnienia hydrostatycznego zależy od głębokości szybu i gęstości zaczynu.

Wzrost współczynnika wodno-spoiwowego, od którego zależy konsystencja zaczynu spoiwowego, wpływa na przedłużenie czasu początku i końca wiązania zaczynu spoiwowego i obniżenie wytrzymałości na ściskanie związanego spoiwa. W referacie przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych określające wpływ szkła wodnego sodowego na zmianę właściwości fizycznych spoiwa na bazie popiołów lotnych i cementu UTEX-15.

INFLUENCE OF SODIUM WATER GLASS ON CHOSEN PROPRIETIES OF MINING MINERAL BINDER UTEX-15

Summary. The hydraulic transportation of mineral mining binders depends on preparation on surface of mine binder paste about such consistency which make possible his dislocation by pipelines to place applying in underground mining excavations using to this aim hydrostatical pressure only. The size of hydrostatical pressure depends on depth of shaft and thickness of paste. The growth of water paste ratio from which the consistency of binder paste depends on its influences on prolongation the setting time of binder paste and the lowering the compressive strength of binding agent. The results of laboratory testings defining the influence of sodium water glass on change of physical proprieties of UTEX-15 binder on fly-ashes and cement base were presented.

1. Wstęp

Aktualnie stosowane w budownictwie podziemnym mineralne spoiwa górnicze charakteryzują się właściwościami fizykomechanicznymi, które w dużym stopniu zależą od

systemu ich transportu z powierzchni lub poziomu wydobywczego do miejsca stosowania w podziemnych wyrobiskach górniczych. W polskich kopalniach węgla kamiennego do przemieszczania spoiw mineralnych w postaci suchej na duże odległości (powyżej kilkudziesięciu metrów do kilku kilometrów) stosowane są najczęściej urządzenia transportu pneumatycznego (podajniki komorowe ciśnieniowe typu POLKO). Jedynie przy niewielkich odległościach transportowanego spoiwa mineralnego w postaci zaczynu spoiwowego stosowane są pompy (MONO) do ich transportu hydromechanicznego.

W niektórych niemieckich kopalniach węgla kamiennego - od wielu lat - do podawania spoiw mineralnych z powierzchni do podziemnych wyrobisk górniczych w postaci mieszaniny spoiwowo-wodnej stosowany jest z powodzeniem transport hydrauliczny zwany także transportem „grawitacyjnym”. Transport ten polega na przygotowaniu na powierzchni kopalni mieszaniny spoiwa z wodą (zaczynu spoiwowego) o takiej konsystencji, która umożliwi jego transport do miejsca stosowania wykorzystując do tego celu tylko ciśnienie hydrostatyczne. Odległość pozioma transportowanego zaczynu spoiwowego zależy od wielkości ciśnienia hydrostatycznego (głębokości szybu) i konsystencji zaczynu i jego właściwości reologicznych. Konsystencja zaczynu spoiwowego zależy od współczynnika wodno-spoiwowego (w/s). Stosowanie konsystencji płynnych (wzrost wartości w/s) umożliwiających transport grawitacyjny mieszanin spoiwowych wpływa na zmianę fizyko-mechanicznych właściwości spoiw mineralnych w miejscu ich stosowania. Wzrost współczynnika wodno-spoiwowego wpływa niekorzystnie na czasy wiązania i końcową wytrzymałość na ściskanie. Następuje przedłużenie czasu początku i końca wiązania i obniżenie końcowej wytrzymałości na ściskanie. Aby zapobiec przedłużeniu czasów wiązania, należy na końcu instalacji transportowej do zaczynu spoiwowego dodawać szkło wodne jako modyfikator właściwości spoiw mineralnych na bazie cementów portlandzkich [5,6,7,8], które wpływa wprawdzie na skrócenie czasu początku i końca wiązania, ale jednocześnie może powodować obniżenie końcowej wytrzymałości na ściskanie.

W prezentowanym referacie przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych określające wpływ szkła wodnego sodowego na wybrane własności zaczynu spoiwowego wykonanego na bazie spoiwa popiołowo-cementowego UTEX-15.

2. Materiały do badań

Materiałami użytymi do badań laboratoryjnych były: górnicze spoiwo mineralne UTEX-15, szkło wodne sodowe o różnych modułach oraz woda wodociągowa jako woda zarobowa.

Spoiwo mineralne UTEX-15 jest mikromieszaniną cementu portlandzkiego, popiołu lotnego i domieszek modyfikujących jego własności. Ze względu na wielkość uziarnienia jest to spoiwo pyłaste (wielkość ziarn < 1 mm) [2,3,4].

Do modyfikacji właściwości zaczynów ze spoiwa górniczego Utex-15 zastosowano 6 rodzajów szkła wodnego sodowego o różnych modułach oznaczonych odpowiednio A, B, C, D, E z Zakładów Chemicznych Rudniki S.A.

3. Badania laboratoryjne

Konsystencja, gęstość i rozlewność spoiw mineralnych zależą ściśle od współczynnika wodno-spoiwowego (w/s). Wpływ w/s na zmianę gęstości i rozlewności spoiwa mineralnego UTEX-15 przedstawiono w tabelicy 3.1 [1]. Oznaczanie czasów wiązania oraz wytrzymałości na ścislenie spoiwa UTEX-15 bez dodatku szkła wodnego oraz ze szkłem wodnym sodowym przeprowadzono na zaczynach spoiwowych wykonanych na wodzie wodociągowej. Oznaczanie czasów wiązania wykonano zgodnie z PN-EN 196-3 „Metody badania cementu. Oznaczanie czasów wiązania”. Oznaczanie wytrzymałości na ścislenie R_c wykonano zgodnie z PN-EN 196-1 „Metody badania cementu. Oznaczanie wytrzymałości”.

Tablica 3.1

Lp.	Współczynnik w/s	Gęstość zaczynów na bazie spoiwa UTEX-15 [1]	
		Gęstość [Mg/m^3]	Rozlewność [mm]
1	0,5	1,565	145
2	0,7	1,436	229
3	0,9	1,382	284

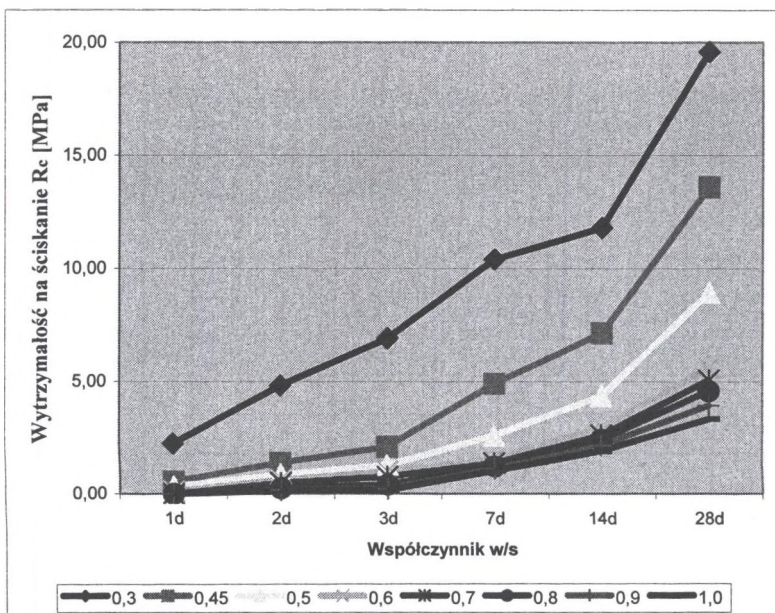
3.1. Wytrzymałość na ściskanie

W celu określenia dynamiki narastania wytrzymałości na ściskanie w czasie, oznaczenie wykonano po 1, 2, 3, 7, 14 i 28 dniach przechowywania w warunkach powietrzno-wilgotnych. Określono także wpływ dodatku szkła wodnego sodowego w ilości 3% i 5% na zmiany wytrzymałości na ściskanie. Wyniki oznaczeń przedstawiono w tablicach 3.1.1 i 3.1.2 oraz na rysunkach od 3.1.1 - 3.1.7.

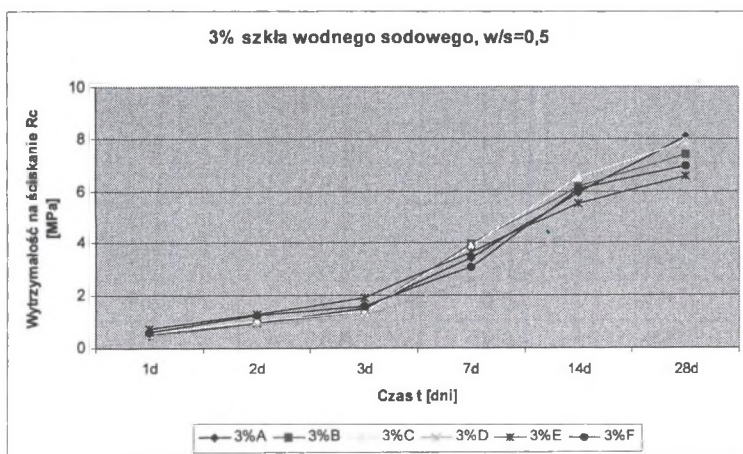
Tablica 3.1.1

Zmiana wytrzymałości R_c [MPa] w czasie t [dni] spoiwa UTEX-15 bez dodatku szkła wodnego i z 3% i 5% dodatkiem szkła wodnego sodowego

Szkło wodne	Ilość szkła [%]	w/s	Wytrzymałość na ściskanie R_c [MPa]					
			1d	2d	3d	7d	14d	28d
-	-	0,3	2,25	4,81	6,92	10,42	11,80	19,58
-	-	0,45	0,55	1,40	2,10	4,90	7,15	13,60
-	-	0,5	0,33	0,88	1,29	2,60	4,35	8,96
-	-	0,6	0,10	0,63	1,00	1,58	2,98	5,63
-	-	0,7	0,00	0,48	0,77	1,39	2,62	5,07
-	-	0,8	0,00	0,25	0,42	1,23	2,44	4,58
-	-	0,9	0,00	0,18	0,23	1,14	2,17	3,94
-	-	1,0	0,00	0,13	0,17	1,03	1,93	3,33
A	3	0,5	0,46	0,94	1,52	3,45	5,94	8,07
B	3	0,5	0,51	0,93	1,40	3,98	6,17	7,39
C	3	0,5	0,55	1,02	1,38	3,90	6,50	7,92
D	3	0,5	0,44	0,85	1,25	2,53	4,58	7,94
E	3	0,5	0,71	1,30	1,91	3,67	5,52	6,56
F	3	0,5	0,56	1,24	1,59	3,09	6,08	6,98
A	5	0,5	0,52	1,02	1,67	3,54	6,51	8,65
B	5	0,5	0,60	1,17	1,55	5,22	6,96	7,24
C	5	0,5	0,51	1,21	1,33	3,82	7,03	9,95
D	5	0,5	0,40	1,28	1,61	4,14	7,36	8,07
E	5	0,5	0,66	1,44	1,50	4,27	6,30	7,36
F	5	0,5	0,47	1,38	1,49	3,94	7,71	6,89



Rys. 3.1.1. Wpływ współczynników w/s na zmianę wytrzymałości na ściskanie R_c spoiwa UTEX-15
 Fig. 3.1.1. Influence of water binder ratio on UTEX-15 binder compressive strength

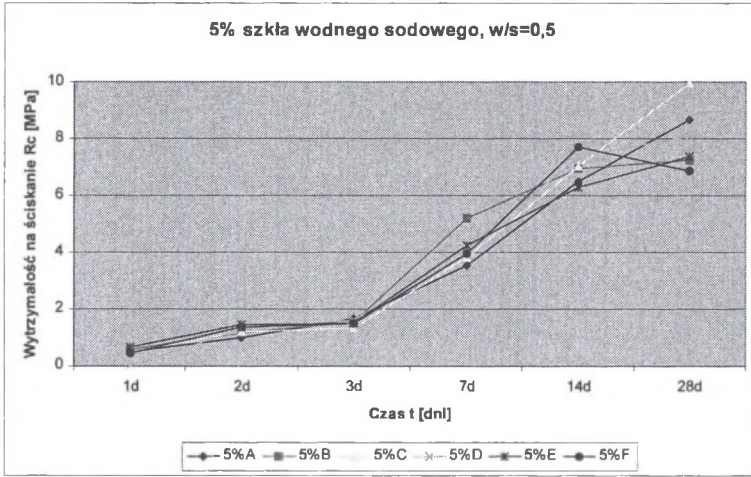


Rys. 3.1.2. Zmiana wytrzymałości na ściskanie spoiwa UTEX-15 z 3% zawartością szkła wodnego sodowego przy $w/s=0,5$
 Fig. 3.1.2. Compressive strength of UTEX-15 mineral binder with addition of 3% sodium water glass mixture water/binder ratio=0,5

Tablica 3.1.2

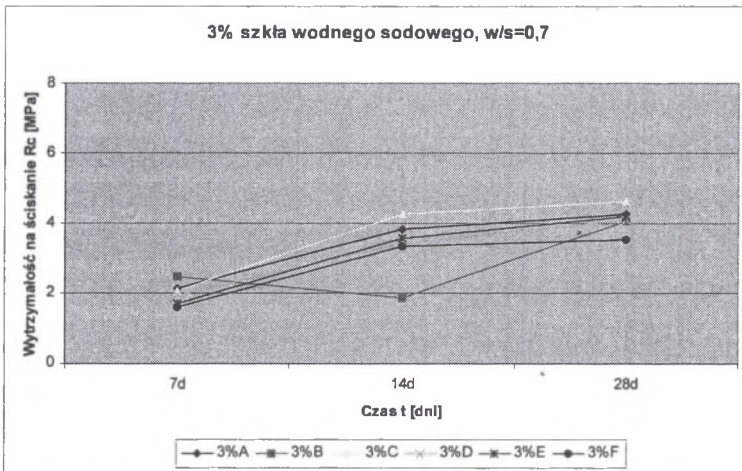
Zmiana wytrzymałości R_c [MPa] w czasie t [dni] spoiwa UTEX-15 z 3% i 5% dodatkiem szkła wodnego sodowego przy $w/s=0,7$ i $w/s=0,9$

Szkło wodne	Ilość szkła [%]	w/s	Wytrzymałość na ściskanie R_c [MPa]		
			7d	14d	28d
A	3%	0,7	2,15	3,85	4,26
B	3%	0,7	2,48	1,87	4,08
C	3%	0,7	2,08	4,27	4,63
D	3%	0,7	1,93	3,42	4,1
E	3%	0,7	1,7	3,58	4,19
F	3%	0,7	1,6	3,35	3,54
A	3%	0,7	2,32	4,08	7,36
B	3%	0,7	3,43	6,73	4,55
C	3%	0,7	2,05	3,88	5,75
D	3%	0,7	3,21	5,83	7,65
E	3%	0,7	2,56	7,35	5,73
F	3%	0,7	2,27	3,85	4,22
A	5%	0,9	1,28	2,4	3,48
B	5%	0,9	1,59	2,27	2,38
C	5%	0,9	1,22	2,13	3,35
D	5%	0,9	1,42	2,29	2,7
E	5%	0,9	1,09	1,83	3,15
F	5%	0,9	1,08	1,94	2,6
A	5%	0,9	3,27	5,44	3,35
B	5%	0,9	3,15	4,6	3,2
C	5%	0,9	3,3	5,48	3,35
D	5%	0,9	3,92	6,69	4,21
E	5%	0,9	0,95	1,65	3,23
F	5%	0,9	1,18	1,94	2,91



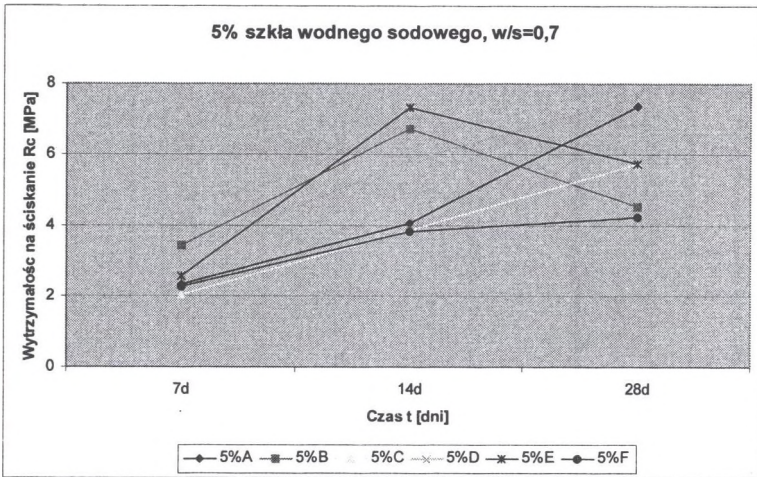
Rys. 3.1.3. Zmiana wytrzymałości na ściskanie spoiwa UTEX-15 z 5% zawartością szkła wodnego sodowego przy w/s=0,5

Fig. 3.1.3. Compressive strength of UTEX-15 mineral binder with addition of 5% sodium water glass, mixture water/binder ratio=0,5



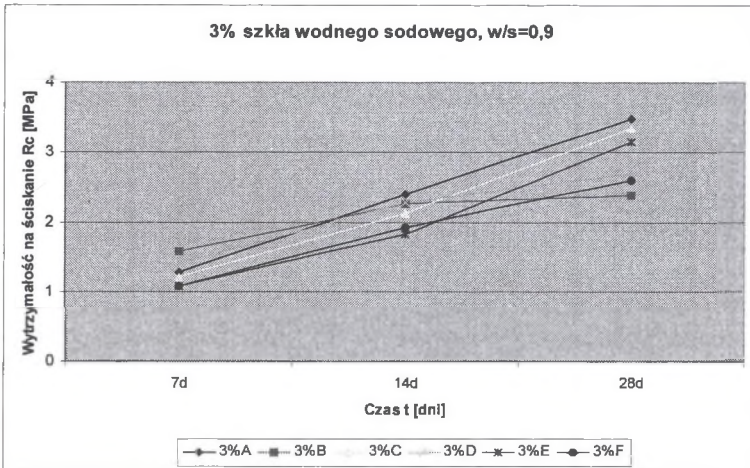
Rys. 3.1.4. Zmiana wytrzymałości na ściskanie spoiwa UTEX-15 z 3% zawartością szkła wodnego sodowego przy w/s=0,7

Fig. 3.1.4. Compressive strength of UTEX-15 mineral binder with addition of 3% sodium water glass, mixture water/binder ratio=0,7



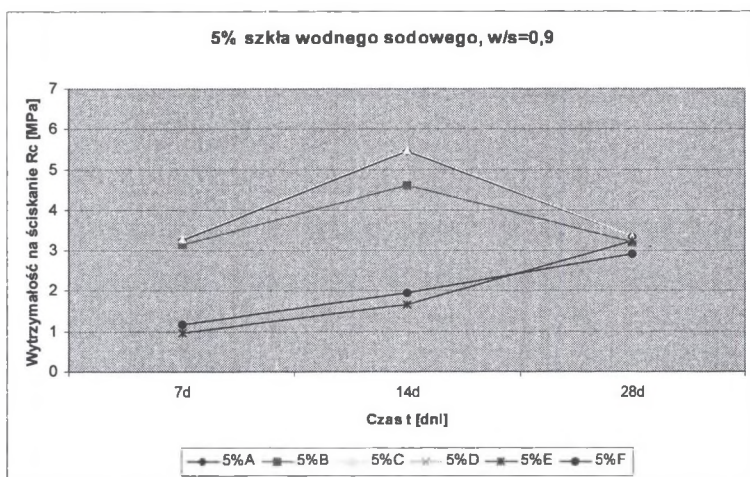
Rys. 3.1.5. Zmiana wytrzymałości na ściskanie spoiwa UTEX-15 z 5% zawartością szkła wodnego sodowego przy $w/s=0,7$

Fig. 3.1.5. Compressive strength of UTEX-15 mineral binder with addition of 5% sodium water glass, mixture water/binder ratio=0,7



Rys. 3.1.6. Zmiana wytrzymałości na ściskanie spoiwa UTEX-15 z 3% zawartością szkła wodnego sodowego przy $w/s=0,9$

Fig. 3.1.6. Compressive strength of UTEX-15 mineral binder with addition of 3% sodium water glass, mixture water/binder ratio=0,9



Rys. 3.1.7. Zmiana wytrzymałości na ściskanie spoiwa UTEX-15 z 5% zawartością szkła wodnego sodowego przy $w/s=0,9$

Fig. 3.1.7. Compressive strength of UTEX-15 mineral binder with addition of 3% sodium water glass, mixture water/binder ratio=0,9

3.2. Czasy wiązania

Jedną z podstawowych własności praktycznych, oznaczanych dla mineralnych spoiw górniczych, są czasy wiązania (początek oraz koniec). Czasy wiązania spoiwa górniczego typu UTEX-15 ze szkłem wodnym sodowym przedstawiono w tabelcy 3.2.1.

Tabela 3.2.1

Czasy wiązania spoiwa typu UTEX-15 ze szkłem wodnym sodowym

w/s	Szkło wodne sodowe	Zawart.szklá wodnego [%]	t_p [godz.:min.]	t_k [godz.:min.]
0,5	A	3	2:10	4:50
		5	1:47	4:12
	B	3	2:47	9:42
		5	10:50	14:40
	C	3	7:41	12:36
		5	4:38	9:55
	D	3	2:52	8:39
		5	10:32	14:58
	E	3	2:53	8:46
		5	3:15	8:45
	F	3	6:35	10:50
		5	10:43	13:47

cd. tablicy 3.2.1

0,7	A	3	06:35	10:50
		5	02:53	08:46
	B	3	02:52	08:39
		5	07:41	12:36
	C	3	02:47	09:42
		5	02:10	04:50
	D	3	10:43	13:47
		5	03:15	08:45
	E	3	04:38	09:55
		5	10:32	14:58
	F	3	10:50	14:40
		5	01:47	04:12
0,9	A	3	04:12	13:02
		5	01:10	03:55
	B	3	00:00	00:00
		5	02:47	09:04
	C	3	02:32	08:42
		5	01:55	07:55
	D	3	03:40	07:20
		5	02:23	08:45
	E	3	00:00	00:00
		5	01:25	04:25
	F	3	00:30	03:07
		5	01:18	03:39

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

1. Szkło wodne sodowe wpływa na zmianę właściwości fizycznych zaczynu spoiwowego i stwardniałego spoiwa mineralnego UTEX-15.
2. Dodatek szkła wodnego sodowego o zróżnicowanych modułach i w zależności od nich obniża wytrzymałość na ściskanie stwardniałego spoiwa mineralnego UTEX-15. Wielkość zmian wytrzymałości zależy od modułu szkła wodnego i jego ilości w stosunku do masy spoiwa.
3. Szkło wodne sodowe różnicuje czas wiązania zaczynów ze spoiwa mineralnego UTEX-15. Zakres regulacji zależy od modułu szkła wodnego i jego ilości w stosunku do masy spoiwa.
4. Badanie laboratoryjne wykazały, że spoiwo mineralne UTEX-15 może być transportowane hydraulicznie w postaci zaczynu z powierzchni kopalni do miejsca

stosowania pod warunkiem korekty jego składu wpływającej na wzrost wytrzymałości na ściskanie stwardniałego spoiwa.

Literatura

1. Madaj M., Klimas W.: Wpływ współczynnika w/s na wybrane własności spoiw popiołowo-cementowych. Międzynarodowa konferencja VII Szkoła Geomechaniki, Gliwice-Ustroń 2005.
2. Madaj M.: Spoiwa mineralne na bazie popiołów lotnych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej z.246, Gliwice 2000.
3. Madaj M., Klimas W.: Spoiwa mineralne w budownictwie podziemnym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej z.246, Gliwice 2000.
4. Schroer D., Bolesta M.: Der Vearbeitungseinfluss auf die Festigkeit und das Gefuge von Baustoffen. Gluckauf 132, 1996.
5. Skalmowski W.: Chemia materiałów budowlanych. Warszawa 1971.
6. Neville A.M.: Właściwości betonu, Polski Cement, Kraków 2000.
7. Skalmowski W.: Technologia materiałów budowlanych. Tom 2, Warszawa 1972.
8. Praca zbiorowa: Budownictwo betonowe. Technologia betonu. Tom I, cz. 2, Arkady 1972.

Recenzent: Prof. dr Stanisław Janiczek

Abstract

Mineral mining binders applied in underground building characterize physical and mechanical proprieties, which in large degree depend on transportation system applying from surface or working level to underground mining excavations. In Polish hard coal mines to transport dry mineral binders on long distances (above tens metres to several kilometres) the devices of pneumatic transport are applied the most often (the ventricular pressure feeders of POLKO type). The MONO pumps are applied to transport mineral binders as paste on short distances only. The hydraulic transportation of mineral mining binders depends on

preparation on surface of mine binder paste about such consistency which will make possible his dislocation by pipelines to place applying in underground mining excavations using to this aim hydrostatical pressure only. The size of hydrostatical pressure depends from depth of shaft and thickness of paste. The growth of coefficient of water paste ratio from which the consistency of binder paste depends it influences on prolongation the setting time of binder paste and the lowering the compressive strength of binding agent. The results of laboratory testings defining the influence of sodium water glass on change of physical proprieties of UTEX-15 binder on fly-ashes and cement base were presented.