

Stanisław JANICZEK

Ryszard MAJCHRZAK

DOŚWIADCZENIA Z BADAŃ NAD ZASTOSOWANIEM AKTYWOWANYCH I EKSPANSYWNYCH SPOIW ANHYDRYTOWYCH W PRZEMYSŁE WĘGLOWYM

Streszczenie. W artykule zamieszczono chronologiczny przegląd osiągnięć badawczo-wdrożeniowych w dziedzinie opracowania i wdrożenia do przemysłu węglowego aktywowanych (konstrukcyjnych) i ekspansywnych (porowatych) spoiw anhydrytowych, omówiono trudności wynikające z braku producenta spoiw oraz przedstawiono aktualnie prowadzone prace w tym problemie.

1. Wprowadzenie

W Zakładzie Materiałoznawstwa w Górnictwie Instytutu Projektowania Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni w Politechnice Śląskiej podjęto w 1976 roku badania w Problemie Resortowym MGIE Nr 115 pt. "Metody i środki eksploatacji na dużych głębokościach", które kontynuowano w Problemie Resortowym MGIE Nr 119 pt. "Wybrane problemy eksploatacji złóż na dużych głębokościach". Badania te oraz wdrożenia dotyczyły kompozytów o charakterze spoiw na osnowie gipsu, fosfogipsu i głównie anhydrytu a także ich praktycznej przydatności przede wszystkim w przemyśle węglowym.

Postęp i wdrażanie tych prac do przemysłu wiążą się ściśle z wydatną pomocą konsultacyjną Dyrektora Instytutu Prof. dr hab. inż. Mirosława Chudka.

Z założeń programowych obu Resortowych Problemów wynikała potrzeba opracowania kompozytów (spoiw) skutecznych i prostych w użyciu, tanich oraz opartych o krajowe surowce, dających po związaniu i stwardnieniu tworzywa w dwóch rodzajach:

- tworzywa konstrukcyjne służące do robót ograniczających wpływ eksploatacji na górotwór i powierzchnię, odpowiedniego utrzymania wyrobisk kapitalnych oraz budowy tam izolacyjnych, także przeciwwybuchowych,
- tworzywa ekspansywne (porowate) służące do wypełniania, doszczelniania i jako termoizolacyjne.

Do podjęcia takich badań skłaniał również raczej skromny zasób stosowanych dotychczas materiałów, sprowadzający się głównie do klasycznych betonów, w mniejszym stopniu gipsu i bardzo rzadko kompozytów na osnowie polimerów. Cementy i gips są spoiwami, ze względu na powszechność użytkowania, coraz trudniej dostępnymi, dość drogimi a ponadto nie zawsze naj-

korzystniejszymi, np. w przypadku wypełniania lub doszczelniania i innych. Kompozyty na podstawie polimerów w praktycznym zastosowaniu sprawiają jeszcze nadal wiele trudności materiałowych i technicznych, także ze względów BHP a ponadto nie w każdym warunkach są skuteczne oraz drogie.

Bliskim ideału byłaby grupa (rodzina) kompozytów mineralnych lub wręcz spoiw, produkowanych na bazie tego samego podstawowego składnika, który w zależności od potrzeb odpowiednio modyfikowany, dawałby spoiwa konstrukcyjne, względnie ekspansywne. Wydaje się, że takimi okazały się aktywowane (konstrukcyjne) i ekspansywne (porowate) spoiwa anhydrytowe wytwarzane na bazie krajowej mączki anhydrytowej, także z odpowiednimi wypełniaczami, dające w procesie tężenia tworzywa konstrukcyjne lub ekspansywne (porowate). Nie bez znaczenia jest fakt, że tego rodzaju spoiwa może wytworzyć każdy użytkownik na miejscu ich zastosowania przez ręczne lub mechaniczne zmieszanie składników sypkich z wodą zarobową.

W problemie urządzeń do transportu, mieszania składników i wykonywania określonych robót współpracujemy ściśle z Instytutem Odlewnictwa w Politechnice Śląskiej.

2. DOTYCHCZASOWE REZULTATY BADAŃ I WDROŻEŃ (ZARYS CHRONOLOGICZNY)

W pierwszym etapie prezentowanych prac przebadano głównie właściwości kompozytów mineralnych na podstawie gipsu i fosfogipsu oraz wstępnie anhydrytu, także napełnianych pyłem dymnicowym lub pyłem dymnicowym z dodatkiem piasku normowego [1, 2]. Stwierdzono ich przydatność do przeciwpożarowego uszczelniania zrobów i ścian zawałowych, do natrysku osłonowego, wypełniania pustek i przestrzeni za obudową, co potwierdziły próby przemysłowe przeprowadzone w KWK "Manifest Lipcowy", "Borynia", "Powstańców Śląskich" i "Rozbark". Za najbardziej przydatny w górnictwie uznano ekspansywny kompozyt gipsowo-popiołowy nadający się głównie do wypełniania i stabilizacji podsadzki za obudową górniczą [21, 27]. Nową jakością wśród spoiw było uzyskanie ekspansywnych spoiw anhydrytowych na podstawie mączki anhydrytowej o jakości zgodnej z BN-65/6011-06 z Kopalni Anhydrytu w Nowym Łądzie oraz wstępne rozeznanie ich właściwości [1, 2]. Powyższe badania pogłębiono w pracy doktorskiej [3] a także omówiono w publikacjach [4, 5, 6].

W drugim etapie prowadzono obszernie i wyjaśniające badania nad wpływem różnorodnych aktywatorów i ekspansorów na właściwości spoiw anhydrytowych [7, 8, 9]. Rezultatem tych badań było ustalenie optymalnych receptur dla tego rodzaju spoiw oraz wytyczne do ich wdrożenia w przemyśle węglowym [22, 23, 24]. Problem ten pogłębiono w pracy doktorskiej [10] oraz przedstawiono w publikacjach [11, 12, 13, 14].

Równocześnie pracowano nad metodą nieniszczących badań cech wytrzymałościowych, głównie w warunkach in situ, skał, betonów oraz tworzyw anhy-

drytowych [7, 8, 9], pogłębiając ten problem w pracy doktorskiej [15] i prezentując w publikacjach [16, 17, 18, 28].

W trzecim etapie prowadzono prace badawczo-wdrożeniowe w wytypowanych kopalniach [19, 20, 26], omówione w rozdziale 4.

Wobec trudności z dostawami anhydrytu dla kopalń przebadano anhydryty ze złoża w rejonie wydobywczym ZG "Konrad" na Dolnym Śląsku. Okazało się, jest to w pełni przydatny surowiec do produkcji mączki anhydrytowej względnie gotowych spoiw anhydrytowych [20, 25].

Aktualnie, mając do dyspozycji dwa rodzaje mączek anhydrytowych, tj. w ZA w Nowym Łądzie i z ZG "Konrad" prowadzimy stale prace nad ulepszeniem właściwości aktywowanych i ekspansywnych spoiw anhydrytowych, także napełnianych, dostosowując je nawet do indywidualnych warunków i potrzeb poszczególnych kopalń węgla.

Dotychczasowym efektem wieloletnich prac badawczo-wdrożeniowych są:

- aktywowane spoiwa anhydrytowe konstrukcyjne, nadające się do wykonywania torkretu osłonowego, budowy tam izolacyjnych i korków podsadzkowych, w chodnikach ścian zawałowych, budowy tam przeciwybuchowych (w trakcie badań wdrożeniowych) oraz wtłaczania w zroby i wypełniania pustek, także po obwałach [22],
- ekspansywne spoiwa anhydrytowe (termoizolacyjne) do wypełniania, nadające się do wykonywania torkretu osłonowego, wypełniania pustek w górotworze, przestrzeni za obudową, do doszczelniania tam izolacyjnych i korków podsadzkowych a także do uszczelniania zrobów ścian zawałowych [23, 24].

Poza innymi stosowanie prezentowanych spoiw eliminuje zagrożenia pożarowe, ogranicza deformację i potrzebę przebudowy wyrobisk a także pozwala na odzysk w 100% obudowy stalowej (np. w KWK "Moszczenica").

Właściwości tych spoiw w skrócie omówiono w następujących rozdziałach.

3. AKTYWOWANE SPOIWA ANHYDRYTOWE KONSTRUKCYJNE

Wiązanie i twardnienie zaczynu z mączki anhydrytowej jest procesem bardzo powolnym (tablica 1), co uniemożliwia jego zastosowanie jako spoiwa w przemyśle węglowym. Przyspieszenie procesu wiązania i twardnienia zaczynu anhydrytowego jest możliwe i znane od wielu lat. Jest to jednak bardzo obszerny tematycznie problem a zarazem w kontekście dostępnej literatury wymagający pewnych wyjaśnień, uzupełnień a także pogłębienia. Wydaje się, że to zadanie częściowo spełniły badania zprezentowane w pracach [1-14, 19, 20, 26].

W badaniach tych potwierdzono, a przede wszystkim w wielu przypadkach konkretnie uściślono, wpływ różnorodnych aktywatorów na właściwości aktywowanej mączki anhydrytowej, uzyskując w ten sposób spoiwa o zróżnicowanych właściwościach pod względem czasu wiązania i doraźnej wytrzymałości

Tablica 1

Czasy wiązania niektórych aktywowanych spoiw anhydrytowych na bazie mączek anhydrytowych z Nowego Łądu i ZG "Konrad" [10, 20]

Aktywator	%	w:a	Czas wiązania (h) Nowy Łąd		Aktywator	w:a	Czas wiązania (h) ZG "Konrad"	
			początek	koniec			początek	koniec
bez aktywatora		0,20	20,00	42,00	bez	0,18	3,45	7,25
		0,25	30,00	71,00	bez	0,16	7,00	12,00
		0,30	46,00	106,00				
NaOH	2	0,26	0,20	0,10	1	0,22	0,45	1,20
	2	0,28	0,25	1,15	2	0,20	0,25	0,55
	2	0,30	0,30	1,40				
Na ₂ CO ₃	2	0,25	6,25	9,00	1	0,18	1,05	2,10
	2	0,27	6,75	9,75	2	0,16	0,55	1,45
	2	0,29	7,00	10,25				
Na ₂ HPO ₄	3	0,26	5,00	7,50	1	0,19	4,20	7,05
	3	0,28	5,50	8,25	2	0,17	1,40	2,35
	3	0,30	6,00	9,00				

na ściskanie. Potwierdzono także, że właściwości aktywowanego spoiwa anhydrytowego zależą od rodzaju i ilości dodanego aktywatora, od rodzaju mączki anhydrytowej, stosunku ciężarowego w:a (woda:anhydryt) oraz od warunków sezonowania próbek. W przypadku zastosowania wypełniacza spoiwa zależą także od jego rodzaju i ilości. Do badań i wdrożeń używano mączki anhydrytowej o jakości wg BN-65/6011-06 pochodzącej z KA w Nowym Łądzie. Niestety jakość tej mączki jest zmienna, co utrudniało badania i powtarzalność uzyskiwanych wyników.

Właściwości niektórych aktywowanych spoiw anhydrytowych przytoczono w tablicy 2, napełnianych gypsem anhydrytowym w tablicy 3, a żużlem topionym w tablicy 4.

Natomiast na rysunkach przedstawiono zmiany doraźnej wytrzymałości na ściskanie R_c w czasie t (dni) spoiwa anhydrytowego na bazie mączek z KA "Nowy Łąd" oraz ZG "Konrad" (wg tablicy 2) a w szczególności spoiwa anhydrytowego nieaktywowanego (rys. 1), spoiwa anhydrytowego aktywowanego NaOH (rys. 2), Na₂CO₃·10 H₂O (rys. 3) oraz Na₂HPO₄·12 H₂O (rys. 4).

Aktywowane spoiwa anhydrytowe dają w procesie tężenia dobre tworzywa konstrukcyjne, mogące pracować w warunkach powietrzno-suchych (65% wilgotności względnej), także w nieco bardziej wilgotnych. Jednakowoż w warunkach powietrza zawilgoconego (95% wilgotności względnej) obserwuje się spadek doraźnej wytrzymałości na ściskanie tworzyw anhydrytowych, niekiedy nawet znacznie poniżej 50% pierwotnej [10, 20].

Tablica 2

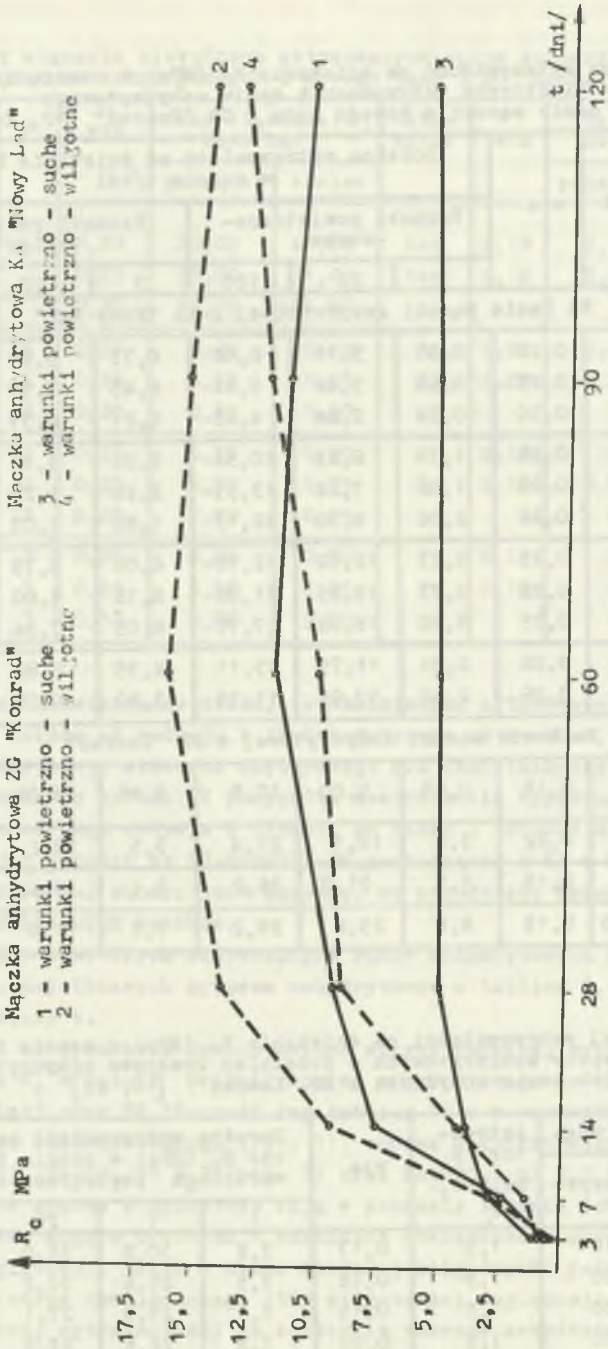
Doraźna wytrzymałość na ściskanie R_c (MPa) w czasie t/dni
niektórych aktywowanych spoiw anhydrytowych
na bazie mączki z Nowego Łądu i ZG "Konrad" [10, 20]

Aktywator	%	w:a	Doraźna wytrzymałość na ściskanie R_c (MPa) w czasie t/dni					
			Warunki powietrzno- -suche			Warunki powietrzno- -wilgotne		
			3	28	120	3	28	120
Na bazie mączki anhydrytowej z KA "Nowy Łąd"								
bez aktywatora		0,20	0,93	5,11	6,02	0,73	9,21	13,51
		0,25	0,60	3,61	5,44	0,45	7,77	12,53
		0,30	0,24	2,84	4,63	0,21	4,37	10,25
NaOH	1	0,26	1,79	6,25	10,34	2,05	3,81	10,83
	2	0,26	1,86	7,26	13,59	2,20	4,25	11,72
	3	0,26	2,06	8,30	12,13	1,80	4,03	15,15
Na ₂ CO ₃	1	0,25	9,73	12,70	12,70	6,05	8,75	8,80
	2	0,25	9,73	19,85	21,00	6,16	9,00	10,35
	3	0,25	9,30	18,02	19,70	6,05	7,94	9,50
Na ₂ HPO ₄	2	0,26	2,81	11,79	15,11	2,35	8,82	12,70
	3	0,26	2,60	10,65	11,19	3,60	6,78	8,99
Na bazie mączki anhydrytowej z ZG "Konrad"								
bez aktywatora		0,18	0,68	9,00	10,8	0,46	14,00	14,60
NaOH	2	0,22	3,8	18,1	21,4	3,5	10,2	11,8
Na ₂ CO ₃	2	0,18	5,7	21,0	26,2	5,4	9,4	9,3
Na ₂ HPO ₄	1,5	0,19	6,8	25,0	29,2	7,5	11,0	12,1

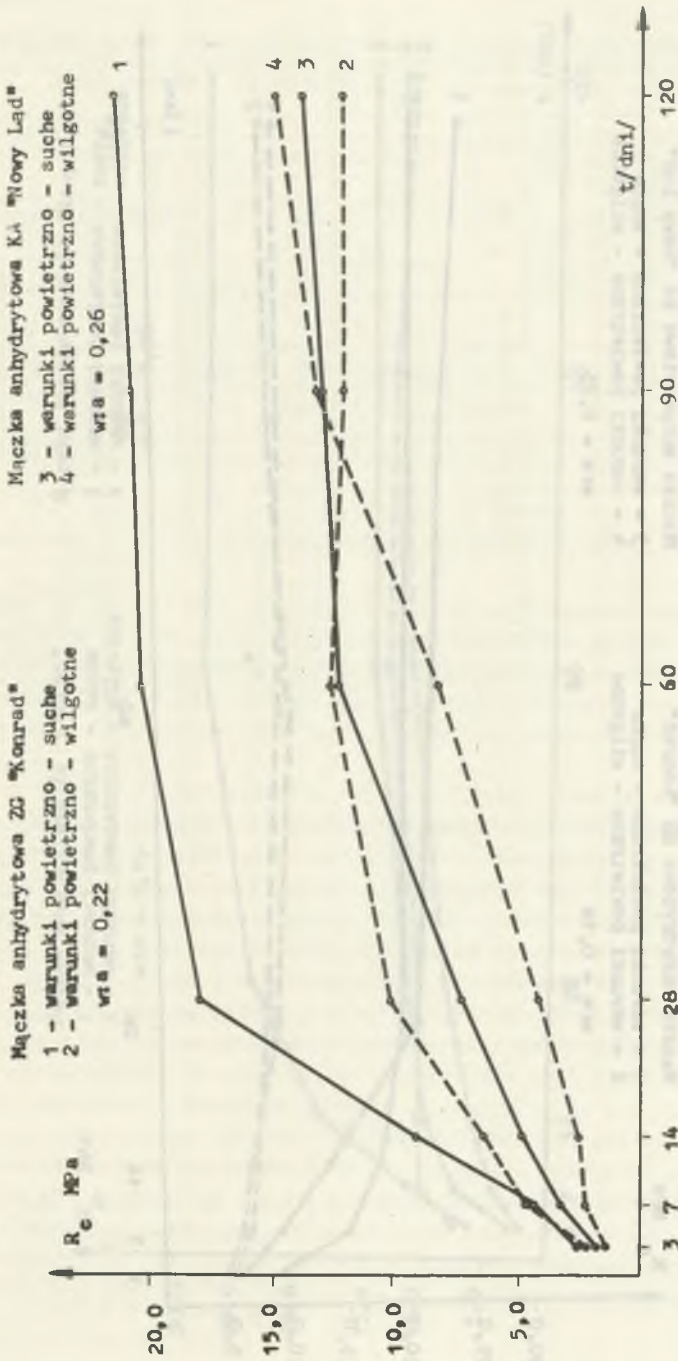
Tablica 3

Zmiana doraźnej wytrzymałości na ściskanie R_c (MPa) w czasie t(dni)
aktywowanych spoiw anhydrytowych z dodatkiem kruszywa anhydrytowego
(na bazie anhydrytu z ZG "Konrad") [10, 20]

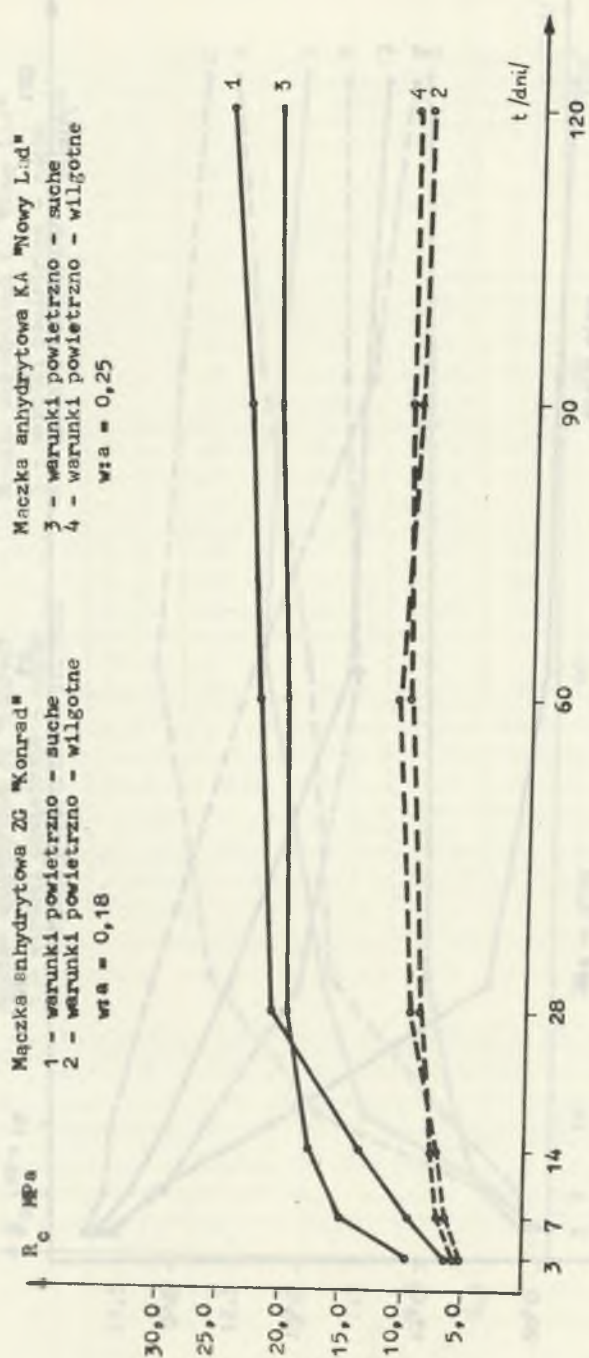
Zawartość w % wag.		Aktywator % Na ₂ HPO ₄	w:a	Doraźna wytrzymałość na ściskanie R_c (MPa) w czasie t dni w warunkach powietrzno-suchych			
Anhydryt	Kruszywo			1	7	28	90
90	10	1,5	0,17	7,8	30,8	31,0	31,0
80	20	1,5	0,18	7,5	25,6	30,2	31,2
70	30	1,5	0,19	7,3	25,0	27,1	27,4
60	40	1,5	0,20	7,8	22,6	23,5	23,6
50	50	1,5	0,22	10,0	17,3	21,0	21,0



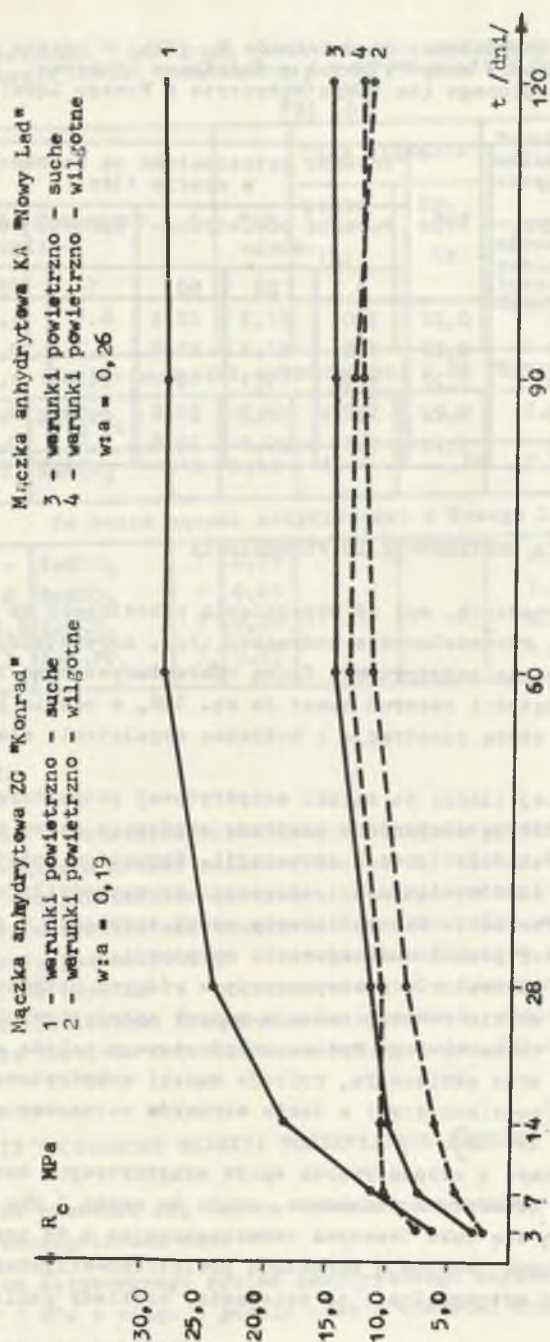
Rys. 1. Zmiana doraźnej wytrzymałości na ściskanie R_c w czasie t nieaktywowanego spoiwa anhydrytowego



Rys. 2. Zmiana doraźnej wytrzymałości na ściskanie R_c w czasie t spoiwa anhydrytowego aktywowanego wodorotlenkiem sodowym w ilości 2% NaOH



Rys. 3. Zmiana doraźnej wytrzymałości na ściskanie R_c w czasie t spoiwa anhydrytowego aktywowanego węglanem sodowym w ilości $2\% \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$



Rys. 4. Zmiana doróżnej wytrzymałości na ściskanie R_c w czasie t spoiwa anhydrytowego aktywowanego wodorofosforanem sodowym w ilości 1,5% $Na_2HPO_4 \cdot 12 H_2O$

Tablica 4

Zmiana doraźnej wytrzymałości na ściskanie R_c (MPa) w czasie t [dni] aktywowanych spoiw anhydrytowych z dodatkiem kruszywa w postaci żuźla topionego (na bazie anhydrytu z Nowego Łądu) [10, 20]

Zawartość w % wag.		Aktywator Na_2HPO_4 %	w:a	Doraźna wytrzymałość na ściskanie R_c (MPa) w czasie t (dni)					
anhydryt	żuźel			Warunki powietrzno-suche			Warunki powietrzno-wilgotne		
				3	28	60	3	28	60
90	10	1,5	0,22	7,0	22,3	22,4	6,9	11,0	11,3
80	20	1,5	0,22	5,8	21,4	21,5	3,7	10,3	10,6
70	30	1,5	0,22	3,9	19,1	19,7	3,0	11,5	12,4
60	40	1,5	0,22	3,7	19,9	20,6	3,0	10,8	11,0
50	50	1,5	0,22	5,1	20,2	20,6	3,7	10,8	10,9

4. EKSPANSYWNE SPOIWA ANHYDRYTOWE DO WYPEŁNIANIA

W niektórych przypadkach, np. do wypełniania przestrzeni za obudową, pustek w górotworze, doszczelnianie podsadzki itp., korzystniej jest stosować ekspansywne spoiwa anhydrytowe. Cechą charakterystyczną tych spoiw jest zwiększenie objętości zaczynu nawet do ok. 36%, w czasie procesu wiązania, co umożliwia dobrą penetrację i dokładne wypełnianie nimi pustych przestrzeni.

Dodatek niewielkiej ilości do mączki anhydrytowej aktywatora oraz substancji pełniącej funkcję ekspansora powoduje skrócenie czasu wiązania tego spoiwa i jego pęcznienie (proces ekspansji). Warunkiem podstawowym jest taka synchronizacja czasów wiązania i ekspansji by zachodziły one równocześnie, bowiem wyprzedzenie lub opóźnienie czasu ekspansji w stosunku do czasu wiązania niweczy praktycznie zjawisko ekspansji.

Przebadano wiele aktywatorów i ekspansorów w różnych układach jakościowo-ilościowych przy użyciu różnego rodzaju mączek anhydrytowych stwierdzając, że właściwości ekspansywnego spoiwa anhydrytowego zależą od rodzaju i ilości aktywatora oraz ekspansora, rodzaju mączki anhydrytowej, stosunku ciężarowego w:a (woda:anhydryt) a także warunków sezonowania próbek [1-4, 8-13, 19, 20, 23, 24].

Tworzywa otrzymywane z ekspansywnych spoiw anhydrytowych cechuje niewielka wytrzymałość doraźna na ściskanie, rzędu do około 3 MPa bowiem są one porowate. Nadają się jako tworzywa termoizolacyjne i do pracy w warunkach powietrzno-suchych, bowiem w warunkach powietrzno-wilgotnych następuje spadek doraźnej wytrzymałości na ściskanie, niekiedy poniżej 50% pierwotnej.

Tablica 5

Właściwości niektórych ekspansywnych spoiw anhydrytowych na bazie mączki anhydrytowej z ZG "Konrad" i Nowego Łądu [10, 20]

Aktywator	%	Ekspansor	%	w:a	Czas wiązania		Doraźna wytrzymałość na ściskanie R_{c28} (MPa)		Wielkość ekspansji %
					początek (h)	koniec (h)	warunki powietrzno-suche	warunki powietrzno-wilgotne	
Na bazie mączki anhydrytowej z ZG "Konrad"									
Na_2HPO_4	2	NaH_2PO_4	2	0,20	2,30	8,0	2,8	2,1	ok. 31
Na_2CO_3	2	$NaHCO_3$	2	0,19	1,10	1,55	2,8	1,8	ok. 35
Na bazie mączki anhydrytowej z Nowego Łądu									
-	-	$NaHCO_3$	1	0,25			2,4	0,6	ok. 36
Na_2CO_3	2	$NaHCO_3$	1	0,25			1,2	0,5	ok. 36
NaOH	0,5	$NaHCO_3$	2	0,26			2,9	0,9	ok. 32
Na_2HPO_4	3	NaH_2PO_4	3	0,25			1,8	1,0	ok. 29

5. WDROŻENIA

Prowadzone w ostatnich kilku latach wdrożenia spoiw anhydrytowych w przemyśle węglowym przedstawiono w skrócie w tablicy 6.

Do prac w kopalniach związanych z praktycznym zastosowaniem spoiw anhydrytowych wykorzystuje się urządzenia systemu Polko umożliwiające pracę linii transportu pneumatycznego i mieszania składników sypkich oraz mieszanie składników sypkich z ciekłymi w trakcie transportu i to w układzie ciągłym lub cyklicznym. Urządzenia te opracował, stale doskonalił i wdrażał do przemysłu Instytut Odlewnictwa w Politechnice Śląskiej.

6. AKTUALNIE PROWADZONE BADANIA POSZERZAJĄCE PROBLEM

Aktualnie prowadzi się dalsze badania poszerzające prezentowany problem, a w szczególności nad:

- uzyskaniem aktywowanego spoiwa anhydrytowego szybkotwardniejącego, tj. do $R_c \sim 5$ MPa w ciągu 5 godzin oraz o wysokiej końcowej doraźnej wytrzymałości na ściskanie,

- doborem skuteczniejszych aktywatorów i ekspansorów, przyspieszających proces wiązania i twardnienia oraz mających wpływ na wysoką końcową do-
razną wytrzymałość na ściskanie stwardniałego tworzywa,
- hydrofobizacją spoiw anhydrytowych,
- przydatnością złóż anhydrytu z rejonu wydobywczego ZG "Konrad" do pro-
dukcji spoiw anhydrytowych.

Tablica 6

Przykłady wdrożeń spoiw anhydrytowych w górnictwie

KWK	Zakres wdrożenia	Efekty ekonomiczne
Halemba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wtlaczanie spoiwa anhydrytowego w zroby zawałowe celem zmniejszenia zagrożenia pożarowego i metanowego 2. Wykonywanie torkretu osłonowego celem zmniejszenia zagrożenia pożarowego i metanowego 3. Doszczelnianie tam izolacyjnych i korków podsadzkowych anhydrytem ekspansywnym 	<p>Wyliczony efekt za rok 1982/83 wynosi:</p> <p>4.602.881,- zł</p>
Moszczenica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Wykonywanie anhydrytowego pasa podsadzkowego w chodnikach przyścianowych ścian zawałowych, celem ograniczenia samozapłonu węgla w zrobach i poprawy warunków wentylacyjnych w ścianie. Dodatkowym efektem jest znaczna poprawa utrzymania chodników przyścianowych i odzysk obudowy stalowej w 100% 2. Likwidacja wyrw i obwałów w chodnikach węglowych 	<p>Wyliczony efekt za rok 1983/84 wynosi:</p> <p>5.356.820,- zł</p>
Sośnica	Jak w KWK "Moszczenica"	<p>Przewidywany efekt za rok 1984/85 wyniesie:</p> <p>5.916.300,- zł</p>

W przedmiocie wdrożeń prowadzone są prace w dalszych kopalniach w identycznym zakresie jak w tablicy 6, a także prace przygotowawcze związane z budową tam przeciwybuchowych z aktywowanych spoiw anhydrytowych.

7. UWAGI

Wydaje się, że spoiwa anhydrytowe w krajowym górnictwie węglowym stanowią pewną nową technicznie jakość. Potwierdzają to dotychczasowe praktyczne doświadczenia, oparte o konkretne wdrożenia, a także osiągnięte przy tym wyraźne efekty ekonomiczne.

Oryginalną nową jakością jest ekspansywne spoiwo anhydrytowe, nadające się szczególnie do wypełniania, doszczelniania oraz jako tworzywo termoizolacyjne.

Zasadniczą przeszkodą w szerokim wykorzystaniu spoiw anhydrytowych w przemyśle węglowym jest:

- brak producenta spoiw anhydrytowych,
- brak producenta urządzeń systemu Polko, niezbędnych do wykonywania robót ze spoiwami anhydrytowymi.

W tym względzie potrzebne są pilnie określone ustalenia i działania.

LITERATURA

- [1] Janiczek S., Majchrzak R.: Badania przemysłowe zastosowania aktywowanych pyłów dymnicowych dla celów stabilizacji skał i podsadzki za obudową segmentową wyrobisk kapitalnych. Problem resortowy MGIE nr 115/4.4. Sprawozdanie etapowe. Pol. Śl. Gliwice 1976.
- [2] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Badania przemysłowe zastosowania aktywowanych pyłów dymnicowych dla celów stabilizacji skał i podsadzki za obudową segmentową wyrobisk kapitalnych. Problem resortowy MGIE nr 115/4.4. Sprawozdanie końcowe. Pol. Śl., Gliwice 1977.
- [3] Boryczko J.: Mineralne kompozyty ekspansywne oraz ich stosowanie w budownictwie górnicy. Praca doktorska. Pol. Śl., Gliwice 1978.
- [4] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Tworzywo ekspansywne do uszczelniania górotworu i wypełniania pustek w otoczeniu wyrobisk górniczych. Zesz. Nauk. Pol. Śl., Górnictwo nr 85, Gliwice 1978.
- [5] Janiczek S. i inni: Możliwości stosowania spoiw fosfogipsowych w budownictwie górnicy. Materiały Sympozjum - nowoczesne technologie w budownictwie górnicy. Katowice 1978.
- [6] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Popioło-gipsowy wysokoekspansywny kompozyt do likwidacji wyrobisk górniczych, pustek w górotworze i przestrzeni za obudową. Przegląd Górniczy Nr 7-8/1980.
- [7] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Opracowanie optymalnych składów spoiw, technologii ich wykonania oraz metod kontroli obszarów stabilizowanych skał w warunkach zwiększonych ciśnień deformacyjnych. Problem Resortowy MGIE nr 115/4.4. Sprawozdanie etapowe. Pol. Śl., Gliwice 1978.
- [8] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Opracowanie optymalnych składów spoiw, technologii ich wykonania oraz metod kontroli obszarów stabilizowanych skał w warunkach zwiększonych ciśnień deformacyjnych. Problem Resortowy MGIE nr 115/4.4. Sprawozdanie etapowe. Pol. Śl., Gliwice 1979.
- [9] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Opracowanie optymalnych składów spoiw, technologii ich wykonania oraz metod kontroli obszarów stabilizowanych skał w warunkach zwiększonych ciśnień deformacyjnych. Problem Resortowy MGIE nr 115/4.4. Sprawozdanie końcowe. Pol. Śl., Gliwice 1980.
- [10] Madaj M.: Wpływ wybranych aktywatorów i ekspansorów na niektóre właściwości mączki anhydrytowej w aspekcie zastosowania jej w górnictwie jako spoiwa ekspansywnego. Praca doktorska. Pol. Śl., Gliwice 1982.
- [11] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Wysokoekspansywne spoiwo anhydrytowe do torkretowania osłonowego w technice górniczej. Przegląd Górniczy nr 12/1980.

- [12] Janiczek S., J. Boryczko, R. Majchrzak: Mineralne kompozyty na osnowie aktywowanych popiołów lotnych w technice górniczej. Zeszyty Naukowe s. Górnictwo nr 107, Gliwice 1981.
- [13] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Aktywowane spoiwa anhydrytowe do wypełniania pustek poza obudową wyrobisk górniczych i torkretowa osłonowego w technice górniczej. Przegląd Górniczy nr 9/1082.
- [14] Janiczek S. i inni: Wykorzystanie spoiw anhydrytowych w budownictwie podziemnym kopalń. Materiały konferencyjne NOT, Kokotek 1983.
- [15] Majchrzak R.: Zastosowanie metod akustycznych do badania parametrów technicznych obudów murowych betonowych i ceglanych. Praca doktorska Pol. Śl., Gliwice 1979.
- [16] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Sposób pomiaru wytrzymałości i grubości obudowy murowej wyrobisk górniczych z zastosowaniem ultradźwiękowej metody. Przegląd Górniczy nr 6/1975.
- [17] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Ultradźwiękowa metoda propagacji pośredniej fal w pomiarze wytrzymałości górniczych obudów murowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo nr 106, Gliwice 1980.
- [18] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Badania laboratoryjne nad ultradźwiękową metodą "V" pomiaru wytrzymałości i grubości górniczych obudów betonowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo nr 461/1976.
- [19] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Wdrożenie i badania "in situ" spoiw ekspansyjnych dla utrzymania i ochrony wyrobisk górniczych w warunkach KWK "Halemba" oraz innych wytypowanych kopalń. Problem resortowy MGIE nr 119/4.3. Sprawozdanie etapowe. Pol. Śl., Gliwice 1982.
- [20] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Wdrożenia i badania in situ spoiw ekspansyjnych dla utrzymania i ochrony wyrobisk górniczych w warunkach KWK "Halemba" oraz innych wytypowanych kopalń (KWK "Moszczenica") Problem resortowy MGIE nr 119. Sprawozdanie etapowe. Pol. Śl., Gliwice 1983.
- [21] Chudek M., Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Ekspansywny środek związająca do wypełniania i stabilizacji podsadzki za obudową wyrobisk górniczych. Patenty PRL nr 108819.
- [22] Chudek M., Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Sposób wytwarzania zaprawy anhydrytowej. Patent PRL nr 118122.
- [23] Chudek M., Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Sposób wytwarzania porowatej zaprawy anhydrytowej. Patent PRL nr 118074.
- [24] Chudek M., Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Sposób wytwarzania porowatej zaprawy anhydrytowej. Patent PRL nr 118108.
- [25] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Badania laboratoryjne przydatności mączki anhydrytowej z ZG "Konrad" do celów budownictwa węglowego. Sprawozdanie z badań dla ZG "Konrad", Gliwice 1983.
- [26] Janiczek S., Majchrzak R. i inni: Wdrożenia i badania in situ spoiw ekspansyjnych dla utrzymania i ochrony wyrobisk górniczych w warunkach KWK "Halemba" oraz innych wytypowanych kopalń. Problem resortowy MGIE nr 119. Sprawozdanie końcowe (w opracowaniu) Pol. Śl., Gliwice 1984.
- [27] Janiczek S., Majchrzak R., Boryczko J.: Zastosowanie ultradźwiękowej metody propagacji pośredniej do badania wytrzymałości obudów szybowych. I Sympozjum "Nowe materiały budowlane w Polsce". Zarz. Oddz. ITB. Materiały Konferencyjne. Jachranka 1980.
- [28] Janiczek S., Boryczko J., Majchrzak R.: Kompozyty mineralne w technice górniczej. I Sympozjum: "Nowe materiały budowlane w Polsce". Zarz. Oddz. ITB. Materiały Konferencyjne, Jachranka 1980.

Recenzent: Doc. dr inż. Stanisław Ropski

Wpłynęło do Redakcji w październiku 1984 r.

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ АКТИВИРУЮЩИХ ЭКСПАНСИВНЫХ
АНГИДРИТНЫХ СВЯЗОК В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Резюме

В статье представлен обзор исследовательско-применительных достижений в области разработки и применения в угольной промышленности активированных (конструкционных) и экспансивных (пористых) ангидритных связок. Оговорены трудности возникающие в следствие неимущества изготовителя связок а также представлены работы, которые ведутся в настоящее время в этой области.

STUDIES ON THE APPLICATION OF ACTIVATED
AND EXPANSIVE ANHYDRITE BINDER IN THE
COAL INDUSTRY

Summary

The article contains chronological review of scientific achievements in describing and applying in the coal industry of the activated (structural) and expansive (porous) anhydrite binder. Difficulties resulting from the lack of a binder maker have been discussed, and the studies being carried out now over this problem have been presented.