ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1987

Seria: GÓRNICTWO z. 157 Nr kol. 934

Mirosław CHUDEK
Stanisław JANICZEK
Ryszard MAJCHRZAK
Marian MADAJ
Wojciech KLIMAS

Instytut Projektowania, Budowy Kopalń
i Ochrony Powierzchni Pol. Śl.

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII SPOIW ANHYDRYTOWYCH DO WYPEŁNIANIA PUSTEK PO WYRZUTACH GAZÓW I SKAŁ

Streszczenie. W pracy przedstawiono podstawowe parametry techniczne spoiw anhydrytowych na bazie mączki anhydrytowej jako spoiwa konstrukcyjnego, anhydrytu ziarnistego jako spoiwa o szybkich przyrostach wytrzymałości w czasie oraz spoiwa ekspansywnego z przeznaczeniem do wypełniania pustek przestrzeni. Spoiwa te znajdują praktyczne zastosowanie w kopalniach węgla kamiennego do:

- wykonywania anhydrytowych pasów podsadzkowych w rejonie chodników przyścianowych ścian zawałowych,
- uszczelniania i doszczelniania zrobów i skał w otoczeniu wyrobisk,
- wykonywania torkretu osłonowego,
- budowy tam i korków izolacyjnych,
- wypełniania pustek za obudową.

Praktyczne stosowanie spoiw anhydrytowych w górnictwie związane jest z zastosowaniem urządzeń do wytwarzania i transportu spoiwa o odpowiednich parametrach co do wydajności i odległości transportowej. Wymogi te spełniają urządzenia transportu pneumatycznego systemu "Polko", których podstawowe parametry techniczne zostały w artykule przedstawione. W zakończeniu artykułu omówiono możliwości zastosowania technologii spoiw anhydrytowych w kopalniach z zagrożeniem wyrzutami gazów i skał, szczególnie do wypełniania pustek po wyrzutach skał.

1. WPROWADZENIE

W Zakładzie Materiałoznawstwa w Górnictwie Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej w Gliwicach prowadzi się od 1976 r. badania nad zastosowaniem spoiw anhydrytowych w technice górniczej. W wyniku tych prac uzyskano i opatentowano grupę spoiw anhydrytowych na bazie mączki i grysu anhydrytowego [1]. Użytkowanie tych spoiw związane jest ze stosowaniem odpowiednich urządzeń umożliwiających ich transport na dużą odległość około 100 m, z dużymi wydajnościami dochodzącymi do około 10 m^3/h. Parametry te spełniają urządzenia transportu pneumatycznego systemu "Polko" opracowane w Instytucie Odlew-

nictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Prowadzone prace wdrożeniowe w Kopalniach Węgla Kamiennego wykazały przydatność zarówno spoiw anhydrytowych, jak i urządzeń transportu pneumatycznego systemu "Polko". W artykule przedstawiono koncepcję zastosowania technologii spoiw anhydrytowych do wypełniania pustek powstałych po wyrzutach gazów i skał.

2. PODSTAWOWE PARAMETRY TECHNICZNE SPOIW ANHYDRYTOWYCH

Dla potrzeb górnictwa podziemnego opracowano w Zakładzie Materiałoznawstwa w Górnictwie Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej w Gliwicach dwa rodzaje spoiw anhydrytowych aktywowanych za pomocą tanich i łatwo dostępnych w kraju aktywatorów i ekspansorów. Są to:

- spoiwa aktywowane,
- spoiwa ekspansywne.

Spoiwa aktywowane charakteryzują się wysoką doraźną wytrzymałością na ściskanie i mogą być używane jako materiał do celów konstrukcyjnych. Dzielę się z kolei na:

a) spoiwa aktywowane na bazie krajowej mączki anhydrytowej produkowanej zgodnie z BN-65/6011-06,
b) spoiwo aktywowane na bazie mączki anhydrytowej i grysu (kruszywa) anhydrytowego o odpowiednio dobranej granulacji.

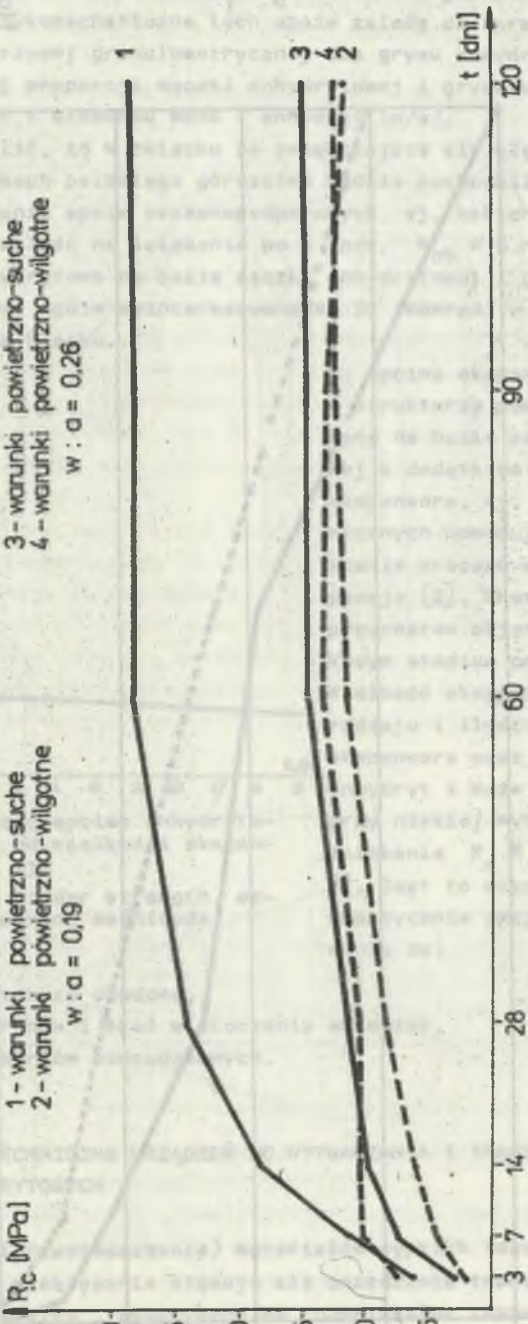
Aktywowane spoiwo anhydrytowe [3] na bazie mączki anhydrytowej charakteryzuje się ostateczną doraźną wytrzymałością na ściskanie $R_{c28} \cong 16-28$ MPa, w zależności od producenta (rys. 1), początkiem czasu wiązania w granicach 6-8 godz., a także dużą zdolnością penetracji środowiska. Zdolność penetracji zależy od stosunku w/a. Właściwości fizykomechaniczne tego spoiwa zależę od rodzaju mączki (producent), rodzaju i ilości aktywatora oraz stosunku woda : anhydryt (w/a).

Efekty techniczne i ekonomiczne stosowania tych spoiw w kopalniach węgla wykazały całkowitą ich przydatność do:

- wykonywania anhydrytowych pasów podsadzkowych (KWK "Moszczenica", KWK "Anna" i KWK "Borynia"),
- uszczelniania i doszczelniania zrobów i skał w otoczeniu wyrobisk (KWK "Halemba"),
- wykonywania torkretu osłonowego (KWK "Anna"),

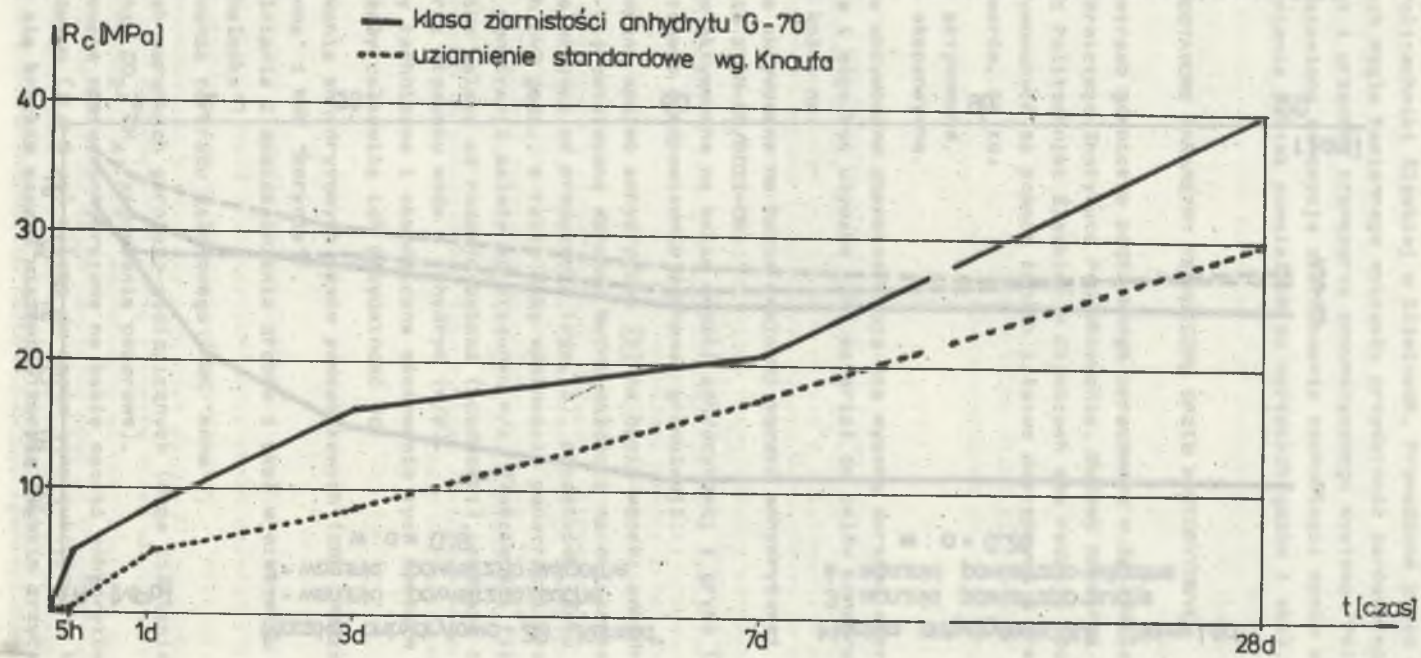
w trudnych warunkach górniczo-geologicznych (duże ciśnienie górotworu, wydzielania CO_2, CH_4, zagrożenia pożarowe).

Aktywowane spoiwa anhydrytowe na bazie mączki anhydrytowej i grysu anhydrytowego ($\phi < 8$ mm) należę do spoiw konstrukcyjnych, które charakteryzuję się krótkim czasem wiązania, bardzo szybkim przyrostem doraźnej



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

Fig. 1. Change of immediate compressive strength R_c in time t of anhydrite binder activated by sodium hydrogen phosphate in amount 1,5% $Na_2HPO_4\ 12\ H_2O$



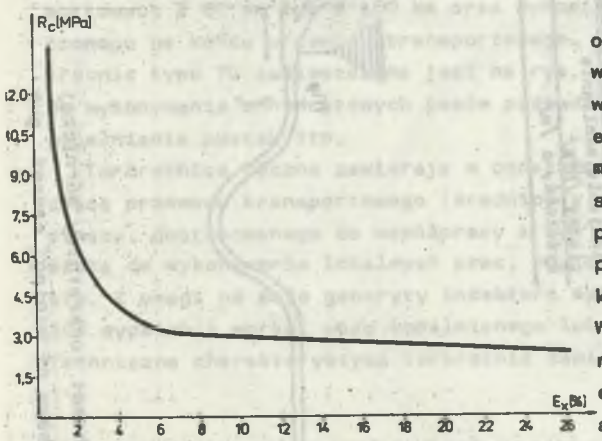
Rys. 2. Doraźna wytrzymałość anhydrytu ziarnistego z ZG "Konrad" aktywowanego siarczanem żelazawym $FeSO_4 \cdot H_2O$ i siarczanem potasowym K_2SO_4, przy ogólnej ilości aktywatorów 1,5% w stosunku do wagi anhydrytu (aktywator wg patentu firmy Knauf)

Fig. 2. Immediate strength of grain anhydrite from "Konrad" mining works activated by iron sulphate $FeSO_4 \cdot H_2O$ and potassium sulphate K_2SO_4 at a general number of activator 1,5% in relation to anhydrite weight (activator according to the patent of Kanuf's firm)

wytrzymałości na ściskanie w czasie ($R_{c5h} \cong 5$ MPa) oraz wysoką ostateczną doraźną wytrzymałością na ściskanie $R_c \cong 40$ MPa (rys. 2).

Właściwości fizykomechaniczne tych spoiw zależą od: prawidłowego (właściwego) doboru krzywej granulometrycznej dla grysu anhydrytowego, odpowiedniej wzajemnej proporcji mączki anhydrytowej i grysu anhydrytowego i ilości aktywator i stosunku woda : anhydryt (w/a).

Należy podkreślić, że w związku ze zwiększającą się głębokością eksploatacji w warunkach polskiego górnictwa będzie zachodziła konieczność szerokiego stosowania spoiw wczesnopodporowych, tj. takich, które uzyskują doraźną wytrzymałość na ściskanie po 5 godz. $R_{c5} \cong 5$ MPa, a do nich należą spoiwa anhydrytowe na bazie mączki anhydrytowej i grysu anhydrytowego. Produkcja ww. spoiw zainteresowane są ZG "Konrad" w Iwinach k. Bolesławca na Dolnym Śląsku.



Rys. 3. Wytrzymałość spoiwa anhydrytowego w zależności od wielkości ekspansji

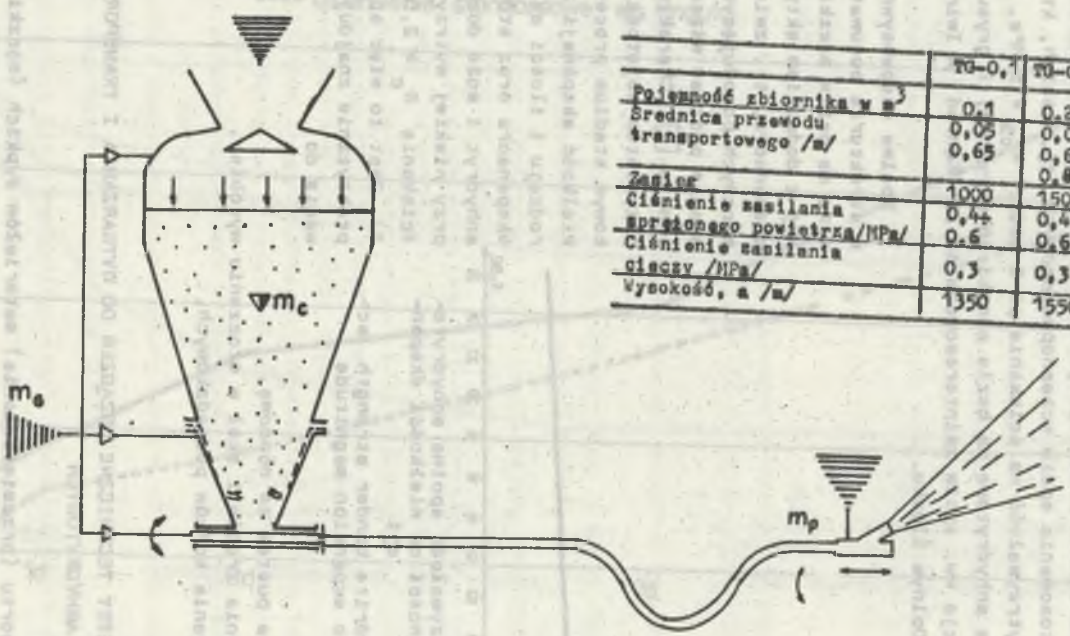
Fig. 3. Anhydrite binder strength according to expansion magnitude

Spoiwa ekspansywne to spoiwa o strukturze porowatej uzyskiwane na bazie mączki anhydrytowej z dodatkiem aktywatora i ekspansora, tj. związków chemicznych powodujących przyśpieszanie procesu wiązania i ekspansję [2]. Charakteryzują się przyrostem objętości w początkowym stadium procesu wiązania. Wielkość ekspansji zależy od rodzaju i ilości aktywatora i ekspansora oraz stosunku woda/anhydryt i może dochodzić do 30% przy niskiej wytrzymałości na ściskanie $R_c \cong 2{,}0$ MPa (rys. 3). Jest to więc spoiwo, które praktycznie znajduje zastosowanie do:

- wypełniania pustek za obudową,
- uszczelniania zrobów i skał w otoczeniu wyrobisk,
- doszczelniania korków podsadzkowych.

3. PARAMETRY TECHNICZNE URZĄDZEŃ DO WYTWARZANIA I TRANSPORTU SPOIW ANHYDRYTOWYCH

Do transportu (przemieszczania) materiałów sypkich (mączki anhydrytowej i aktywatora) praktycznie stosuje się urządzenia transportu pneumatycznego systemu "Polko", wykonywane na indywidualne zamówienia w Centralnej Stacji Diagnozy i Badań Transportu Pneumatycznego Instytutu Odlewnictwa Politechniki Śląskiej w Gliwicach.



	TG-0,1	TG-0,25	TG-0,4
Pojemność zbiornika w m^3	0,1	0,25	0,4
Średnica przewodu transportowego /m/	0,05 0,65	0,05 0,65 0,8	0,5 0,65 0,8
Zasięg	1000	1500	1500
Ciśnienie zasilania sprężonego powietrza/MPa/	0,4÷ 0,6	0,4÷ 0,6	0,4÷ 0,6
Ciśnienie zasilania cieczy /MPa/	0,3	0,3	0,3
Wysokość, a /m/	1350	1550	1800

Rys. 4. Schemat torkretnicy górniczej

Fig. 4. Scheme of mining cement gun

Opracowane urządzenia charakteryzują się dużą niezawodnością działania, prostotą i zwartością konstrukcji oraz ekonomicznością pracy. Umożliwiają pracę linii transportu i mieszanie w układzie ciągłym lub cyklicznym.

Przyjmując jako kryterium sposób nadawy materiału sypkiego, można urządzenie podzielić na:

- ciśnieniowe (TG - torkretnice górnicze) o pojemnościach zbiorników 0,1-0,25 i 0,4 m^3 oraz w układzie "tandem",
- inżekcyjne (TR - rorkretnice ręczne) współpracujące z przewodami transportowymi Ø 40 mm i Ø 50 mm.

Torkretnice górnicze oznaczone symbolem TG składają się ze zbiornika ciśnieniowego, obliczonego na ciśnienie robocze 0,8 MPa, przewodów transportowych Ø 80 mm lub Ø 100 mm oraz dynamicznego dozownika cieczy umieszczonego na końcu przewodu transportowego. Charakterystyka techniczna torkretnic typu TG zamieszczona jest na rys. 4. Torkretnice tego typu służą do wykonywania anhydrytowych pasów podsadzkowych, torkretu osłonowego, wypełniania pustek itp.

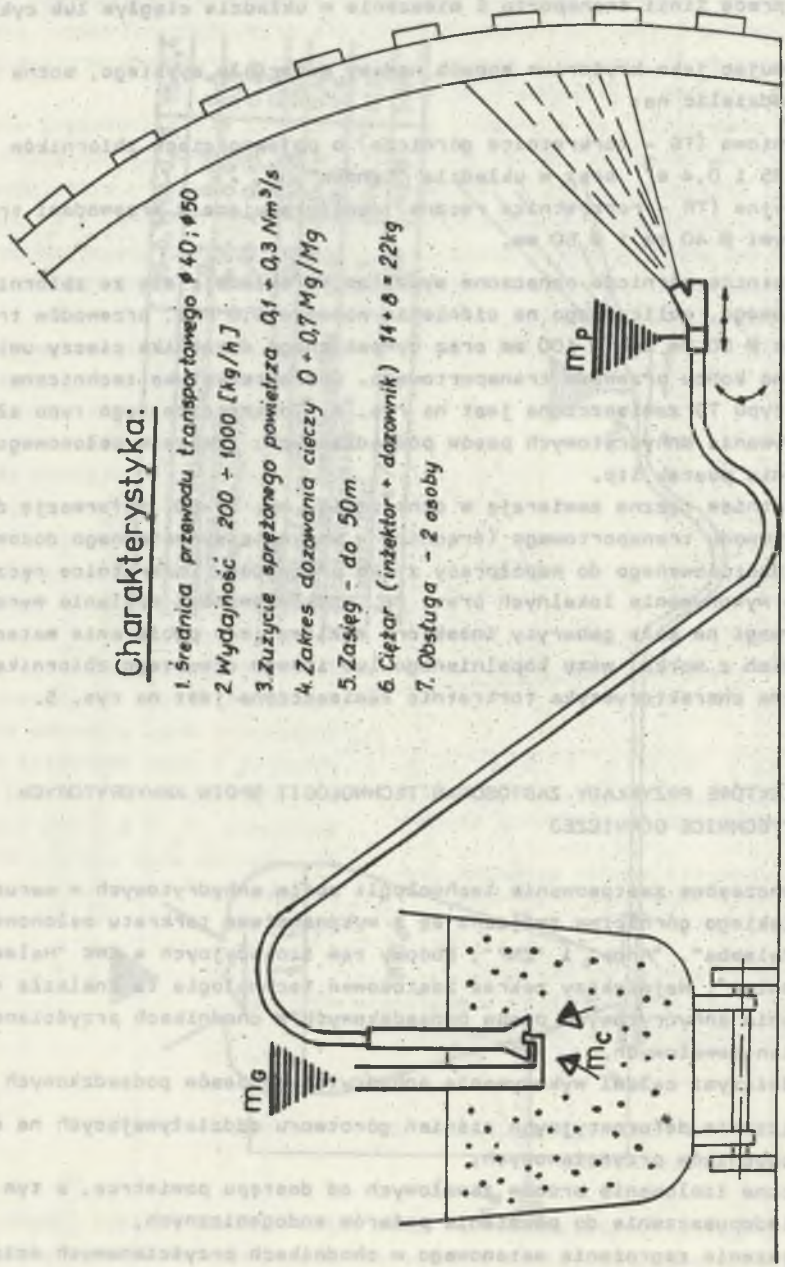
Torkretnice ręczne zawierają w oznaczeniu, np. TR-50, informację dotyczącą przewodu transportowego (średnica w mm) oraz dynamicznego dozownika cieczy, dostosowanego do współpracy z tym przewodem. Torkretnice ręczne służą do wykonywania lokalnych prac, np. torkretowania, opylania wyrobisk itp. Z uwagi na małe gabaryty inżektora możliwe jest pobieranie materiałów sypkich z worka, wozu kopalnianego lub innego otwartego zbiornika. Techniczna charakterystyka torkretnic zamieszczona jest na rys. 5.

4. NIEKTÓRE PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ TECHNOLOGII SPOIW ANHYDRYTOWYCH W TECHNICE GÓRNICZEJ

Dotychczasowe zastosowania technologii spoiw anhydrytowych w warunkach polskiego górnictwa związane są z wykonawstwem torkretu osłonowego w KWK "Halemba", "Anna" i "ZMP", budowy tam izolacyjnych w KWK "Halemba", "Moszczenica". Największy zakres zastosowań technologia ta znalazła do wykonywania anhydrytowych pasów podsadzkowych w chodnikach przyścianowych ścian zawałowych.

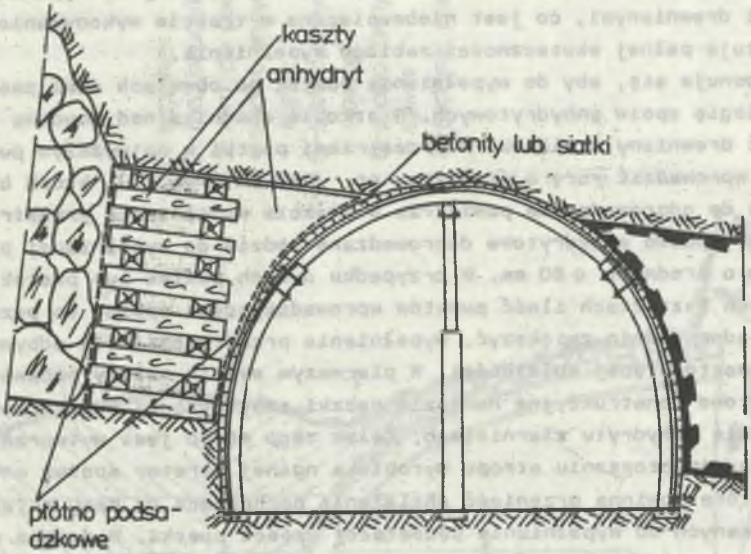
Zasadniczymi celami wykonywania anhydrytowych pasów podsadzkowych są:

- ograniczenie deformacyjnych ciśnień górotworu oddziaływających na obudowę chodników przyścianowych,
- skuteczne izolowanie zrobów zawałowych od dostępu powietrza, a tym samym niedopuszczenie do powstania pożarów endogenicznych,
- zmniejszenie zagrożenia metanowego w chodnikach przyścianowych ścian zawałowych,
- uzyskanie poprawy warunków przewietrzania w ścianie.



Rys. 5. Torkretnica górniczа ręczna TR-50
Fig. 5. Hazard mining cement gun TR-50

Ustalono, że szerokość pasa anhydrytowego Lp powinna wynosić Lp = = (0,5-0,6)h, gdzie h jest wysokością ściany. Od strony zawału układany jest stos podporowy o wymiarach 1,25 x 1,25 m ze starych podkładów kolejowych (rys. 6). Puste przestrzenie stosu oraz przestrzeń pomiędzy stosem podporowym a obudową ŁP chodnika wypełniane są aktywowanym spoiwem anhydrytowym; charakterystykę wytrzymałościową tego spoiwa przedstawiono na rys. 1.



Rys. 6. Sposób izolacji zrobów ściany z zastosowaniem pasa anhydrytowego

Fig. 6. Method of goaf isolation with application of anhydrite zone

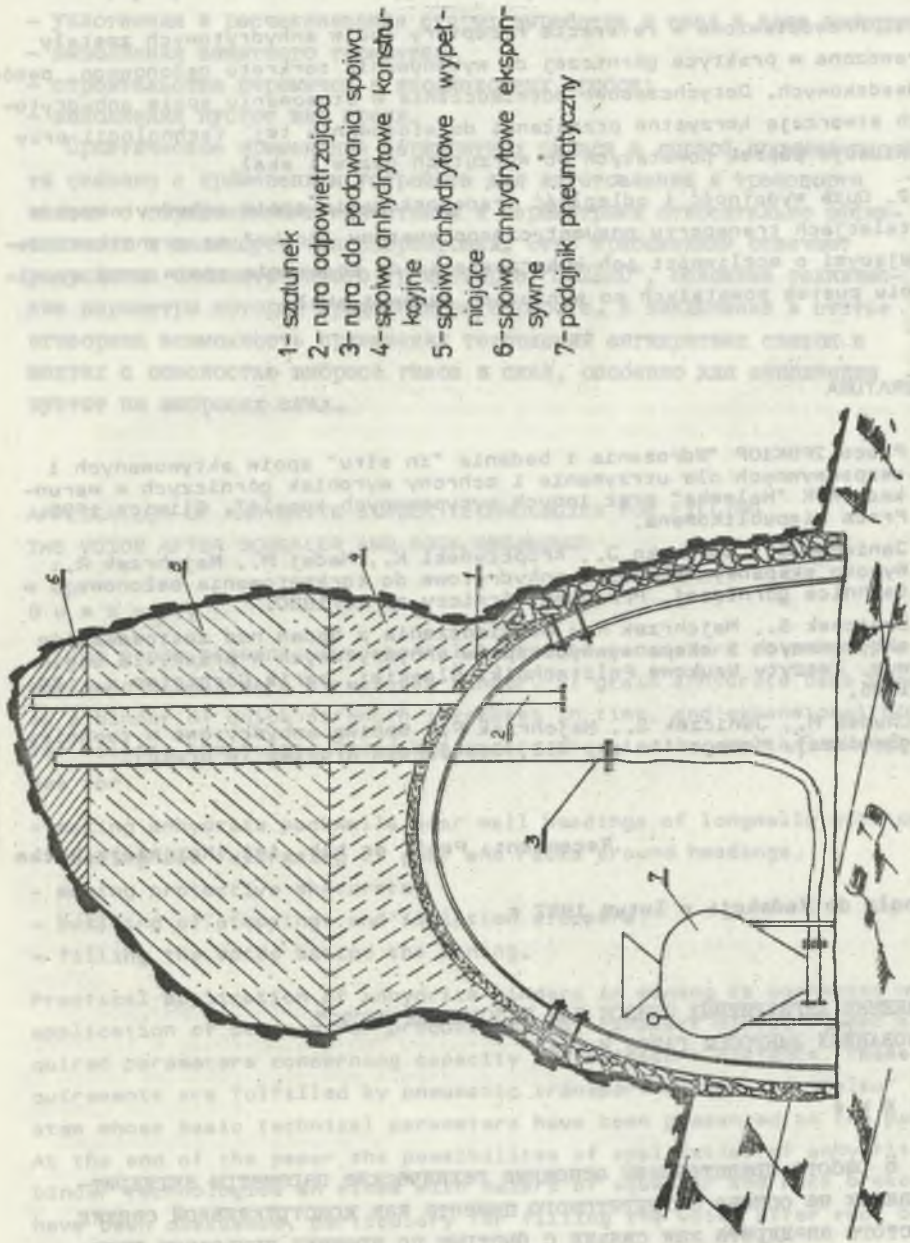
Do wykonania wygrodzenia dla pasa anhydrytowego zarówno od strony zawału, jak i chodnika stosowany jest ekran z płótna podsadzkowego. Spoiwo anhydrytowe wtłaczano od czoła ściany lub od strony chodnika w zależności od sytuacji w przodku ściany. Dotychczasowe przykłady zastosowań technologii anhydrytowych pasów podsadzkowych w kopalniach "Moszczenica", "Anna", "Borynia", "Pokój" wykazały przydatność tej technologii w warunkach górnictwa. Występująca w polskim górnictwie konieczność zwiększania głębokości pokładów węgla i związane z tym większe i szybciej następujące ciśnienia deformacyjne stawiają przed konstrukcjami pasów podsadzkowych konieczność stosowania spoiw anhydrytowych o szybkich przyrostach wytrzymałości w czasie. Wymóg ten spełniają spoiwa anhydrytowe na bazie mączki anhydrytowej i grysu anhydrytowego; parametry wytrzymałościowe tego spoiwa przedstawiono na rys. 2.

5. MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII SPOIW ANHYDRYTOWYCH W KOPALNIACH Z ZAGROŻENIEM WYRZUTAMI GAZÓW I SKAŁ

W kopalniach z zagrożeniem wyrzutami gazów i skał istotnym problemem jest wypełnianie powstałych w trakcie wyrzutów pustek. Działania te są prowadzone w celu wyeliminowania dalszych obwałów w rejonie pustki oraz mają na celu uniemożliwienie gromadzenia się w nich gazów. Dotychczasowe metody wypełniania pustek sprowadzały się najczęściej do wypełniania ich stosami drewnianymi, co jest niebezpieczne w trakcie wykonywania i nie gwarantuje pełnej skuteczności zabiegu wypełniania.

Proponuje się, aby do wypełniania pustek po obwałach skał zastosować technologię spoiw anhydrytowych. W stropie chodnika nad obudowę należy wykonać drewniany szalunek. W przestrzeni pustki w najwyższym punkcie należy wprowadzić rurę o średnicy, np. ϕ 80 mm (rys. 7), która będzie służyła do odprowadzania powietrza w trakcie wypełniania przestrzeni spoiwem. Spoiwo anhydrytowe doprowadzane będzie do wypełnianej przestrzeni rurą o średnicy ϕ 80 mm. W przypadku dużych pustek lub pustek o nieregularnych kształtach ilość punktów wprowadzających spoiwo do przestrzeni należy odpowiednio zwiększyć. Wypełnianie przestrzeni może odbywać się według następującej kolejności. W pierwszym etapie należy podawać spoiwo anhydrytowe konstrukcyjne na bazie mączki anhydrytowej lub korzystniej - na bazie anhydrytu ziarnistego. Celem tego etapu jest wytworzenie w bezpośrednim otoczeniu stropu wyrobiska nośnej warstwy spoiwa anhydrytowego, która powinna przenieść obciążenia pochodzące od masy materiałów zastosowanych do wypełniania pozostałej części pustki. W drugim etapie należy podawać spoiwo anhydrytowe na bazie mączki anhydrytowej, a w celu obniżenia kosztów zabiegu można stosować wypełniacze w postaci żużla lub piasku w stosunku 1:4. Podawane w tym etapie spoiwo stanowi zasadniczą część wypełnienia pustej przestrzeni i nie są tu wymagane wysokie parametry wytrzymałościowe. W trzecim etapie proponuje się podawanie anhydrytowego spoiwa ekspansywnego o ekspansji w granicach 30% w celu dokładnego doszczelnienia wypełnionej przestrzeni. Do podawania spoiwa anhydrytowego należy stosować urządzenia transportu pneumatycznego systemu "Polko" typu TG.

Regulacja dopływu wody powinna być zlokalizowana na podłączeniu dyszy wylotowej instalacji transportu pneumatycznego do rury podającej spoiwo do podsadzanej przestrzeni. Przed rozpoczęciem podsadzania instalację transportu pneumatycznego należy wyregulować tak, aby uzyskać plastyczną konsystencję spoiwa anhydrytowego na jej wylocie. Instalacja transportu pneumatycznego może być wykonana w wersji stacjonarnej i podawać spoiwo anhydrytowe na znaczne odległości do około 1500 m lub przewożonej, zamontowanej na podwoziu wozu kopalnianego. Duża wydajność instalacji dochodząca do 8 m^3/h spoiwa gwarantuje skutecznie podsadzanie pustek o dużych objętościach.



Rys. 7. Wypełnianie pustki z zastosowaniem technologii spoiw anhydrytowych

Fig. 7. Filling the void with application of anhydrite binder technologies

6. WNIOSKI

1. Przedstawione w referacie receptury spoiw anhydrytowych zostały sprawdzone w praktyce górniczej do wykonywania torkretu osłonowego, pasów podsadzkowych. Dotychczasowe doświadczenia w stosowaniu spoiw anhydrytowych stwarzają korzystne przesłanki do stosowania tej technologii przy likwidacji pustek powstałych po wyrzutach gazów i skał.

2. Duża wydajność i odległość transportowania spoiw anhydrytowych w instalacjach transportu pneumatycznego systemu "Polko" są czynnikami decydującymi o możliwości ich wykorzystania do podawania spoiw przy wypełnianiu pustek powstałych po wyrzutach gazów i skał.

LITERATURA

[1] Prace IPBKiOP "Wdrożenia i badania "in situ" spoiw aktywowanych i ekspansywnych dla utrzymania i ochrony wyrobisk górniczych w warunkach KWK "Halemba" oraz innych wytypowanych kopalń". Gliwice 1985. Praca niepublikowana.

[2] Janiczek S., Boryczko J., Kropczyński K., Madaj M., Majchrzak R.: Wysoko ekspansywne spoiwo anhydrytowe do torkretowania osłonowego w technice górniczej. Przegląd Górniczy nr 12/1980.

[3] Janiczek S., Majchrzak R.: Doświadczenia z badań nad zastosowaniem aktywowanych i ekspansywnych spoiw anhydrytowych w przemyśle węglowym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria Górnictwo z. 134, 1985.

[4] Chudek M., Janiczek S., Majchrzak R.: Spoiwa anhydrytowe w technice górniczej. Monografia cz. III, Ossolineum Wrocław (w druku).

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Rułka

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1987 r.

ПРИМЕНЕНИЕ АНГИДРИТНЫХ СВЯЗОК ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ПУСТОТ ОБРАЗОВАННЫХ ВЫБРОСОМ ГАЗОВ И СКАЛ

Р е з ю м е

В работе представлены основные технические параметры ангидритных связок на основе ангидритового цемента как конструктивной связки, зернистого ангидрита как связки с быстрым по времени приростом прочности, а также экспансивных связок, предназначенных для заполнения пустот в пространстве. Эти связки на практике применяются в каменноугольных шахтах для :

- выполнения ангидритных бутовых закладок в зоне прилавовых штреков лавы, разрабатываемой с обрушением кровли;
- уплотнения и расчеканивания старых выработок и скал в зоне выборки,
- выполнения защитного торкрета;
- строительства перемычек и изоляционных пробок;
- заполнения пустот вне крепи.

Практическое применение ангидритных связок в горной промышленности связано с применением устройств для изготовления и транспорта связок с определёнными качествами и параметрами относительно эффективности и дальности транспортировки. Этим требованиям отвечают устройства пневматического транспорта "ПОЛЬКО", основные технические параметры которых представлены в работе. В заключение в статье оговорена возможность применения технологии ангидритных связок в шахтах с опасностью выброса газов и скал, особенно для заполнения пустот по выбросах скал.

APPLICATION OF ANHYDRITE BINDER TECHNOLOGIES FOR FILLING THE VOIDS AFTER SQUEALER AND ~~ROCK BREAKOUT~~

S u m m a r y

The paper presents fundamental technical parameters od anhydrite powder base binder as a structural binder, of grain anhydrite base binder as a binder of quick strength increases in time, and expansional binder for filling the voids. These binder are practically applied in coal mines for:

- making anhydrite packwalls near wall headings of longwalls with caving,
- sealing and fullrering of goaf and rocks around headings,
- making protective shotcrete,
- building of stoppings and isolation stoppers,
- filling the voids behind the lining.

Practical application of anhydrite binders in mining is connected with application of devices for production and transport of the binder of required parameters concerning capacity and transport distance. These requirements are fulfilled by pneumatic transport devices of "Polko" system whose basic technical parameters have been presented in the paper. At the end of the paper the possibilites of application of anhydrite binder technologies in mines with hazard of squealer and rock brekout have been discussed, particulary for filling the voids after rock breakout.