

Marian **MADAJ**  
Ryszard **MAJCHRZAK**  
Wojciech **KLIMAS**  
Instytut Geomechaniki,  
Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni  
Politechniki Śląskiej, Gliwice

## **WYKORZYSTANIE ODPADÓW W POSTACI ŻUŻLA POMIEDZIOWEGO Z HUTY "GŁOGÓW" DO POWIĄZANIA OBUDOWY Z GÓROTWOREM W WARUNKACH Z.G. "RUDNA"**

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych materiałów wiążących powstałych na bazie żużla pomiedziowego z Huty "Głogów" z dodatkiem anhydrytu mielonego z Z.G. "Konrad" i aktywatora siarczanowego. Poprzez zmianę wzajemnych proporcji żużla pomiedziowego i anhydrytu uzyskano spoiwa o zróżnicowanych parametrach wytrzymałościowych. Spoiwa te mogą znaleźć praktyczne zastosowanie w budownictwie podziemnym jako materiały konstrukcyjne lub wypełniające. Przedstawiono także urządzenia transportu pneumatycznego systemu "Polko" służące do przemieszczania uzyskanego spoiwa w warunkach dołowych Z.G. "Rudna", a zapewniające jego optymalne parametry techniczne.

## **UTILIZATION OF THE COPPERY SLAG WASTE FROM THE "GŁOGÓW" STEELWORKS IN BINDING TIMBERING AND ROCK MASS, IN CONDITIONS OFFERED BY COPPER MINE "RUDNA"**

**Summary.** The paper presents results of laboratory testing of binding materials produced on the basis of copper slag industrial waste from Steel-works "Głogów", with such additives as ground anhydride from Copper Mine "Konrad" and sulfate activator. The binders, characterized by varied strength parameters, have been constructed through mutual proportion change of coppery slag and anhydride. The binders can be practically

utilized in underground building as construction materials or filling material. The paper also presents pneumatic transport facilities of "Polko" system with can be used to relocate acquired binders in underground conditions offered by Coal Mine "Rudna", and with can assure optimal technical parameters.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ В ВИДЕ ШЛАКА МЕДНОЙ ПЛАВКИ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМБИНАТА "ГЛОГУВ" ДЛЯ СОЕДИНЕНИЯ КРЕПИ С ГОРНЫМ МАССИВОМ В УСЛОВИЯХ "РУДНА"

**Резюме.** В статье представляются результаты лабораторных исследований схватывающих материалов, возникших на основе промышленных отходов в виде шлака медной плавки из металлургического комбината "Глогув", с примесью молотого ангидрита из горного предприятия "Конрад" и сульфатного активатора. Путём изменения взаимных пропорции шлака медной плавки и ангидрита, были получены вяжущие материалы с неоднородными прочностными параметрами. Эти вяжущие материалы могут найти практическое применение в подземном строительстве как конструкционные материалы или закладочные в статье представляются тоже средства пневматического транспорта для подачи полученного вяжущего материала в подземных условиях горного предприятия "Рудна", обеспечивающие его оптимальные технические параметры.

### WPROWADZENIE

Sposób zagospodarowania w wyrobiskach podziemnych energetycznych, górniczych i hutniczych odpadów przemysłowych zależy od postaci, w jakiej występują (odpady stałe, ścieki), ich właściwości oraz zagrożeń, jakie stwarzają dla środowiska naturalnego. Każdy rodzaj odpadów wymaga jednak odrębnego rozpatrzenia w aspekcie możliwości jego utylizacji w górnictwie podziemnym.

Aktualnie można wyróżnić następujące zasadnicze kierunki zagospodarowania odpadów przemysłowych w wyrobiskach górniczych:

- lokowanie (deponowanie) odpadów w wybranych nieczynnych wyrobiskach (popioły lotne),
- wykorzystanie odpadów do wykonywania podsadzki utwardzanej (mieszaniny popiołów lotnych i odpadów poflotacyjnych itp.),
- doszczelnianie zrobów zawalowych i wykonywanie podsadzki suchej.
- wykorzystanie odpadów do produkcji materiałów wiążących (spoiw).

W artykule przedstawiono możliwości uzyskania na bazie lokalnych odpadów przemysłowych spoiwa do wypełniania przestrzeni pomiędzy obudową a górotworem. Materiałem bazowym jest anhydryt mielony produkowany przez Z.G. "Konrad" w Iwinach k. Bolesławca z dodatkiem lokalnych odpadów przemysłowych w postaci żużla pomiedziowego z Huty "Głogów". Zaprezentowano także technologię wypełniania pustek za obudową z wykorzystaniem urządzeń transportu pneumatycznego systemu "Polko".

Najczęściej stosowany sposób drażenia i utrzymywania wyrobisk korytarzowych z zastosowaniem wykładki kamiennej lub drewnianej ma wiele wad, do których można zaliczyć [1÷7]:

- dużą ściśliwość wykładki skalnej, dochodzącą do 60%, która jest przyczyną spękania górotworu i powoduje utratę jego samonośności oraz doprowadza do niekorzystnego punktowego obciążenia obudowy,
- niski współczynnik wypełnienia,
- mała stabilność,
- brak możliwości mechanizacji wykonywania wykładki, co powoduje dużą pracochłonność.

Problem występuje szczególnie w kopalniach o dużych głębokościach i w warunkach zwiększonych ciśnień deformacyjnych górotworu.

Luźna wykładka powoduje bardzo szybką utratę samonośności calizny skalnej wokół wyrobiska, co wywołuje koncentrację naprężeń wokół nierównomiernie obciążonej obudowy. Aby poprawić współpracę obudowy chodnikowej z górotworem, najkorzystniejsze jest wykonanie między wylomem chodnika a obudową szczelnej wykładki z materiałów wiążących o odpowiedniej wytrzymałości, bezpośrednio w przodku podczas jego drażenia. Tak wykonana wykładka powoduje natychmiastowy kontakt na całym obwodzie wyrobiska, co zapobiega spękaniu górotworu i umożliwia wykorzystanie jego samonośności. Równomierne rozłożenie obciążeń górotworu na obudowę pozwala na co najmniej trzykrotne zwiększenie jej nośności [11].

Właściwe wypełnianie pustek za obudową wyrobisk korytarzowych z zastosowaniem spoiw o wytrzymałości około 3 MPa ma bardzo istotne znaczenie dla utrzymania trwałości wyrobiska, stabilizacji wykładki za obudową, zapobiegania spękaniu skał wokół wyrobiska i gromadzeniu się gazów za obudową, a także [1÷7]:

- zmniejszenia konwergencji chodnika i deformacji obudowy,
- lepszego opanowania ciśnień w wyrobisku,
- zwiększenia stateczności wyrobiska i jego odporności,
- zmniejszenia nakładów na utrzymanie chodnika,
- skrócenia czasu rabowania obudowy chodnikowej przy mniejszej deformacji,
- możliwości wielokrotnego zastosowania obudowy.

Zastosowanie spoiw o wytrzymałości około 3,0 MPa [5] wraz z urządzeniami transportu pneumatycznego systemu "Polko" umożliwia wykonanie szczelnej wykładki między wylomem a obudową. Technologia wypełniania powinna być dostosowana do lokalizacji i objętości wypełnianych przestrzeni oraz do szybkości wiązania spoiw.

## BADANIA LABORATORYJNE

W badaniach laboratoryjnych wykorzystano następujące materiały:

- anhydryt mielony z Z.G. "Konrad" o składzie chemicznym przedstawionym w tabl.1 i gęstości pozornej  $G_p = 1,71 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ . Głównym składnikiem fazowym jest anhydryt II, który powinien zawierać co najmniej 90%  $\text{CaSO}_4(\text{II})$ .
- aktywator siarczanowy,
- wypełniacz: żużel pomiedziowy z Huty "Głogów", powstający w wyniku topnienia koncentratów miedziowych w piecach szybowych. Żużle pomiedziowe posiadają charakter kwaśny, zasadniczymi ich składnikami są  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i żelazo w postaci  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  i  $\text{FeO}$ . Zawierają do 8%  $\text{MgO}$  i około 1% siarki.

Tablica 1

Skład chemiczny anhydrytu mielonego Z.G. "Konrad"

Związek chemiczny	Zawartość [%/m/m]	Związek chemiczny	Zawartość [%/m/m]
$\text{SiO}_2$	0,50±4,32	$\text{MgO}$	0,00±0,63
$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,11±4,30	$\text{H}_2\text{O}$	0,58±18,36
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,37±1,69	$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$	nie badano
$\text{CaO}$	31,02±40,61	$\text{CO}_2$	0,27±5,78
$\text{SO}_3$	42,07±56,30		

Charakteryzują się małą zmiennością składu chemicznego, co jest ich cechą dodatnią z punktu widzenia zastosowań technologicznych. Analizy chemiczne żużla pomiedziowego przedstawia tabl.2 [8].

Tablica 2

Skład chemiczny żużla pomiedziowego z Huty "Głogów"

Związek chemiczny	Zawartość [%/m/m]	Związek chemiczny	Zawartość [%/m/m]
$\text{Cu}$	0,41±0,47	$\text{Al}_2\text{O}_3$	14,10±15,50
$\text{Fe}$	9,35±11,86	$\text{MgO}$	5,39±8,57
$\text{CaO}$	16,01±18,14	$\text{K}_2\text{O}$	3,63
$\text{S}$	0,23±0,50	$\text{Na}_2\text{O}$	0,38
$\text{SiO}_2$	41,75±44,25		

- woda zarobowa - woda wodociągowa pitna.

DORAŻNA WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE  $R_C$ 

Badania laboratoryjne dorażnej wytrzymałości na ściskanie  $R_C$  przeprowadzono zgodnie z normą PN-73/B-04301, na próbkach o zmiennych zawartościach anhydrytu mielonego i żużla pomiedziowego z dodatkiem aktywatora siarczanowego w ilości 1,5% w stosunku do ciężaru anhydrytu mielonego. Zawartość anhydrytu mielonego zmieniła się od 20 - 100 %, a żużla pomiedziowego od 0 - 80 %, przyjmując jako 100% sumę ciężarów suchych składników.

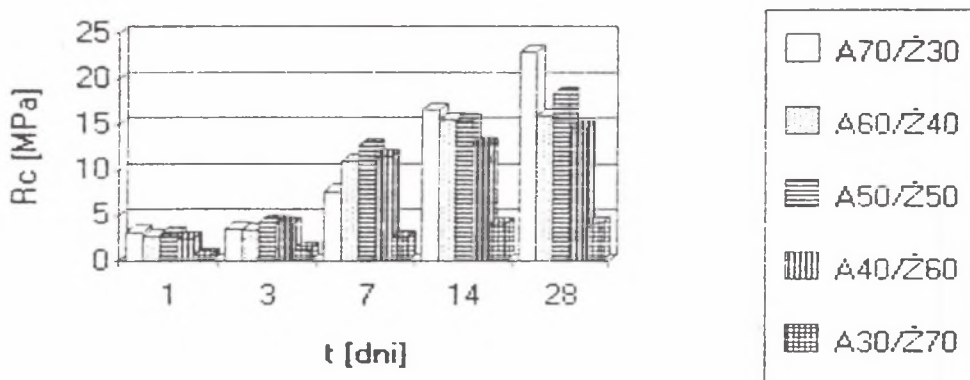
Prowadzone badania  $R_C$  miały na celu wytypowanie optymalnego składu spoiwa wypełniającego pod względem wytrzymałościowym i ekonomicznym. Wyniki badań dorażnej wytrzymałości na ściskanie  $R_C$  w czasie  $t$  próbek wykonanych na bazie anhydrytu mielonego Z.G. "Konrad" z dodatkiem żużla pomiedziowego w różnych proporcjach wagowych i aktywatorem siarczanowym przechowywanych w warunkach powietrzno-suchych przedstawia tabl.3 i rys. 1

Tablica 3

Zmiana dorażnej wytrzymałości na ściskanie  $R_C$  w czasie  $t$  kompozytów anhydrytowo-żużlowych, aktywowanych aktywatorem siarczanowym (żużel pomiedziowy z Huty "Głogów" P-S)

Anhydryt	Żużel	Aktywator	Wytrzymałość na ściskanie $R_C$ [MPa]				
			1d	3d	7d	14d	28d
[%]	[%]	[%]					
100	0	1,5	3,23	4,27	5,50	16,44	19,90
90	10	1,5	2,81	4,35	9,18	17,80	17,71
80	20	1,5	3,46	3,77	6,66	14,43	15,96
70	30	1,5	3,23	3,23	7,66	16,57	22,96
60	40	1,5	2,77	3,46	11,00	15,52	15,96
50	50	1,5	3,04	4,31	12,63	15,43	18,37
40	60	1,5	2,50	4,08	11,50	12,81	14,65
30	70	1,5	0,65	1,30	2,70	4,04	4,15
20	80	1,5	0,20	0,70	1,40	2,20	2,25





Rys. 1. Zmiana doraźnej wytrzymałości na ściskanie  $R_c$  w czasie  $t$  wybranych kompozytów anhydrytowo-żuźlowych w warunkach powietrzno-suchych

Fig. 1. Change in immediate compressing strength  $R_c$  in time  $T$  of selected anhydridcslag composites in air-dry conditions.

#### ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Najwyższe parametry wytrzymałościowe uzyskuje się dla próbek przechowywanych w warunkach powietrzno-suchych.

Po 28 dniach sezonowania spoiwa te uzyskują wysokie parametry wytrzymałościowe i np. dla kompozytu 70% żuźła + 30% anhydrytu wytrzymałość  $R_{c28} = 4,15$  MPa. Ze względów ekonomicznych uzasadniony jest jak największy procentowy udział żuźła pomiedziowego w kompozycie anhydrytowo-żuźlowym (do 70%).

Wyniki badań doraźnej wytrzymałości na ściskanie  $R_c$  wykazują, że spoiwa anhydrytowo-żuźłowe z wykorzystaniem anhydrytu mielonego Z.G. "Konrad" i żuźła pomiedziowego Huty "Głogów" mogą być stosowane jako spoiwa normalnie wiążące o wysokiej wytrzymałości na ściskanie. Mogą być stosowane jako materiały konstrukcyjne i wypełniające.

Optymalna receptura wypełniającego spoiwa anhydrytowo-żuźłowego uwzględniająca parametry wytrzymałościowe oraz koszt własny przedstawia się następująco:

żuźel pomiedziowy - 70%,

anhydryt mielony - 30%,

aktywator siarczanowy - 1,5% w stosunku do ciężaru anhydrytu, co pozwala na uzyskanie wytrzymałości na ściskanie  $R_{c28} = 4,15$  MPa. Wzrost zawartości żuźła

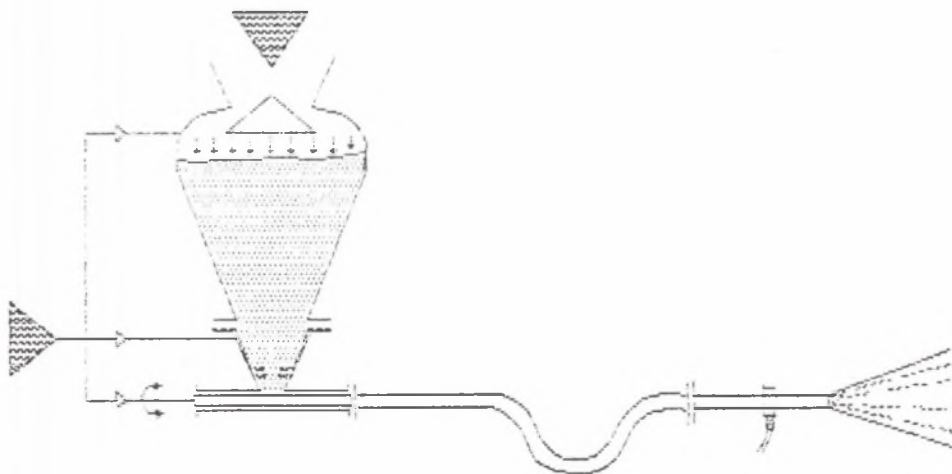
powyżej 70% obniża wytrzymałość kompozytu. Czas początku wiązania spoiwa wynosi  $t_p = 2$  godz. 10 min, a czas końca wiązania wynosi  $t_k = 6$  godz. 30 min.

### URZĄDZENIA TRANSPORTU PNEUMATYCZNEGO SYSTEMU "POLKO"

Do transportu (wypełniania, przemieszczania, lokowania) spoiw oraz innych materiałów w górnictwie podziemnym służą urządzenia transportu hydraulicznego lub pneumatycznego. Do podawania spoiw anhydrytowo-żuźlowych zaleca się urządzenia transportu pneumatycznego systemu "Polko" wykonane na indywidualne zamówienia. Urządzenia te charakteryzują się dużą niezawodnością działania, prostotą i zawartością konstrukcji. Umożliwiają pracę linii transportu i mieszania pneumatycznego w układzie ciągłym i cyklicznym. Przyjmując jako kryterium sposób nadawy materiału sypkiego, można podzielić urządzenia na:

- ciśnieniowe (TG - torkretnica górnicza) o pojemnościach zbiorników 0,1; 0,25; 0,4 m<sup>3</sup> oraz w układzie "tandem",
- iniekcyjne (TR - torkretnica ręczna) współpracujące z przewodami transportowymi o średnicy 40 mm i 50 mm.

Torkretnice górnicze oznaczone symbolem TG składają się ze zbiornika ciśnieniowego, przewodów transportowych o średnicy 80 mm lub 100 mm oraz dynamicznego dozownika cieczy umieszczonego na końcu przewodu transportowego tzw. dyszy wylotowej (rys.2).



Rys. 2. Schemat działania torkretnicy górniczej TG-0,4

Fig. 2. Working scheme of cement gun TG-04

Podajnik komorowy stanowi połączenie trzech, równocześnie współpracujących elementów: komory mieszania, dyszy oraz zbiornika ciśnieniowego. Spoiwo zasypywane jest do zbiornika ciśnieniowego, skąd przewodem transportowym podawane jest do miejsca wykonywania zabiegu. Na końcu przewodu transportowego umieszczona jest tzw. dysza wylotowa. Do dyszy doprowadzony jest przewód z wodą, a na niej umieszczony jest zawór wodny pozwalający regulować ilość wody potrzebnej do nawilżania spoiwa i uzyskania właściwej konsystencji. Schemat torkretnicy górniczej przedstawia rys.2.

W Z.G. "Rudna" do wypełniania przestrzeni pomiędzy obudową stalową a górotworem zastosowano torkretnicę górniczą TG-0,4.

Usytuowanie torkretnicy górniczej związane jest z koniecznością zapewnienia dostawy dużych ilości spoiwa oraz możliwością jego magazynowania w bezpośrednim sąsiedztwie torkretnicy górniczej. Dobór urządzeń do wypełniania pustek w warunkach dołowych uzależniony jest do następujących czynników:

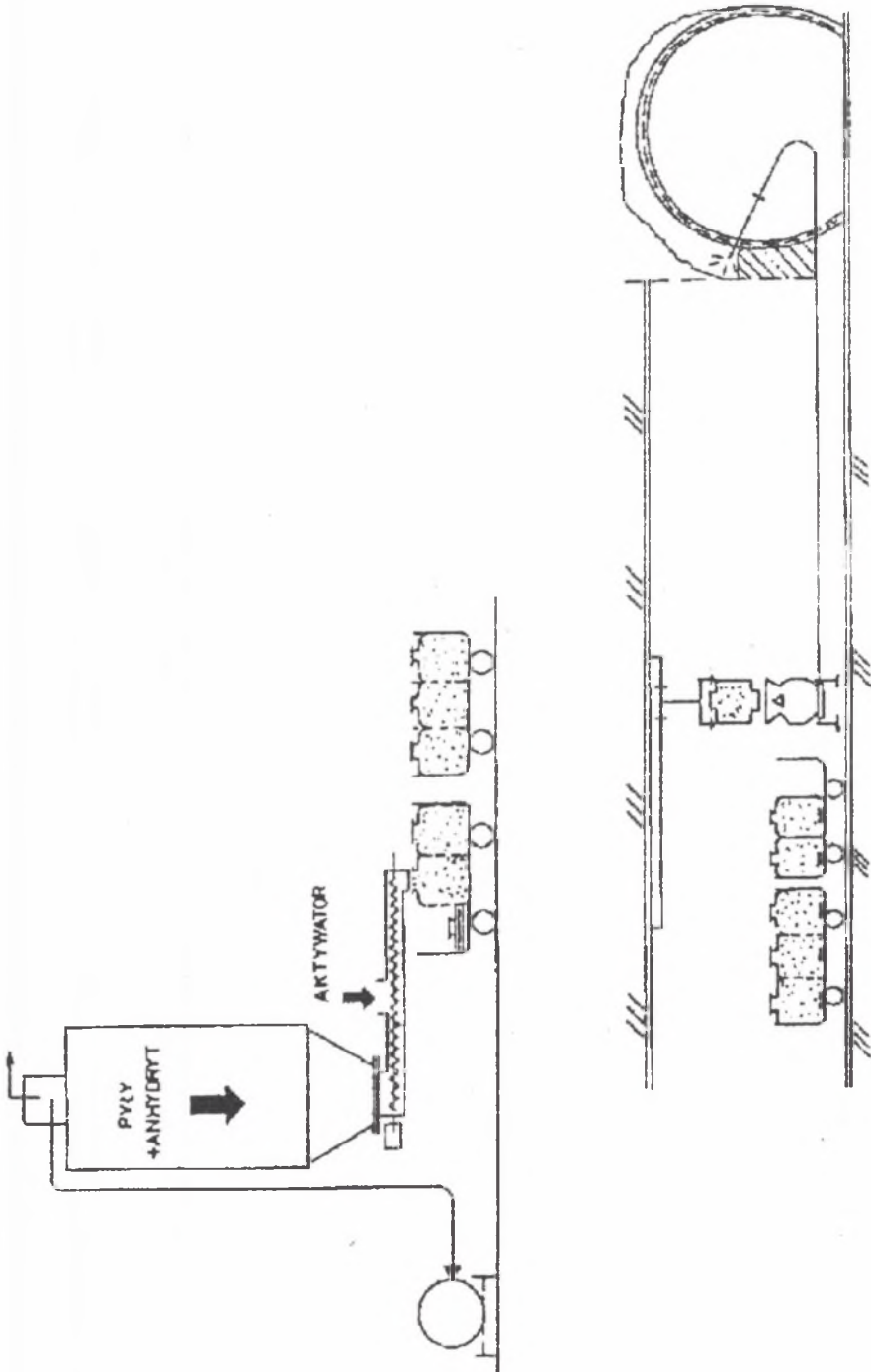
- receptury kompozytów, a zwłaszcza odbioru odpadów w stanie sypkim, stanowiących komponent zaproponowanych kompozytów;
- wymaganej wydajności instalacyjnej;
- długości i konfiguracji tras transportu na powierzchni i w warunkach dołowych;
- proponowanej organizacji pracy (na ilu zmianach);
- analizy kosztowej przedsięwzięcia.

Powyższe czynniki limitują dokonanie wyboru zaproponowanych instalacji.

Przygotowanie mieszanki komponentów sypkich odbywa się na powierzchni skąd transportowana kontenerami elastycznymi w wozach kopalnianych do urządzeń transportu pneumatycznego (rys.3).

Zaletą tego układu jest hermetyczne przemieszczanie kompozytów, brak punktów przesyłu, a zatem zmniejszenie zapylenia i strat materiałowych. Należy tak zorganizować proces, aby wytwarzanie odbywało się bezpośrednio przez transportem kompozytów na dół.



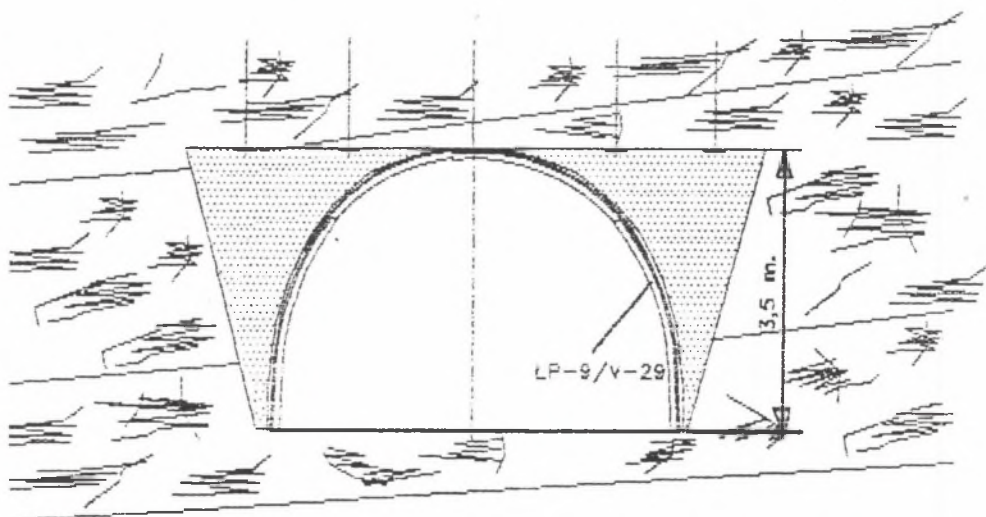


Rys. 3. Przygotowanie i transport spoiw w warunkach kopalnianych  
Fig. 3. Preparation and transport of binders in mining conditions

## TECHNOLOGIA WYPEŁNIANIA PRZESTRZENI POMIĘDZY OBUDOWĄ STAŁOWĄ A GÓROTWOREM

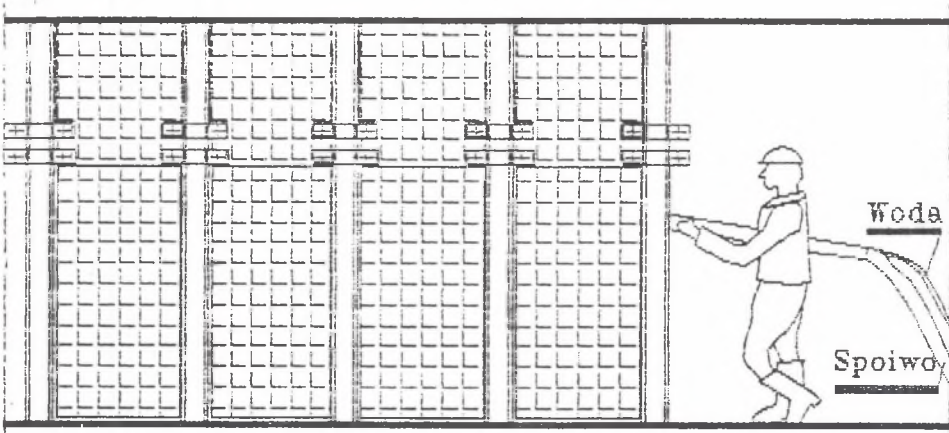
Po wykonaniu odrzwi obudowy stalowej w przygotowaną przestrzeń pomiędzy rozpiętą na obudowie płótno a górotwór od czoła (od strony nie zabezpieczonej obudową) wtłacza się spoiwo za pomocą końcówki (lancy) urządzenia transportu pneumatycznego systemu "Polko". Konsystencja podawanego spoiwa powinna być plastyczna uniemożliwiając jego wypływanie do wyrobiska. Właściwą konsystencję spoiwa uzyskać można poprzez odpowiednie dozowanie wody na dyszy wylotowej (lancy).

Wtłaczanie spoiwa pomiędzy obudowę a górotwór powinno rozpocząć się po ustawieniu pięciu odrzwi obudowy stalowej (rys. 4-7)

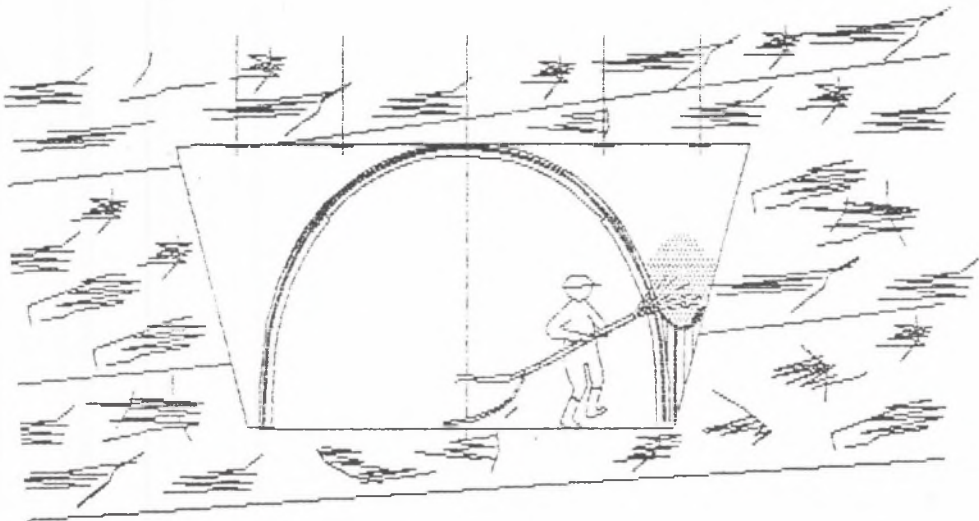


Rys. 4. Sposób wypełniania przestrzeni za obudową

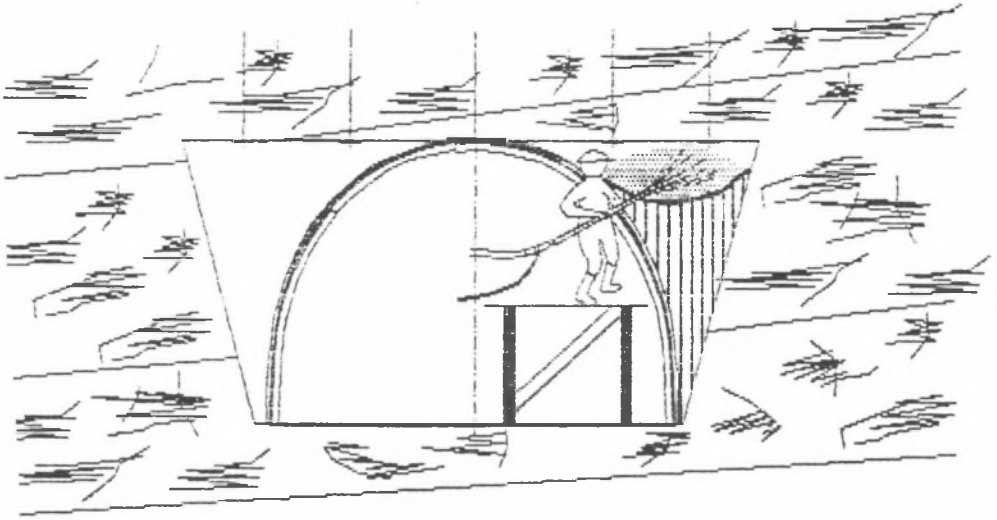
Fig. 4. A way allowing to fill the exterior behind the timbering



Rys. 5. Sposób wypełniania przestrzeni za obudową  
Fig. 5. A way allowing to fill the exterior behind the timbering



Rys. 6. Sposób wypełniania przestrzeni za obudową  
Fig. 6. A way allowing to fill the exterior behind the timbering



Rys. 7. Sposób wypełniania przestrzeni za obudwą  
 Fig. 7. A way allowing to fill the exterior behind the timbering

## WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych badań laboratoryjnych z wykorzystaniem anhydrytu mielonego z Z.G. "Konrad" i lokalnych odpadów przemysłowych w postaci żużła pomiedziowego z Huty "Głogów" stwierdzono, że możliwe jest uzyskanie spoiwa do wypełniania przestrzeni pomiędzy obudwą a górotworem.

2. Optymalna receptura spoiwa wypełniającego na bazie anhydrytu mielonego z Z.G. "Konrad" z dodatkiem żużła pomiedziowego z Huty "Głogów" pod względem wytrzymałościowym i ekonomicznym przedstawia się następująco:

anhydryt mielony 30%

żużel pomiedziowy 70%

aktywator siarczanowy 1,5% w stosunku do ciężaru anhydrytu.

3. Do wypełniania pustek pomiędzy obudwą a górotworem zaleca się stosowanie urządzeń transportu pneumatycznego systemu Polko, który zapewnia optymalne parametry techniczne spoiwa.

## LITERATURA

- [1] Lappe F.J.: Die verringering der konvergenz, der ausbauverfomung der kosten in abbaustrecken durch planmaessigen einsatz von baustoffen". Glueckauf 1987 r. nr 9.
- [2] Chansiwarow R.K., Grinko S.N., Kuzmic O.Ju.: Nowaja tiechnologija zapolnenija zakrepnogo prostranstwa podgotowitielnych wyrabotoki." Ugol'Ukr. nr 12, 1989.
- [3] Goetze W.: Moeglichkeiten der besseren beherrschung von basisstrecken" Glueckauf 1983, nr 1.
- [4] Dik Ja.G., Kejrowic E.N., Powyczenije ustojciwosti gornych wyrabotok. Ugol. nr 4.
- [5] Zaslawskij JU.: "Eksperimetalnyje issledowanija efektiwnosti tamponaža zakrepnogo prostranstwa". Sacht. Stroit nr 4, 1986.
- [6] Uchman G.: Środki wiążące do wykonywania przyścianowych pasów podsadzkowych oraz wypełniania pustek za obudową chodników. Bezp. Pr. Gór nr 1, 1987.
- [7] Aleksandrow A.H.: O wlijanii zapolnenija zakrepnogo prostranstwa na ustojciwost gornych wyrabotok. Sacht. Stroit nr 8, 1986.
- [8] Derdacka A., Paluch E., Gawlicki M.: Żużel pomiedziowy jako dodatek do cementu. Cement. Wapno. Gips nr 8/9, 1975.
- [9] Ewertowska-Madej Z.: Prognozowania fizyko-mechanicznych własności odpadów poflotacyjnych składowanych w zbiornikach osadowych. Cuprum nr 4, 1980.
- [9] Ewertowska-Madej Z.: Prognozowania fizyko-mechanicznych własności odpadów poflotacyjnych składowanych w zbiornikach osadowych. Cuprum nr 4, 1980.
- [10] Janiczek S.: Materialoznawstwo dla górników. Skrypt Uczelniiany Nr 1064 Politechniki Śląskiej, Gliwice 1982.
- [11] Mrowiec Z. Rulka K.: Przegląd materiałów wiążących oraz możliwości ich wykorzystania w nowych technologiach stosowanych w budownictwie podziemnym kopalń węgla kamiennego. Przegląd Górniczy nr 7-8, 1990.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Stanisław Janiczek

Wpłynęło do Redakcji w kwietniu 1994 r.



## Abstract

Loose stone or timber facing has many defects with fact results in quick loss of self-supporting properties of a body coal around the heading, which, in turn, results in pressure concentration around non-uniformly loaded timbering. Uniform distribution of rock mass load on the timbering makes it possible to increase its load capacity several times, and causes the reduction of heading convergence.

To improve interaction between heading timbering and rock mass to the full, it is necessary to make tight facing from binding material of appropriate strength, between the breakout of the heading and the timbering, directly at the working end, during driving.

The article presents results of strength testing in dry-air conditions (Table 3, Fig. 1) characterizing the binding material generated on the basis of industrial waste in the form of copper slag from "Głogów" Steelworks, with the ground anhydride additive from Mining Plant "Konrad" and sulfate activator as the binding process accelerating agent. In this way, the problem of burdensome waste material utilization (copper slag) has been solved and at the same time new binding material (binder) has been generated for the purposes of underground construction works. Through mutual proportion change of copper slag and ground anhydride, binders of various strength parameters have been achieved. By reason of their technical parameters, the binders may be practically utilized in underground construction as construction material or filling materials. The paper also presents a method of practical utilization of binders in conditions offered by M.P. "Rudna", where they were used as fillers between timbering and rock mass. To relocate the binders in underground conditions it is advisable to use pneumatic transport facilities of "Polko" system guaranteeing optimal technical parameters of the binders.