ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1976

Seria: GÓRNICTWO z. 71

Jan Mateja

BADANIA NAD ZASTOSOWANIEM BETONU NATRYSKOWEGO JAKO ELEMENTU KONSTRUKCYJNEGO OBUDOWY WYROBISK GÓRNICZYCH

Streszczenie W pracy przeanalizowano możliwości rozszerzenia zakresu stosowania betonu natryskowego jako elementu konstrukcyjnego wpływającego na zwiększenie podporności obudowy wyrobisk górniczych, przedstawiono dwie nowe natryskownice betonu opracowane w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Budownictwa Górniczego "BUDOKOP" w Mysłowicach oraz omówiono wyniki badań niektórych zagadnień technologii wykonywania betonu natryskowego związanych z zastosowaniem tych maszyn.

1. WSTĘP

Wyrobiska korytarzowe w krajowym budownictwie górniczym drążone są powszechnie w podatnej obudowie łukowej ŁP. W trudniejszych warunkach górniczo-geologicznych, a zwłaszcza w wyrobiskach o większym przekroju poprzecznym, zachodzi konieczność zagęszczenia odrzwi obudowy. Znane są jednak liczne przypadki, w których zagęszczenie odrzwi do rozstawu d = 0,3 m nie zapewniło stateczności wyrobiskom. Zwiększenie podporności dotychczas wykonywanych obudów można uzyskać różnymi sposobami, a mianowicie poprzez zastosowanie:

- obudowy z łuków sztywnych [16],
- dodatkowej obudowy kotwiowej [11],
- betonu natryskowego jako elementu konstrukcyjnego obudowy [15].

O ile poprzez zastosowanie obudowy z łuków sztywnych oraz poprzez połączenie obudowy ŁP z obudową kotwiową można zwiększyć podporność w stosunku do odrzwi podatnych o 60 do 100% [11], to wprowadzenie betonu natryskowego jako elementu konstrukcyjnego obudowy zwiększa jej podporność kilkakrotnie [6].

W wyrobiskach komorowych grubościenna obudowa murowa (sklepieniowa) zastępowana jest coraz częściej cienkościenną obudową stalowo-betonową-SB a w bardzo trudnych warunkach górniczo-geologicznych jedyną obudową zapewniającą stateczność wyrobiskom komorowym okazała się obudowa kotwiowo-betonowa KBS.

Również w wyrobiskach pionowych, a w szczególności w szybikach międzypoziomowych oraz zbiornikach wyrównawczych, beton natryskowy znalazł zastosowanie w postaci obudowy powłokowej [4, 14], zaś w wyrobiskach hydrotechnicznych głównie jako obudowa wstępna kotwiowo-betonowa.

W niniejszym opracowaniu przeanalizowano możliwości rozszerzenia zakresu zastosowania betonu natryskowego jako elementu konstrukcyjnego wpływającego na zwiększenie podporności obudowy ostatecznej.

2. Beton natryskowy jako środek umożliwiający zachowanie stateczności wyrobisk w trudnych warunkach górniczo-geologicznych

2.1. Wpływ wzmacniającej warstwy z betonu natryskowego na wzrost podporności obudowy ŁP

Przeprowadzone w OBR-BG "BUDOKOP" analizy obciążeń działających na obudowę w trudnych warunkach górniczo-geologicznych [8] oraz obliczeniowej podporności obudowy z łuków korytkowych [13] wykazały, że obudowa podatna w warunkach występowania wzmożonych ciśnień górotworu nie zapewnia w ogólności stateczności wyrobiskom zwłaszcza w dużych przekrojach poprzecznych.

Jej współpraca z górotworem w wyrobiskach nie narażonych na bezpośrednie wpływy eksploatacyjne jest niekorzystna, gdyż umożliwia dzięki swej podatności przy stosunkowo niskiej podporności zaistnienie znacznych przemieszczeń górotworu i w konsekwencji wystąpienie wysokich nacisków statycznych.

Wprowadzenie do obudowy podatnej dodatkowego elementu konstrukcyjnego w postaci betonu natryskowego zwiększa jej podporność kilkakrotnie [6]. Wzmocnienie stalowej obudowy łukowej następuje w wyniku działania szeregu czynników z których najważniejszymi są:

- poprawienie warunków podparcia odrzwi i związana z tym zmiana rozkładu działającego obciążenia
- scalenie wykładki kamiennej oraz odizolowanie górotworu od wpływów atmosfery kopalnianej,
- usztywnienie odrzwi w kierunku poprzecznym i zabezpieczenie ich przed wyboczeniem,
- podporność warstwy betonowej.

Wzrost podporności obudowy stalowej obetonowanej w stosunku do odrzwi obudowy podatnej przedstawiono na przykładzie liczbowym.

W wyniku wyeliminowania swobody odkształceń w zamkach, stworzenia ciągłego podparcia oraz usztywnienie odrzwi w stopniu uniemożliwiającym ich wyboczenie można przyjąć, że odrzwia pracują wyłącznie na ściskanie i wówczas ich nośność można wyznaczyć z zależności (1)

$$P_n = \frac{F \cdot R_e}{r \cdot d}, \qquad (1)$$

gdzie: F - przekrój profilu odrzwi,
R_e - granica plastyczności stali,
r - zastępczy promień obudowy,
d - rozstaw odrzwi.

Przykładowo dla obudowy ŁP-10 KSKO-21 przy rozstawie odrzwi d = 1,0 m otrzymamy:

$$p_n = \frac{2800 \cdot 26,7}{285 \cdot 100} = 2,62 \text{ kG/cm}^2 \quad (262 \text{ kN/m}^2)$$

podczas gdy podporność tych odrzwi bez betonu natryskowego wynosi ok. 50 kN/m^2 [13].

Powyższy wzór nie uwzględnia dodatkowego zwiększenia nośności obudowy z tytułu podporności powłoki betonowej. Podporność powłoki betonowej można oszacować wg zależności:

$$p_{nb} = \frac{g \cdot Rs}{r \cdot d}, \qquad (2)$$

gdzie: g - grubość powłoki,

R_s - wytrzymałość słupowa betonu.

Przykładowo warstwa grubości g = 10 cm z betonu R_w = 170 kG/cm^2 o R_s = 125 kG/cm^2 posiada podporność:

$$p_{nb} = \frac{10 \cdot 100 \cdot 125}{285} = 437 \text{ kG/cm}^2 \quad (437 \text{ kN/m}^2)$$

W przypadku istnienia w górotworze płaszczyzn osłabienia może nastąpić ścięcie obudowy na ich przedłużeniu. Wówczas o nośności powłoki decyduje jej wytrzymałość na ścinanie,
wynosząca wg [15]:

$$p_{nb} = \frac{2g \cdot Rt}{r \cdot \sin\delta}, \qquad (3)$$

gdzie:

R_t - wytrzymałość betonu na ścinanie,

2δ - kąt środkowy płaszczyzn ścinania,

δ - 70°.

W rozważanym przykładzie R_t = 31 kG/cm^2
zatem:

$$p_{nb} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 31}{285 \cdot 0,940} = 2,32 \text{ kG/cm}^2 \quad (232 \text{ kN/m}^2).$$

Uwzględniając niekorzystne warunki współpracy powłoki betonowej z odrzwiami można przyjąć, że podporność obudowy odrzwiowo-betonowej w analizowanym przykładzie jest rzędu:

$$p_n \cong 400 \text{ kN/m}^2$$

a więc jest ok. 8 krotnie wyższa aniżeli obudowy ŁP.

2.2. Wpływ warstwy z betonu natryskowego na zachowanie się górotworu

Warstwa z betonu natryskowego przylegająca bezpośrednio do górotworu stanowi konstrukcję podporową oraz przyczynia się do zachowania samonośności górotworu, a w konsekwencji do ograniczenia wielkości działającego obciążenia na obudowę.

Na zasięg strefy odprężonej i przemieszczeń skał otaczających wyrobisko a tym samym na wielkość działającego obciążenia, poza podpornością obudowy, decydujący wpływ posiadają wielkości kąta tarcia wewnętrznego i spójności skał.

Wnikanie wilgotności do spękanego górotworu bardzo często zmniejsza powyższe wartości w obrębie wyrobiska, a górotwór w tym obszarze dotychczas zwięzły, zmienia swoje własności i zachowuje się w skrajnym przypadku jako quasiplastyczny. Już cienka warstwa z betonu natryskowego chroni górotwór przed dostępem wilgotności i tym samym przed zwietrzeniem. Ponadto warstwa betonu natryskowego scala spękany górotwór poprzez powierzchniowe łączenie luźnych odłamków skalnych, rys i szczelin. W konsekwencji warstwa betonu scalając spękany górotwór ogranicza swobodę jego przemieszczeń [1]. Jako obudowa podporowa konstrukcja z cienkościennej warstwy betonu natryskowego jest stosunkowo elastyczna (podatna) [17], dzięki czemu posiada zdolności adaptacyjne do działającego na nią obciążenia. W efekcie w warstwie betonowej pojawia się prawie wyłącznie siła osiowa. Ponieważ warstwa betonowa posiada kilkakrotnie większą wytrzymałość na ściskanie niż na ścinanie, a w przypadku istnienia w górotworze płaszczyzn osłabienia zachodzi niebezpieczeństwo ścięcia powłoki na przedłużeniu tych płaszczyzn, jedyny realny przypadek zniszczenia obudowy zachodzi po przekroczeniu wytrzymałości powłoki na ścinanie. Nośność powłoki z betonu natryskowego określa w tym przypadku zależność (3). Przykładowo podporność obudowy powłokowej z betonu natryskowego o grubości g = 3 cm dla wyrobisk ka o przekroju odpowiadającemu wielkości odrzwi ŁP-7 (r = 216 cm) wynosi:

$$p_{nb} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 31}{216 \cdot 0{,}940} = 0{,}92 \text{ kG/cm}^2 \ (92 \text{ kN/m}^2)$$

Oznacza to, że teoretyczna podporność warstwy z betonu natryskowego o grubości 3 cm, przylegającej na całym obwodzie do górotworu i posiadającej idealny kształt łukowy jest tego samego rzędu co obudowy odrzwiowe z łuków korytkowych KSKO-21, przy rozstawie odrzwi d = 1,0 m.

3. Badania wpływu czynników mechanicznych związanych z nanoszeniem masy betonowej na parametry wytrzymałościowe betonu natryskowego

By beton natryskowy mógł być zastosowany jako element konstrukcyjny obudowy wyrobisk górniczych powinien posiadać wysokie parametry wytrzymałościowe, a w szczególności poza wytrzymałością na ściskanie i ścinanie również jednorodną strukturę [2]. Z przeprowadzonych obserwacji wynikało,

że uzyskiwane w warunkach podziemnego budownictwa górniczego parametry wytrzymałościowe betonu natryskowego były bardzo zróżnicowane. Zależały one w głównej mierze od posiadanego doświadczenia operatora dyszy i umiejętności dozowania wody zarobowej do dyszy natryskowej oraz od prawidłowego ustalenia warunków nanoszenia masy betonowej.

Jednym ze sposobów poprawy jakości betonu natryskowego było wprowadzenie nowej metody jego wykonywania do podziemnego budownictwa górniczego, tzw. metody "mokrej", w której wszystkie składniki betonu łącznie z wodą zarobową (za wyjątkiem środków przyspieszających wiązanie) wymieszane są dokładnie w mieszarce o wymuszonym sposobie mieszania. Tak przygotowana mokra masa betonowa transportowana następnie do miejsca nanoszenia sposobem hydraulicznym lub pneumatycznym zapewnia duży stopień jednorodności betonu.

Dalsza poprawa jakości betonu natryskowego wymagała przeprowadzenia szeregu badań, których celem było uzyskanie informacji dla prawidłowego określenia warunków natrysku masy betonowej. Przeprowadzone w OBR-BG "BUDOKOP" prace [7,12] obejmowały między innymi badania wpływu następujących czynników mechanicznych związanych z nanoszeniem masy betonowej na parametry betonu natryskowego a mianowicie:

- prędkości uderzenia ziarn,
- kształtu końcówki natryskowej,
- odległości wylotu końcówki natryskowej od podłoża.

3.1. Wymagana prędkość uderzenia ziarn

Spośród wielu czynników na wytrzymałość betonu najintensywniej wpływa stopień zagęszczania. Wynika to z jednego z najstarszych wzorów w technologii betonu a mianowicie wzoru Fereta wg L'Hermite'a [5]

$$R_w = S_b^2 \cdot C \cdot R_c, \tag{4}$$

gdzie:

R_w - wytrzymałość betonu na ściskanie,
S_b - szczelność betonu,
C - współczynnik obejmujący wpływ rodzaju i ilości cementu, rodzaju kruszywa, sposobu wytwarzania, warunków pielęgnacji betonu, zabiegów specjalnych,
R_c - normowa wytrzymałość zaczynu cementowego.

Szczelność betonu będąca głównie efektem zagęszczenia masy betonowej jest zatem czynnikiem najsilniej rzutującym na jego wytrzymałość, gdyż występuje w kwadracie. Pozostałe czynniki mają charakter liniowy.

Zagęszczanie betonu natryskowego polega na wywieraniu na układającą się masę nacisku zewnętrznego ziarn wgłębiających się do niej pod wpływem posiadanej energii. W oparciu o założenia, że

- istnieje warstwa świeżego betonu o grubości g = 0,5 D,
- ziarno o średnicy D, posiada energię uderzenia zdolną do wykonania pracy wgłębienia się do warstwy świeżego betonu na głębokość s = 0,5 D,
- masa betonowa posiada w czasie natrysku konsystencję umożliwiającą jej zagęszczenie (W:C $\leqslant$ 0,5).

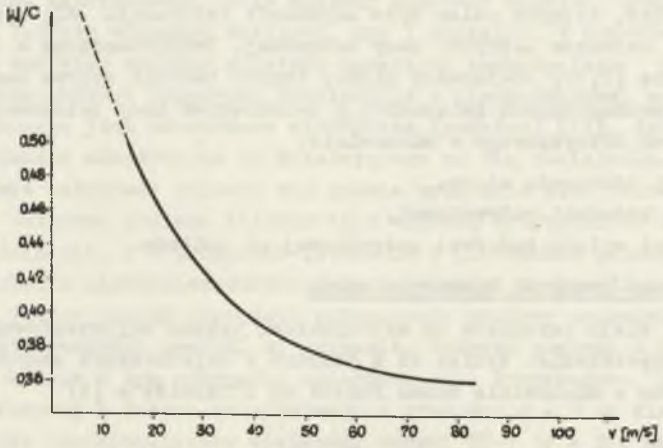
Wyprowadzono w pracy [7] wzór na wymaganą prędkość uderzenia ziarn:

$$v = \frac{K}{\rho}, \tag{5}$$

gdzie:

K - współczynnik pogrążenia ziarn w masie betonowej,

ρ - gęstość ziarna kruszywa.

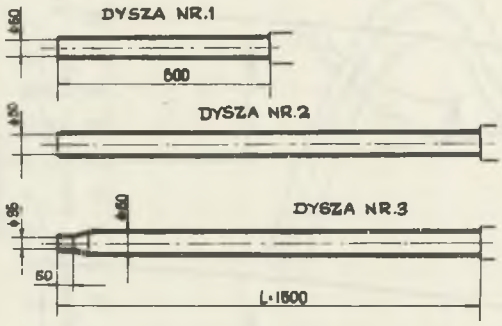


Rys. 1. Zależność prędkości uderzeniem ziarn v - potrzebnej do zagęszczenia masy betonowej od współczynnika wodno-cementowego w/c

Korzystając z badań radzieckich [3], w których współczynnik K ustalono doświadczalnie dla różnych stosunków w:c, obliczono wymagane prędkości uderzenia ziarn. Wyniki przedstawiono na rys. 1. Wynika z nich, że dla właściwego zagęszczenia masy betonowej wymagana do tego celu prędkość uderzenia ziarn rośnie gwałtownie wraz z obniżeniem współczynnika wodno-cementowego. Pomimo, że w rzeczywistości bezwzględne wartości prędkości będą nieco mniejsze gdyż przy ustaleniu współczynnika K nie uwzględniono siły przyczepności (kohezji), nie powinno się stosować zbyt niskich współczynników wodno-cementowych (w:c < 0,4). Aktualnie nie dysponuje się bowiem możliwościami technicznymi uzyskania potrzebnej dla w:c $\leqslant$ 0,4 prędkości uderzenia ziarn.

3.2. Wpływ kształtu końcówki natryskowej

W celu określenia najkorzystniejszego kształtu końcówki natryskowej, przeprowadzono badania wpływu długości końcówki - l i średnicy otworu wylotu - d na parametry wytrzymałościowe betonu natryskowego. Rodzaje przebadanych końcówek wykonanych z winduru przedstawiono na rys.2. Natryskiwano ociosy wyrobiska w obudowie ŁP, utrzymując stałą odległość wylotu dyszy od podłoża L = 0,65 m i prędkości uderzenia v_w = 16 m/s. Recepturę betonu ustalono dla marki betonu R_w = 25 MN/m^2 (250 kG/cm^2) z następujących składników



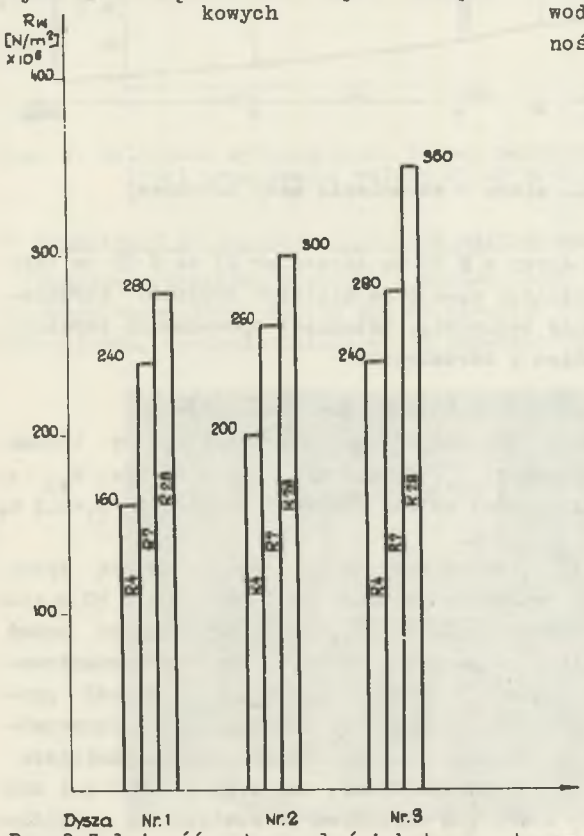
Rys. 2. Rodzaje końcówek dysz natryskowych

kruszywo 0-20 mm	1840 kg
cement portlandzki 350	400 kg
woda zarobowa wilgotność kruszywa	180 kg

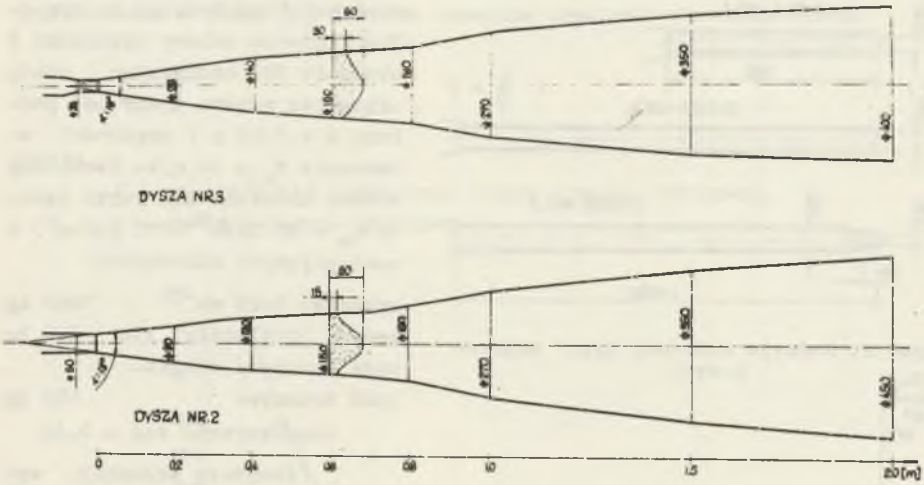
współczynnik w:c = 0,45

Powyższe składniki wymieszano dokładnie w mieszarce typu BPE-150. Wytrzymałość betonu określono metodą sklerometryczną. Uzyskane wyniki przedstawiono graficznie na rys. 3.

Dla wyjaśnienia korzystnego wpływu zwężenia średnicy końcówki wylotowej dyszy, przeprowadzono badania nad określeniem kąta odchylenia strumienia masy betonowej oraz rozmieszczenia ziarn w przekroju strumienia. Polegały one na sztywnym umocnieniu końcówki w różnej odległości od natryskiwanej powierzchni i pomiarze średnicy oraz grubości warstwy betonowej w różnych miejscach. Wyniki badań przedstawiono na rys. 4. Na ich podstawie można



Rys.3. Zależność wytrzymałości betonu natryskowego R_w od kształtu końcówki dyszy



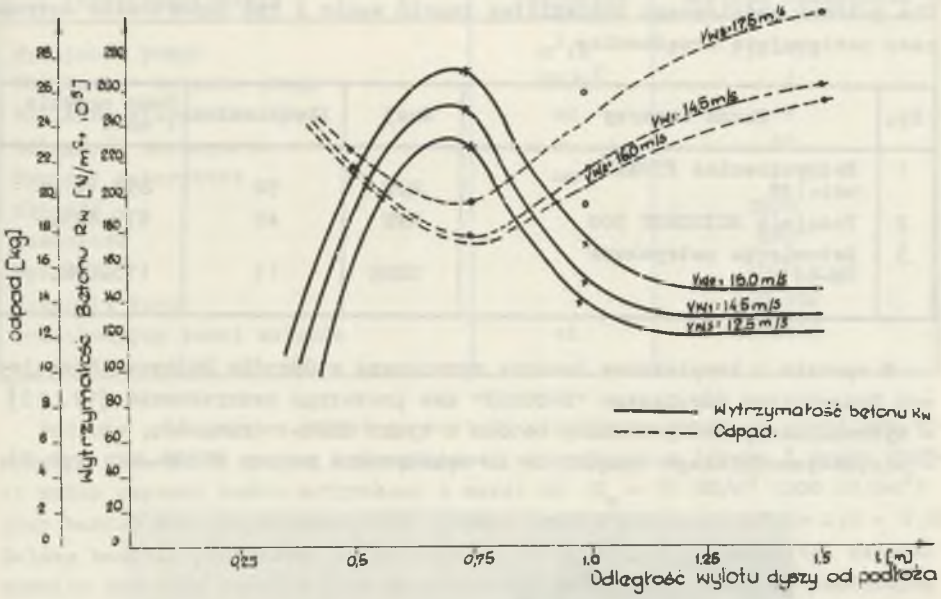
Rys. 4. Pomiar rozłożenia ziarn w strumieniu masy betonowej

wykazać, że zawężenie wylotu dyszy z Ø 50 mm (dysza nr 2) do Ø 35 mm (dysza nr 3) nie wpływało w zasadniczy sposób na wielkość średnicy strumienia mieszaniny powietrza i masy betonowej, natomiast spowodowało bardziej równomierne rozmieszczenie ziarn w strumieniu.

3.3. Wpływ odległości wylotu końcówki natryskowej od podłoża

W ramach przedmiotowych badań przeprowadzono doświadczenie z trzema prędkościami wypływu masy betonowej v_{w1} = 14,5 m/s, v_{w2} = 16 m/s, v_{w3} = 17,5 m/s oraz dla czterech odległości wylotu końcówki od podłoża L_1=0,5 m, L_2 = 0,75 m, L_3 = 1,0 m i L_4 = 1,5 m.
Ponadto ważono każdorazowo odpad. Beton natryskowy wykonano krótką dyszą (Nr 1 z rys. 2) o niezmiennym przekroju poprzecznym i średnicy Ø 50 m, którą prowadzono stale prostopadle do powierzchni natryskiwanej. Wyniki badań przedstawiono na rys. 5. Analizując je można wykazać, że przy pneumatycznym sposobie transportu masy betonowej istnieje optymalna odległość prowadzenia wylotu końcówki od podłoża, przy której uzyskuje się najkorzystniejsze parametry wytrzymałościowe betonu natryskowego oraz najmniejsze straty materiału na skutek odbicia ziarn. Wynosi ona 0,65 m - 0,7 m i nie zależy od prędkości uderzenia ziarn pod warunkiem że została ona prawidło-

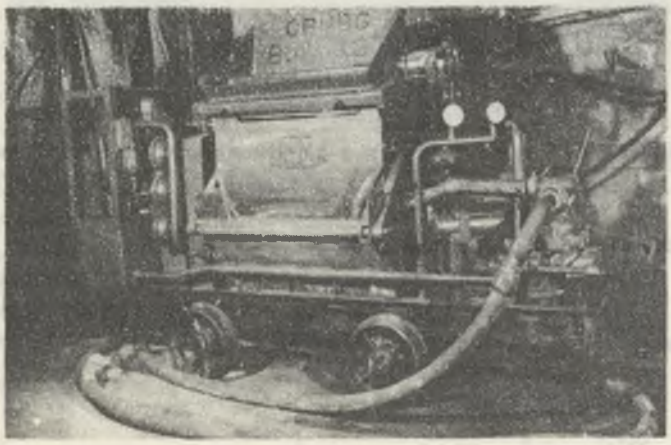
wo dobrana w zależności od współczynnika wodno-cementowego masy betonowej.



Rys. 5. Zależność wytrzymałości betonu natryskowego R_w i odpadu od odległości prowadzenia wylotu dyszy natryskowej od podłoża

4. Urządzenia do wykonywania betonu natryskowego

Poważną przeszkodą w szerokim wprowadzeniu betonu natryskowego do podziemnego budownictwa kopalń był do niedawna brak krajowej produkcji wysokowydajnych, sprawnie działających urządzeń do wykonywania w specyficz-

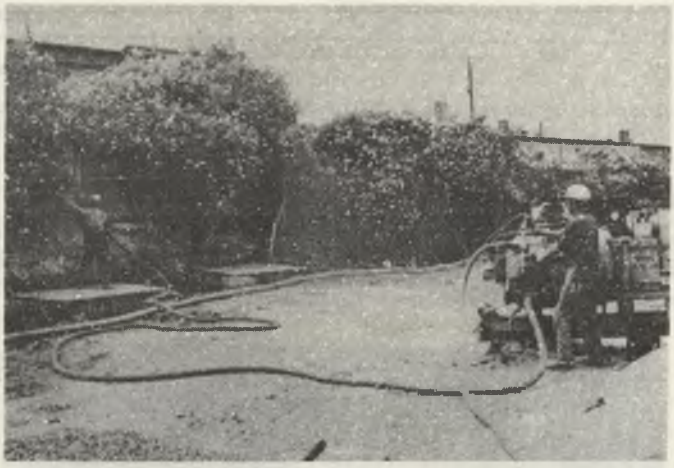


Rys. 6. Widok hydraulicznej natryskownicy betonu i tynku HNBT-1

nych warunkach dołowych betonu natryskowego o wysokich parametrach wytrzymałościowych.
Dla potrzeb podziemnego budownictwa kopalń węgla i rud importowano dotychczas następujące urządzenia:

Lp.	Nazwa maszyny	Kraj	Ilość sztuk	Cena nabycia 1 szt.
1	Natryskownica PIONIER usi-139	RFN	50	852.141,-
2	Podajnik MIXOKRET 500	RFN	40	679.809,-
3	Betoniarka natryskowa SM-60	ZSRR	13	115.000,

W oparciu o kompleksowe badania opracowano w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Budownictwa Górniczego "BUDOKOP" dwa prototypy natryskownic [12, 13]
- hydraulicznej natryskownicy betonu i tynku HNBT-1 (rys. 6),
- wieloczynnościowego urządzenia do wykonywania betonu WUBET-400 (rys.7).



Rys. 7. Wieloczynnościowe urządzenie do wykonywania betonu w czasie natrysku masy betonowej

4.1. Hydrauliczna natryskownica betonu i tynku HNBT-1

Jest to urządzenie wieloczynnościowe, służące do wykonywania betonu natryskowego i tynku oraz do prac iniekcyjnych nisko i wysokociśnieniowych. Zastosowana może być zarówno w budownictwie podziemnym jak i naziemnym.

Dane techniczne

Wyszczególnienie	Jednostka	Wartość osiągnięta
Wydajność pompy	m^3/h	2,8 - 5
Ciśnienie robocze pompy	MN/m^2	4
Wielkość ziarna kruszywa	mm	10
Odległość transportu	m	60
Wymiary gabarytowe	mm	-
długość		2800
szerokość		880
wysokość		1600
prześwit toru		600-900
orientacyjny koszt nabycia	zł	400.000

Badania przemysłowe prototypu zostały zakończone wynikiem pomyślnym. Wykazały, one, że za pomocą hydraulicznej natryskownicy betonu i tynku HNBT-1 można uzyskać beton natryskowy o marce do R_w = 20 MN/m^2 (200 kG/cm^2) przy bardzo wysokim współczynniku jednorodności wynoszącym K_R = 0,8 - 0,88 Dalsze badania prowadzone są w kierunku uzyskania przy użyciu tej natryskownicy wyższych marek betonu natryskowego przy niezmienionym współczynniku jednorodności.

4.2. Urządzenie wieloczynnościowe do wykonywania betonu WUBET-400

Urządzenie WUBET-400 (rys. 7) jest urządzeniem wieloczynnościowym przeznaczonym do przygotowania (wymieszania) masy betonowej, pneumatycznego jej transportu oraz wykonywania betonu natryskowego metodą mokrą. Przy pomocy tego urządzenia można także transportować anhydryt i natryskiwać go metodą suchą.
W tym przypadku woda z aktywizatorami dodawana jest na końcowym odcinku przewodu tłocznego.

Dane techniczne

Wyszczególnienie	Jedn.	Wartość osiągana
1	2	3
Pojemność robocza	m^3	0,4
ciśnienie robocze	MN/m^2; kG/cm^2	0,6
wydajność	m^3/godz.	do 6,0
wielkość ziarn	mm	do 40
prześwit toru	mm	600 - 900
wymiary gabarytowe	mm	
długość		2800
szerokość		1000

cd. tabelki

1	2	3
wysokość całkowita		1850
wysokość napełnienia		1430
masa	kg	1360
orientacyjny koszt nabycia	zł	200.000

Badania przemysłowe prototypu wykazały, że przy użyciu urządzenia WUBET-400 jako natryskownicy betonu oraz przy wykorzystaniu wyników badań opisanych w p.3. można uzyskać bardzo wysokie marki betonu natryskowego, a mianowicie do R_w = 35 MN/m^2 (350 kG/cm^2) jednak z niższym niż przy HNBT-1 współczynniku jednorodności wynoszącym K_R 0,7 - 0,8.Prowadzone są aktualnie badania mające na celu uzyskanie wysokich parametrów wytrzymałościowych przy współczynniku jednorodności $K_R > 0,8$.

5. Podsumowanie

Zastosowanie betonu natryskowego jako elementu konstrukcyjnego obudowy wyrobisk górniczych czyni ją obudową trwałą, o dużej podporności.Powyższe cechy obudowy mają szczególne znaczenie dla zapewnienia stateczności wyrobiskom kapitalnym w warunkach wzmożonych ciśnień. Ponadto zastosowanie betonu natryskowego stwarza możliwości mechanizacji procesu wznoszenia obudowy.

Od betonu natryskowego jako tworzywa konstrukcyjnego wymaga się w tych warunkach jednorodnej struktury oraz wysokich parametrów wytrzymałościowych.

Dla spełnienia powyższych wymagań a w szczególności w celu zmniejszenia przypadkowości przy wykonywaniu betonu natryskowego przeprowadzono w OBR-BG "BUDOKOP" szereg badań teoretycznych i doświadczalnych.
W oparciu o nie, określono warunki prawidłowego nanoszenia masy betonowej oraz skonstruowano natryskownice betonu, które umożliwiają uzyskiwanie w warunkach podziemnego budownictwa kopalń betonu natryskowego wysokich marek przy dużej jednorodności struktury.

SPIS LITERATURY

[1] Chudek M.: Obudowa wyrobisk górniczych. Część 1..Obudowa wyrobisk korytarzowych i komorowych. Wydawnictwo Śląsk.

[2] Chudek M.: Jelenski A.: Sikorski Cz.; Właściwości druto-betonu oraz możliwości zastosowania go w budownictwie górniczym. Budownictwo Górnicze, 1974 Nr 1.

[3] Djuszenko M.G., Rojgorodski A.J.; Untersuchung der Vorgange beim Druckluftauftregen und bei der Ausbildung der Makrostruktur von Spritzbeton. Bauindustrie 1967 nr 1.

[4] Kleiner J.: Der Spritzbeton als Endausbau in Schächten. Rock Mechanics 6/74.

[5] Kuczyński W.; Technologia betonu. Część 2. Projektowanie betonów. Arkady Warszawa 1972.

[6] Lütgendorf H.G.: Tragfähigheit bogenförmieger Grubenausbauten aus Stahl. Beton und Stahlbetonfertigteilen. Glückauf Forschungshefte 1975 Nr 1.

[7] Mateja J.; Wpływ czynników mechanicznych związanych z przygotowaniem transportu i nanoszeniem masy betonowej na parametry wytrzymałościowe betonu natryskowego wykonywanego w warunkach kopalnianych. Praca doktorska. Gliwice 1974 r.

[8] Praca OBR-BG: Analiza możliwości zastosowania obudów konstrukcji OBR-BG w trudnych warunkach górniczo-geologicznych. Temat 72/74 Mysłowice 1974 r.

[9] Praca OBR-BG; Sprawozdanie z badań prototypu hydraulicznej natryskownicy betonu i tynku HNBT-1. Temat 59/71/A, etap Xa. Mysłowice - czerwiec 1975 r.

[10] Praca OBR-BG; Sprawozdanie z badań prototypu wieloczynnościowego urządzenia do wykonywania betonu WUBET-400 Temat 59/71/B, etap Xb. Mysłowice - czerwiec 1975 r.

[11] Prace OBR-BG; Opinia w sprawie możliwości połączenia obudowy ŁP z obudową kotwiową. Mysłowice - czerwiec 1975 r. Praca niepublikowana.

[12] Praca OBR-BG; Sprawozdanie z badań nad udoskonaleniem betonu natryskowego. Temat 59/71, etap VII. Mysłowice maj 1974 - praca niepublikowana.

[13] Praca OBR-BG; Analiza metod obudowy kapitalnych wyrobisk poziomych oraz wytyczne dla warunków geotechnicznych KWK Śląsk. U/29/74, Mysłowice grudzień 1974 r. praca niepublikowana.

[14] Ries A., Sandmeier.: Abteufen eines Lüftungsschachtes für den Tauern--Strassentunnel. NOBELHEFTE 3/74.

[15] Rułka K., Wypchol N., Małoszewski J., Mateja J., Pałucki T.;Nowoczesne obudowy powłokowe wyrobisk korytarzowych i komorowych. Zeszyty Naukowe AGH Górnictwo-Kraków 1974.

[16] Rułka K., Wypchol N., Słoma I.; Parametry wytrzymałościowe łukowej obudowy sztywnej w świetle przeprowadzonych badań. Archiwum Górnictwa tom XX 1975 r. z.1.

[17] Sattler K.; Neuartige Tunnelmodellversuche. Ergebnisse und Folgerungen. Felsmechanik u. Ingeneurgeol.Suppl. 1968 nr IV.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЫСКОВОГО БЕТОНА КАК КОНСТРУКЦОННОГО ЭЛЕМЕНТА КРЕПИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Р е з ю м е:

В работе проводится анализ возможности расширения области применения прыскового бетона как конструкционного эдемента, имеющего влияние на повышение опорности крепи горных выработок, представляются два новых разбрызгивателя бетона, разработанных в Центре исследования и развития горного строительства "БУДОКОП" в Мысловицах, а также обсуждаются результаты исследований некоторых вопросов технологии изготовления прыскового бетона, связанных с применением этих машин.

INVESTIGATIONS ON THE APPLICATION OF SHOTCRETE AS AN ELEMENT OF MINING WORKINGS' LINING CONSTRUCITION

S u m m a r y

The paper is concerned with a possibility of enlarging the range of shotcrete's usage as an element of construction, that increases the support qualities of the mining workings'lining. There were also presented two new concrete spraying devices, worked over in tThe Research Centre of Mining Construction "Budokop" in Mysłowice.
Besides that there were discussed results of investigations concerning some technological problems connected with production of shotcrete and with application of these machines.