

Eugeniusz Kosta, Stanisław Szendzielorz

DOŚWIADCZENIA RUCHOWE PRZY WYKONYWANIU OBUDOWY Z BETONU NATRYSKOWEGO W PRZEDSIĘBIORSTWIE ROBÓT GÓRNICZYCH W SOSNOWCU

Streszczenie: W pracy przedstawiono doświadczenia ruchowe przy wykonywaniu obudowy z betonu natryskowego. Porównano wskaźniki techniczno-ekonomiczne omawianej obudowy z innymi typami obudów. Omówiono urządzenia i technologię wykonania.

1. Wstęp

Obudowa murowa, betonitowa czy betonowa, stosowana jest obecnie przy wykonywaniu głównych wyrobisk górniczych o długotrwałym okresie eksploatacji. Zwiększające się ilości robót w obudowie betonowej znajdują swoje uzasadnienie w możliwości zmechanizowania przygotowania zaprawy oraz jej podawanie za odeskowanie, jak również uzyskanie wyższych wytrzymałości, aniżeli przy innych rodzajach obudowy monolitycznej.

Niezależnie od rodzaju obudowy ostatecznej, tymczasowe zabezpieczenie stropu do tej pory nie jest jeszcze właściwie rozwiązane. W większości przypadków stosowana tymczasowa obudowa drewniana w czasie drążenia usuwana jest w trakcie wznoszenia obudowy sklepień, co stwarza poważne zagrożenie.

Stosowanie tymczasowej obudowy drewnianej pociąga za sobą konieczność drążenia wyłomu o przekroju prostokątnym. Prostokątny przekrój wyłomu jest wyjątkowo niekorzystny ze względu na konieczność wykonywania nadmiernej ilości wyłomu i podsadzki. W tym przypadku występuje również niekorzystny rozkład naprężeń górotworu, gdzie maksymalne ciśnienia górotworu skoncentrowane są na małej powierzchni w szczycie sklepienia powodujące naprężenia rozrywające.

Przy drążeniu głównych wyrobisk odstawowych i podszybi w ostatnim okresie stosuje się obudowę zespoloną ŁP + beton o grubości 15–20 cm. Kształt tej obudowy zapewnia równomierny rozkład naprężeń, a obciążenia pionowe działające na obudowę ŁP wypełnioną betonem wywołują w przekroju obudowy naprężenia ściskające. Ten rodzaj obudowy cechuje się szczególnie korzystnymi parametrami w wyrobiskach drążonych na większych głębokościach w słabym górotworze.

Wprowadzana obecnie w wąskim zakresie obudowa kotwiova w połączeniu z betonem w wyrobiskach o kształcie zbliżonym do obudowy ŁP zapewnia podob-

nie jak w przypadku poprzednim korzystny rozkład naprężeń oraz obniżenie kosztów robocizny i materiałów.

PGR Sosnowiec do chwili obecnej wykonało ponad 1200 mb wyrobisk korytarzowych w obudowie z betonu natryskowego w połączeniu z obudową ŻP uzyskując korzystne wyniki techniczno-ekonomiczne.

2. Wskaźniki techniczno-ekonomiczne stosowanych rodzajów obudowy ostatecznej

W celu porównania kosztów obudowy murowej, betonitowej, zespolonej obudową ŻK + beton monolityczny, obudowa ŻK + beton natryskowy oraz obudowy kotwiovej + beton natryskowy przeprowadzono szczegółowe obliczenia ujęte w tablicy 1.

Wszystkie założenia, wskaźniki wymiany w świetle oraz ostateczne wyposażenie wyrobisk przyjęto jednakowo dla wyżej wymienionych rodzajów obudowy.

Do obliczeń przyjęto średnie wymiary wyrobisk w świetle, które wynoszą: szerokość 4,1 wysokość 3,0. Grubość obudowy ustalono w oparciu o średni współczynnik zwięzłości $f = 5$ wg Protodiakonowa przy przeciętnej głębokości 450 m od powierzchni.

Wykazane parametry obudowy ustalono w oparciu o:

- nomogramy wyrobisk korytarzowych i komorowych,
- stadium nad wytrzymałością obudowy betonowej zbrojonej regularnie rozmieszczonymi wkładkami sztywnymi w postaci łuków korytkowych,
- wytyczne stosowania obudowy kotwiovej.

Przyjęte założenia odpowiadają średnim warunkom istniejącym na robotach wykonywanych przez Przedsiębiorstwo Robót Górniczych Sosnowiec, a ustalone grubości i kształty obudowy cechują się zblizoną podpornością.

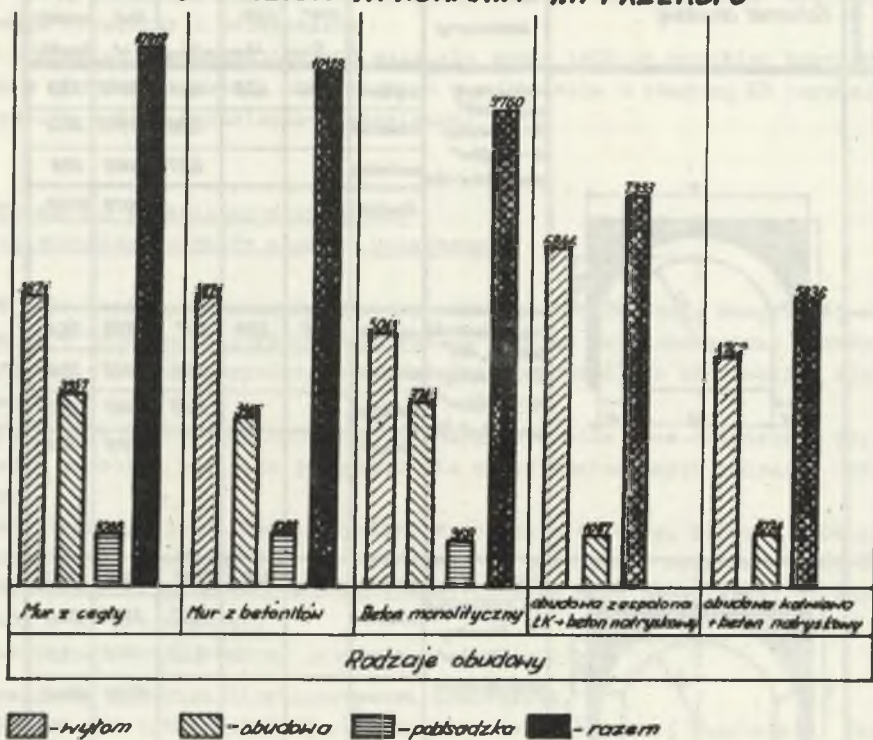
Przedstawione koszty wykonania 1 m wyrobiska, dla każdego typu obudowy, obliczone zostały na podstawie obowiązującego cennika robót górniczych.

Wyniki z przeprowadzonych obliczeń są reprezentatywne dla odpowiedniego rodzaju obudowy i z wystarczającą dokładnością mogą służyć dla porównania kosztów i wyboru decyzji przy ustaleniu rodzaju obudowy.

Rodzaj obudowy	Schemat obudowy	Opis techniczny		szer.	wys.	Waga	Masał	%
				San	Ham	m ³ /m	w zł.	ładunku
Obudowa murowa		mur z cegły cegły „150” S = 2,5-krotny k _c = 18 kG/cm ² grubość ob. d = 38 cm	wyform	506	358	18,11	5874	53,5
			obudowa			3,88	3957	36,0
			razem			6,27	1088	10,5
			Razem					10919
Obudowa betonowa		mur z betoniem „140” S = 2,5-krotny k _c = 49 kG/cm ² grub. ob. d = 38 cm	wyform	506	358	18,11	5874	56,4
			obudowa			3,88	3466	33,4
			razem			6,27	1088	10,2
			Razem					10428
Obudowa żelazna		beton R _m = 170 kG/cm ² S = 3-krotny k _c = 37 kG/cm ² grub. ob. 35 cm	wyform	480	358	17,18	5049	52,0
			obudowa			3,57	3743	38,4
			razem			6,22	968	9,6
			Razem					9760
Obudowa kombinowana		TH 21/7 beton natryskowy R _m = 170 kG/cm ² grub. ob. d = 35 cm	wyform	4,10	3,10	14,74	6846	86,0
			obudowa			1,37	1087	14,0
			Razem					7933
Obudowa kolumnowa		kotwy dł. 2,0 nośność 5-10 T beton natryskowy R _m = 170 kG/cm ² siatki MM rozstaw kolumn 0,9 x 1,0	wyform	4,10	3,10	11,00	4762	81,5
			obudowa			1,17	4074	18,5
			Razem					5836

Rys. 1

WYKRES KOSZTÓW WYKONANIA 1m PRZEKOPU



Rys. 2

3. Urządzenia do wykonywania obudowy z betonu natryskowego

Obudowa z betonu natryskowego należy do najnowocześniejszych metod wykonywania obudowy betonowej w górniczych wyrobiskach.

3.1. Betoniarki natryskowe

Stosunkowo prosta konstrukcja betoniarek natryskowych o małych gabarytach, nieskomplikowana obsługa oraz łatwość przemieszczenia, pozwalają na stosowanie betonu natryskowego w różnych warunkach górniczo-geologicznych. Przy drążeniu wyrobisk przygotowawczych w kamieniu lub węgla przy wszelkich przypadkach konieczności wykonania uszczelnień obudowy w chodnikach wodnych i wentylacyjnych beton natryskowy znajduje szerokie zastosowanie.

W przemyśle węglowym stosowane są obecnie różne rodzaje maszyn do wykonywania betonu natryskowego, które można podzielić na dwie zasadnicze grupy.

a) Betoniarki natryskowe zbiornikowe

Do tej grupy należą betoniarki wyposażone w zbiornik do zaprawy suchej lub mokrej o pojemności 0,1 do 1,0 m³. Po napełnieniu zbiornika ciśnieniowego zaprawą, jego szczelnym zamknięciu, uruchomieniu dozującego koła rotacyjnego, włączeniu sprężonego powietrza – następuje transport zaprawy węzłem do dyszy wylotowej.

W przypadku betoniarek przeznaczonych do pracy na suchą zaprawę połączenie z wodą zarobową następuje w komorze mieszania na końcu węża transportowego przed dyszą wylotową.

b) Betoniarki bezzbiornikowe

Do tej grupy należą betoniarki charakteryzujące się ciągłą pracą. Sucha zaprawa wprowadzana do lejka zasypowego zabierana jest porcjami około 0,5 l. przez rotacyjne koło dozujące, a następnie transportowane sprężynowym powietrzem do dyszy wylotowej. Mieszanie suchej zaprawy z wodą zarobową odbywa się na końcu węża transportowego przed dyszą wylotową.

Zalety i wady betoniarek natryskowych:

Rodzaj betoniarek natryskowych	Z a l e t y	W a d y
Betoniarki zbiornikowe	<ol style="list-style-type: none"> 1. Możliwość stosowania mokrej zaprawy przez co wyeliminowane jest zapylenie przodków. 2. Możliwość utrzymania stałych proporcji składnika a w szczególności wskaźnika cementowo-wodnego 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Duże gabaryty uniemożliwiają stosowanie betoniarki w wąskich wyrobiskach. 2. Utrudnione pełne zmechanizowanie przygotowania zaprawy. 3. Konieczność przeprowadzania stałych kontroli i przeglądów zbiornika ciśnieniowego. 4. Częste zapchania węża transportowego. 5. Ograniczenie granulacji żwiru do 5 mm.

od. tablicy

1	2	3
Betoniarki bezzbiornikowe	<ol style="list-style-type: none"> 1. Duża wydajność około 5 m³/godz. 2. Możliwość stosowania żwiru o granulacji do 30 mm. 3. Łatwość zmechanizowania przygotowania zaprawy jak wyładowanie żwiru mech. przygotowanie zaprawy i zasypywanie do zbiornika przenośnikiem. 4. Możliwość stosowania żwiru o wilgotności do 10%. 5. Małe gabaryty betoniarki pozwalają na jej stosowanie prawie we wszystkich warunkach ruchowych. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Duże zapylenie w miejscu wykonywania betonu natryskowego. 2. Utrudnione utrzymywanie stałego wskaźnika cementowo-wodnego.

Powyższe zestawienie obejmuje najistotniejsze zalety i wady betoniarek natryskowych. Betoniarki bezzbiornikowe, jako urządzenia wydajniejsze, znajdują szerokie zastosowanie przy wykonywaniu wyrobisk górniczych.

3.2. Ciąg technologiczny do wykonywania betonu natryskowego

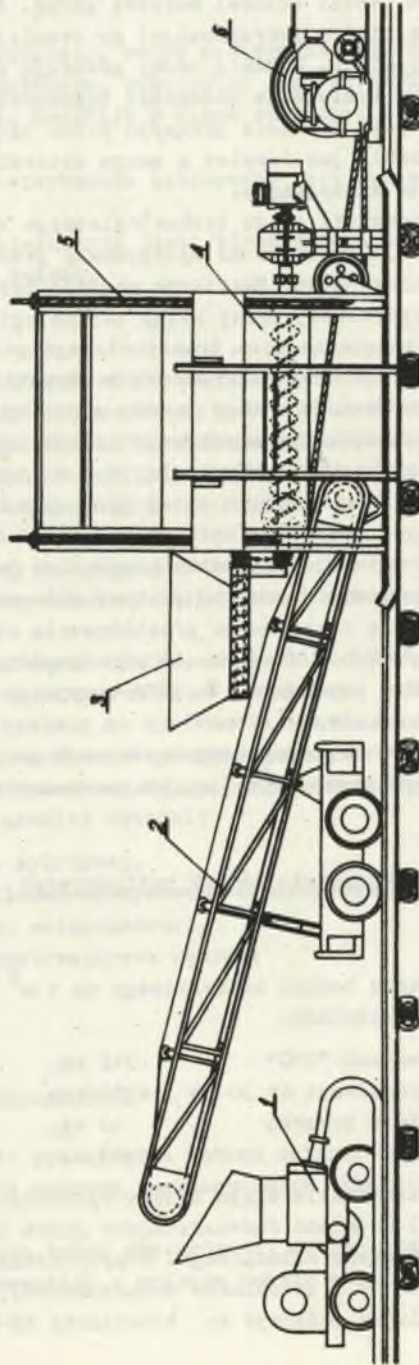
Dla zapewnienia uzyskania maksymalnej wydajności betoniarki natryskowej Zakład Badań i Doświadczeń Budownictwa Górniczego w Mysłowicach opracował ciąg technologiczny, który był stosowany przez Przedsiębiorstwo Robót Górniczych na kopalni Sosnowieo.

W skład ciągu technologicznego wchodzi następujące urządzenia. [2].

- a) Wywrot dla wozów o pojemności do 1 m³.
- b) Dozownik kruszywa wyposażony w podajnik ślimakowy.
- c) Dozownik cementu z podajnikiem ślimakowym.
- d) Przenośnik - mieszarka wyposażony w krążniki zapewniające ruch drgającymi taśmami.
- e) Betoniarka BN-4 [1].

Wymagane gabaryty wyrobiska, na których może być zainstalowany ciąg technologiczny, wynoszą minimum szer. 4,2 wys. 3,1, to jest w wyrobiskach 2-torowych. Montaż agregatu zajmuje jeden tor. Kruszywo dostarczane z powierzchni w wozach kopalnianych przeładowane jest do zbiornika z dozownikiem przy użyciu wywrotu. Ponad przenośnikiem taśmowym obok zbiornika kruszywa usytuowany jest pojemnik z dozownikiem cementu. Po uruchomieniu agregatu dozowniki podają kruszywo i cement, w odpowiednio wyregulowanych

**CIĄG TECHNOLOGICZNY
DO BETONOWANIA NATRYSKOWEGO**



1. Betonarka natryskowa BN-4

Miejscowość: Łódź
 Model: 4B
 Producent: 4B
 Rok: 1952
 Ciężar: 4100 kg
 Moc: 100/1000
 Składowanie: 5-3

2. Przenośnik mieszalniczy
 Przenośnik P-5 z dwiema linkami
 mieszalniczymi

3. Bezonnik cementu
 Bezonnik z wiatrowym
 urządzeniem
 mieszalniczym

4. Dźwignik krzywizny
 Model: 4B
 Producent: 4B
 Rok: 1952
 Ciężar: 2000 kg
 Składowanie: 5B-4

5. Młyn prócznicowy
 Model: 4B
 Producent: 4B
 Rok: 1952
 Ciężar: 1000 kg
 Składowanie: 5B-4

Rys. 3

porojach na przenośnik. Mieszanka układa się warstwami na taśmie przenośnika, przy czym cement stanowi warstwę górną. Przenośnik wyposażony jest w dodatkowe krążniki z przyspawanymi na obwodzie prętami, które wprawiają taśmę w ruch drgający. Drgania taśmy powodują przenikanie cementu do kruszywa, przy czym wymieszane składniki transportowane są wprost do betoniarki natryskowej. W czasie przesypu przez sito umieszczone na leju zasypowym betoniarki, jak również w samym zbiorniku wyposażonym w mieszadło następuje dalsze wymieszanie.

W czasie stosowania ciągu technologicznego stwierdzono, że w przypadku żwiru o granulacji ponad 30 mm występowały przeszkody w równomiernej pracy dozownika ślimakowego. Nadziarno musiało być usuwane i stanowiło pewne utrudnienie w rytmicznej pracy ciągu technologicznego.

Występujące zapchania węża transportowego pociągało za sobą konieczność demontażu betoniarki natryskowej i kłopotliwego usuwania zatoru, przy czym przeciętnie postoje z tego powodu wynosiły średnio 35-40 min. Częstotliwość zapchania węża transportowego uzależniona była przede wszystkim od wilgotności kruszywa jego granulacji i w ciągu zmiany roboczej występowały 2-5 postojów wynikające z tej przyczyny.

Poza powyższymi przerwami występują również okresowe awarie betoniarki wynikające z wytarcia uszczelnień gumowych w betoniarce. Na podstawie obserwacji w ruchu stwierdzono, że przerwy ruchowe spowodowane wytarciem uszczelnień występują okresowo po przetłoczeniu około 120-150 m³ zaprawy. Duży wpływ na żywotność i sprawność poszczególnych części ruchomych i uszczelnień na solidne oczyszczenie koła rotacyjnego natychmiast po każdej przerwie w betonowaniu.

Niedopuszczenie do związania zaprawy z częściami stalowymi korpusu i koła rotacyjnego w wybitnym stopniu wpływa na trwałość betoniarki.

4. Technologia wykonywania betonu natryskowego

4.1. Receptura

Przy wykonywaniu betonu natryskowego na 1 m³ betonu stosowano następujące dozowanie składników:

cement portlandzki "350"	310 kg,
kruszywo o granulacji do 30 mm	2100 kg,
chlerek wapnia w proszku	10 kg,
woda	120 l.

W przypadku stosowania ciągu technologicznego (proporcje poszczególnych składników) ustalono doświadczalnie przez dobór odpowiedniego przełożenia dla transportera ślimakowego. W wyrobiskach jednotorowych zaprawę przygotowywano w 150 l betoniarce wolnospadowej, którą następnie transportowano przenośnikiem taśmowym do betoniarki BN-4.

W praktyce długość węża transportowego wynosiła 15-20 m. Ilość wody dozowanej przez operatora w dużym stopniu uzależniona była od wilgotności żwiru i jego granulacji.

W przypadku zmiennej granulacji żwiru występował nierównomierny przepływ zaprawy w wężu transportowym, powodujący jego zatkania. Prawidłowa ocena ilości dozowanej wody decyduje w dużym stopniu o ilości odpadu betonu.

Przy niedoborze wody powierzchnia betonowana jest matowa, a odpad stosunkowo duży.

Przy nadmiarze wody powierzchnia jest błyszcząca i następuje rozmazywanie naniesionej warstwy betonu.

4.2. Technologia

Za pomocą betonu natryskowego można uzyskać dowolną grubość obudowy, jednak musi być w tym przypadku zachowana kolejność nakładania warstw do 5 cm w odstępach minimum 20 minut. Wcześniej niż nakładanie niszczy strukturę warstwy poprzedniej i powoduje jej odpad. Odpad ułożonego betonu oraz odprysk strumienia w dużym stopniu uzależniony jest od umiejętności i doświadczenia operatora.

Ilość zaprawy opadającej na spąg wyrobiska zależna jest ponadto od rodzaju powierzchni, na którą układany jest beton i kąta jej nachylenia od poziomu.

Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że średnia ilość odpadu z ociosów wynosi około 17% zaś ze stropu 30%. W przypadku wykonywania płyty spągowej odpad jest wykorzystany do wyrównania spągu.

Uzyskiwana wydajność przy obsadzie 5 pracowników wynosiła średnio na zmianę około 9 m³ zaprawy betonowej tj. 1,8 m³/1 prac./1niówkę.

W skład brygady betoniarskiej wchodzi:

- 1 operator dyszy wylotowej,
- 1 " betoniarki natryskowej i przenośnika taśmowego + betoniarki wolnospadowej,
- 3 ładowaczy przygotowujących zaprawę

Razem 5 pracowników.

5. Wyniki badań betonu natryskowego

Przed przystąpieniem do wykonywania betonu natryskowego ZBiD BG przeprowadził szereg badań nad doborem poszczególnych składników zaprawy betonowej.

W czasie przeprowadzania badań stwierdzono, że najkorzystniejsze parametry osiągnane są przy cementach o krótkim czasie wiązania jak: Aloa, S₁

1 S₂, jednak ze względu na stosunkowo wysoki koszt powyższych cementów, badania skoncentrowano na cemencie portlandzkim "350".

Badania ruchowe poprzedzono szeregiem badań laboratoryjnych. Dodatek chlorku wapnia skracaający wiązanie analizowany był szczególnie skrupulatnie, gdyż zwiększenie jego ilości, poza korzystnym skróceniem czasu wiązania, powoduje spadek wytrzymałości betonu oraz zwiększa korozję wstępnej obudowy stalowej. Dodatek chlorku wapnia winien się zamykać w granicach pomiędzy 2-4%.

W poniżej zamieszczonej tabelce przedstawiono wytrzymałości i ilości odpadu w zależności od proporcji składników i ilości chlorku wapnia:

Tablica 2

Stosunek cementu do żwiru	Uzyskana wytrzymałość w zależności od ilości CaCl ₂		Wyniki zgniatanych kostek wyciętych z ob. o wym. 50x50x50	Ilość odpadu	
	% CaCl ₂	R ₂₈		ośiowy	strop
					%
1:3,5	0%	309,0	średnia 241 kg/cm ² kop. Modrzejów chod. wodne p.-350	19	33
	2%	301,5		18	31
	4%	239,3		17	28
	6%	173,0		15	24
1:4,0	0%	252,0		18	30
	2%	236,0		15	27
	4%	228,0		12	25
	6%	173,5		12	12

Z przeprowadzonych prób wynika, że w praktyce ruchowej wykonana obudowa przy doborze właściwych proporcji, uzyskiwana wytrzymałość przekracza w każdym przypadku 200 kg/cm².

Przy ręcznym wykonywaniu zaprawy betonowej dla betonu monolitycznego, uzyskiwanie wytrzymałości na ściskanie powyżej 200 kg/cm² jest z reguły nieosiągalne, ze względu na dużą ilość drobnych frakcji żwiru.

Beton natryskowy cechuje się bardzo dużą szczelnością, co odgrywa dużą rolę w wyrobiskach drążonych w zawodnionym górotworze. Szczelność betonu natryskowego w poważnym stopniu ogranicza korozję obudowy LP, która uzależniona jest od zawartości substancji agresywnych w przesycającej się wodzie z górotworu.

6. Dalsze rozpowszechnianie obudowy z betonu natryskowego

Dotychczas PGR Sosnowiec stosowało obudowę z betonu natryskowego przy stosowaniu wstępnej obudowy ŁP. Obudowa ŁP wykonywana była równoległe z drążeniem wyłomu, podczas gdy obudowę z betonu natryskowego nakładano po upływie 6 miesięcy.

W tym okresie nastąpiło pewne odkształcenie obudowy ŁP spowodowane ciśnieniem górotworu.

Wykonane odcinki obudowy ze wstępną obudową ŁP nie wykazują do tej pory żadnych spękań ani deformacji.

Przedsiębiorstwo w roku bieżącym rozpowszechni obudowę z betonu natryskowego ze wstępną obudową kotwiovą z siatkami MM. Zakłada się przy tym, że brygada przodkowa, natychmiast po wykonaniu obudowy kotwiowej w przodku, przystąpi do wykonania obudowy z betonu natryskowego.

Zastosowanie takiej technologii nie pozwoli na odprężenie się górotworu, a tym samym nośność obudowy zespolonej będzie wyższa.

Dalsze doskonalenie obudowy z betonu natryskowego polegać będzie na zastosowaniu kotwi żelbetowych, a następnym etapem będzie wykonywanie betonu natryskowego bez obudowy wstępnej. W tym przypadku będą musiały być jeszcze przeprowadzone próby nad doborem odpowiednich dodatków do zaprawy w celu maksymalnego skrócenia czasu wiązania.

Zakończenie

Przeprowadzona analiza techniczno-ekonomiczna nad stosowanymi rodzajami obudów potwierdza celowość stosowania obudowy z betonu natryskowego.

Do najważniejszych korzyści należą:

- wysoka wydajność betonowania,
- wysoka wytrzymałość i szczelność betonu nie uzyskiwana przy innych rodzajach obudowy,
- wykonywanie obudowy bez konieczności wznoszenia deskowań,
- możliwość zastosowania pełnej mechanizacji od wyładowania materiałów poprzez wymieszanie składników do natrysku na górotwór,
- stosunkowo niski koszt wykonania obudowy.

Obudowa z betonu natryskowego winna być wprowadzana na wszystkich wyrobiskach, których przewidywany okres eksploatacji przekracza 5 lat oraz w górotworze wykazującym skłonności do wietrzenia.

Nierówności powierzchni betonu natryskowego, poza pewnym zwiększeniem oporu przepływu powietrza nie mają zasadniczego wpływu na nośność i trwałość obudowy.

Literatura

- 1 Dokumentacja techniczno ruchowa betoniarki natryskowej BN-4 Zakład Badań i Doświadczeń Budownictwa Górniczego Myszkowice rok 1969.
- 2 Agregat do betonowania natryskowego. Zakład Badań i Doświadczeń Budownictwa Górniczego. Myszkowice rok 1970.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КРЕПЬ ПРИСЫКОВЫМ БЕТОНОМ
В ГОРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ В СОСНОВЦУ

Резюме

Сущность выполнения крепи при помощи присыковой бетонной мешалки основана на нагнетании сухого бетонного раствора сжатым воздухом.

Раствор смешивается с водой в входной форсунке прикрепленной к концу транспортного шланга сечением в 50 мм.

Толщина присыкового бетона зависима от предполагаемого давления горного массива, а последовательная накладка слоев предоставляет возможность получения любой толщины крепления.

Забетонирование выработки и плотное выполнение всех пустых щелей между закладкой и горным массивом обеспечивает большую опорность крепления не осягаемому при применении иных методов.

Крепление присыковым бетоном Горно-Строительное Предприятие в Сосновцу, применило первый раз в 1969 году и до конца 1971 года выполнило: на шахтах Моджев и Сосновец в выработках с креплением ЛК-7 толщиной в 0,2 и 0,25 м - 1250 м, и на шахте Ёвш с креплением ЛК-6 толщиной 0,15 м - 220 м.

EXPERIENCE IN MINING WORKS BUSANESS IN MAKING A SHOTERETE LINING

S u m m a r y

The matter of making the lining by means of shoterete mixer is to press by means of compressed air a dry cement mortar, which is mixed with water in the nozzle fitted to the end of the transport hose (\varnothing 50 mm).

Thickness of the shoterete depends on the expected rock pressures and successive putting layers one on the another allows to obtain thickness of lining such as we need.

Concreting of the lining and tight filling all empty places between filling and rock assures great strenght of the support not attainable by means of another methods.

Mining Works Busness in Sosnowiec has applied shoterete lining first time in the year 1969 and till the end of 1971: in the mining Modrzejów in the heading of lining ŁK-7 of thickness 0,2 m and length 620 m, in the mining Sosnowiec in the lining ŁK-7 of thickness 0,25 m and length 630 m, and in the mining Jowisz in the lining ŁK-6 of 0,15 m and length 220 m the above written had been performed.