

Mgr inż. Czesław Sikorski
Główny Instytut Górnictwa

NOWE ROZWIĄZANIA OBUDOWY BETONOWEJ DLA KOPALNÍ RUD CYNKOWO- OŁOWIANYCH ORAZ MIEDZI

1. Wstęp

W dotychczasowej praktyce do obudowy kapitalnych wyrobisk górniczych korytarzowych oraz komorowych stosowane były głównie betonity, stal oraz cegła. Jednym z najnowszych rozwiązań obudowy tego typu wyrobisk jest beton natryskowy wykonany bądź to jako samodzielna konstrukcja, bądź to w połączeniu z innymi typami obudowy.

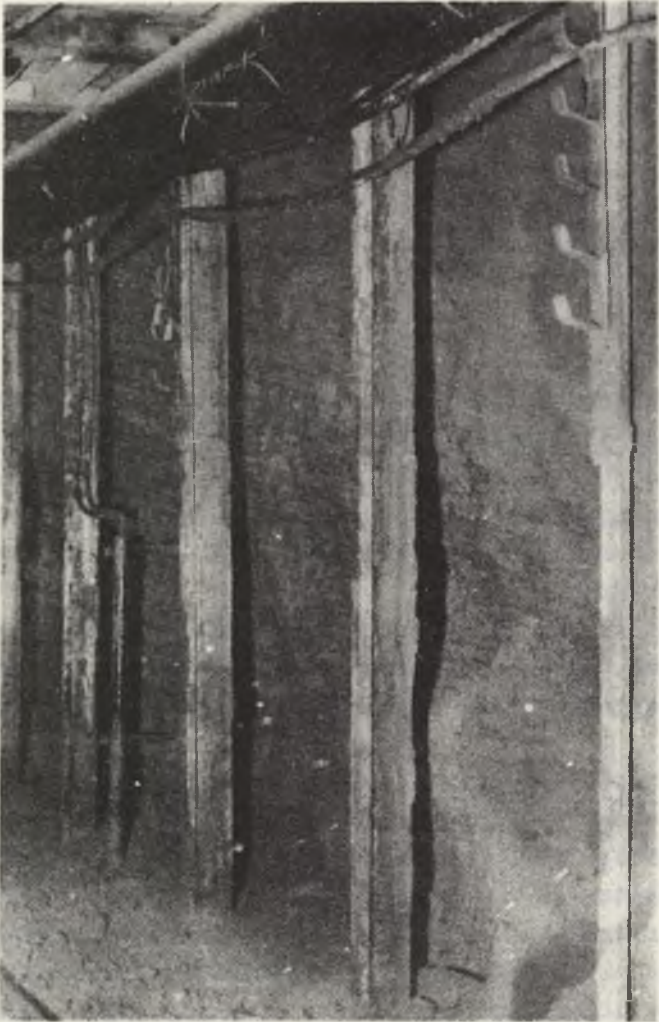
We wszystkich przypadkach beton natryskowy wykonywany był metodą tzw. suchej mieszanki z dodatkiem lub bez dodatku środków przyspieszających wiązanie, głównie w postaci ohorku wapnia.

W niniejszym artykule przedstawiono nowe propozycje wykonywania obudowy z betonu natryskowego przy użyciu nowego tworzywa betonowego tzw. drutobetonu [1] metodą mokrej mieszanki.

Drutobeton jest betonem piaskowym zbrojnym krótkimi kawałkami oienkich stalowych włókien dodawanych w określonych proporcjach do masy zarobowej w trakcie jej mieszania.

Drutobeton natryskowy może być wykonywany w sposób tradycyjny metodą tzw. suchej mieszanki w oparciu o znaną technologię i sprzęt oraz w sposób nowy, metodą tzw. mokrej mieszanki w oparciu o czechosłowacką metodę "Vusokret" lub angielską "Aeroceem".

Technologia drutobetonu oraz sposób jego natryskiwania metodą tzw. mokrej mieszanki została opracowana oraz zmodyfikowana w Głównym Instytucie Górnictwa przy współpracy z Katedrą Budownictwa Podziemnego Kopalń Politechniki Śląskiej.



Rys. 1. Fragment ociosu pokrytego drutobetonem natryskowym grubości 5 cm w kop. "Olkusz"

Próby wdrożeniowe zastosowania drutobetonu natryskowego metodą suchej mieszanki przeprowadzone zostały w ZG "Konrad" oraz kop. "Polkowice" zaś metodą mokrej mieszanki w ZGH "Orzeł Biały" (Nowy Rejon) oraz kop. "Olkusz". We wszystkich wyżej wymienionych kopalniach łącznie zabudowano drutobetonem natryskowym ok. 1500 mb wyrobisk korytarzowych.

2. Uzasadnienie wyboru technologii betonu natryskowego

Jak ogólnie jest wiadomo o jakości każdego betonu w dużym stopniu decyduje właściwie dobrany współczynnik wodno-cementowy (w/o). Utrzymanie takiego współczynnika przy b.n. wykonywanym metodą suchej mieszanki jest praktycznie rzecz biorąc nieosiągalne. Przy b.n. wykonywanym metodą suchej mieszanki następuje wydmuchanie z mieszanki pewnej ilości cementu znacznie pogarszając jej skład oraz zapylenie miejsca pracy. Straty materiałowe spowodowane odbiciem materiału wahają się w granicach 20-50% w zależności od jakości sprzętu a przede wszystkim od kwalifikacji obsługujących sprzęt.

Przy b.n. wykonywanym metodą mokrej mieszanki wszystkie zasadnicze wody suchej mieszanki są eliminowane gdyż gotowa masa betonowa o ściśle określonym składzie i konsystencji podawana jest przy pomocy pompy z uregulowaną prędkością strumienia. Zadaniem operatora obsługującego dyszę jest tylko kontrola prawidłowości natryskiwania.

Opad będący rezultatem odbicia i oderwania się masy betonowej od podłoża w przeciwieństwie od suchej mieszanki wynosi średnio (strop i ociosy) od 3% - 7%. Wynika to z faktu stosowania drobniejszych frakcji kruszywa, odpowiednich plastyfikatorów oraz właściwego aktywowania masy betonowej w mieszarce.

Głównym powodem rozpowszechnienia betonu natryskowego wykonywanego metodą suchej mieszanki była możliwość zastosowania grubych (do 30 mm) frakcji kruszywa a tym samym uzyskania stosunkowo wysokich parametrów wytrzymałościowych oo przy betonie piaskowym wykonywanym metodą mokrej mieszanki było niemożliwe do osiągnięcia. Zastosowanie do betonu piaskowego elementów zbrojeniowych w postaci krótkich stalowych oienkich włókien

zwiększa wytrzymałość na rozciąganie przy zginaniu do około 300%, czyni materiał wysoce odpornym na powtarzające się obciążenie oraz zapobiega powstawaniu rys skurczonych. W wyniku dodania do betonu piaskowego elementów zbrojeniowych otrzymujemy zupełnie nowe o niespotykanych dotychczas parametrach, tworzywo zwane drutobetonem.

3. Technologia drutobetonu natryskowego metoda mokrej mieszanki

Podstawowymi składnikami drutobetonu natryskowego metodą mokrej mieszanki są: piasek, cement, woda, ocięte druciki, środki uplastyczniające.

3.1. Piasek

Piasek do drutobetonu natryskowego winien odpowiadać warunkom określonym w PN-59/B - 06711 z wyjątkiem uziarnienia które powinno odpowiadać poniższemu zestawieniu:

Wymiar oczka sita w mm	Procentowa ilość przechodząca (wagowo)
3	100
2	70 - 95
1	45 - 80
0,5	25 - 55
0,125	15 - 30
0,125	7 - 15
0,05	0

Piasek w zasadzie nie powinien zawierać ziaren o większej średnicy niż zostało to podane w powyższym zestawieniu, jakkolwiek w praktyce mogą się znaleźć ziarna o średnicy do 4 - 4,5 mm ale jest to absolutnie górna granica wielkości ziaren. W przypadku niemożności uzyskania naturalnego uziarnienia można go ulepszać przez zmieszanie kilku piasków. Ogólnie biorąc lepszy jest piasek posiadający mniejszą wodonasiąkliwość oraz piasek rzeczny o maksymalnej zawartości ziarn

kwarcoowych okrągłego kształtu. Piasek nie powinien zawierać domieszek pyłów, gliny oraz zanieczyszczeń organicznych i odpowiadać takiej krzywej przesiewu aby zachowany był warunek mieszający się w przedziale drobnego uziarnienia. Wilgotność piasku winna wynosić 3 - 7% co znacznie ułatwia dokładne ustalenie współczynnika wodno-cementowego. Najodpowiedniejsze piaski do tego celu o którym mowa posiadają piaskownie Wiohrowa 1 Cieszowa.

3.2. Cement

Do produkcji masy betonowej opartej o technologię mokrej mieszanki powinno używać się cementu portlandzkiego marki 450 lub 350. Cementy posiadające większą powierzchnię właściwą są lepsze gdyż dają zaprawę o większej stabilności. Cement powinien odpowiadać wymaganiom PN-62/B-30009 C.p. marki 450 oraz PN-60/B 30000 C.p. marki 350. Do betonu natryskowego pod żadnym warunkiem nie wolno używać cementu, który nie charakteryzuje się stałą objętością bądź początek wiązania badany wg PN-63/B-04300 jest wcześniejszy od 60 minut.

3.3. Woda

Woda zarobowa powinna odpowiadać wymaganiom zawartym w PN-58/B-32250. Nie powinna zawierać domieszek w postaci zanieczyszczenia smarami, zawiesinami gliniastymi bądź organicznymi. Nie powinna także zawierać kwasów humusowych oraz podobnych zanieczyszczeń, które w poważnym stopniu obniżają wytrzymałość betonu.

Przed przystąpieniem do produkcji masy betonowej woda powinna być poddana badaniom laboratoryjnym na zawartość kwasów. W warunkach polowych wodę bada się przy pomocy papierka lakmusowego, zanurzając go w badanej wodzie co najmniej przez 1 godzinę. Natomiast zawartość kwasu siarkowego H_2SO_4 stwierdza się przy pomocy roztworu chlorku barowego $BaCl_2$ dodając do wody nieco kwasu solnego HCl . W razie wytrącenia się osadu wodę należy poddać dokładnym badaniom laboratoryjnym. Zawartość jonu Cl można stwierdzić azotanem srebra. Ogólnie można stwier-

dzić, że woda używana do produkcji masy betonowej nie powinna zawierać więcej jak 0,3% SO_3 i 1% soli NaCl i MgCl_2 . W praktyce powyższe nie zawsze jest przestrzegane co bardzo ujemnie wpływa na jakość betonu.

3.4. Elementy zbrojeniowe (cięte druciki)

Do produkcji elementów zbrojeniowych stosuje się drut stalowy goły ciągnięty na wodę o średnicy 0,15-0,25 mm i wytrzymałości na zerwanie nie mniej jak 60 kg/mm^2 . Drut ten zostaje pocięty na odcinki o długości 1,5-2,5 om tzn. takie aby średnica drutu do długości ciętych odcinków miała się tak jak 1:100. Druty o innych jak ww. parametrach utrudnią względnie w ogóle uniemożliwiają stosowanie ich jako elementów zbrojeniowych do betonu natryskowego.

W przypadku stosowania drutów poodpadowych (np. ze starych lin) lub innych drutów powleczonych środkami konserwującymi należy je wypłukać w "Tri" lub w benzynie ekstrakcyjnej a dopiero potem, po wysuszeniu, dozować w stanie rozluźowanym do kruszywa.

3.5. Dodatki uplastyczniające

Najlepszym dodatkiem uplastyczniającym stosowanym do produkcji masy betonowej opartej o technologię mokrej mieszanki był dotychczas "Silikat" importowany z Czechosłowacji. Wg posiadanych informacji przemysł krajowy rozpocznie produkcję dodatku odpowiadającego "Silikatowi" już w pierwszych miesiącach 1969 r.

Zadaniem środków uplastyczniających jest nadanie masie betonowej odpowiedniej lepkości oraz obniżenie skurozu betonu. Działa on także w bardzo niewielkim stopniu na przyspieszenie twardnienia masy betonowej.

4. Przygotowanie masy zarobowej drutobetonu

W pierwszej kolejności należy przygotować piasek przez przesianie go na siole o średnicy oczek 4,5 mm a dopiero potem dozować go do mieszarki.

Wielkość zarobu określa pojemność mieszarki i w związku z tym jednorazowo należy obliczyć wagowe propozycje poszczególnych składników zarobu w tym również wody przy uwzględnieniu wilgotności kruszywa.

W pierwszej kolejności do mieszarki dozuje się cement oraz "Silikat" lub inny środek jemu odpowiadający w ilości 15% wagi cementu. W następnej kolejności dozuje się piasek oraz elementy zbrojeniowe (druty). Przy dozowaniu drutów należy zwracać baczną uwagę na to żeby nie było partii drutów skłębionych w postaci "jeży" gdyż spowoduje to zatkanie przewodów.

Po zapełnieniu mieszarki wszystkimi składnikami zarobu następuje mieszanie, które winno trwać wg posiadanego doświadczenia 4-4,5 minuty. Ścisłe określony czas aktywacji nadaje masie betonowej najkorzystniejszą płynność i zapewnia otrzymanie doskonałej jednorodności.

Po sprawdzeniu przy pomocy stożka Nowikowa konsystencji masy przepuszczamy ją do pompy. Zanurzenie stożka winno wynosić 10-12 cm.

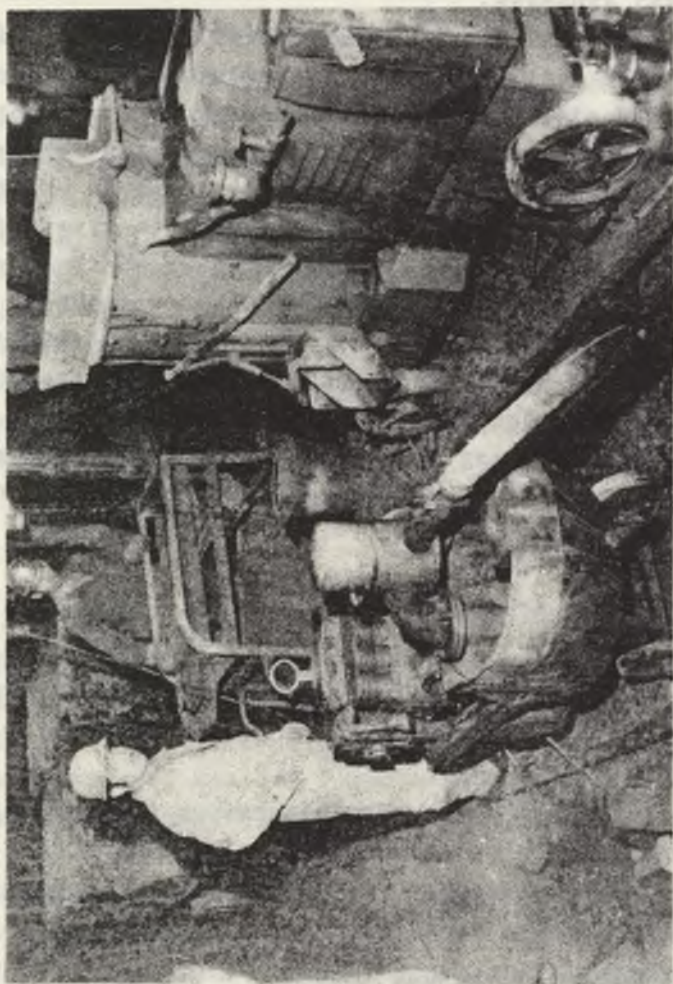
5. Urządzenia i sprzęt

Urządzenie do mieszania winno zapewniać dokładne wymieszanie wszystkich składników w taki sposób aby ziarna piasku i poszczególne druciki były dokładnie otulone mleczkiem cementowym.

Zestaw urządzeń do wykonywania betonu natryskowego metodą mokrej mieszanki w oparciu o czechosłowacką metodę "Vusokret" przedstawiony jest na rys. 2. Składa się on z następujących urządzeń:

1) Mieszarka aktywująca typu VUS - 046 produkcji czechosłowackiej o następujących danych technicznych:

Pojemność	-	200 litrów
Wysokość	-	1300 mm
Szerokość	-	1000 mm
Długość	-	1280 mm
Waga całkowita	-	ok. 350 kg



Rys. 2. Urządzenia do wykonywania betonu natryskowego metodą mokrej mieszanki

Moc silnika elektr.	-	3,8/4,2/5,4 kW
Wydajność pracy	-	1 - 2 m ³ /godz.

2) Tynkownica typu MCM produkcji ozechosłowackiej, dwumembranowa o regulowanej wydajności podawania masy 1-4 m³/godz.

3) Przenośne sito wibracyjne.

4) Pistolet natryskowy.

Do powyższego dochodzi jeszcze osprzęt taki jak: tablica rozdzielcza, węże gumowe lub rury, dozownik materiału itp.

6. Wybrane zagadnienia organizacji pracy

Beton natryskowy wykonywany metodą mokrej mieszanki w oparciu o "Vusokret" został w Polsce poraz pierwszy zastosowany przez Poznańskie Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego między innymi przy budowie silosów w hucie aluminium w Koninie oraz Hali Sportowej w Katowicach a więc w budownictwie naziemnym.

Ten sam beton w formie zmodyfikowanej (z dodatkiem elementów zbrojeniowych) w budownictwie podziemnym wymaga odrębnego potraktowania z punktu widzenia organizacji pracy.

Podstawowym warunkiem rozpoczęcia pracy jest zgromadzenie odpowiedniej ilości potrzebnych materiałów dla zapewnienia ciągłości pracy urządzeń.

Dla sprawnego przemieszczenia urządzeń w ślad za postępującym betonowaniem wskazane jest ustawienie ich na specjalnych ruchomych platformach (patrz rys. 2) poruszających się po torze.

W warunkach podziemnych dozowanie suchych składników do mieszarki najlepiej dokonywać przy pomocy krótkiej podawarki taśmowej ponieważ stosowany na powierzchni żurawik typu "Pionier" ze względu na swoje gabaryty w pewnych przypadkach nie mógłby być zastosowany.

Przy wprawnej obsłudze istnieje możliwość równoległego ustawienia dwóch mieszarek, które na przemian będą aktywowały masę betonową co znacznie podniesie wydajność pracy.

Przesiewanie piasku na miejscu pracy tuż przed dozowaniem go do mieszarki jest rzeczą konieczną dla uniknięcia ryzyka

przedostania się do mieszarki lub pompy ciał obcych mogących uszkodzić urządzenie. Możliwe jest inne rozwiązanie powyższego zagadnienia lecz z zachowaniem daleko idących środków ostrożności.

Dla zapewnienia ciągłości procesu natryskiwania i zachowania warunków bezpieczeństwa pracy należy wyrobisko, w którym odbywa się natryskiwanie wyłączyć z ruchu bądź ograniczyć do niezbędnych przejazdów lub przejazdów w przypadku wyrobisk dwutorowych.

Obsługa urządzeń a w szczególności obsługujący dyszę natryskową musi być zaopatrzona w rękawice oraz ochronę twarzy i oczu.

7. Konserwacja urządzeń

Urządzenia do wykonywania betonu natryskowego metodą mokrej mieszanki wymagają dużej pieczołowitości, gdyż nawet drobne zaniedbania mogą mieć poważne skutki tak dla samych urządzeń jak i dla obsługi.

Po każdorazowym zakończeniu pracy należy usunąć resztki masy betonowej z mieszarki, tynkownicy a przede wszystkim z zasobników pomp i przewodów transportowych płukając wodą i pompując ją przez przewody i dyszę natryskową tak długo aż będzie wypływała zupełnie czysta woda. Podozas tej operacji węże transportowe należy podwiesić w ten sposób aby był spadek od pompy w kierunku dyszy natryskowej.

Po wypłukaniu mieszarkę oraz pompę należy osuszyć strumieniem sprężonego powietrza zaś węże zostawić podwieszane na specjalnych hakach.

8. Podsumowanie

Niniejszy artykuł ma charakter informacyjny i nie obejmuje całego szeregu zagadnień tak natury technicznej jak i ekonomicznej.

Zastosowanie drutobetonu natryskowego metodą suchej lub mokrej mieszanki nie ma za zadanie wyeliminowania tradycyjnego

betonu natryskowego lecz jest tylko jedną z jego odmian co w znacznym stopniu zwiększy zakres jego stosowania.

Ogólnie rzecz biorąc drutobeton natryskowym może znaleźć zastosowanie we wszystkich wyrobiskach kapitalnych bez ograniczeń a w szczególności tam gdzie ze względu na ciężkie warunki górniczo-geologiczne stosowanie tradycyjnego betonu natryskowego jest ograniczone lub wręcz niemożliwe.

LITERATURA

- [1] SIKORSKI Cz.: Nowe tworzywo - drutobeton dla potrzeb budownictwa górniczego. Biuletyn GIG Nr 1/59/
- [2] SIKORSKI Cz., KWIATEK I.: Badania nad ustaleniem receptur nowego tworzywa dla betonu natryskowego. Niepublikowane Archiwum GIG-1967 r.
- [3] SIKORSKI Cz.: Badania laboratoryjne drutobetonu oraz próby zastosowania go jako obudowy natryskowej w kopalniach rud cynkowo-ołowianych i miedzi. Niepublikowane Archiwum GIG - 1968 r.