

Eugeniusz Posyłek, Teofil Pałucki

#### MOŻLIWOŚCI KOTWIENIA WYROBISK KORYTARZOWYCH W KOPALNIACH WĘGLA

Streszczenie. Badania wykazały, że istniejące teorie i wzory teoretyczne nie pozwalają na jednoznaczne projektowanie obudowy kotwiowej, szczególnie na większych głębokościach ( $>500$  m). Wobec tego opracowano praktyczne zasady w formie wytycznych kotwienia wyrobisk korytarzowych. Wyróżniono obciążenie i nośność obudowy kotwiowej. Obciążenia można wyznaczać według ogólnie przyjętych zasad mechaniki górotworu, natomiast nośność obudowy wyznacza się doświadczalnie.

Nośność ta zależy od wytrzymałości konstrukcji kotwi i wytrzymałości zamocowania w skale. Założono, że konstrukcja kotwi winna wytrzymać obciążenie min. 8 ton, a siła zamocowania w skale winna dorównywać tej wielkości, co zachodzi w skałach o  $f > 5$  ( $50 \text{ MN/m}^2$ ).

#### 1. Wstęp

W ciągu ostatnich lat dokonuje się w światowej technice górniczej szybki rozwój mechanizacji i automatyzacji, mający na celu zmniejszenie uciążliwości pracy górnika oraz wzrost wydajności pracy.

Jedną z najmniej zmechanizowanych dotychczas czynności jest proces wykonywania obudowy wyrobisk górniczych, szczególnie wyrobisk chodnikowych i komorowych. Możliwość pełnej mechanizacji wykonywania zapewnia jedynie obudowa kotwiowa, jedna z najbardziej racjonalnych i najtańszych obudów wyrobisk górniczych. O wartości obudowy kotwiowej świadczy jej błyskawiczny rozwój w górnictwie zagranicznym w ciągu ostatnich 20 lat tak, że w wysoko rozwiniętych krajach ponad 50% wyrobisk wykonuje się obecnie w obudowie kotwiowej i w dalszym ciągu obudowa ta wypiera stosowaną dotychczas powszechnie obudowę podporową.

Pomiędzy zasadą pracy obudowy kotwiowej a obudowy podporowej istnieją podstawowe różnice. Obudowa podporowa za pomocą sztywnych lub podatnych elementów podporowych przenosi siły pochodzące od górotworu na spąg. Zazwyczaj siły te przenoszone są jako skupione, wobec tego następuje koncentracja naprężeń w skale pod elementami podpierającymi i rozgniatanie skał. Przy obudowie podporowej jest prawie niemożliwe uzyskanie dokładnego przylegania obudowy do oścosów wyrobiska, wobec tego obudowa przejmuje zawsze skoncentrowane naciski w miejscach jej styku ze skałą. W następstwie tego powstają szkodliwe naprężenia zginające i ścinające. Dla prze-

ciwdziałania im potrzebna jest silniejsza obudowa niż w przypadku prostego naprężenia ściskającego. Przy obudowie podporowej kształt wyrobiska najczęściej trzeba dostosować do kształtu obudowy. Kształt ten nie zawsze jest dla górotworu korzystny pod względem statycznym.

Podstawowym elementem obudowy kotwiowej jest kotwia osadzona w otworze pracująca jako cięgło. Zasadniczym elementem kotwi jest pręt stalowy, drewniany lub lina utwierdzona w otworze i naprężona. Naprężenie cięgła tzw. "naciąg" kotwi powoduje powstanie w górotworze siły reakcji "zwiększającej" wytrzymałość skały. Przez uzyskanie w kotwiach naciągu wstępnego już podczas ich osadzania można wywołać naprężenia w górotworze przeciwdziałające przemieszczaniu się materiału skalnego do wnętrza wyrobiska. Przy stosowaniu obudowy kotwiowej nie jesteśmy uzależnieni od kształtu pojedynczych elementów obudowy, co pozwala na dowolny wybór kształtu wyrobiska, najlepiej dostosowanego do sposobu obciążeń i potrzeb eksploatacyjnych. Od powiedni dobór parametrów obudowy kotwiowej pozwala wytworzyć taki stan naprężeń w górotworze, że strop staje się samonośny i nie zachodzi potrzeba wykonania obudowy podporowej.

## 2. Rozwój obudowy kotwiowej za granicą

Po raz pierwszy zastosowano obudowę kotwiową w Anglii w roku 1896. Pierwszą wzmianką o obudowie kotwiowej w literaturze światowej jest opis obudowy kotwiowej zastosowanej na kopalni "Pokój", zamieszczony w Kronice Górnictwa Polskiego z 1919 r. W latach trzydziestych zaznaczył się pewien wzrost zainteresowań tą obudową w USA, Anglii, Francji i Niemczech, ale obudowa ta w dalszym ciągu była stosowana próbnie tylko tam, gdzie istniał mocny strop zasadniczy i słaby strop bezpośredni. Obudowa kotwiowa miała za cel przypięcie warstw słabych stropu bezpośredniego do warstw zwiększonych stropu zasadniczego.

Przeprowadzone w USA badania Panka w latach 1930-36 zmieniły pogląd na pracę obudowy kotwiowej i zwiększyły jej zakres stosowalności. Panek wysunął hipotezę samonośności stropu kotwiowego i podał wartości liczbowe tzw. wzmocnienia stropu przez kotwienie [10].

Zasadniczy rozwój obudowy kotwiowej przypada dopiero na ostatnie 20-lecie. Najszerze zastosowanie znalazła ona w USA w kopalniach rud, a później węgla. W latach 1958-60 około 70% wydobycia rud pochodziło z wyrobisk, w których zastosowano obudowę kotwiową, a około 90% wyrobisk podstawowych zostało wykonanych w kotwiach. Średnie zużycie kotwi w górnictwie rud Stanów Zjednoczonych w latach 1958-60 wynosiło ok. 30 mln szt./rok. Nieco później obudowa kotwiowa znalazła zastosowanie w górnictwie węglowym, ale już w latach 1956-60 około 60% wydobycia węgla pochodziło z wyrobisk zabudowanych kotwiami. Górnictwo amerykańskie stosuje kotwie o długości 0,6-2,4 m o zamocowaniu punktowym. Również w górnictwie Kanadyjskim

obudowa kotwiowa znalazła szerokie zastosowanie i zużywa się ok. 6 mln szt. kotwi rocznie [2].

W krajach europejskich zaczęto wprowadzać obudowę kotwiową dopiero z początkiem lat pięćdziesiątych, lecz już w roku 1958 zabudowano we Francji 3300 tys. sztuk kotwi, a w roku 1960 już 4190 tys. szt. W górnictwie państw zachodnich stosuje się zarówno kotwie szczelinowo-klinowe i kotwie rozprężne, jak również coraz szerzej kotwie żelbetowe i klejane [3, 4, 9, 12].

### 3. Rozwój obudowy kotwiowej w Polsce

Począwszy od lat 1951 w polskiej literaturze zaczynają się pojawiać artykuły rozpowszechniające osiągnięcia krajów zachodnich w zakresie obudowy kotwiowej. W 1954 r. GIG przystępuje do prób wprowadzenia obudowy kotwiowej w kopalniach węgla kamiennego [5]. Przeprowadzono szereg prób z różnymi rodzajami metryk i sposobów kotwienia w kopalniach Zjednoczeń Dąbrowskiego i Jaworznicko-Mikołowskiego. Celem tych badań było określenie przydatności obudowy kotwiowej w krajowych warunkach. Począwszy od r. 1958 kopalnie węgla zaczynają wprowadzać obudowę kotwiową samodzielnie lub przy współpracy z GIG-iem. W tym czasie na kopalni Szombieki wykonano 300 mb przekopu w obudowie kotwiowej opracowując samodzielnie kotwie oraz osprzęt i dokumentację kotwienia. W latach 1959-1960 wiele kopalni zaczęło wprowadzać obudowę kotwiową, stosując kotwie szczelinowo-klinowe wraz z siatką lub stropnicami. W roku 1962 uruchomiono seryjną produkcję kotwi w hucie "Ferrum". Brak odpowiedniego sprzętu do kotwienia zahamował dalszy rozwój obudowy kotwiowej, co spowodowało brak zbytu na kotwie i likwidację oddziału produkującego kotwie w hucie "Ferrum". Produkcję kotwi przejęła Tarnogórska Fabryka Urządzeń Górniczych oraz niektóre bazy remontowe przedsiębiorstw górniczych. Likwidacja seryjnej produkcji kotwi spowodowała wzrost kosztów wytwarzania sposobem warsztatowym, przez co kotwie podrożały dwukrotnie (z 47 do 93 zł/szt.).

Braki odpowiednich urządzeń do wykonywania obudowy kotwiowej oraz sprzętu kontrolno-pomiarowego powodowały niską jakość wykonywanej obudowy kotwiowej, co budziło zastrzeżenia władz górniczych. Piętrzące się trudności zniechęcały poszczególne zakłady górnicze i w krótkim czasie zaniechano zupełnie stosowania obudowy kotwiowej w wyrobiskach korytarzowych.

Zainteresowanie obudową kotwiową przeniosło się na wyrobiska eksploatacyjne. Od roku 1965 rozpoczęte zostały przez GIG pomyslnie próby kotwienia wyrobisk ścianowych na kopalniach "Milowice", "Gen. Zawadzki", "Jowisz", "Sosnowiec", "Kazimierz Juliusz". Problem kotwienia wyrobisk korytarzowych wystąpił ponownie przy budowie kopalń rud miedzi LGOM dla umożliwienia przyspieszenia drążenia wyrobisk korytarzowych i wprowadzenia nowoczesnych samobieżnych maszyn górniczych. Od roku 1965 rozpoczęto stosować

obudowę kotwioną na kopalniach Lubin i Polkowice oraz uruchomiono produkcję kotwi w Przedsiębiorstwie Budowy Kopalń Rud w Częstochowie.

W roku 1970 w kopalniach LGOM zabudowano ok. 600 tys. szt. kotwi na głębokości 600-800 m i nadal przewiduje się stosowanie w tych kopalniach wyłącznie obudowy kotwionej zarówno w wyrobiskach korytarzowych jak i w eksploatacyjnych.

#### 4. Wyniki prac ZBiDBG nad rozwojem obudowy kotwionej

Z chwilą powołania Zakładu Badań i Doświadczeń Budownictwa Górniczego w roku 1966 podjęto prace nad ponownym wprowadzeniem obudowy kotwionej w wyrobiskach korytarzowych i komorowych kopalń węgla.

W oparciu o doświadczenia GIG, górnictwa zagranicznego oraz kopalń rud przeprowadzono pierwsze próbne wdrożenie obudowy kotwionej w 7 kopalniach przemysłu węglowego (Staszic, Szłupiec, Moszczenica, Jastrzębie, Anna, Ziemowit, Lenin). Ponadto przeprowadzono udane próby kotwienia wyrobisk komorowych i szybika w warunkach fliszu karpackiego na budowie hydroelektrowni Żar.

Równocześnie prowadzono próby i badania nad konstrukcją oraz technologią wykonywania kotwi żelbetowych i strunobetonowych.

W wyniku prowadzonych badań, prób przemysłowych i obserwacji uzyskano doświadczenia, które pozwoliły na wysunięcie pewnych wniosków w zakresie projektowania konstrukcji i technologii wykonywania obudowy kotwionej w warunkach naszych zagłębi węglowych.

##### 4.1. Ocena istniejących teorii obliczania obudowy kotwionej

Teorie i hipotezy dotyczące zagadnienia kotwienia można podzielić na grupy różniące się w tłumaczeniu zjawisk [8, 11, 12].

Do jednej z grup należy zaliczyć teorię spiętej belki i teorię Paneka, które tłumaczą zjawiska wzmocnienia stropu uwarstwionego od strony wytrzymałościowej, natomiast nie wprowadzają do obliczeń ciśnienia skał, które jest zależne od głębokości zalegania. Teorie te tłumaczą wzmocnienie warstw stropowych o dużym uwarstwieniu.

Do innej grupy należy zaliczyć:

- teorie sklepienia ciśnień, wprowadzające dodatkowo wzmocnienie wytrzymałości skał kotwionych do nich należą wzory Siemiewskiego, które wyjaśniają zagadnienie wzmocnienia skał przez podwieszenie słabej warstwy do stropu zasadniczego i zwiększenie sztywności warstw zakotwionych. Teorie te nie uwzględniają jednak wielkości ciśnienia pionowego i głębokości zalegania.

Mimo tych usterek oparte na tej teorii wzory Siemiewskiego dają wyniki najbardziej zbliżone do rzeczywistych i umożliwiają projektowanie obudowy kotwionej na większych głębokościach i dla większych wyrobisk.

- Wzory Sałustowicza tłumaczące kotwienie w oparciu o elipse naprężeń ujmują całokształt zagadnienia tak od strony wzmocnienia stropu przez spięcie belki, jak również uwzględniają możliwość podwieszania słabych warstw.

Teoria oparta o elipse naprężeń Sałustowicza ujmuje wprawdzie całokształt zagadnienia, lecz wyniki są obliczane z bardzo dużymi współczynnikami zapasu (średnio ok. 12) i z tych względów kotwienie wg tej teorii nie może być stosowane nawet w takich warunkach, gdzie praktycznie obudowa kotwiowa zdała egzamin.

Wobec braku jednoznacznych wzorów teoretycznych nowe wytyczne kotwienia wyrobisk korytarzowych zaakceptowane w 1971 r. przez Komisję Obudowy MGIE oparto na innej zasadzie [6,7]. Zasada ta polega na wyróżnieniu obciążenia i nośności obudowy kotwiowej.

Obciążenie można wyznaczać wg ogólnie uznawanych metod w zakresie mechaniki górotworu, natomiast nośność obudowy wyznacza się doświadczalnie. Zależy ona głównie od 2 czynników, a mianowicie:

- wytrzymałości konstrukcji kotwi,
- wytrzymałości zamocowania kotwi.

Ten z czynników, którego wartość liczbowa jest mniejsza decyduje o nośności kotwi. W wytycznych założono, że konstrukcja kotwi powinna wytrzymywać obciążenie co najmniej 8 ton, gdyż większość ze znanych kotwi taką i znacznie większą wytrzymałość posiada. Zamocowanie kotwi w otworze kotwiowym, ze względów ekonomicznych powinno dorównywać wytrzymałości konstrukcji kotwi na rozrywanie. Zależy ono zarówno od konstrukcji głowicy jak i od rodzaju skały. Z tego względu musi następować odpowiedni dobór. Za wskaźnik zamocowania przyjęto opór stawiany przez kotew przy wyrywaniu. Z przeprowadzonych badań oporu wyrywania kotwi wynika, że w suchych łupkach piaszczystych i piaskowcach o wskaźniku zwięzłości  $f \geq 5$  opór wyrywania wynosi nawet ponad 8 ton.

Opracowane wytyczne zawierają następujące części składowe:

- określenie warunków, w jakich kotwie mogą być stosowane, tj.
  - rodzaju skał,
  - wielkości i kształtu wyrobiska,
  - lokalizacji wyrobiska,
  - nachylenie warstw,
  - trwałości wyrobiska,
  - rodzaju kotwi,
- katalog typowych wyrobisk w obudowie kotwiowej:
  - odpowiadających przekrojom stosowanych łK od formatu 0 do formatu 7,
  - wyrobisk prostokątnych o szerokości od 2-3,6 m,
- instrukcję wykonywania obudowy kotwiowej.

Wytyczne stanowią podręczny zbiór informacji umożliwiający prawidłowe projektowanie i wykonawstwo obudowy kotwionej w wyrobiskach korytarzowych

#### 4.1. Rodzaje kotwi

Zdecydowana większość dotychczas stosowanych kotwi, to kotwie o zamocowaniu mechanicznym. Wśród nich wielką popularność zdobyły sobie dawniej kotwie szczelinowo-klinowe i wypierające je aktualnie znacznie ekonomiczniejsze pod względem zużycia stali, kotwie rozprężne (szczękowe). Jedne i drugie charakteryzują się tzw. punktowym zamocowaniem, tzn., że głowica stawiająca opór zapobiegający wrywaniu kotwi ma kontakt z niewielką częścią powierzchni otworu. Ten sposób zamocowania musi koniecznie uwzględniać twardość skały.



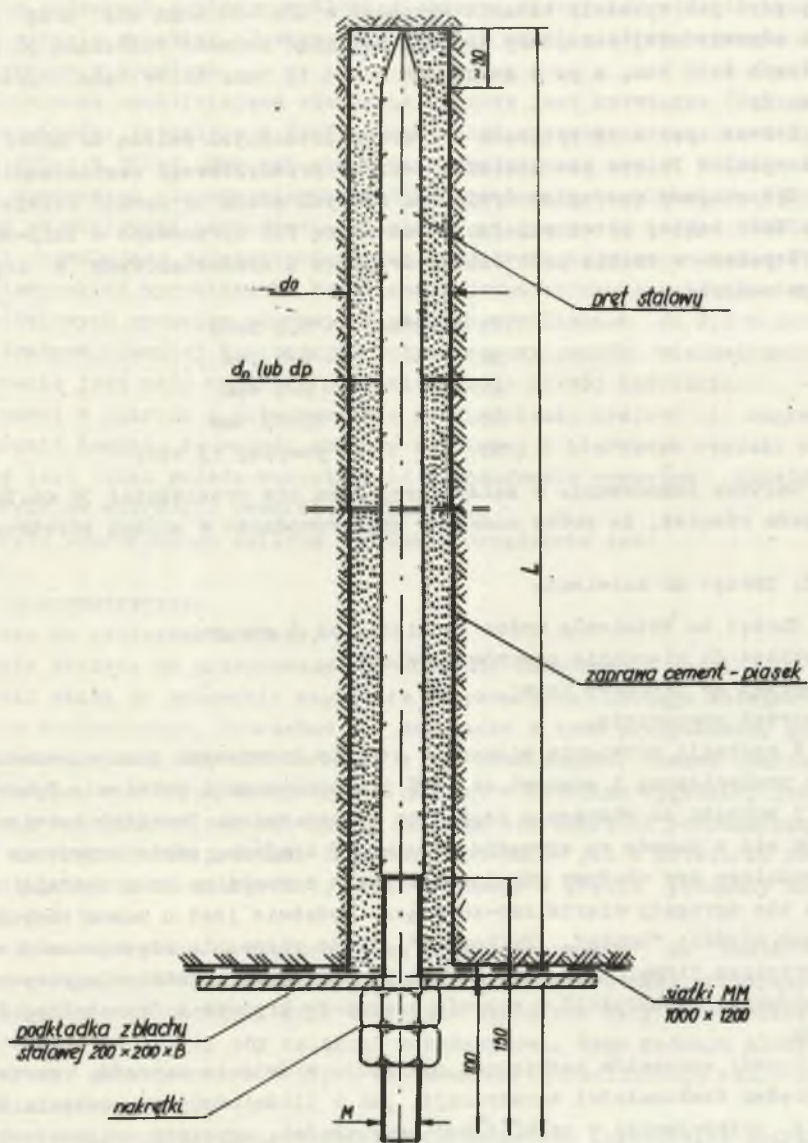
Rys. 1. Kotew rozprężna ET-3

Ta grupa kotwi rozprężnych ma bardzo liczne odmiany konstrukcyjne głowic. Szeroko rozpowszechnioną w Polsce kotew ET-3 pokazano na rysunku 1. Kotwie te produkowane są o długościach 1,2-2,2 m. Średnica pręta wynosi 20 mm, a średnica nierozpartej głowicy 34-36 mm. Konstrukcja kotwi może być obciążana do 10 ton. Wskazane jest aby rozparcie głowicy w otworze były wykonane siłą równą połowie przewidywanego obciążenia kotwi, a więc 3-5 ton. W wyrobiskach ścianowych kopalni Dąbrowskiego Zjednoczenia znalazły zastosowanie kotwie o nazwie PS konstrukcji GIG.

Ostatnio zyskują na znaczeniu kotwie oparte na zamocowaniu ciągłym. Do nich należą kotwie żelbetowe i kotwie tzw. wklejane, czyli mocowane w otworach za pomocą tworzyw sztucznych. W tego rodzaju konstrukcjach zamocowanie cięgna nośnego ma miejsce na całej względnie znacznej części otworu, stąd zakres stosowalności tych kotwi jest większy i obejmuje również skały o mniejszej zwięzłości, jak np. suche łupki piaszczyste i ilaste.

W technologii wykonywania kotwi żelbetowych wyróżnia się dwa kierunki:

- kotwie żelbetowe, w których pręty stalowe są osadzone w uprzednio wprowadzonej do otworu zaprawie,
- kotwie żelbetowe charakteryzujące się tym, że po wprowadzeniu, a czasem po zamocowaniu wstępny pręta wprowadza się do otworu kotwionego zaprawę lub mleczko cementowe.



Rys. 2. Kotew żelbetowa

Pierwsze odznaczają się prostą konstrukcją i łatwością zabudowania i są mniej skomplikowane niż drugie. Kotwie te zasługują na szczególną uwagę, gdyż jak wykazały badania wykonane w ZBiD-BG mogą one przy stosowaniu odpowiedniej receptury zaprawy osiągnąć nośność wynoszącą po 2-ch godzinach 6+10 ton, a po 4 godzinach ponad 12 ton. Kotew taką przedstawia rys. 2.

Kotwie oparte na spoiwach z tworzyw sztucznych należą do kotwi przyszłościowych. W Polsce nie znalazły jeszcze przemysłowego zastosowania.

Dysponujemy szeregiem żywic, na których można by oprzeć kotwie wklejane. Wzór takiej kotwi wklejanej pod nazwą POK opracowano w ZBiD-BG.

Uzyskano w czasie prób laboratoryjnych i środowiskowych w łupku ilastym nośność po:

15 minutach	-	0,5 tony
30 "	-	4-5 ton
45 "	-	8-9 ton
60 "	-	12-13 ton
90 "	-	powyżej 13 ton.

Odcinek zamocowania w każdym przypadku nie przekraczał 30 cm. Zaznaczyć wypada również, że próby nośności przeprowadzono w suchym górotworze.

#### 4.2. Sprzęt do kotwienia

Sprzęt do kotwienia można podzielić na 3 grupy:

- sprzęt do wiercenia otworów kotwionych,
- sprzęt do zabudowy kotwi,
- sprzęt pomocniczy.

W operacji kotwienia wiercenie otworów kotwionych jest czynnością bardzo pracochłonną i stanowi ok. 60% pracochłonności kotwienia. Wybór sposobu i sprzętu do wiercenia jest więc rzeczą ważną. Początki kotwienia opierają się z zasady na sprzęcie prostym. W krajach, gdzie kotwienie stanowi zasadniczy typ obudowy górniczej i gdzie warunki na to pozwalają wprowadza się agregaty wiertniczo-kotwiące. Podobnie jest u nas w nowych kopalniach miedzi: "Lubin", "Polkowice". Tu do wiercenia stosuje się agregaty wiertnicze firmy "Joy" typu RBD, a do wiercenia i kotwienia wozy kotwiące lubińskiej konstrukcji w oparciu o zespoły krajowe i francuskiej firmy Se coma.

Rozwój agregatów kotwiących postępuje w świecie naprzód, zarówno pod względem doskonałości konstrukcji, jak i ilościowego wyposażenia. Nie wszędzie, przynajmniej w najbliższej przyszłości, agregaty wierząco-kotwiące znajdują zastosowanie. Tam, gdzie dotychczas wiercenie otworów strzałowych ze względów technologicznych wpływających ze sposobów drażenia wyrobisk odbywa się przy korzystaniu z indywidualnych podpór trzeba się liczyć, że wprowadzenie agregatów nie nastąpi w najbliższym czasie.

W tych przypadkach, często poddyktowanych szczupłością miejsca ze względów geologiczno-górnicych, wydaje się celowe przynajmniej na-



razie dostosować do warunków lokalnych sprzęt indywidualny. Wiertarki zamocowane na podporach powinny umożliwiać sprawne wiercenie otworów kotwionych w stropie wyrobisk. Powinny one również umożliwiać wywoływanie na ciąg wstępny w kotwiach.

Taką kotwiarką umożliwiającą wiercenie udarowe jest kotwiarka "Falcon" firmy Atlas-Copco. Aktualnie w FSING "Moj-Rapid" opracowane są prototypy kotwiarek PKU-1 i PKU-2. Tam też opracowano prototypową serię podpór do wiercenia obrotowego pionowo wiertarką EWRO. Urządzenie to nosi nazwę WES-2. Ze względu na możliwość prowadzenia wiertarki od stropu istnieją warunki pozwalające jednostopniowo wiercić otwory kotwiowe nawet w sto sunkowo niewysokich wyrobiskach. Rozwiązanie jednostopniowego wiercenia otworów kotwionych sposobem udarowym w niskich wyrobiskach do 2,5 m jest zadaniem trudnym, niemniej koniecznym. Dotychczasowy sposób wielostopniowego wiercenia jest mało wydajny i poważnie hamuje rozwój kotwienia.

Można nawet w oparciu o dotychczasowe doświadczenia krajowe i zagraniczne wyrazić pogląd, że rozwój obudowy kotwiowej w pierwszym rzędzie uzależniony jest teraz przede wszystkim od dysponowania sprzętem umożliwiającym wydajne wiercenie otworów kotwionych.

Do sprzętu pomocniczego zalicza się takie urządzenia jak:

- zakrętki,
- klucze dynamometryczne,
- urządzenia do zatłaczania spoiw,
- urządzenia służące do przeprowadzania kontroli zamocowania kotwi.

Zakrętaki służą do nadawania względnie przywracania naciągu kotwiom o zamocowaniu mechanicznym. Potrzebne są zwłaszcza w tych przypadkach, gdy otwory kotwiowe wierce się wiertarkami, a nie kotwiarkami. Czasem zdarzają się sytuacje, w których do wywołania naciągu w kotwiach wygodniej jest posłużyć się zakrętakiem niż kotwiarką, dlatego też zakrętak powinien znajdować się na wyposażeniu przodka. Zakrętak, podobnie jak i kotwiarka powinien umożliwiać takie zakręcenie, które wywołuje w pręcie pożądaną naciąg rzędu 3-5 ton.

Klucze dynamometryczne przeznaczone są przede wszystkim do pomiarów wielkości naciągu w kotwiach. Często dokonuje się nimi również przywracania bądź uzupełniania naciągu, gdyż nierzadko wystarczy mały obrót nakrętką względnie prętem kotwi, aby osiągnąć pożądaną cel. Tego rodzaju klucze dynamometryczne skonstruowane w GIG-u (na zasadzie hydraulicznej) i ZBiD-BG (na zasadzie sprężynowej).

Próby wrywania kotwi przeprowadza się dynamometrem najczęściej hydraulicznym zwanym inaczej wrywarką. Ze wskazań manometru zabudowanego na pompie ręcznej wtlaczającej olej do wrywarki ustalana jest wielkość oporu stawianego przez kotew przy wrywaniu. Wrywakę taką skonstruowano w GIG-u i wykonano pierwsze jej egzemplarze, lecz niestety zaniechano dalszej produkcji.

Do stosowania kotwi mocowanych w skałę za pomocą spoiw potrzebne są urządzenia umożliwiające zatłaczanie środków wiążących. W przypadku kotwi żelbetowych, urządzenia do zatłaczania zapraw nie są skomplikowane. Konstruuje się je w dostosowaniu do technologii i ilości zabudowywanych kotwi. W ZBiD-BG skonstruowano takie urządzenie, które ma charakterystyczne sprzężenie zaworów ułatwiające obsługę.

##### 5. Dotychczasowe wdrożenia obudowy kotwicznej w budownictwie górnictwym

Stosowanie obudowy kotwicznej na skałę przemysłową rozpoczęło się w 1968 r. W ciągu 3 lat wykonano w obudowie kotwicznej 5170 m wyrobisk, w tym kotwiami stalowymi zakotwiono 4855 m, a kotwiami żelbetowymi 215 m. Wyrobiska zakotwione znajdują się w diabazach, piaskowcach, łupkach piaszczystych, łupkach ilastych i fliszu karpackim. Maksymalna szerokość zakotwionych wyrobisk wynosiła 8 m. Wyrobiska o tej szerokości wykonane zostały przez PRG Mysłowice przy współpracy ZBiD-u we fliszu karpackim w Hydroelektrowni "Beskid". Stwierdzono, że są one bardzo dobrze zabezpieczone obudową kotwiczną z kotwi żelbetowych i warstwą betonu natryskowego przed wietrzeniem skał i deformacją. Ten model obudowy wyrobisk zyskał sobie opinię nowoczesnego rozwiązania obudowy w trudnych warunkach fliszowych i został zaakceptowany przez ekspertów szwajcarskich. Obudowa tego typu będzie powszechnie stosowana przy budowie podziemnej części wspomnianej elektrowni. Innym ciekawszym przykładem kotwienia jest obudowa kotwiczna z kotwi żelbetowych wykonana w chodniku ścianowym Zautomatyzowanej Kopalni "Jan". Obudowa tego rodzaju zabezpiecza z powodzeniem wyrobisko o szerokości 5 m, w którego stropie znajduje się zwięzły łupek ilasty. Z podanych przykładów wynika również pogląd, że kotwie żelbetowe umożliwiają rozszerzenie zakresu kotwienia na skały nie odznaczające się dużą zwięzłością.

##### 6. Zakończenie

Kotwienie to nie tylko samodzielna obudowa. Nie koniecznie też trzeba zaczynać kotwienia od najtrudniejszych warunków. Kotwienie to przede wszystkim środek ułatwiający panowanie nad górotworem, w obrębie wyrobisk i w tym zakresie powinno być również wykorzystane.

Dzisiaj nie są już problemem konstrukcje kotwi. Mamy już kotwie stalowe, żelbetowe i wklejane w oparciu o tworzywa sztuczne. Może tu mieć miejsce jedynie doskonalenie konstrukcji pod względem wytrzymałościowym i sprawności zabudowy oraz dobór odpowiedniego typu kotwi dla danych warunków geologiczno-górnictwych.

Wobec niewątpliwych korzyści technicznych i ekonomicznych (obniżenie zużycia stali o 40÷60% i pracochłonności o 20÷30% w stosunku do obudowy

ŁK), jakie zapewnia obudowa kotwiona konieczne jest szerokie upowszechnienie jej stosowania również w naszym górnictwie węglowym. Na podstawie przeprowadzonych w ZBiD-BG wstępnych badań warunków geologicznych w kopalniach węgla można stwierdzić, że istnieją realne możliwości kotwienia w różnej formie około 20% wyrobisk korytarzowych, tj. 50 km rocznie, co pozwoliłoby na uzyskanie oszczędności w górnictwie węglowym w wysokości około 50 mln zł rocznie, podczas gdy obecnie kotwi się zaledwie ok. 1% wyrobisk.

Ponadto wprowadzenie obudowy kotwionej pozwoli na znaczną poprawę warunków bhp przez zmniejszenie koncentracji naprężeń w czole przodka w stosunku do obudowy ŁK.

Równocześnie należy podkreślić, że Uchwałą Kolegium MGIE nr 58 i opracowaniem wytycznych zostały usunięte przeszkody formalne, a uruchomienie w FNiSG Moj-Rapid produkcji kotwiarek usunie przeszkody sprzętowo-techniczne.

Do przewyżczenia pozostaje ostatni bardzo ważny czynnik - nawyk fizyczny i psychiczny kadry inżyniersko-technicznej i górników do stosowania obudowy podporowej. W tych warunkach należy przystąpić do szerokiego propagowania obudowy kotwionej zarówno poprzez prasę górniczą, jak również w programach studiów oraz w programach szkolenia zawodowego. Równocześnie należałoby umieścić obudowę kotwioną w corocznych zadaniach z postępu technicznego dla poszczególnych kopalń.

Na zakończenie należy podkreślić, że konieczne upowszechnienie obudowy kotwionej w przemyśle węglowym wymaga skoncentrowania wysiłków zarówno władz resortu, jak również biur projektów oraz zjednoczeń i poszczególnych kopalń.

Należy przejść od eksperymentowania do powszechnego stosowania obudowy kotwionej na równi z innymi rodzajami obudowy wyrobisk górniczych.

#### LITERATURA

1. Barry A.I. Panek - "Use of torque wrenches to determine load in roof bolts" - U.S. Bureau of mines I C - 4967, 5080 - May, October - 1953.
2. D.F. Coates, T.S. Cochrane - Development of design specifications for rock bolting form research in Canadian Mines. - VI International Mining Congress - Madrid - 1970.
3. R. Geisler, B. Wersch - "Stand und Entwicklung der konventionellen Vortriebstechnik in Gesteins- und Flözstrecken im westdeutschen Steinkohlenbergbau mit Hilfe der Böhn- und sprengarbeit" - Erzmetall 1971, heft 3, s. 111-121.
4. A. Hugon, A. Coates - "Le boulonnage des roches en souterrain - Paris 1959.
5. B. Neyman, R. Gocman - Kotwienie stropu wyrobisk korytarzowych - Prace GIG - Komunikat 264 - Katowice - 1961 r.
6. T. Pałucki, E. Posyłek, N. Hajduk - Wytyczne stosowania obudowy kotwionej w wyrobiskach korytarzowych - Wyd. ZBiDBG - Mysłowice 1971 r.

7. T. Pałucki - Problematyka kotwienia wyrobisk korytarzowych. "Postęp techniczny w budownictwie górniczym" - materiały konferencyjne, ZBiD-BG Mysłówice 1971 r.
8. K. Podgórski, W. Podgórski - Obudowa kotwiowa wyrobisk górniczych - Wyd. Śląsk - Katowice 1969 r.
9. J.F. Raffoux, P. Sinon, E. Tincelin - Le boulonnage des voies et des galeries minières. Revue de l'Industrie Minerale, Decembre 1970.
10. R. Richter - "Grundlegende Betrachtung zum Ankerabau" - Bergbauwissenschaften 1964 nr 17/18.
11. A. Sałustowicz - Zarys mechaniki górotworu - Wyd. Śląsk - Katowice 1965.
12. Siemiewskij - Sztangowaje kriepl - Moskwa 1959.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПЬ В ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ И КАПИТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ УГЛЬНЫХ ШАХТ

Р е з ю м е

Исследования показали что актуальные теории и теоритические формулы не разрешают однозначно проектировать анкерную крепь, особенно в глубоких шахтах ниже 500 м. Потому разработано новые правила по образцу директивного указания анкерной крепи капитальных и подготовительных горных выработок. Выделено нагрузку и выносливость анкеров. Нагрузку возможно определить по обще принятых формулах механики массива горных пород. Выносливость анкеров зависит от прочности конструкций анкеров и сопротивляемости закреплена в породе. Принято что конструкция анкеров должна выдерживать нагрузку не менее от 8 Т, а сопротивляемость закреплена должна равняться тому. Это является в породах с  $f > 5$  ( $\sigma > 50 \text{ MN/m}^2$ ).

POSSIBILITIES ROCK BOLTING GANGWAYS WORKS IN COAL MINES

Р е з ю м е

Experiments shows that known theories and theoretical formulas do not allow to design rock bolting specially on the considerable depth (>500 m).

There are determined practical principles as the instruction bolting gangways works. Two basic factors for the calculation rock bolting are: the loading.

The loading is determined according to the common used principles of rock mechanics however the carrying capacity of lining is defined experimentally. The carrying capacity depends from the construction strength of bolt and the strength of the fixing in the rock. It was assumed that the construction of bolt ought to withstand a load 8 t minimum and the force of fixing in the rock should be equal to this quantity, this set in rocks with  $f > 5$  ( $\sigma > 50 \text{ MN/m}^2$ ).