ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2000
Seria: GÓRNICTWO z. 246 Nr kol. 1480

Piotr GŁUCH
Politechnika Śląska, Gliwice
Jerzy GRYCMAN, Ernestyn KUBEK
RSW SA KWK „Anna"

WYSOKIE KOTWIENIE GÓROTWORU W CELU POPRAWY STATECZNOŚCI I ZWIĘKSZENIA BEZPIECZEŃSTWA WYROBISK CHODNIKOWYCH I ŚCIANOWYCH

Streszczenie. W artykule omówiono zagadnienie poprawy stateczności wyrobisk górniczych za pomocą kotwienia wysokiego linami stalowymi. Rozwiązania kotwi linowych muszą spełniać wysokie wymagania techniczno-technologiczne. Przy wysokiej wytrzymałości liny powinna być zapewniona mała jej wydłużalność ograniczająca rozwarstwienie skał. Zastosowanie praktyczne znajdują kotwie z drutów do konstrukcji sprężonej o wysokiej wytrzymałości $R_r \geq 1600$ MPa i A_5=3-5% instalowane jako kotwie linowe spoiwowe i kotwie linowe wklejane. Poza przedstawieniem podstawowych rozwiązań podano praktyczne przykłady zastosowań do wzmocnienia wyrobisk chodnikowych i ścianowych zlokalizowanych na dużej głębokości w trudnych warunkach geologiczno – górniczych.

HIGH ANCHORING OF ROCK MASS FOR STABILITY AND SAFETY IMPROVEMENT OF NARROW AND LONGWALL WORKINGS

Summary. In the paper the problem of stability improvement in workings by high anchoring with rope bolts has been discussed. The structure of the rope bolts has to meet high technical and technological requirements. A rope of high strength must assure of small elongation to limit the stratification of rocks. In practice there are used anchors made of wires for prestressed structures of high strength R_r □ 1600MPa and A_5 = 3-5% witch are installed as binding rope bolts and bedded rope bolts. Basic solutions and practical application examples of strengthening narrow and longwall workings in deep mines and difficult mining.

1. Wstęp

Uwzględniając występowanie wokół wyrobisk stref skał odprężonych sięgających na wysokość znacznie powyżej 3 m, zwłaszcza w trudnych warunkach górniczo - geologicznych na dużej głębokości, należy dążyć do wzmacniania obudów wyrobisk górniczych za pomocą kotwienia wysokiego, tj. sięgającego na wysokość powyżej 3 m nad wyrobiskiem, często w przedziale 5 do 8 m.

Jedną z technologii przyszłościowych, która powinna znaleźć szczególne zastosowanie w kopalniach węgla kamiennego, jest wzmacnianie górotworu za pomocą kotwienia linowego.

Zastosowanie kotwi linowych w kopalniach węgla kamiennego należy rozpatrywać dla następujących rozwiązań podstawowych:

- *wzmacnianie samodzielnej obudowy kotwiowej w strefach zwiększonych naprężeń górotworu (oddziaływania krawędzi eksploatacji górniczej, uskoków, resztek nie wybranych pokładów lub zmian litologicznych warstw górotworu), gdzie występuje znaczne podwyższenie wielkości stref odprężonych wokół wyrobiska,*
- *wzmocnienie obudowy podporowej głównych wyrobisk korytarzowych utrzymywanych przez okres istnienia poziomu,*
- *wzmocnienie górotworu wokół wyrobisk chodnikowych przyścianowych w trudnych warunkach górniczo-geologicznych celem utrzymywania ich w obudowach podporowych o lekkiej konstrukcji,*
- *wzmocnienie stateczności górotworu wokół chodników przyścianowych utrzymywanych w jednostronnym otoczeniu zrobów,*
- *wzmocnienie obudów podporowych na skrzyżowaniach wyrobisk korytarzowych, odgałęzieniach i rozwidleniach celem zastosowania konstrukcji obudowy podporowej o małym zużyciu stali,*
- *wykonywanie rozcinek likwidacyjnych w celu przyspieszonej likwidacji ścian eksploatacyjnych,*
- *specjalne zastosowanie wysokiego kotwienia górotworu połączonego z jego iniekcją w strefach górotworu silnie zruszonego, gdzie stosowane obudowy podporowe wyrobisk korytarzowych wymagają wykonywania ciągłej przebudowy,*

- *specjalne zastosowanie kotwienia linowego górotworu do wzmacniania obudów podporowych w wlotach szybowych, komorach lub innych ważnych obiektach wymagających wzmocnienia od przewidywanej eksploatacji prowadzonej w najbliższym rejonie.*

2. Istota stosowania obudowy kotwiowej

Górotwór przy obudowie kotwiowej jest zasadniczym elementem nośnym, wykonanie wyrobiska nie powinno zatem powodować zmniejszenia jego funkcji nośnych.

Nośność górotworu nie jest jedynie funkcją wytrzymałości skał, lecz w dużym stopniu wpływa na nią uwarstwienie, łupliwość i płaszczyzny podziału tworzące określony typ struktury górotworu. Zniszczenia górotworu w pierwszym etapie następują głównie wzdłuż płaszczyzn obniżonej spoistości.

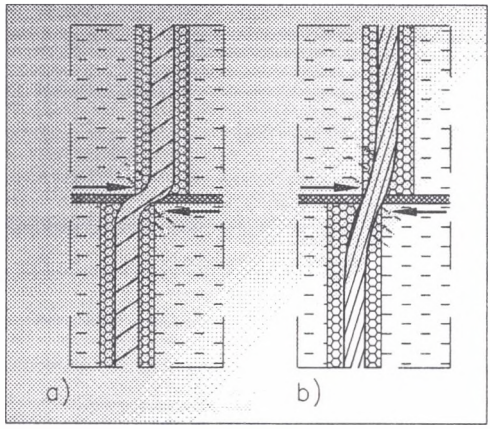
Górotwór może przejąć największe obciążenia, jeżeli pracuje w trójosiowym stanie naprężenia. Obudowa kotwiowa poprawia samonośność górotworu przez wytworzenie wokół wyrobiska na jego brzegu trójosiowego stanu naprężenia, pozwalającego przejąć większe obciążenie górotworu.

Kotwienie skał górotworu ma doprowadzić do takiego wzajemnego powiązania kotwi ze skałą, aby poprzez swoje oddziaływanie uniemożliwić odkształcanie się skały, a faktycznie je ograniczyć. Efektywne działanie kotwi będzie występowało wtedy, gdy będzie ono doprowadzało do ściśnięcia deformującej się skały w czasie zniszczenia.

Kotwie poza pracą na rozciąganie pracują również na zginanie zwiększając wytrzymałość skał na ścinanie. Na styku dwóch warstw skalnych, gdzie najczęściej dochodzi do wzajemnego poślizgu wskutek przekroczenia naprężeń ścinających, następuje zginanie kotwi. Poprzez klej kotew jest zginana i przeciwstawia się ruchowi skały. Zginanie kotwi równoważy ścinanie skały (rys.1).

W warunkach gdy skotwiona strefa skał górotworu zostanie zniszczona wskutek zmiany warunków górniczych, wzrostu naprężenia lub wskutek działania czasu istnieje możliwość zabezpieczenia tej strefy i zachowania stateczności wyrobiska przez zastosowanie obudowy kotwiowej linowej. Kotwie linowe o długości dochodzącej do stabilnej strefy górotworu muszą mieć nośność zapewniającą utrzymanie strefy odprężonej i niedopuszczenie do dalszego jej

rozwarstwiania się. Kotwienie linami, a zatem kotwiami długimi odgrywa poważną rolę przy zapewnieniu stateczności wyrobiska korytarzowego, w którym następuje zmiana warunków górniczo-geologicznych.



Rys.1. Schemat działania kotwi na zginanie
a – kotew prętowa , b- kotew linowa
Fig. 1. Theorem of anchor bolts bending
a – wire bold, b – rope bold

3. Wymagania i rozwiązania kotwi linowych

Do podstawowych wymagań stawianych kotwiom linowym należy zaliczyć:

- wysoką wytrzymałość (min. 200 do 500 kN),
- wysoką wytrzymałość na ścinanie (min. 150 do 300 kN),
- wysokie własności sprężyste pozwalające przenosić znaczne siły przy małych wydłużeniach liny kotwi,
- dobrą giętkość pozwalająca na zabudowę kotwi w wyrobisku o małej wysokości,
- prosty sposób osadzania kotwi w otworze zapewniający jej stabilność przed podaniem i związaniem materiału wiążącego kotew z otworem,
- prosty i pewny uchwyt dający pewność i łatwość zabudowy,
- podkładkę o konstrukcji zapewniającej przeniesienie maksymalnej siły występującej w kotwi w przedziale min. 75% do 85%.

Konstrukcja kotwi powinna być tak zaprojektowana, aby technologia jej zabudowy w wyrobisku była: prosta, efektywna, pewna. Konstrukcja kotwi i technologia muszą zapewnić prawidłowe osadzenie kotwi w górotworze, tak aby zagwarantować jej poprawne działanie.

3.1. Kotwie linowe spoiwowe

Kotwie linowe spoiwowe wykonywane są głównie na bazie lin splotkowych z drutów do konstrukcji sprężonych. Kotwie linowe spoiwowe, ze splotów stalowych o konstrukcji lin sprężonych z drutów 1+6 sztuk, w górnictwie rud miedzi po raz pierwszy zastosowano w latach siedemdziesiątych [6]. Liny pozwalały wyeliminować stosowanie kasztów i stojaków podporowych. Prace badawcze oraz obserwacje zachowania się kotwi linowych (ϕ15,5 mm splotów stalowych) wykazały, że istnieje możliwość znacznej poprawy ich współpracy z wypełniającym je zaczynem cementowym oraz ścianką otworu.

Istota rozwiązań poprawiająca współpracę kotwi spoiwowych ze ścianką skalną górotworu polegała między innymi na:

- rozpleceniu liny do indywidualnych prętów,
- wytworzenie na długości liny klatek powstałych przez odcinkowe rozwarstwienie liny.

W linie z poszerzonymi odcinkami następuje ograniczenie możliwości wydłużania na całej długości przez zerwanie przyczepności z spoiwem. Odcinek liny, który jest rozciągany, jest znacznie krótszy niż występuje to w linie o stałym przekroju. Korzystną cechą liny z poszerzonymi odcinkami (klatkami) jest możliwość wytworzenia w kierunku ścianek otworu sił poziomych, które poprzez wytworzone tarcie zwiększają siłę związania liny z otworem. W ostatnim okresie szczególny postęp dotyczy kotwi spoiwowych z specjalnie ukształtowanymi klatkami (Cage).

Największe zastosowanie znalazły liny:

- **„NutCage"**, gdzie na pręcie rdzeniowym jest osadzony pierścień (nakrętka), wokół którego są nawinięte pozostałe druty na obwodzie (rys.2a),
- **„BirdCage"** (klatka na ptaka) druty liny są rozwiedzione i co określone odcinki (ok. 400 mm) są łączone przewiązką. W utworzone klatki wchodzi zaprawa cementowa i wiąże je z zewnętrzną zaprawą i ścianką otworu (rys.2b),
- **„BulbAnchor"** (cebulowa kotwica), gdzie druty liny ϕ 15,2 mm (7 drutów) tworzą puste przestrzenie na długości liny (rys.2c). Długość utworzonej klatki dochodzi do 150 mm a

liczba ich na 1m liny dochodzi do 6 sztuk i jest projektowana zależnie od warunków geologiczno-górniczych w liczbie 2 do 6 sztuk.

a) kotew spoiwowa z klatkami typu „NutCage"	b) kotew spoiwowa typu „BirdCage"	c) kotew spoiwowa z klatkami typu „BulbAnchor"

Rys.2.Typy kotwi linowych spoiwowych z klatkami
Fig. 2. Types of binding rope bolds

Istota szerokiego stosowania kotwi linowych klatkowych oparta jest na uzyskiwanej dużej sile utwierdzenia takiej kotwi w stosunku do kotwi z liny gładkiej.

Przeprowadzone badania zakotwień liny na odcinku o długości 300 mm [5] wykazały, że uzyskiwane siły wyrywania wynoszą:

- dla liny gładkiej tylko 60 kN,
- dla liny klatkowej, zwłaszcza typu **„BulbAnchor"**, ok. 250 kN (liny z drutów o wysokiej wytrzymałości (>1700 MPa)

Koszty produkcji kotwi linowych o konstrukcji **„BulbAnchor"** w stosunku do lin gładkich są większe o ok. 2%, podczas gdy nośność ich może wzrosnąć 4-krotnie.

Dla uzyskania wysokiej nośności kotwi linowych spoiwowych szczególne znaczenie mają:

1) parametry zaczynu cementowego wiążącego kotew z otworem, który powinien posiadać specjalne własności, takie jak:

- wytrzymałość na ściskanie min. 60 MPa,
- wysoki przyrost wytrzymałości w czasie po 3h min. 15 MPa,
- wysoki moduł Younga,
- odporność na agresję wód kopalnianych,
- początek wiązania po około 30 min,
- koniec wiązania po około 1 godzinie,
- tiksotropowość i płynność zapewniającą jego dobrą pompowalność,

2) technologia zabudowy kotwi w otworze:

- średnica otworu,
- czystość otworu,

- sposób wprowadzenia zaprawy cementowej,
- sposób odpowietrzenia zaprawy,
- sposób przygotowania zaprawy cementowej.

Wypełnienie otworu zaprawą i wtłoczenie zaprawy do klatek ma decydujące znaczenie dla zapewnienia linie właściwej pracy i wysokiej nośności. Wymagane jest stosowanie właściwych urządzeń i dobrze przeszkolonej załogi.

3.2. Kotwie linowe wklejane

Kotwie linowe wklejane pojawiły się jako konstrukcje alternatywne dla kotwi linowych spoiwowych 4 do 5 lat temu. Kotwie linowe spoiwowe mimo swoich istotnych zalet posiadają określone wady, do których należy zaliczyć:

- konieczność wykonywania otworu o zwiększonej średnicy w stosunku do kotwi prętowych. Przeciętnie wymagane jest wykonanie otworu o średnicy $\phi 42$ mm,
- zakładanie kotwi wymaga użycia specjalistycznego sprzętu, zwłaszcza przy zakładaniu spoiwa wiążącego (cementu) od dołu,
- dobre wyszkolenie załogi w celu uzyskania właściwego efektu kotwienia,
- otwory kotwiowe są wiercone na ogół metodą na mokro co przy zwiększonej średnicy oraz wykonywaniu w warstwach górotworu rozwarstwionego powoduje niekorzystne wprowadzenie wody do szczelin i spękań.

Nowe rozwiązania kotwi linowych pozwalają zastosować do ich zabudowy środki i metody użyte do kotwienia typowego, dla kotwi prętowych. Kotwie linowe wklejane na żywicy poliestrowej obecnie w dużej ilości są stosowane w kopalniach australijskich i angielskich [9]. Kotwie linowe wklejane **(Flexibold)** są konstrukcjami giętkimi i mogą być wprowadzane do otworów o długości większej od wysokości wyrobiska. Typowe otwory kotwiowe $\phi 28$ mm załadowane ładunkami klejowymi mogą być klejone na długości od 2 do 4 m. Przy małej lepkości ładunków klejonych zakładanie kotwi jest szybkie, łatwe i możliwe do realizacji za pomocą typowego sprzętu stosowanego do kotwienia.

Kotwie linowe wklejane (KLW) mogą być montowane jako: - **kotwie linowe wklejane z zaciskiem stałym, kotwie linowe wklejane z naciągiem wstępnym.**

KLW z naciągiem wstępnym są kotwiami, którym nadaje się naciąg wstępny od 100 do 250 kN. Naciąg jest zadawany specjalnymi naciągarkami (siłownikami). Poprzez podkładkę

kotwową naciąg jest przekazywany na struktury skalne na obrysie wyłomu wyrobiska, co pozwala zlikwidować luzy i zwiększyć tarcie na powierzchniach spękań. Istota zakładania kotwi linowych wklejanych z naciągiem wstępnym polega na wykorzystaniu zamocowania końca kotwi ładunkiem szybkowiążącym (przeciętnie na długość ok. 2 m), a następnie naciągnięciu liny siłą 100 do 250 kN przed związaniem ładunku wolno wiążącego. Praktycznie dla kotwi linowych wklejanych w górnictwie stosuje się liny o średnicy ϕ 22 do ϕ23,5 mm. Niektóry elementy rozwiązania kotwi linowej wklejanej przedstawiono na rys. 3 do 8.

4. Przykłady zastosowania kotwienia wysokiego w kopalni „Anna"

W kopalni „ Anna" przy prowadzeniu robót górniczych na głębokości rzędu 1000 m, występowania szeregu krawędzi pokładów nadległych niekorzystnie oddziałujących na stan naprężenia wokół wyrobisk, jak również istniejącej aktywności sejsmicznej (w 1999 roku zarejestrowano 9 wstrząsów o energii 10^6 J i 43 wstrząsy o energii 10^5 J) utrzymanie wyrobisk w poprawnych gabarytach stwarza coraz większe trudności.

Poprawę stateczności wyrobisk w wielu przypadkach można uzyskać za pomocą kotwienia wysokiego kotwiami linowymi.

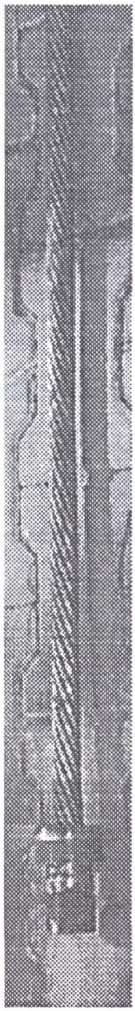
W warunkach dużych ciśnień górotworu nienaruszona strefa, gdzie można skutecznie osadzić kotwie i podwiesić odprężone warstwy znajduje się na znacznej wysokości, zazwyczaj przekraczającej wysokość wyrobiska. Aby uzyskać prawidłowe efekty zastosowania wysokiego kotwienia, konieczne jest spełnienie następujących warunków:

- właściwa ocena grubości skał zdeformowanych wokół wyrobiska górniczego,
- konstrukcyjne zagwarantowanie kotwiom wytrzymałości i podatności na obciążenia dynamiczne,
- zastosowanie kotwi o długości przekraczającej grubość strefy deformacji min. 1,0 m,
- zastosowanie odpowiedniej gęstości siatki kotwienia.

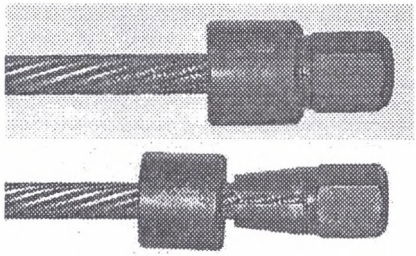
W warunkach kop. „Anna" wysokie kotwienie zastosowano z powodzeniem między innymi w następujących przypadkach:

- wzmocnienia obudowy wlotu szybowego o znacznych wymiarach,
- wzmocnienie obudowy wyrobisk korytarzowych, zwłaszcza komór polowych poddanych wpływom eksploatacji,

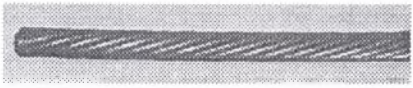
- zabezpieczenia kanału transportowego dla likwidacji ściany,
- wzmocnienia skrzyżowań wyrobisk górniczych,
- wzmocnienia wyrobisk chodnikowych zagrożonych nadmierną konwergencją,
- wzmocnienia stropu ścian eksploatowanych w trudnych warunkach górniczo-geologicznych.



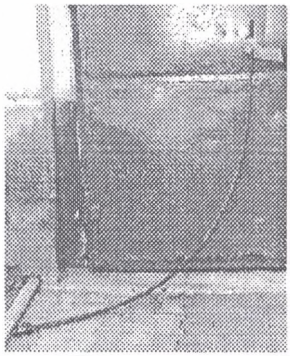
Rys. 3. Kotew linowa o średnicy 23,5 mm
Fig. 3. Rope bolts of dia 23,5 mm



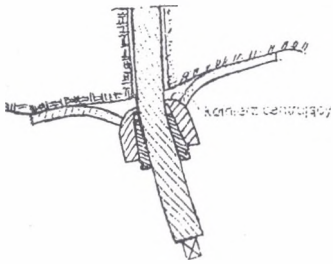
Rys. 4. Rozwiązanie uchwytu kotwi linowej za pomocą stożka zaciskowego i nakrętki nakręconej na gwint wykonany na końcu liny
Fig. 4. Rope bolts chuck with cone sleeve and a nut on the threaded end of the rope



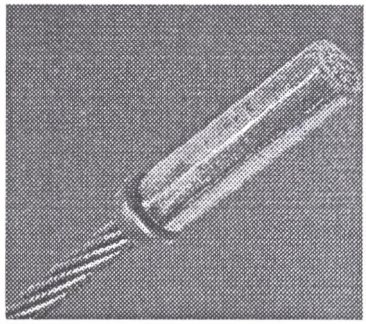
Rys. 5. Końcówka liny spawana od czoła dla zespolenia liny
Fig. 5. Rope socket weldet from end to combine the rope



Rys.6. Po zagięciu kotew wraca do swojego pierwotnego prostoliniowego położenia
Fig. 6. After being bended the bold recovers to its previous rectilinear position



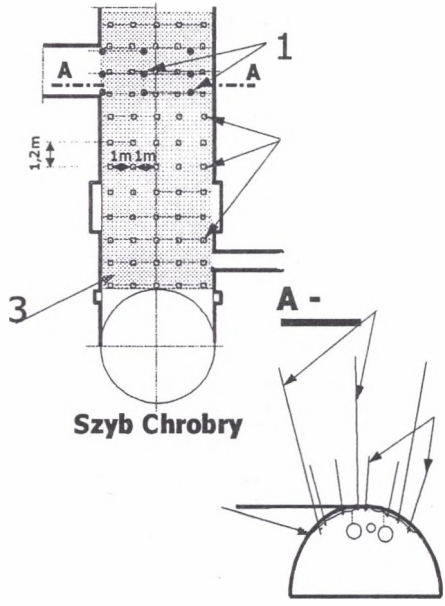
Rys. 7. Rozwiązanie tulei mocującej koniec kotwi z kołnierzem centrującym dla kotwi linowej z naciągiem wstępnym (wg f. Arnall)
Fig. 7. Sleeve for fixing the rope`s end with centring collar for rope bold with pretension



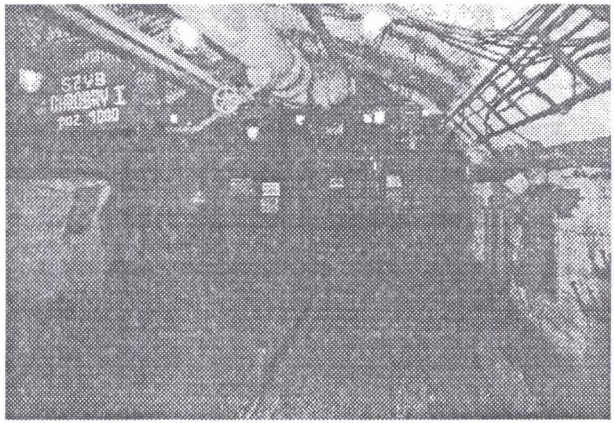
Rys. 8. Rozwiązanie uchwytu kotwi linowej za pomocą zacisku na końcu liny wg f. Exchem
Fig. 8. Rope bold chuck with a clamp on the end of the rope acc. to Exchem

4.1. Przykład wzmocnienia i zabezpieczenia rejonu podszybia Szybu „Chrobry" 1 na poz. 1000 m

Szyb „Chrobry" jest szybem zjazdowym – materiałowym i wraz z wlotem na poz. 1000 m stanowi podstawowe wyrobisko łączące kopalnię z tym poziomem. Duża głębokość, niskie parametry wytrzymałościowe skał, znaczne gabaryty wyrobisk spowodowały, że po wykonaniu wlotu obserwowano sukcesywne jego deformacje objawiające się zaciskaniem i niszczeniem warstwy betonu natryskowego. Podjęta szybka interwencja, polegająca na wzmocnieniu wlotu za pomocą kotwi prętowych i linowych spoiwowych (cementowych), pozwoliła zatrzymać proces deformacji wlotu zachowując w pełni jego gabaryty i funkcjonalność. Ogólny schemat rozwiązania sposobu wzmocnienia wlotu szybu „Chrobry 1" na poz. 1000 m przedstawiono na rys.9, a widok ogólny wlotu po wzmocnieniu na rys.10.



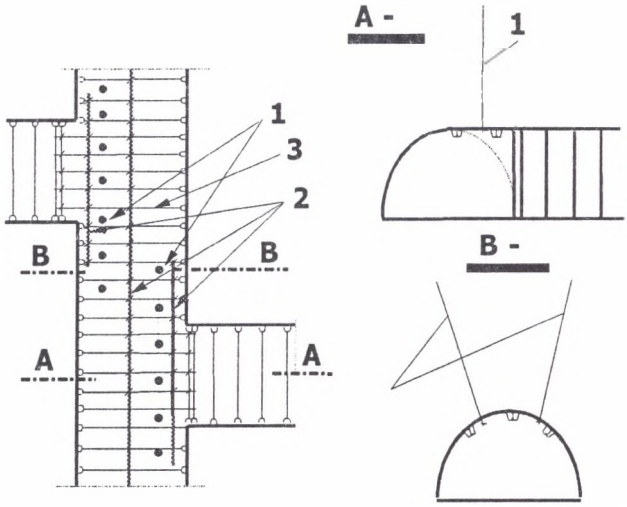
Rys. 9. Schemat sposobu wzmocnienia kotwiami krótkimi prętowymi i długimi linowymi podszybia szybu „Chrobry 1 " na poz. 1000 m
Fig. 9. Pit bottom "Chrobry 1" at 1000 m. Diagram of the reinforcement by short end rope type anchor bolts



Rys. 10. Ogólny widok wzmocnionego podszybia na poz. 1000 m w kop. „ Anna"
Fig. 10. Principal view of the reinforced pit bottom at 1000 m "Anna" coalmine

4.2. Przykład wzmocnienia skrzyżowania przekopu do pokładu 707/1-2 z pochylniami

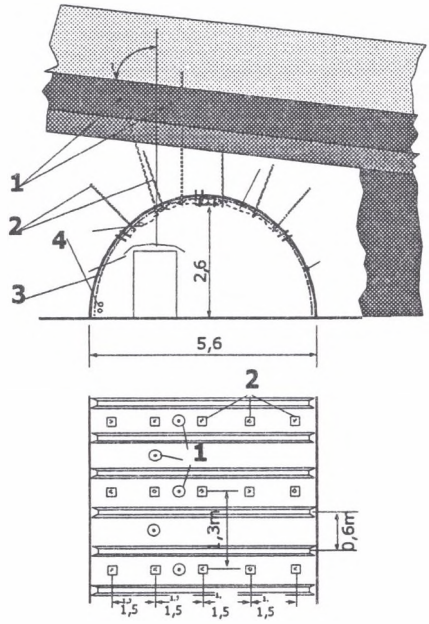
Skrzyżowania wyrobisk chodnikowych są wzmacniane standardowo poprzez zabudowę kotew linowych umiejscowionych w osi wyrobiska zasadniczego we wzajemnych odległościach co 1,5 do 2,0 m. Na rysunku 11 pokazano sposób wzmocnienia odcinka przekopu do pokładu 707/1-2 zlokalizowanego na głębokości 1000 m w którym wykonane zostały dwa skrzyżowania w niewielkiej odległości od siebie. Wzmocnienie zostało wykonane za pomocą kotew linowych długości 4 m zainstalowanych na zaczynie cementowym. Wykonane skrzyżowania w pełni zachowują swoją stateczność.



Rys. 11. Schemat wzmocnienia skrzyżowania przekopu do pokładu 707/1-2 z pochylniami
Fig. 11. Reinforcement of the crossing of the crosscut to the seam 707/1-2 with the Inclines

4.3. Przykład wzmacniania wyrobiska chodnikowego (komora rozdzielni polowej)

Wzmacnianie wyrobisk chodnikowych prowadzi się poprzez zabudowę kotwi linowych długości 4,0 m w osi wyrobiska. Odległości pomiędzy poszczególnymi kotwami wynoszą 2-3 m. Na schemacie (rys.12) przedstawiono sposób wzmocnienia przekopu łączącego II na poz. 1000 stanowiącego rozdzielnię 6kV. Na podstawie analizy przekroju geologicznego zdecydowano się na wzmocnienie dwoma rzędami kotew, tak aby końce kotwi zostały osadzone w piaskowcu.



Rys. 12. Schemat wzmacniania wyrobiska komory rozdzielni polowej
Fig. 12. Reinforcement of the electric switchgear room in the coal winning district

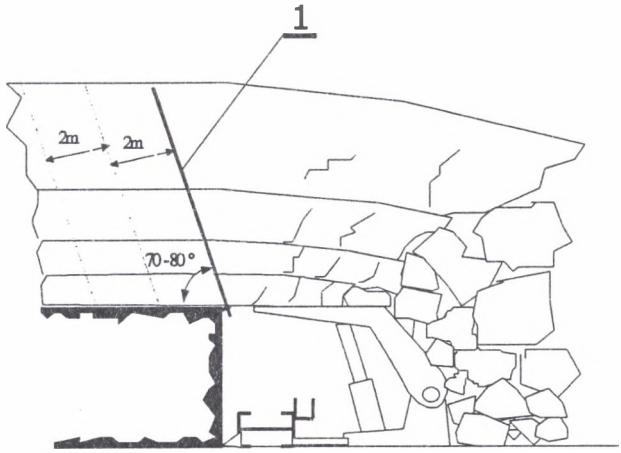
4.4. Przykład wzmacniania wyrobisk ścianowych

Przy występowaniu w ścianie podczas eksploatacji pokładu stref nieciągłości oraz miejsc osłabionych na wysokość powyżej 1,5 m istnieje możliwość skutecznego i bezpiecznego prowadzenia robót przy wykorzystaniu wysokiego kotwienia (rys.13). Kotwienie to, przy zastosowaniu kotew linowych, może być wykonywane dwoma metodami:

- kotwienie w ścianie prowadzone jest na zmianie konserwacyjnej poprzedzającej zmianę wydobywczą. Metoda ta polega na wywierceniu otworów o średnicy 42 mm lub 48 mm, wprowadzeniu w nie kotwi linowych o długości min. 4,0 m, a następnie po uszczelnieniu

wlotu otworu wprowadzeniu do niego, za pomocą pompy typu MG-01/100, kleju poliuretanowego - powodując zaklejanie kotwi oraz jednoczesne sklejenie występujących wokół otworu nieciągłości,

- kotwienie ściany w dni wolne od wydobycia. Metoda ta polega na wklejaniu kotwi linowych na zaczynie cementowym. Jej zaletą jest, że wiązanie zaczynu cementowego z kotwią i skałą stropowa jest mocniejsze niż w metodzie 1, co wynika z różnicy wytrzymałości na ściskanie spoiwa wiążącego. Pełną nośność kotwi uzyskuje się jednak dopiero po 24 godzinach.



Rys. 13. Schemat wzmacniania wyrobisk ścianowych
Fig. 13. Reinforcement of the longwall face

5. Wnioski końcowe

1. Wysokie kotwienie górotworu prowadzone za pomocą kotwi linowych pozwala w sposób efektywny poprawić stateczność i bezpieczeństwo utrzymania wyrobisk korytarzowych i komorowych w trudnych warunkach górniczo – geologicznych na dużych głębokościach.
2. Istniejące rozwiązania kotwi linowych spoiwowych i linowych wklejanych wykorzystują do przeniesienia obciążenia od strony górotworu rozwiązania lin charakteryzujące się wysoką wytrzymałością i małą wydłużalnością względną. W rozwiązaniach kotwi linowych spoiwowych na splotkach drutów wykonuje się cyklicznie klatki pozwalające wprowadzić

do nich spoiwo i zapewnić silne powiązanie ze ściankami otworu. Kotwie linowe wklejane są łączone ze ściankami otworu ładunkami klejowymi i mogą być wykonywane za pomocą urządzeń stosowanych do typowego kotwienia. Naciąg wstępny uzyskiwany przez te kotwie pozwala znacznie wzmocnić struktury skalne wokół wyrobiska i wykorzystać samonośność skał do przenoszenia działającego obciążenia.

3. W kopalniach węgla kamiennego kotwienie wysokie jest głównie stosowane jako dodatkowe wzmacnianie wyrobisk między innymi do:
   - zabezpieczenia kanału transportowego dla likwidacji ściany,
   - wzmocnienia skrzyżowań wyrobisk górniczych,
   - wzmocnienia wyrobisk chodnikowych zagrożonych nadmierną konwergencją,
   - wzmocnienia stropu ścian eksploatowanych w trudnych warunkach górniczo-geologicznych.

   Zastosowanie kotwienia wysokiego wpływa na poprawę bezpieczeństwa w rejonach najbardziej zagrożonych (skrzyżowania, strefy zaburzone, sąsiedztwo zrobów lub wyrobisk górniczych itp.).
4. W celu uzyskania prawidłowych efektów stosowania kotwienia wysokiego konieczne jest spełnienie następujących warunków:
   - właściwa ocena grubości skał zdeformowanych wokół wyrobiska górniczego,
   - długość kotew powinna przekraczać grubość strefy deformacji o min. 0,6 m,
   - zastosowanie odpowiedniej gęstości siatki kotwienia,
   - zastosowanie właściwej technologii.

LITERATURA

1. Daws G.: Cable Bolting. The Mining Engineer, nr 2, 1991.
2. Dismuke S. R., Goris J., Pariseau W.: Cable bolting for pillar recovery at the Magmont mine. Mining Engineering 362/IV/1995.
3. Gromada Z.: Długie kotwie górnicze - zastosowania, konstrukcje i technologie ich zabudowy. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej t. I, Jastrzębie Zdrój, luty 1994.

4. Głuch P.: Dokumentacja konstrukcji, technologii wykonania i zastosowania kotwi linowych specjalnych do trudnych warunków geologiczno–górniczych. Opracowanie niepublikowane, 2000.
5. Hutchinson D.J., Diederichs M.S.: Cable bolting in underground mines, 1999.
6. Siewierski S., Butra J., Katulski A.: Nowe rozwiązania obudowy kotwiowej stosowane w kopalniach rud miedzi na Monoklinie Przedsudeckiej. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej t. I, Jastrzębie Zdrój, luty-marzec 1994.
7. Stopyra M., Rak Z., Stasica J., Niełacny P.: Nowa technologia kotwienia górotworu z wykorzystaniem lin. Konferencja pt. „Obudowa kotwiowa jako skuteczny sposób zabezpieczenia wyrobisk górniczych". Świeradów, 1-3 czerwca 1998.
8. Stillborg B.: Professional Usere handbook for rock bolting. Second edition. Trans Tech Publicatins, 1994.
9. Rataj M.: Zastosowanie kotwi linowych w australijskich kopalniach węgla kamiennego Konferencja pt. „Obudowa kotwiowa jako skuteczny sposób zabezpieczenia wyrobisk górniczych". Świeradów 1-3 czerwca 1998.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Podgórski

Abstract

High anchoring of the rock mass by rope anchors effectively improves the stability and safety of working's maintenance in difficult mining and geological conditions in deep mines. The existing solutions of binding and resin rope bolts use rope gualities (high strength and low elongation) for load transfer from the load mass. Using the binding rope bolds we put binding material into little cages made in the rope lay and this provides an excellent binding with the hole's walls by a charge of resin and with methods and material used by normal anchoring. The pretension achieved by these bolts improves the stability of rock masses around the working and we can utilize of acting load.

In coal mines the high anchoring is mostly applied as an additional reinforcement of the workings, i.e.:

- protection of roadways by longwall draw off,
- reinforcent of working crossings,
- protection of roadways by overconvergention hazard,
- roof reinforcement of longwall faces in difficult mining and geological conditions.

To achieve proper effects in high anchoring it is necessary to meet following requirements:

- proper estimation of the deformed rock thickness around the working,
- the length of anchor bolts should exceed the deformation zone by min. 0,6 m,
- a proper density of anchoring (net) should be applied,
- the right technology must by used.