

Zygmunt BYWALEC, Tadeusz PYRCZEK
Zenon SZCZEPANIAK, Jan URBAŃCZYK

Instytut Projektowania, Budowy Kopalń
i Ochrony Powierzchni Pol. Śl.

STOSOWANIE OBUDOWY Z ODRZWI PODATNYCH O ZWIĘKSZONEJ ROZPIĘTOŚCI

Streszczenie. W artykule poruszono zagadnienie możliwości zastosowania w przecinkach ścianowych stalowych obudów odrzwiowych. Z uwagi na wymagane wymiary przecinek - uzależnione od gabarytów sekcji obudowy zmechanizowanej przewidzianej do stosowania w ścianie - wykorzystanie do tego celu stalowych obudów odrzwiowych o znormalizowanych gabarytach nie jest możliwe.

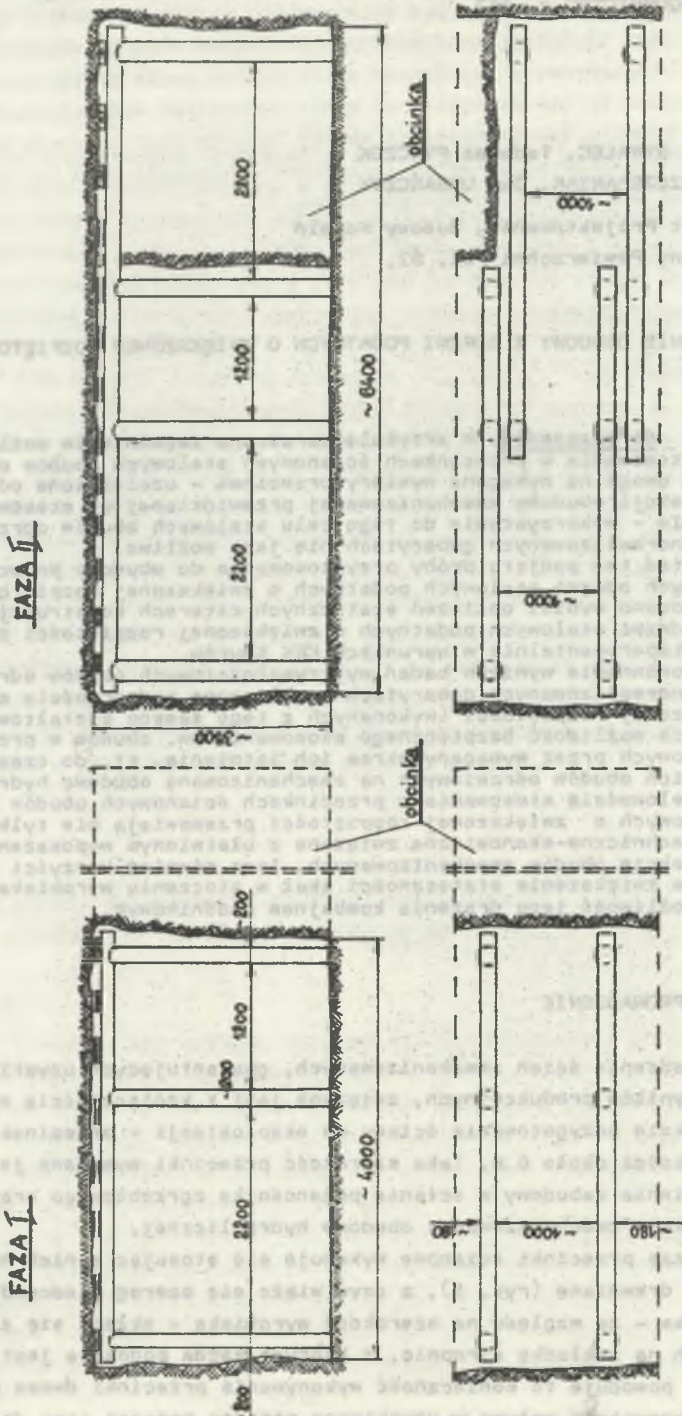
Stąd też podjęto próby przystosowania do obudowy przecinek ścianowych odrzwi stalowych podatnych o zwiększonej rozpiętości. W pracy podano wyniki obliczeń statycznych czterech konstrukcji obudów z odrzwi stalowych podatnych o zwiększonej rozpiętości zastosowanych eksperymentalnie w warunkach KWK Knurów.

Porównanie wyników badań wytrzymałościowych obudów odrzwiowych o znormalizowanych gabarytach z obliczoną podpornością odrzwi o zwiększonej rozpiętości (wykonanych z tego samego kształtownika) uzasadnia możliwość bezpiecznego stosowania ww. obudów w przecinkach ścianowych przez wymagany okres ich istnienia, tj. do czasu wymiany w nich obudów odrzwiowych na zmechanizowaną obudowę hydrauliczną. Za celowością stosowania w przecinkach ścianowych obudów z odrzwi stalowych o zwiększonej rozpiętości przemawiają nie tylko względy techniczno-ekonomiczne związane z ułatwionym wyposażeniem ściany w sekcje obudów zmechanizowanych, lecz również korzyści wynikające ze zwiększenia stateczności skał w otoczeniu wyrobiska z uwagi na możliwość jego drążenia kombajnem chodnikowym.

1. WPROWADZENIE

Prowadzenie ścian zmechanizowanych, gwarantujących uzyskiwanie dobrych wyników produkcyjnych, związane jest z koniecznością wykonywania - w trakcie przygotowania ściany do eksploatacji - przecinek ścianowych o szerokości około 6 m. Taka szerokość przecinki wymagana jest w celu umożliwienia zabudowy w ścianie przenośnika zgrzeblowego oraz poszczególnych sekcji zmechanizowanej obudowy hydraulicznej.

Dotychczas przecinki ścianowe wykonuje się stosując w nich najczęściej obudowę drewnianą (rys. 1), z czym wiąże się szereg niedogodności. Obudowa taka - ze względu na szerokość wyrobiska - składa się z dwóch zabudowanych na zakładkę stropnic, z których każda podparta jest trzema stojakami; powoduje to konieczność wykonywania przecinki dwoma przodkami, co niekorzystnie wpływa na uzyskiwane postępy podczas jego drążenia i zwiększa pracochłonność.



Rys. 1. Schemat drążenia i wykonywania obudowy drewnianej w przecinkach ścianowych
 Fig. 1. Scheme of drilling and making timber lining in wall cross-headings

Kształt stropu - uwarunkowany stosowaniem w przecince obudowy drewnianej - jest przyczyną wywierania na stropnice dość dużych ciśnień górotworu.

Jedną z największych niedogodności stosowania w przecinkach ściannych obudowy drewnianej ujawnia się podczas wprowadzania do wyrobiska i zabudowy w nim sekcji obudowy zmechanizowanej. Rozmieszczenie stojaków pod stropnicami znacznie utrudnia sprawne manewrowanie sekcjami wydłużając czas potrzebny na pełne uzbrojenie ściany.

Zastosowanie w przecinkach ściannych stalowej obudowy odrzwiowej pozwoli na skrócenie czasu potrzebnego na wykonanie tego typu wyrobiska, a przez to przyśpieszenie terminu oddania ściany do eksploatacji. Ze względu jednak na wymagane wymiary przecinki zastosowanie w niej stalowej obudowy - odrzwiowej - o znormalizowanych gabarytach nie jest możliwe. Stąd też w KWK Knurów podjęto próbę przystosowania do obudowy przecinki odrzwi stalowych podatnych o zwiększonej rozpiętości.

2. PROPONOWANE KONSTRUKCJE ODRZWI STALOWYCH O ZWIĘKSZONEJ ROZPIĘTOŚCI

Uwzględniając niezbędne wymiary przecinki ściannych (zapewniając możliwość szybkiego i sprawnego uzbrojenia ściany), tj. szerokość 5500-6500 mm i wysokość 2100-3500 mm - w zależności od typu i gabarytów sekcji obudowy zmechanizowanej przewidzianej do stosowania w ścianie - opracowano cztery alternatywne rozwiązania obudowy z odrzwi stalowych podatnych o zwiększonej rozpiętości, a mianowicie:

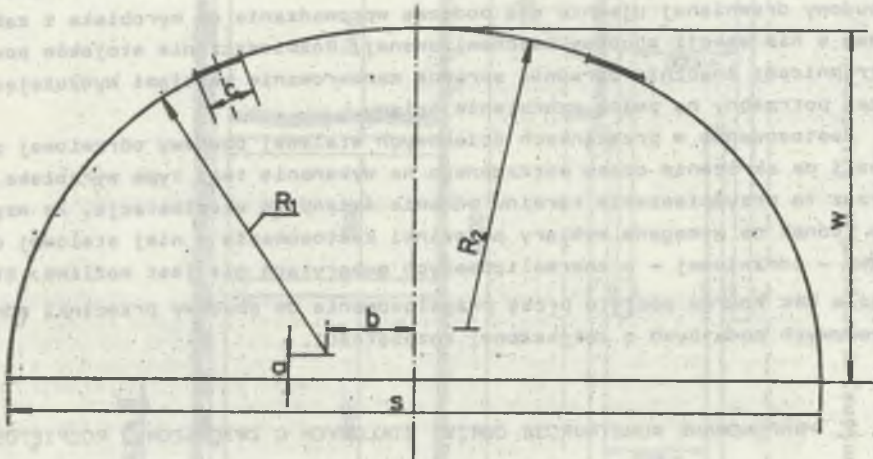
- rozwiązanie nr 1 o szerokości $S = 5400$ mm i wysokości $W = 2100$ mm,
- rozwiązanie nr 2 o szerokości $S = 5560$ mm i $W = 2400$ mm,
- rozwiązanie nr 3 o $S = 5600$ mm i $W = 2600$ mm,
- rozwiązanie nr 4 o $S = 6400$ mm i $W = 3500$ mm.

Na rys. 2 przedstawiono schemat konstrukcji obudowy z odrzwi stalowych podatnych o zwiększonej rozpiętości wraz z podaniem charakterystycznych wymiarów dotyczących każdego z ww. rozwiązań. Obudowa wg rozwiązań przedstawionych powyżej może być wykonana bądź z profilu KS/KO21, bądź też z profilu V.

W celu zwiększenia nośności obudowy przewidziano także rozwiązanie konstrukcyjne o gabarytach jak wyżej, ale z dodatkowymi zamkami [8].

3. PODPORNOŚĆ STALOWEJ OBUDOWY ODRZWIOWEJ O ZWIĘKSZONEJ ROZPIĘTOŚCI | ZE WZGLĘDNĄ NA NOSNOŚĆ KSZTAŁTOWNIKA

Obliczeń statycznych konstrukcji stalowej obudowy odrzwiowej o zwiększonej rozpiętości, przy uwzględnieniu sprężystego oporu górotworu [1, 3, 6, 7], dokonano na maszynie cyfrowej ODRA-1204 - wykorzystując program

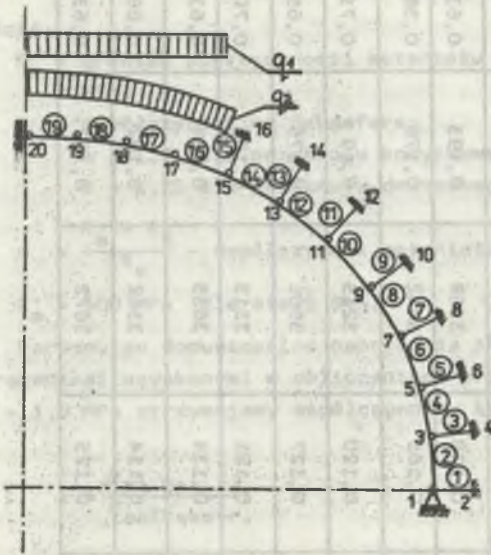


| Nr wariantów rozwiązania | s [m] | w [m] | R_1 [m] | R_2 [m] | a [m] | b [m] | c [m] |
|-----------------------------|----------|----------|--------------|--------------|----------|----------|----------|
| 1 | 5,4 | 2,1 | 1,98 | 3,46 | 0,04 | 0,72 | 0,40 |
| 2 | 5,56 | 2,4 | 1,94 | 3,62 | 0,22 | 0,82 | 0,40 |
| 3 | 5,6 | 2,6 | 1,94 | 3,62 | 0,4 | 0,82 | 0,40 |
| 4 | 6,4 | 3,5 | 2,42 | 4,0 | 0,82 | 0,80 | 0,50 |

Rys. 2. Schemat konstrukcji obudowy z odrzwi stalowych podatnych o związanej rozpiętości

Fig. 2. Scheme of structure of flexible steel double timber lining of bigger span

BUD-57 oparty na macierzowej metodzie przemieszczeń. Konstrukcję obudowy zastąpiono schematem dyskretnym (rys. 3), w którym krzywiznę odrzwi podzielono bezprzegubowo węzłami połączonymi prostymi odcinkami prętów o parametrach odpowiadających profilom korytek, z których obudowa ta została wykonana. Współpracę odrzwi obudowy z górotworem uwzględniono w schemacie statycznym przez zamodelowanie liniowo-sprężystych podpór na odcinkach przemieszczenia się łuku w stronę górotworu.



Rys. 3. Schemat dyskretny obudowy o zwiększonej rozpiętości

q_1 - obciążenie pionowe (równomiernie rozłożone), q_2 - obciążenie radialne (równomiernie rozłożone)

Fig. 3. Discrete scheme of lining of bigger span

q_1 - vertical loading (evenly distributed), q_2 - radial load (evenly distributed)

Naprężenia te obliczono wg wzoru:

$$\sigma_{\text{ekstr}} = \frac{N}{F} + \frac{M}{W_x}, \quad [\text{MPa}]$$

gdzie:

N - wartość siły ociosowej w przekroju o ekstremalnej wartości momentu zginającego, MN,

F - przekrój poprzeczny zginanego pręta, m^2 ,

Siły wewnętrzne w odrzwiach obudowy wyznaczone przy następujących założeniach:

- ustrój pracuje w fazie sprężystej,
- ustrój osadzony jest w podłożu Winklera o module sprężystości $E_z = 7,0 \text{ MPa}$, odpowiadającym wykładce niskiej jakości,
- obciążenia działają w płaszczyźnie ustroju,
- analizuje się działanie sił pionowych i radialnych,
- pomija się wpływ tarcia ustroju o podłoże,
- obliczenia przeprowadzono dla obudów wykonanych z profilu KS/KQ-21 oraz V25.

Z uzyskanych wyników obliczeń do sprawdzenia nośności ustroju, wzięto pod uwagę ekstremalne wartości sił wewnętrznych (przedstawione w tabelicy 1).

Naprężenia występujące w dowolnym przekroju łuku stropowego lub ociosowego są wynikiem mimośrodowego ściskania lub rozciągania danego elementu.

Tablice 1

Zestawienie ekstremalnych wartości sił wewnętrznych w odrzwiach obudowy z profilu KS/KO-21 i stali St5 oraz jej dopuszczalnych obciążeń

| Typ obudowy | Schemat obciążenia | Siła osiowa N [kN] | Siła poprzeczna Q [kN] | Maksymalny moment zginający M_{max} [kNm] | Ekstremalne naprężenia obliczeniowe σ_{ekstr} [MPa] | Dopuszczalne naprężenie obudowy σ_{dop} [MPa] | Dopuszczalne obciążenie obudowy | |
|----------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|--|---|---|-----------------------------------|---|
| | | | | | | | Siła strukcyjna Q_{dop} [kN] | na 1 m szerokości odrzwi Q_{jedn} [kN/m] |
| B-KS/KO-21 | ob. radialne | 2,038 | 0,013 | 0,046 | 1584 | 0,386 | 1,266 | 0,269 |
| | obc. pionowe | 2,338 | 0,052 | 0,063 | 2001 | 0,306 | 1,0041 | 0,22 |
| S = 5400 W = 2100 | obc. radialne | 2,789 | 0,249 | 0,138 | 3168 | 0,193 | 0,635 | 0,117 |
| | obc. pionowe | 2,577 | 0,262 | 0,161 | 3442 | 0,178 | 0,585 | 0,108 |
| S = 5560 W = 2400 | obc. radialne | 2,864 | 0,208 | 0,120 | 3215 | 0,19 | 0,711 | 0,129 |
| | obc. pionowe | 3,294 | 0,005 | 0,127 | 3501 | 0,175 | 0,655 | 0,119 |
| S = 5600 W = 2600 | obc. radialne | 3,079 | 0,046 | 0,121 | 3313 | 0,185 | 0,700 | 0,127 |
| | obc. pionowe | 3,317 | 0,068 | 0,134 | 3635 | 0,168 | 0,634 | 0,119 |
| S = 6400 W = 3500 | obc. radialne | 3,540 | 0,081 | 0,114 | 3362 | 0,182 | 0,689 | 0,117 |
| | obc. pionowe | 3,844 | 0,103 | 0,125 | 3672 | 0,167 | 0,632 | 0,108 |

W_x - wskaźnik zginania przekroju, m^3 ,

M - ekstremalna wartość momentu zginającego, MNm .

Dopuszczalne naprężenia plastyczne zginanego przekroju można obliczyć ze wzoru:

$$\sigma_{pl \max} = R_e (m + n), \quad [MPa]$$

gdzie:

R_e - granica plastyczności materiału obudowy, dla stali St5 - $R_e = 280$ MPa,

m - współczynnik wg Schaefera:

$m = 1,4$ dla przekroju korytkowego,

$m = 1,22$ dla przekroju dwuteowego,

$n = \frac{R_m - R_e}{R_e}$ - współczynnik materiałowy,

$R_m = 500$ MPa dla stali St5.

Porównując dopuszczalne naprężenia plastyczne materiału obudowy z naprężeniami uzyskanymi w obliczeniach programem BUD-57 przy obciążeniu $q = 1,0$ MPa otrzymujemy współczynnik k :

$$k = \frac{\sigma_{pl \max}}{\sigma_{obl \ ekstr.}}$$

W związku z tym że obliczenia programem BUD-57 oparte są na sprężystej pracy ustroju i wszystkie wartości są liniową zależnością obciążenia statycznego, dopuszczalne obciążenie obudowy q_{dop} oblicza się z zależności:

$$q_{dop} = k q$$

gdzie:

$q = 1,0$ MPa zadane obciążenie w obliczeniach programu BUD-57.

4. ANALIZA CELOWOŚCI I MOŻLIWOŚCI STOSOWANIA W WYROBISKACH GÓRNICZYCH OBUDOWY Z ODRZWI STALOWYCH O ZWIĘKSZONEJ ROZPIĘTOŚCI

Z przeprowadzonych obliczeń podporności obudowy z odrzwi stalowych o zwiększonej rozpiętości (przedstawionych w punkcie 2) wynika, że odrzwia te posiadają - przy radialnym równomiernym obciążeniu łuku stropowego i dokładnie rozpartych o obrys wyłomu wyrobiska łukach ociosowych - następujące wielkości podporności:

- a) odrzwia wg rozwiązania nr 1 mogą przejść obciążenie 635 kN, tj. 117 kN/1 m szerokości odrzwi - przy ich wykonawstwie z kształtownika KS/KO-21 lub odpowiednio 705 kN, tj. 129 kN/1 m przy ich wykonawstwie z kształtownika V25,
- b) odrzwia wg rozwiązania nr 2 mogą przejść obciążenie 711 kN, tj. 129 kN/1 m szerokości odrzwi - dla KS/KO-21 lub odpowiednio 820 kN, tj. 148 kN/1 m - dla V25,
- c) odrzwia wg rozwiązania nr 3 mogą przejść obciążenie 700 kN, tj. 127 kN/1 m szerokości odrzwi - dla KS/KO-21 lub odpowiednio 784 kN, tj. 142 kN/1 m dla V25,
- d) odrzwia wg rozwiązania nr 4 mogą przejść obciążenie 689 kN, tj. 108 kN/1 m szerokości odrzwi - dla KS/KO-21 lub odpowiednio 753 kN, tj. 118 kN/1 m - dla V25.

Z przedstawionych powyżej obliczeniowych wielkości podporności obudów z odrzwi stalowych o zwiększonej rozpiętości widać, że przykładowo odrzwia te (wykonane z profilu KS/KO-21) posiadają podporność nie mniejszą od stwierdzonej badaniami laboratoryjnymi [4, 5] podporności odrzwi obudowy ŁP-8. Jak wynika z tych badań [4, 5], zsuw radialnie obciążonego łuku stropowego względem łuków ociosowych - odrzwia obudowy LP-8 wykonane z profilu KS/KO-21 ze stali St5 - następuje przy obciążeniu około 280 kN, tj. 60 kN/1 m szerokości odrzwi. Można zatem stwierdzić, przy przyjęciu, iż o podporności obudowy ŁP decyduje jej obciążenie, przy którym następuje zsuw łuku stropowego względem łuków ociosowych, że proponowane do stosowania w przecinkach ścianowych konstrukcje stalowych obudów podatnych o zwiększonej rozpiętości posiadają podporność nie mniejszą od podporności odrzwi stalowych obudowy ŁP-8 - a co za tym idzie istnieje pełne uzasadnienie dopuszczenia ich do stosowania w praktyce.

Za celowością stosowania w przecinkach ścianowych obudów z odrzwi stalowych podatnych o zwiększonej rozpiętości przemawia również możliwość uzyskania następujących efektów - w porównaniu do stosowanej dotychczas obudowy drewnianej:

- możliwość drążenia przecinki za pomocą kombajnu chodnikowego, co pozwoli na zwiększenie postępów w czasie jej wykonawstwa i uzyskanie kształtu przekroju poprzecznego wyrobiska dostosowanego do kształtu obudowy odrzwiowej - zwiększającego samostateczność otaczających ją skał w stosunku do przekroju w kształcie prostokąta,
- urabianie skał kombajnem nie narusza ich struktury, jak to ma miejsce w przypadku stosowania robót strzałowych, co dodatkowo korzystnie wpływa na zwiększenie ich samostateczności,
- zwiększona stateczność skał w otoczeniu przecinki o kształcie owalnym umożliwi wcześniejsze jej wykonanie w stosunku do przewidywanego terminu rozruchu ściany, a tym samym pozwoli na bardziej racjonalne planowanie - z odpowiednim wyprzedzeniem - robót przygotowawczych niezbędnych w celu uruchomienia ściany,

- zastosowanie w przecince ścianowej stalowej odrzwiowej obudowy podatnej o zwiększonej rozpiętości pozwala na znaczne uproszczenie i ułatwienie oraz zmniejszenie czasochłonności robót związanych z wyposażeniem ściany w sekcje obudowy zmechanizowanej.

5. WNIOSKI I UWAGI KOŃCOWE

1. Z przeprowadzonych badań wytrzymałościowych obudowy tP-8 [4, 5] i obliczonej podporności proponowanych do praktycznego stosowania w przecinkach ścianowych obudów podatnych z odrzwi stalowych o zwiększonej rozpiętości (wykonanych z profilu KS/KO-21) wynika, że podporność tych odrzwi jest nie mniejsza od obciążenia przejmowanego przez obudowy tP-8, przy którym do obciążeniu następuje zsuw łuku stropowego obudowy tP-8 względem łuków ociosowych. Na podstawie badań [8] przeprowadzonych w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Wydziału Górniczego Politechniki Śląskiej można przyjąć, że również w przypadku obudów wykonanych z profili V podporności obudów z odrzwi znormalizowanych o zwiększonej rozpiętości są porównywalne.

2. Stwierdzenie przedstawione w punkcie 1 wniosków uzasadnia możliwość bezpiecznego stosowania odrzwi stalowych o zwiększonej rozpiętości - we wszystkich wyrobiskach przewidzianych do krótkotrwałego ich użytkowania - przy zachowaniu wszystkich wymagań technologicznych przewidzianych przy zabudowie znormalizowanej stalowej, odrzwiowej obudowy podatnej.

3. Dostatecznie duża podporność obudowy z odrzwi podatnych o zwiększonej rozpiętości (przy odstępach odrzwi około 1 m) i możliwość ewentualnego zwiększenia podporności obudowy poprzez odpowiednie zagęszczenie odrzwi w czasie jej wykonywania w przecince ścianowej zapewniają bezpieczne funkcjonowanie przecinki przez wymagany okres jej istnienia, tj. do czasu wymiany w niej obudowy odrzwiowej na zmechanizowaną obudowę hydrauliczną.

LITERATURA

- [1] Borowiec Z., Paszkiewicz T., Grzędziel T.: Analiza statyczna płaskich układów prętowych oraz krępych ram płaskich. Program na EMC "ODRA" 1204, symbol BUD-57.
- [2] Chudek M.: Obudowa wyrobisk górniczych. Cz. 1. Obudowa wyrobisk korytarzowych i komorowych. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1975.
- [3] Mateja J.: Nośność obudowy łukowej. Budownictwo Węglowe. Projekty - Problemy 6/82.
- [4] Perek J., Sawka B.: Metoda wyznaczania jednostkowej dopuszczalnej nośności łukowej podatnej obudowy chodnikowej tP z kształtowników V. Przegląd Górniczy 2/1984.
- [5] Raczyński A.: Kierunki rozwoju metod i środków obudowy wyrobisk chodnikowych. Materiały konferencyjne. Sympozjum Naukowe PAN nt. Metody zabezpieczenia korytarzowych wyrobisk górniczych. Katowice 1979.

- [6] Schaefer W.: Die Tragfähigkeit von Stahlprofilen und ihre wirtschaftliche Verwendung für den Streckenausbau. Gluckauf nr 29-30, 1975.
- [7] Wypchol N., Mateja J.: Analiza sił wewnętrznych w odrzwiach obudowy żukowej. Budownictwo Węglowe Projekty - Problemy 2/1982.
- [8] Prace Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni. Opracowanie pt.: "Badania i wdrażanie ramowej obudowy stalowej wyrobisk kapitalnych narażonych na deformacyjne ciśnienie górotworu", Sprawozdanie z badań laboratoryjnych obudowy żukowej oraz prac wdroniowych. Gliwice 1984.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Alfred Biliński

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1987 r.

ПРИМЕНЕНИЕ КРЕПИ ИЗ ПОДАТЛИВЫХ ДРЕВНЫХ ОКЛАДОВ С УВЕЛИЧЕННЫМ ПРОЛЁТОМ

Резюме

В статье представлена проблема возможного применения в просеках лавы стальных крепей из дверных окладов. В виду того, что к просекам предъявляются определённые требования, зависящие от габаритов секций механизированной крепи, предназначенной для применения в лаве, использование для этой цели стальных крепей с типовыми габаритами не является возможным. Для этого проводятся испытания приспособления для крепи лавовых просек стальных дверных окладов с увеличенным пролётом. В работе приведены результаты расчётов четырёх конструкций крепи из стальных дверных окладов с увеличенным пролётом, применяемых экспериментально в угольной шахте "Кнуров". Сравнение результатов испытания на устойчивость крепей из дверных окладов с типовыми габаритами с рассчитанной надёжностью окладов с увеличенным пролётом /выполненных из тех же профилей/, даёт возможность безопасного применения вышеуказанных крепей в лавовых просеках во время их существования, т.е. до времени замены в них креплений дверными окладами на механизированную гидравлическую крепь. Применение креплений из стальных окладов с увеличенным пролётом целесообразно не только с точки зрения технико-экономической, связанной с облегчённым снабжением лавы в секции механизированной крепи, а также выгода из-за увеличения стабильности скал в районе выработки при прохождении выработки угольным комбайном.

APPLICATION OF LINING WITH FLEXIBLE DOUBLE TIMBER OF BIGGER SPAN

Summary

The paper deals with possibility of application of steel double timber linings in wall cross-headings. Because of required dimensions of cross-headings - dependent on dimensions of mechanized support to be applied in a longwall - application of steel double timber linings of standard dimensions is not possible for this purpose. Thus there have been some attempts of application of flexible steel double timber of bigger span in wall cross-heading lining. The paper presents the results of static calculations of four linings with flexible steel double timber of bigger span used experimentally in Knurów Coal Mine.

Comparison of the results of strength testings of double timber linings of standard dimensions with calculated supporting ability of double timber of bigger span (made of the same shape) shows that linings mentioned above can be safely used in wall cross-headings for required time, i.e. till the exchange of double timber for mechanized hydraulic lining. Application of linings with double timber of bigger span in wall cross-headings is useful because of technical-economic reasons connected with easier equipping the longwall with mechanized support sections, and also advantages resulting from bigger rock stability around the heading caused by driving it by means of heading machine.

1. WSTĘP

W artykule omówiono możliwość zastosowania stalowych podwójnych linings w przęsłach ścian poprzecznych w kopalniach. Ze względu na wymiary przęsła ściany poprzecznej, wymagane dla zastosowania mechanizowanego osłony, zastosowanie linings standardowych nie jest możliwe. W związku z tym podjęto próby zastosowania stalowych linings o większym rozpięciu w przęsłach ścian poprzecznych. W artykule przedstawiono wyniki obliczeń statycznych czterech linings o większym rozpięciu, zastosowanych doświadczalnie w kopalni Knurowa.

Porównanie wyników badań wytrzymałościowych stalowych linings o standardowych wymiarach z obliczonymi możliwościami podparcia stalowych linings o większym rozpięciu (z tego samego kształtu) wykazuje, że linings wymienione powyżej mogą być bezpiecznie stosowane w przęsłach ścian poprzecznych przez wymagany czas, tj. do wymiany linings na osłonę hydrauliczną.

Zastosowanie linings o większym rozpięciu w przęsłach ścian poprzecznych jest korzystne z powodów techniczno-ekonomicznych, a także z powodów związanych z większą stabilnością skały wokół przęsła spowodowaną prowadzeniem przęsła przy pomocy maszyny.