

Jerzy KULKA, Wiesław DZIEWIOR, Piotr PRZYBYLSKI  
KHW S A KWK „Staszic”

Piotr GŁUCH  
Politechnika Śląska, Gliwice

## ZASTOSOWANIE OBUDOWY ŁPKO DLA PRZECINEK ŚCIANOWYCH NA PRZYKŁADZIE KWK „STASZIC”

**Streszczenie.** Do obudowy przecinek ścianowych są stosowane odrzwia obudowy ŁPKO wykonane z łuków ociosowych obudowy typowej ŁP. W strefie manewrowej kombajnu do 15m od czoła przodka obudowa jest wykonana jako samodzielna, a w strefie za przodkiem jest dodatkowo wzmocniona stojakiem podporowym. Uzyskane doświadczenia praktyczne pozwalają ją stosować dla przecinek o szerokości do około 6,5 m.

## APPLICATION OF PKO SUPPORT IN FACE ENTRIES OF THE „STASZIC” COAL MINE

**Summary.** The ŁPKO frame support has been used. It is made of side section of typical roadway arches ŁP. In the cutter – loader operation zone – about 15m from the face – the support is independent and in the beyond – face zone it is reinforced by bearing props. Experimental practice has been obtained.

### 1. Wstęp

Przecinki ścianowe stanowią grupę wyrobisk górniczych, która musi być wykonana w kopalni do uruchomienia nowych ścian eksploatacyjnych. Wśród wielu stosowanych rozwiązań obudów, przecinek [2,3,5] prostymi, dostępnymi i dobrymi konstrukcjami są obudowy podporowe wykonane przez połączenie łuków ociosowych odrzwi obudowy typowej ŁP. W kopalni „Staszic” są projektowane i wykonywane przecinki w obudowach ŁPKO (łuki podatne z korytek ociosowych), których zestawienie podano w tablicy 1.

Tablica 1

Zestawienie przecinek ścianowych, w których zastosowano obudowę ŁPKO

Lp.	Nazwa wyrobiska	Pokład	Szerokość S w m	Wysokość W w m	Długość L w m	Głębokość H w m
1.	Przecinka ściany 1001	402	6,0	2,9	300	700
2.	Przecinka ściany 501T	407/1	6,0	2,9	300	650
3.	Przecinka ściany 502	407/1	6,0	2,9	280	650
4.	Przecinka ściany 1002	402	6,0	2,9	300	700
5.	Przecinka ściany 1003	402	6,0	2,9	300	700
6.	Przecinka ściany 104	402	6,0	2,9	300	620
7.	Przecinka ściany 105	402	6,0	2,9	300	700

## 2. Ogólne warunki geologiczno-górniczne i geotechniczne w rejonie wykonanych przecinek ścianowych

Przecinki ścianowe wykonywano w warunkach geologiczno – górnicznych pokładów 402 i 407/1. Rodzaje skał zalegających wokół przecinek oraz ich średnią wytrzymałość na ściskanie zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Rodzaje skał wokół wykonanych przecinek ścianowych

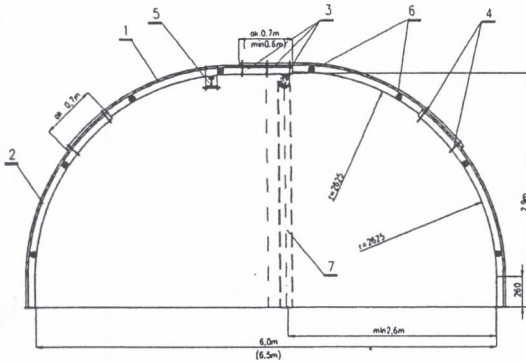
Pokład	Skały stropowe	Skały spagowe
402 grubość 1,6 do 2,0m $R_{cw}=12\text{MPa}$	Łowiec o zmiennej grubości 1,0 do 6,3m o $R_c=18 - 20\text{MPa}$ Piaskowiec o grubości 2 – 3m o $R_{cst}=36\text{MPa}$	Łupek ilasty o zmiennej grubości $R_c=20 - 25\text{MPa}$
407/1 grubość średnio 2,1m $R_c=12\text{MPa}$	Łowiec o zmiennej grubości 1 – 2,2m o $R_c=20\text{MPa}$ Piaskowiec o grubości 1 – 2m o $R_c=34,4\text{MPa}$	Łupek ilasty o zmiennej grubości $R_c=20\text{MPa}$

Przecinki są drążone w pokładach nie zagrożonych tąpnięciami, w III i IV kategorii zagrożenia metanowego, w klasie B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego, przy braku zagrożenia wodnego.

Na długości przecinki dla ściany 502 w pokładzie 407/1 występowały krawędzie eksploatacji nadległej w odległości 18 m pokład 405 o grubości 3,2 m, a w odległości 118 m pokład 401 o grubości 1,6 m.

## 3. Konstrukcja obudowy stalowej odrzwiowej ŁPKO8/8V25/A

Konstrukcję obudowy ŁPKO8/8V25/A przedstawiono na rys.1. Odrzwia obudowy są wykonane z czterech łuków ociosowych obudowy ŁP8/V25/A, połączonych w stropie na odcinkach prostych, a w rejonie ociosów na odcinkach łuków. Skrócenie prostych w łukach ociosowych pozwala uzyskać obudowę o wysokości 2,9 m. Odrzwia na długości wyrobiska są stabilizowane rozporami wieloelementowymi w rozstawie co 1,2 m i podciągami stalowym. Obudowie należy zapewnić opinkę z siatek zgrzewanych stalowych oraz dobrą wykładkę i oklinowanie na obwodzie wyłomu wyrobiska. Konstrukcję obudowy według rozwiązania jak na rys.1. można stosować na odcinku od czoła przodku do max 15 m, tj. w strefie manewrowej kombajnu.

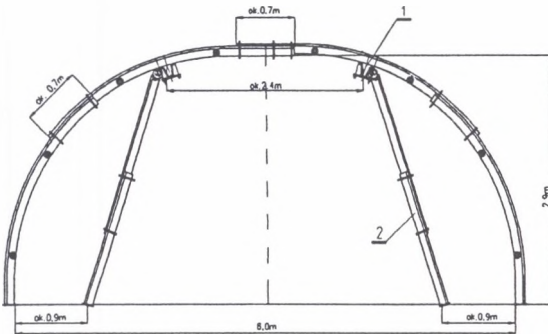


Rys.1. Odrzvia obudowy ŁPKO8/8/V25:  
1- luk stropowy z luku ociosowego odrzvia ŁP8/V25/A, 2- luk ociosowy ze skróconego luku ociosowego odrzvia ŁP8/V25/A, 3- strzemiona łączące luki stropowe w liczbie 3 sztuk, 4 - strzemiona łączące luki stropowe i ociosowe w liczbie 2 sztuk, 5- podciąg stalowy prowadzony na całej długości dowerzchni, 6- rozporzy wieloelementowe, 7- stojak podporowy

Fig. 1. Support frame ŁPKO8/8/V25:

1 – roof section made of frame's side section ŁP8/V25/A, 2 – side section made of shorten side section ŁP8/V25/A, 3 – clamps connecting roof sections (3 pcs), 4 – clamps connecting roof and side section (2 pcs), 5 – crown runner along the whole rise, 6 – multielement stetcher, 7 – bearing prop SV-25

W strefie za kombajnem, tj. powyżej 15 m od przodku w zależności od potrzeb odrzvia obudowy mogą być dodatkowo wzmocnienie za pomocą stojaka podporowego drewnianego lub stalowego. Przy silnym oddziaływaniu dodatkowych naprężeń na wyrobisko bezpośrednio w przodku wyrobiska buduje się wzmocnienie obudowy jak na rys.2, zmieniając za kombajnem konstrukcję obudowy przez wzmocnienie jej jednym stojakiem budowanym w rejonie osi wyrobiska. Rozwiązanie takie zastosowano w strefie oddziaływania krawędzi pokładu 405 w przecince ściany 502.



Rys. 2. Przykład wzmocnienia odrzvia obudowy ŁPKO/8/8/V25 w strefie oddziaływania krawędzi pokładu 405 w przecince dla ściany 502, w strefie manewrowej kombajnu: 1-podciąg stalowy, 2 - stojak podporowy SV-25

Fig. 2. Reinforcement of the support frame ŁPKO/8/8/V25 in the interaction zone in the 405-seam edge in the 502-face entry in the cutter – loader operation zone:  
1 – steel crown runner, 2 – bearing prop SV – 25

#### 4. Obliczenie rozstawu odrzvia obudowy

Określenie rozstawu odrzvia obudowy podporowej wymaga przeprowadzenia obliczeń:

- wielkości strefy odprężonej górotworu wokół wyrobiska i obciążenia górotworu działającego na obudowę,
- podpomości obudowy podporowej,
- rozstawu odrzvia obudowy.

Wysokości strefy odprężonej określa się za pomocą:

- modelu Cymbariewiczza, tj. strefy odprężonej powstałej w postaci trójkąta odłamu ociosie wyrobiska i strefy odprężonej w stropie o kształcie trójkąta dla skał zwięzłych,
  - modelu strefy odprężonej górotworu wg Prof. Kłęczka na podstawie hipotezy St Venanta [4].
- Zasięg strefy odprężonej określa się dla fazy wykonania wyrobiska w strefie manewrowej kombajnu i w strefie ostatecznej. W strefie manewrowej kombajnu wysokość strefy odprężonej skał stropowych o kształcie trójkątnym określa wzór:

$$h_{sn} = \frac{5 \cdot S_n}{k_o \cdot R_{cgsr}} \quad (1)$$

W strefie ostatecznej podporność obudowy określa się z zasięgu maksymalnej wartości strefy odprężonej o kształcie trapezowym określonej z modelu Cymbariewiczza lub Kłęczka [5,3].

$$h_{sn} = \max \left[ \frac{5 \cdot S_n}{k_o \cdot R_{cgsr}} \text{ lub } \frac{S_w}{2} \sqrt{\frac{3 \cdot k_n \cdot \gamma_{sr} \cdot H}{k_o \cdot R_{cgsr}}} - \frac{W_w}{2} \right], \quad (2)$$

gdzie:

- $S_n$  - szerokość strefy odprężonej na wysokości stropu wyrobiska,  $S_n = S_w + 2W_w \operatorname{ctg}\phi_g$ ,
- $R_{cgsr}$  - wytrzymałość średnia skał stropowych od 0-3 m dla  $h_{sn} \leq 3$  m, dla  $h_{sn} > 3$  m od  $0-h_{sn}$ ,
- $k_o$  - współczynnik wytrzymałości skał stropowych,
- $k_n$  - współczynnik koncentracji naprężeń,
- $H$  - głębokość zalegania wyrobiska,
- $S_w$  - szerokość wyrobiska w wyłomie,
- $W_w$  - wysokość wyrobiska w wyłomie,
- $\gamma_{sr}$  - średni ciężar objętościowy skał stropowych,
- $\phi_g$  - kąt ścięcia odprężonego klina ociosowego  $\phi_g = 45^\circ + \phi_o/2$ ,
- $\phi_g = \operatorname{arctg}(0,1 \cdot R_{cgoc}) - R_{cgoc}$  - wytrzymałość skał ociosowych,

Przy określaniu współczynnika wytrzymałości skał stropowych istnieje konieczność uwzględnienia wpływu: podzielności skał, czasu, wilgoci, wody, drgań i wstrząsów górotworu na wytrzymałość przebadanych skał stropowych oddziałujących bezpośrednio na obudowę wyrobiska.

Określenie współczynnika koncentracji naprężeń wymaga uwzględnienia czynników wpływających na wzrost naprężeń wokół wyrobiska przez krawędzie pokładów nadległych i podległych, stref zaburzeń, ciśnienia eksploatacyjnego, oddziaływania chodników równoległych i innych czynników [2]. Tak określony kształt stref odprężonych wokół wyrobiska w stropie i ociosie stanowi podstawę określenia wartości działającego obciążenia na obudowę. Obciążenie górotworu traktowane jako najmniej korzystne działające na całej szerokości wyrobiska wynosi:

$$q_o = \gamma \cdot h_{sn} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (3)$$

Podporność odrzwi obudowy oblicza się numerycznie za pomocą programów komputerowych MES. W obliczeniach numerycznych prowadzi się w pierwszym etapie dyskretyzację konstrukcji obudowy polegającą na przyjęciu sprężystego modelu obudowy podzielonego na wiele odcinków prostych z zamodelowaniem połączenia obudowy z górotworem za pomocą sprężystych wahaczy, o kierunku normalnym do osi podłużnej obudowy, które pracują jedynie na ściskanie. Na rys. 3 przedstawiono przykładowe wydruki wartości sił wewnętrznych działających w obudowie ŁPKO8/8-V25 o szerokości 6,0 m i wysokości 2,9 m z kształtownika V25, przy działaniu na nią obciążenia równomiernego pionowego o wartości jednostkowej  $q_1 = 1$  kN/m na całej szerokości obudowy. Od wielu lat w górnictwie na podstawie badań i rozwiązań [6, 7] stosowana jest metoda wymiarowania obudowy górniczej metodą stanów granicznych nośności, stosując model ciała sztywno-plastycznego ze

wzmocnieniem wg wzoru:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi \cdot A} + \frac{M}{W} \leq R_a \cdot (m + n), \quad (4)$$

gdzie:  $R_e$  - granica plastyczności materiału,

$R_a$  - wytrzymałość obliczeniowa materiału obudowy,  $R_a = R_e/\gamma_a$ ,

$\gamma_a$  - współczynnik materiałowy wg PN-90/B-03200,

$m$  - współczynnik kształtu (dla przekroju korytkowego  $m = 1,47$ ),

$n$  - współczynnik materiałowy :

$$n = \frac{R_m - R_e}{R_e}$$

$R_m$  - granica wytrzymałości materiału,

$A$  - przekrój przez kształtownik,

$W$  - wskaźnik wytrzymałości przy zginaniu sprężystym,

$\varphi$  - współczynnik wyoboczeniowy.

Należy pamiętać, że wzór (4) nie jest poprawny fizycznie, a jedynie stanowi uproszczoną zależność wymiarowania konstrukcji, która zezwala przy czystym zginaniu przekroju na wystąpienie we włóknach skrajnych naprężeń na granicy wytrzymałości  $R_m$ , a we włóknach przebiegających przez oś obojętną przekroju naprężeń o wartości  $R_e$ . W celu niedopuszczenia do pracy obudowy w stanie pełnego uplastycznienia przekroju i powstania przegubu plastycznego przy określaniu rozstawu odrzwi obudowy wprowadza się współczynnik bezpieczeństwa  $s$ , który zawiera się w przedziale od 1,5 do 2 dla konstrukcji obudów podatnych, a dla konstrukcji obudów sztywnych w przedziale 1,25 do 1,5. Podporność konstrukcji obudowy odrzwiowej może być wyrażona zależnością:

$$q_{ob} = \frac{q_1 \cdot R_a \cdot (m + n)}{\left( \frac{N_{1odp}}{\varphi \cdot A} + \frac{M_{1max}}{W_x} \right) \cdot s} \quad (5)$$

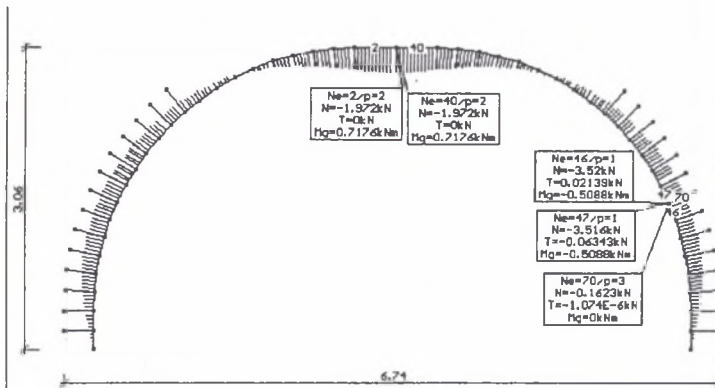
Przy wzmocnieniu stojakami istnieje konieczność określenia podporności obudowy ze względu na podporność stojaków podporowych ze wzoru:

$$q_{st} = q_1 \cdot N_{st} / N_{1st}, \quad (6)$$

gdzie:  $M_{1max}$  – maksymalny moment występujący w konstrukcji dla obciążenia  $q_1$ ,  
 $N_{1odp}$  – siła podłużna w miejscu działania momentu  $M_{1max}$ ,  
 $N_{st}$  – podporność robocza stojaka obudowy w kN,  
 $N_{st1}$  – siła podłużna działająca w stojaku obudowy przy obciążeniu  $q_1$  w kN.

Rozstaw odrzwi obudowy określa się ze względu na minimalną podporność jako:

$$q_{ob} = \min(q_{ob}, q_{st}), \quad (7) \quad \text{ze wzoru:} \quad d \leq \frac{q_{ob}}{q_{obc}} \left[ \frac{\text{kN/m}}{\text{kN/m}^2} \right], \quad (8)$$



Rys. 3. Wartości sił wewnętrznych dla odrzwi obudowy ŁPKO8/8 – V25 przy obciążeniu jednostkowym  $q_1 = -1$  kN/m działającym na całą szerokość odrzwi obudowy

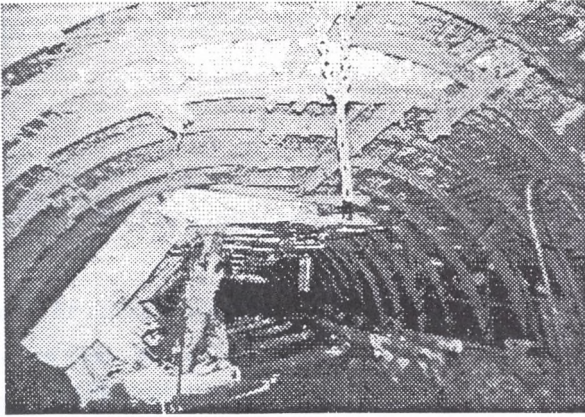
Fig. 3. Internal forces values of the support frame ŁPKO8/8-V25 at unitary load  $q_1 = -1$  kN/m acting on the whole width of the support frame

## 5. Technologia wykonania przecinek

Przecinki są drążone pełnym przekrojem za pomocą kombajnu AM – 50. W przodku obudowa jest wzmocniana co najmniej jednym podciągami stalowym. Za strefą manewrową obudowę podpira się w zależności od warunków stojakami drewnianymi lub stalowymi. Średnie rozstawy odrzwi stosuje się co 0,75 m, a w strefach oddziaływania krawędzi i uskoków co 0,5. Średnie postępy drążenia przecinek wynoszą od 6 – 8 m/dobę.

## 6. Zabudowa sekcji obudowy zmechanizowanej

Zabudowa sekcji obudowy zmechanizowanej prowadzona jest przy wykorzystaniu transportu kołowego na platformach z przemieszczeniem ich za pomocą kołowrotów. Sekcja po wjeździe na miejsce zabudowy jest obracana i rozpierana w kierunku przyszłego frontu ściany. Przykładowy widok obudowy przecinki z zabudowaną sekcją przedstawia rys. 4.



Rys. 4. Widok przecinki w obudowie ŁPKO8/8/V25 z zabudowanymi sekcjami obudowy zmechanizowanej

## 7. Wnioski końcowe

1. W warunkach geologiczno – górnictwowych pokładu 402 i 407/1 kop. „Staszic” przecinki ścianowe o długości do 300 m przy średniej głębokości 700 m są wykonywane w obudowie ŁPKO8/8/V25.
2. Obudowa ŁPKO8/8/V25 ma korzystny kształt zapewniający dobrą współpracę z górotworem przy znacznej szerokości wyrobiska z możliwością poprawy podpórności przez zwiększenie zakładki prostki stropowej lub dodatkowe podparcie stojakiem podporowym zakładanym za strefą manewrową kombajnu.
3. Uzyskane doświadczenia ze stosowania obudów ŁPKO8/8/V25 dla przecinek ścianowych na łącznej długości ok. 2,1km pozwalają stwierdzić, że zapewnia ona wymaganą stateczność, bezpieczeństwo wykonania oraz funkcjonalność użytkowania.

## LITERATURA

1. Chudek M., Głuch P., Szczepaniak Z.: Projektowanie wykonywanie wyrobisk komorowych. Skrypt Politechniki Śląskiej, Gliwice 1991.
2. Głuch P., Preidl W.: Projektowanie obudowy podporowej dla przecinek ścianowych ZN Pol. Śl. seria Górnictwo, z.236, 1997.
3. Głuch P., Preidl W.: Wpływ parametrów technicznych i technologii wykonania na podpórność obudów łukowych spłaszczonych dla przecinek ścianowych.
4. Kłęczek Z. Geomechanika górnictwa ŚWT, 1994.
5. Majcherczyk T. i inni: „Katalog obudów rozcięć ścianowych”, Gliwice 1997.
6. Małoszewski J., Mateja J., Rułka K.: Nośność stalowych drzwi obudowy łukowej otwartej na podstawie przeprowadzonych badań. Prace GIG, Katowice 1985.

Recenzent: Prof.dr hab.inż. Kazimierz Podgórski

## Abstract

In the "Staszic" coal mine there are designed and realized entries in ŁPKO support (yielding arches made of side lining elements), the list is mentioned in table 1.

The face entries are made taking into account the mining – and geological conditions in the seams 402 and 407/1. The structure of the applied support ŁPKO8/8V25/A has been shown on fig. 1. The support frame is made of four side archers of the support ŁP8/V25/A which are joined at the roof in straight sections, but at the wall zones in the arched sections.

In the cutter – loader zone i.e. 15m from the face – in case of need – the support' frames will be additionally reinforced by wooden or steel props. By high interaction of reinforcement as shown in fig.2 will be erected. The formulas 1 and 2 determine the rock side load, and the formulas 4 and 5 determine the inner forces and finally the bearing capacity of the frame. The spacing between frames depends on the formula 8 when the smallest bearing capacity is known from the formula 7. A view of an entry with powered support units is shown on fig. 4. The experience obtained by application of ŁPKO8/8/V25 support in face entries (whole length of 2,1 km) confirms the conviction of required stability, safe execution and functional usefulness.