

Roland BOBEK<sup>1)</sup>, Tomasz ŚLEDŹ<sup>1)</sup>, Adam RATAJCZAK<sup>1)</sup>, Bernard MAKA<sup>1)</sup>,  
Piotr GŁUCH<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>KW S.A. Kopalnia „Knurów Szczygłowice”, Knurów

<sup>2)</sup>Politechnika Śląska, Gliwice

Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni

## **ROZWIĄZANIE I DOŚWIADCZENIA ZE STOSOWANIA OBUDOWY PROSTEJ PODPOROWO-KOTWIOWEJ W ROZCINCE ŚCIANOWEJ NR 14 W POKŁADZIE 401/1**

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono doświadczenia ze stosowania obudowy prostej podporowo-kotwiowej. Omówiono warunki geologiczno-górnice, rozwiązanie obudowy, doświadczenia ze stosowania oraz wynikające wnioski. Rozwiązanie obudowy stanowi prosta stropnica z podłużną szczeliną, podpartą na ociosach dwoma stojakami ciernymi SV29 i kotwiona do stropu kotwiami stalowymi prętowymi.

## **SOLUTION AND EXPERIENCES IN APPLICATION OF STRAIGHT BOLTED SUPPORT IN CROSS-CUT NUMBER 14 IN COAL SEAM 401/1**

**Summary.** Paper presents experiences from the use of straight bolted support. Mining and geological conditions, type of support, experiences from use and resulting conclusions have been described. The solution of support is straight roof-bar with longitudinal slot supported on the booth side walls by friction props SV29 and anchored to roof by steel bar bolts.

### **1. Wstęp**

Rozcinki ścianowe, zwane również przecinkami zbrojowymi lub dowierzchniami ścianowymi, stanowią grupę wyrobisk eksploatacyjnych, przeznaczonych do zbrojenia ściany wydobywczej w urządzeniach urabiania, odstawy oraz obudowy. Kopalnia węgla kamiennego prowadzi eksploatację w różnych rejonach i partiach pokładu, gdzie zazwyczaj istnieją odmienne warunki geologiczno-górnice. Zaprojektowanie właściwego rozwiązania rozcinki ścianowej jest zatem rozpatrywane indywidualnie i każdorazowo jest dobierane rozwiązanie najbardziej korzystne dla danych warunków geologiczno-górnich oraz możliwości technicznych i technologicznych przedsiębiorstwa.

Uwzględniając wspomniane uwarunkowania w warunkach kopalni Knurów, zastosowano różne rozwiązania obudów rozcinek ścianowych, dążąc do wyboru najbardziej korzystnych rozwiązań technicznych, technologicznych i ruchowych. Jednym z rozwiązań jest podjęcie w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego próby zastosowania przecinki o kształcie prostym (prostokątnym) w obudowie podporowo-kotwiowej [3, 4, 5, 6, 7, 8].

## 2. Charakterystyka warunków górniczo-geologicznych

Rozwiązanie obudowy podporowo-kotwiowej o kształcie prostym w zastosowano w rozcince ściany 14, zlokalizowanej na głębokości od ok. 650 do ok. 710 m w pokładzie 401/1 (rys. 1).

Pokład został zaliczony do:

- I stopnia zagrożenia wodnego,
- klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego,
- I kategorii zagrożenia metanowego – pole do kategorii II.

Pokład nie jest zagrożony tąpnięciami. Średnie nachylenie pokładu wynosi od ok.  $8^{\circ}$  do  $12^{\circ}$ . Grubość pokładu węgla wynosi ok. 2,5 m. W stropie bezpośrednim pokładu 401/1, na długości rozcinki ściany 14, zalega kompleks iłowców z przerostami węgla do ok. 0,5 m, a następnie zwięzłe warstwy iłowca o grubości 10,9 m, dalej pokład 364 o miąższości ok. 0,75 m, iłowiec o miąższości 0,8 m, piaskowiec o grubości 10,1 m. Spąg bezpośredni stanowią warstwy iłowca o miąższości ok. 10,0m. Przekrój geologiczny przez skały stropowe ociosowe i spągowe przedstawiono na rys. 2.

W rejonie rozcinki była prowadzona eksploatacja w pokładach wyżej zalegających:

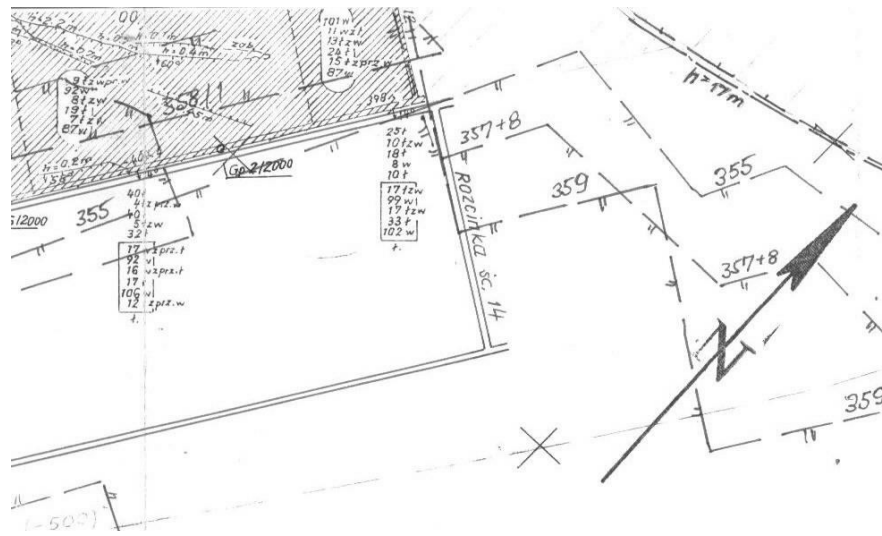
- |  |   |        |
|--|---|--------|
| - pokład 359 – odległość od stropu pokładu 401/1     | – | 74 m,  |
| - pokład 358/1 – odległość od stropu pokładu 401/1   | – | 93 m,  |
| - pokład 357/358 – odległość od stropu pokładu 401/1 | – | 118 m, |
| - pokład 355 – odległość od stropu pokładu 401/1     | – | 147 m. |

Rozcinka ściany 14 była drążona kombajnem chodnikowym. Zastosowano obudowę prostą podporowo-kotwiową w rozstawie odrzwi co 1,0 m.

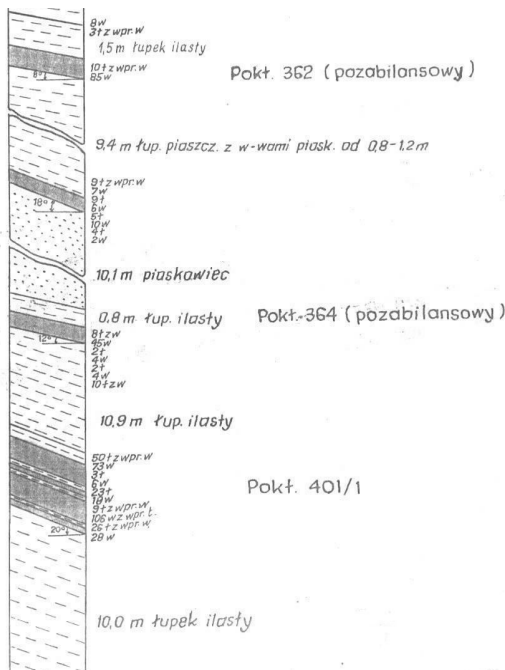
Gabaryty projektowanego wyrobiska:

- |  |   |               |
|--|---|---------------|
| - szerokość użyteczna wyrobiska                | – | 5,6 m,        |
| - szerokość wyrobiska w wyłomie – projektowana | – | 5,8 m,        |
| - wysokość użyteczna wyrobiska                 | – | 2,5 do 3,3 m. |

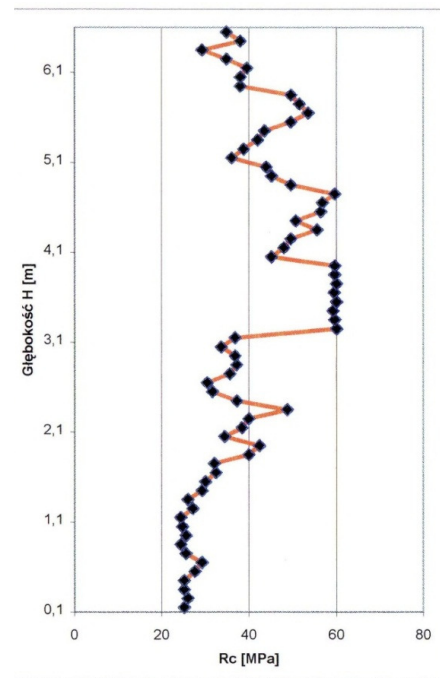
Długość całkowita rozcinki ściany 14 wynosi ok. 250 m.



Rys. 1. Lokalizacja rozcinki nr 14 w pokładzie 404/1  
 Fig. 1. Location of longwall face development nr 14 in bed 401/1



Rys. 2. Przekrój geologiczny przez skały stropowe ociosowe i spągowe dla rozcinki nr 14 w pokładzie 404/1  
 Fig. 2. Geological section of roofs, walls and bottoms rocks



Rys. 3. Wytrzymałość skał stropowych mierzona pentrometrem otworowym. Otwór Gp - 52/04 - Rc = 40,59 MPa  
 Rc (dla h = 3m) = 31,55 MPa  
 Fig. 3. Mechanical resistance of roofs rocks tested with penetrometer – hole Gp - 52/04

### 3. Parametry geotechniczne w rejonie lokalizacji rozcinki 14 ściany w pokładzie 401/1

Parametry geotechniczne skał wokół rozcinki ściany 14 w pokładzie 401/1 określono na podstawie pomiarów penetrometrem otworowym, które podano na rys. 3.

Strop bezpośredni zbudowanym z iłowca:  $R_c = 31,55$  MPa.

Pokład 401/1 – węgiel o miąższości ok. 2,5 m:  $R_c = 10$  MPa.

Spąg bezpośredni zbudowany z iłowca:  $R_c = 20$  MPa.

Strop jest suchy, bez wykropleń wody. Podzielność skał stropu zbudowanego z iłowców określa się jako płytową, przechodzącą w blokową.

Badania wskaźnika RQD dla rdzenia z otworu badawczego Gp52/04, z chodnika 14b w pokładzie 401/1 z G8E-N przy długości 1171 m wykazały wartości podane w tablicy 1.

Tablica 1

Kształtowanie się wskaźnika RQD dla rdzenia z otworu badawczego Gp52/04

Lp.	Przedział głębokości otworu, m	Wartość RQD, %
1.	0,2 do 1,2	<b>61,5</b>
2.	1,2 do 2,2	<b>31</b>
3.	2,2 do 3,2	<b>48</b>
4.	3,2 do 4,2	<b>53,5</b>
5.	4,2 do 5,2	<b>51</b>
6.	5,2 do 6,2	<b>84</b>
7.	6,2 do 7,2	<b>67</b>

Analiza wyników badań parametrów skał wokół rozcinki ściany 14 wykazuje, że w stropie występują korzystne warunki w postaci:

- średniej korzystnej wytrzymałości skały na ściskanie,
- znacznej miąższości stropu zbudowanego ze związłego iłowca, a w dalszej odległości piaskowca,
- braku wypływu lub wykraplania się wody ze stropu.

W projekcie [2] założono, że przybierka skał stropowych rozcinki ściany 14 spowoduje wyeliminowanie połączenia linii pokładu węgla ze skałami stropowymi i wystąpienie na obwodzie stropnicy jednorodnej warstwy skalnej.

#### 4. Konstrukcja obudowy przecinki

Obliczenia obciążenia działającego na obudowę dla rozcinki ściany 14 w pokładzie 401/1 przeprowadzono dla następujących danych:

Dane geologiczne dla skał stropowych w pakiecie od 0 do 3 m:

Średnia wytrzymałość skał stropowych na ściskanie ( $R_{cśr}$ ):	ok. 31,55 MPa.
Wytrzymałość węgla na ściskanie:	ok. 10,0 MPa.
Współczynnik wytrzymałości skał stropowych po skotwieniu ( $k_o$ ):	1,0.
Współczynnik wytrzymałości skał ociosowych:	0,9.
Ciężar objętościowy skał stropowych:	25 kN/m <sup>3</sup> .
Ciężar objętościowy węgla:	13 kN/m <sup>3</sup> .

##### Dane górniczo-techniczne:

Głębokość zalegania wyrobiska:	od 650 do 710 m.
Szerokość wyrobiska:	5,6 m.
Szerokość wyrobiska obliczeniowa:	6,2 m.
Szerokość wyrobiska ze strefą odprężoną w stropie ( $S_n$ ):	9,0 m.
Wysokość wyrobiska:	od min. 2,5 m do 3,3 m.
Przewidywany czas istnienia wyrobiska:	do dwóch lat.

Wysokość strefy odprężonej wg Cymbariewicza określono na wielkość:

$$h_{sn} = (5 \cdot S_n) / (k_o \cdot R_{cśr}) = 5 \cdot 9,0 / (1,0 \cdot 31,55) = 1,43 \text{ m.}$$

W celu uzyskania efektu usztywnienia bloków skalnych w wyrobisku, w przodku, po wykonaniu zabioru należy dokonać kotwienia struktur skalnych na wysokość zapewniającą uzyskanie jego podzielności blokowej. Kotwienie należy prowadzić bezpośrednio w przodku wyrobiska po wykonaniu zabioru przez przykotwienie stropnicy kotwiami wklejanymi do stropu wyrobiska.

Dodatkową koncentrację naprężeń od oddziaływania pokładu 359 określono wzorem Zorychty [1]:  $k_k = 1 + 4,1 \cdot e^{-0,06z}$  gdzie  $z$  – odległość stropu chodnika do krawędzi pokładu wyżej leżącego. Dla ( $z = 74 \text{ m}$  – odległość stropu przecinki (pokładu 401/1) do pokładu 359).

$$k_k = 1 + 4,1 \cdot e^{-4,44} = 1,041$$

W celu zapewnienia tego warunku minimalna długość kotwi ( $l_k$ ) osadzonej w otworze powinna wynosić:  $l_k =$  od 2,1 do 2,3 m. Całkowitą długość kotwi projektuje się jako minimalną ( $l_{k\text{min}}$ ):  $l_{k\text{min}} = 2,5 \text{ m.}$

## 5. Obliczenie obudowy podporowej przykotwionej

Wielkość obciążenia ( $q$ ), działająca na odrzwia obudowy przy kotwieniu stropu bezpośrednio po zabiorze, będzie wynosiła:  $q = h_{sn} \cdot 25 = 35,75 \text{ kN/m}^2$ .

Dobór stropnicy rozpatrzono przy zastosowaniu stropnic ze szczeliną podłużną typu SPK-G (stropnica z kształtownika dwuteowego) i stropnicy SPK-Z (stropnica z kształtownika dwuteowego zimnogiętego) produkcji firmy „NOVUM” [6].

Podawane przez producenta momenty przenoszone przez stropnice typu SPK-G i SPK-Z są następujące:

- SPK-G-I	- $M_{gP} = 10,2 \text{ kNm}$ ,	$M_{gMAX} = 22,4 \text{ kNm}$ ,
lub - SPK-Z-I	- $M_{gP} = 25,2 \text{ kNm}$ ,	$M_{gMAX} = 36,8 \text{ kNm}$ ,
- SPK-G-II	- $M_{gP} = 24,4 \text{ kNm}$ ,	$M_{gMAX} = 38,1 \text{ kNm}$ ,
lub - SPK-Z-II	- $M_{gP} = 40,6 \text{ kNm}$ ,	$M_{gMAX} = 62,3 \text{ kNm}$ ,
- SPK-G-III	- $M_{gP} = 39,4 \text{ kNm}$ ,	$M_{gMAX} = 64,1 \text{ kNm}$ ,
lub - SPK-Z-III	- $M_{gP} = 63,3 \text{ kNm}$ ,	$M_{rMAX} = 96,2 \text{ kNm}$ ,

W rozwiązaniu alternatywnym zaprojektowano stropnice typu USG [5], wg rozwiązania firmy Wdrażanie Innowacji Górniczych Sp. z o.o., o przenoszonych momentach maksymalnych:

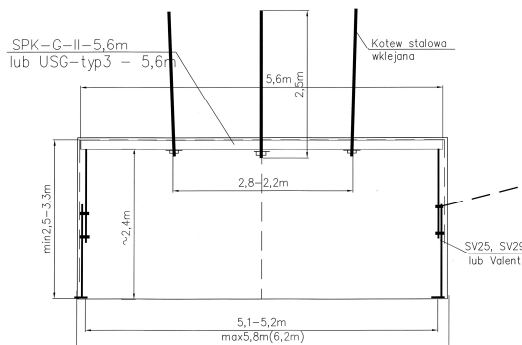
- USG – typ 1	- $M_{gmax} = 32 \text{ kNm}$
- USG – typ 2	- $M_{gmax} = 40 \text{ kNm}$
- USG – typ 3	- $M_{gmax} = 51 \text{ kNm}$
- USG – typ 4	- $M_{gmax} = 60 \text{ kNm}$
- USG – typ 5	- $M_{gmax} = 66 \text{ kNm}$

Obudowę przecinki ścianowej nr 14 w pokładzie 404/1 zaprojektowano jako obudowę prostą stalową odrzwiową ze stropnicą wzmocnioną za pomocą czterech kotwi na wlocie do rozcinki i na odcinku występowania krawędzi eksploatacji pokładów nadległych i trzech kotwi na pozostałym odcinku, kotwionych do skał stropu wyrobiska.

Stropnica odrzwi mogła być wykonana z stropnicy SPK-G-II o długości 5,6 m (stropnica z dwóch I100 – znak dopuszczenia WUG GG-48/01 [6]) lub ze stropnicy USG (typ 3 – znak dopuszczenia WUG GG-91/03 [3]).

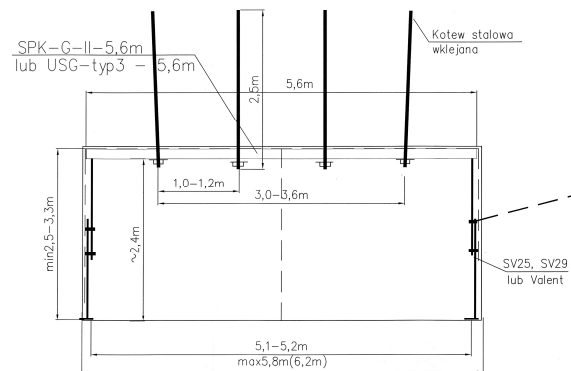
Stropnice były podbudowane stojakami stalowymi ciernymi typu SV29. Stosowano kotwy stalowe o średnicy min.  $\varnothing 22 \text{ mm}$  i długości całkowitej 2,7 m. Rozstaw odrzwi zaprojektowano

co 1,0 m. Rozwiązanie konstrukcji obudowy dla przecinki ścianowej nr 14 w pokładzie 401/1 przedstawiono na rys. 4 i 5.



Rys. 4. Obudowa prosta podporowo-kotwiowa ze stropnicą przykotwioną trzema kotwiami

Fig. 4. Simple anchor-standing support with roof bar installed with three anchors



Rys. 5. Obudowa prosta podporowo-kotwiowa ze stropnicą przykotwioną czterema kotwiami

Fig. 5. Simple anchor-standing support with roof bar installed with four anchors

Uwzględniając możliwość występowania zróżnicowanych warunków i oddziaływania krawędzi, obudowę rozcinki zaprojektowano ze współczynnikiem bezpieczeństwa:

- $n = 8$  dla odrzwi budowanych w rejonie oddziaływania krawędzi,
- $n = 5$  dla odrzwi budowanych na pozostałym odcinku przecinki.

## 6. Doświadczenia z wykonywania i zachowania się rozcinki

Zrealizowaną obudowę rozcinki nr 14 przedstawiono na rys. 6. W trakcie realizacji rozcinki obserwowano niekorzystne objawy deformacji wyrobiska i obudowy, polegające na:

- występowaniu w strefach oddziaływania krawędzi nadległych opadów skał stropowych, wymagających dokładnego wypełnienia drewnem (rys. 7) lub pianką z dodatkowym wzmocnieniem odrzwi stojakami podporowymi (rys. 8),
- zginanie stropnicy w rejonach jej najsłabszego punktu na podparciu kotwią (rys. 9),
- deformacji podkładek kotwiowych na szerokich szczelinach (40mm) między dwoma kształtownikami tworzącymi stropnicę,
- deformacji środników stropnicy pod obciążeniem kotwią poprzez podkładkę,
- podłużnym wyginaniu stropnicy od działającego obciążenia ociosowego z równoczesnym jej skręcaniem.

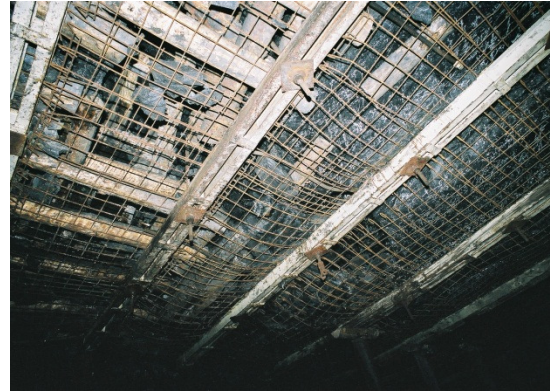
Ze stale prowadzonych obserwacji zachowania obudowy podporowo-kotwiowej ze stropnicą typu SPK-G z I 120 wynika, że jest ona rozwiązaniem konstrukcyjnym o niskiej

nośności nienadającym się do stosowania w warunkach stropu przecinki nr 14 w pokładzie 401/1.

Zastosowanie stropnic typu USG poprawiło nieznacznie sytuację, jednak występujące w stropie iłowce (łupki ilaste) wymuszały wykonywanie obudowy o wysokości znacznie większej od grubości pokładu, co utrudniałoby utrzymanie stateczności ociosów węglowych oraz powodowałoby konieczność znacznego kasztowania obudowy zmechanizowanej dla jej bezpiecznego wjazdu do ściany.



Rys. 6. Ogólny widok rozcinki nr 14  
Fig. 6. Main view of longwall face development nr14



Rys. 7. Opady skał stropowych w strefach oddziaływania krawędzi  
Fig. 7. Roofs rocks fall in zones of seam edge



Rys. 8. Wypełniona pustka stropowa ze wzmocnieniem obudowy  
Fig. 8. Filled roof cavity with strengthening of support



Rys. 9. Deformacja stropnicy w jej osłabionym przekroju  
Fig. 9. Deformation of roof bar in its weakening section

Po wykonaniu ok. 110 m przecinki jej końcowy odcinek wykonano w obudowie łukowej ŁP10/V29/A. Widok przejścia obudowy prostej na obudowę łukową przedstawia rys. 13.

Obserwacje zachowania się rozcinki w obudowie prostej podporowo-kotwiowej, mimo powstałych deformacji, wykazały, że zachowała ona stateczność (po zastosowaniu niezbędnych wzmocnień) i pozwoliła bezpiecznie przeprowadzić zbrojenie ściany i jej rozruch.





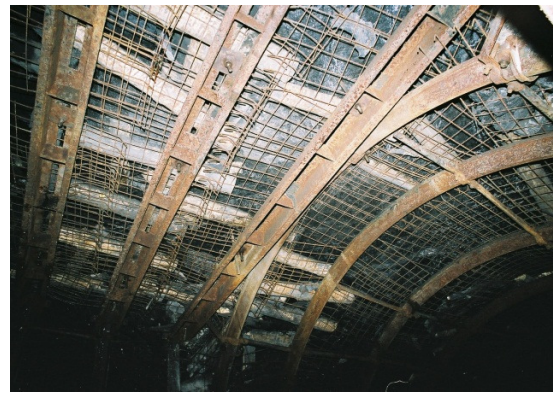
Rys. 10. Deformacja podkładki kotwiowej na podłużnej szczelinie stropnicy  
Fig. 10. Deformation of anchors plate AT oblong crack of roof bar



Rys. 11. Zginanie z wyboczeniem i skręceniem stropnicy na długości  
Fig. 11. Bending with buckling and torsion oblong of roof bar



Rys. 12. Stropnica stalowa typu USG  
Fig. 12. Steel Roof bar USG type



Rys. 13. Zamiana obudowy prostej na obudowę łukową ŁP10/V29/A  
Fig. 13. Replacement of simple support into arch support ŁP10/V29/A

## 7. Wnioski końcowe

1. Rozcinki ścianowe w obudowach o prostym kształcie wyrobiska są korzystnym rozwiązaniem zwłaszcza przy wykonywaniu ich w stabilnych warstwach stropowych przy dużej stateczności skał ociosowych.
2. Zastosowanie w obudowie prostej stropnic spawanych z łączonych kształtowników dwuteowych wykazało, że rozwiązanie ich konstrukcji nie jest dostatecznie dostosowane do trudnych warunków geologiczno-górnich.
3. Działające obciążenie prowadziło do występowania objawów trwałej deformacji stropnic w miejscach najslabszych oraz nieprzystosowanie do współpracy z kotwiami i podkładkami pod kotwie oraz wyboczenie połączone ze skręcaniem od działających obciążeń ociosowych. W stanowiskowych badaniach wytrzymałościowych nie

proszono badań odrzwi ze współpracą z obudową kotwioną (jako układ obudowy podporowo-kotwionej), a badano jedynie obudowę podporową.

4. W zakresie obudów podporo-kotwionych korzystniejszymi rozwiązaniami są konstrukcje obudów o kształtach łukowo-prostych, z kotwionymi stropnicami prostymi lub z kotwionymi podciągami [2].

## BIBLIOGRAFIA

1. Głuch P.: Obudowy łukowo-proste dla przeciek ścianowych. Konferencja międzynarodowa, IEZ Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, Brenna 2011.
2. Głuch P.: Projekt obudowy dla rozciąg ściany 14 w pokładzie 401/1 w warunkach KWK „Knurów”. Instytut Geotechnologii, Geofizyki Górniczej i Ekologii Terenów Przemysłowych, Wydział Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej, Gliwice 2004 (opracowanie niepublikowane).
3. Iwanowicz R.: Uniwersalna stropnica górnicza USG. Wdrażanie Innowacji Górniczych Sp. z o.o., Zabrze – Mikulczyce, 2003 (informacja firmowa).
4. Nierobisz A.: Obudowa podporowo-kotwioną dla rozciąg rozruchowych ścian – przykłady zastosowań. Nowoczesne Technologie Górnicze 2006. Seminarium pt. „Problemy utrzymania wyrobisk korytarzowych”, Ustroń 2006.
5. Nierobisz A.: Przykłady zastosowań nowych rozwiązań obudowy podporowo-kotwionej w kopalniach węgla. Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2006 r., PAN IGSMiE, Kraków 2006.
6. Polus M.: Oferta, stojaki cienne, stropnice podporowo-kotwione. Novum Sp. z o.o., Zabrze 2001 (informacja firmowa).
7. Rak Z., Stasica J., Stopyra M.: Nowe rozwiązania elementów obudowy podporowo-kotwionej na przykładzie przeciek ścianowych w KWK „Wieczorek”. Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2006 r., PAN Sigmie, Kraków 2004.

## Abstract

Longwall face developments belong to excavations prepared for start of exploitation with production long wall. Simple supports with significant width must be strengthening with additional anchors to roof bar. Correct behavior of support is a result of correct project roof bar taking into consideration of anchors loading and location. In Longwall face development nr 14 in coal seam 410/1 condition load action was providing into roof bars deformations and anchors plates as well. Deteriorating mechanical and mining conditions, which requiring making high longwall face development with significant coal-cutting with a roof layer caused replacement simple support with arch support.