

Doświadczenia Zakładów Górniczych „Polkowice-Sieroszowice” z wykonywania szybików techniką strzałową

Experiences of excavation of winzes and staple-shafts by the use of blasting technique in Polkowice-Sieroszowice mine conditions



Mgr inż. Bogusław Cenian*



Dr inż. Piotr Mertuszka**



Prof. dr hab. inż. Witold Pytel**

Treść: Eksploatacja pokładowego złoża rud miedzi w głębokich kopalniach w Polsce prowadzona jest głównie przy użyciu techniki strzałowej. W trakcie prowadzenia eksploatacji rud miedzi na Monoklinie Przedsudeckiej, w miarę rozbudowywania infrastruktury podziemnej, konieczne jest wykonywanie wielu wyrobisk pionowych łączących chodniki kopalniane znajdujące się na różnych poziomach. Wyrobiska te, nazywane szybikami, wykonywane są głównie dla celów wentylacji wyrobisk lub jako zbiorniki retencyjne – magazynowanie urobku w ciągach transportowych. Wszystkie szybiki w warunkach kopalni „Polkowice-Sieroszowice” wykonuje się za pomocą techniki strzałowej, stosując metodę długich otworów z otworem lub otworami wielkośrednicowymi we włomie. W ramach artykułu przedstawiono doświadczenia Zakładów Górniczych „Polkowice-Sieroszowice” z wykonywania techniką strzałową następujących szybików: Z-19 (szybik retencyjny urobku), szybik wentylacyjny w oddziale wydobywczym G-32 oraz szybik retencyjny w pokładzie soli na oddziale G-55.

Abstract: The copper ore exploitation in deep underground mines in Poland is mostly performed by the use of blasting technology. During the copper ore extraction process on Fore-Sudetic Monocline, with the progress of mining infrastructure development, performance of a number of vertical excavations which connect the mining drifts located on different levels are required. These excavations, called winzes or staple-shafts if they are blind, are mainly performed as a part of underground ventilation system or as reservoirs to store the mined rocks in transportation cycle. All the winzes and staple-shafts in Polkowice-Sieroszowice mine conditions are excavated by the use of blasting techniques with the long holes method with one or more holes of enlarged diameter located within the cut. This paper presents experiences of excavation of winzes and staple-shafts using blasting techniques and includes three cases from Polkowice-Sieroszowice mine: Z-19 retention fore-shaft for the mined rocks, ventilation fore-shaft in G-32 mining division and retention fore-shaft located in the rock salt deposit within G-55 mining division.

Słowa kluczowe:

technika strzałowa, materiały wybuchowe, wyrobiska pionowe

Key words:

blasting technique, explosives, vertical excavations

1. Wprowadzenie

Głębianie szybików w warunkach kopalń KGHM Polska Miedź S.A. w przeszłości wykonywano tradycyjną metodą poprzez urabianie dna szybików – całym przekrojem lub metodą schodową – ale również nadsiewłomem czy z otworem wielkośrednicowym, gdy była możliwość wykonania wyrobisk

nad i pod przyszłym szybikiem [7]. Obecnie wszystkie szybiki w warunkach kopalni „Polkowice-Sieroszowice” wykonuje się za pomocą techniki strzałowej, stosując metodę długich otworów z jednym lub kilkoma otworami wielkośrednicowymi we włomie. W zależności od głębokości wykonywanego wyrobiska strzelanie wykonuje się jedno- lub wieloetapowo.

Spośród licznych zalet tej metody wyróżnić należy następujące:

- roboty strzałowe wykonuje się przy dwóch płaszczyznach odsłonięcia;

* KGHM Polska Miedź S.A. ** KGHM CUPRUM sp. z o.o.

- przypadkowe nawiercenie się na niewypał jest niemalże niemożliwe;
- zagrożenie ze strony prądów błądzących jest minimalne, ponieważ etap wiercenia otworów strzałowych wymagający instalacji urządzeń elektrycznych o dużej mocy w sąsiedztwie drążonego szybika jest zakończony przed przystąpieniem do ładowania otworów strzałowych;
- krótszy czas wykonywania wyrobiska z uwagi na łatwiejszą odstawę urobku.

Wadą natomiast może być większy koszt robót wiertniczych, choć całkowity koszt wykonania wyrobiska pozostaje na poziomie niższym, niż przy wykorzystaniu tradycyjnych metod.

Technologie wykonywania wyrobisk o stosunkowo dużym przekroju są w dalszym ciągu doskonalone. Doświadczenia z drążenia wyrobisk pionowych lub o niewielkim nachyleniu wskazują, że urabianie techniką strzałową pozostaje jedną z najbardziej skutecznych i efektywnych metod. W ostatnich latach prowadzone były badania nad możliwością zastosowania nowatorskiej technologii polegającej na nagrzewaniu skał plazmą i gwałtownym ich chłodzeniu powodującym powstanie mikrospękań masy skalnej, czy na zastosowaniu narzędzi dyskowych do urabiania skał twardych [2, 5]. Obecnie jednak, przytoczone tu metody, jak i inne, pozostają jedynie w fazie testów.

2. Technologia wykonywania szybików

Po wykonaniu niezbędnych prac przygotowawczych lub, jeśli to konieczne, wykonaniu dodatkowych wyrobisk nad i pod projektowanym szybikiem, rozpoczyna się zasadniczy etap jego wykonania, tj. wiercenie otworów strzałowych. Dla celów szczegółowego rozpoznania budowy litologicznej górotworu w miejscu planowanego szybika, pierwszy otwór, drążony zazwyczaj w osi wyrobiska, wykonuje się techniką rdzeniową. W przypadku pojawienia się zbyt dużych rozbieżności w stosunku do założonych danych projektowych, możliwe jest na tym etapie wprowadzenie poprawek do projektu. W trakcie wykonywania otworów strzałowych, służby miernicze w określonych odstępach czasu dokonują pomiarów rozmieszczenia otworów i ich ewentualnego odchylenia od zakładanego w dokumentacji strzałowej. W przypadku zbyt dużych rozbieżności, gdy niektóre otwory strzałowe wychodzą poza zakładany obrys i nie posiadają swojego wylotu

w dolnym wyrobisku, konieczne jest dowiercanie dodatkowych otworów. Rysunek 1 przedstawia odwiercone otwory strzałowe oznakowane poprzez opuszczenie obciążonych odcinków sznurka.

W zależności od rozwiązania przyjętego w metryce strzałowej, jeden lub kilka otworów rozwierca się do większej średnicy, uzyskując w ten sposób dodatkową płaszczyznę odsłonięcia dla otworów włomowych, co znacznie wpływa na poprawę efektywności i pewności wykonania przeprowadzanych robót.

Kolejnym krokiem po zabezpieczeniu lub usunięciu sprzętu wiertniczego jest przygotowanie otworów strzałowych do ładowania. W tym celu należy zacopować dno otworu specjalnym elementem klinującym się w otworze, nazywanym popularnie „pajakiem”. Element ten podwiesza się do linki przechodzącej przez otwór, mocuje element dystansowy, a następnie zaciąga na wymaganą głębokość otworu (zazwyczaj ok. 1,0 m od wylotu otworu). Zbyt głębokie wciągnięcie elementu klinującego może spowodować powstanie pólki, która uniemożliwi opadnięcie urobku na dno szybika. Ładowanie otworów strzałowych odbywa się od góry wyrobiska przy wykorzystaniu materiałów wybuchowych nabojujących, sypkich lub materiałów wybuchowych emulsyjnych luzem (rys. 1).

Jako naboje udarowe stosuje się materiały nitroglicerynowe nabojujące. Z uwagi na to, że długości otworów strzałowych przekraczają zwykle 10,0 m, zgodnie z polskimi przepisami [6], wymagane jest stosowanie podwójnej linii lontu detonującego lub pojedynczej linii lontu detonującego o masie rdzenia nie mniejszej niż 20 g pentrytu na metr bieżący. Jak wykazał Gawliczek i in. [1], nie jest to korzystne rozwiązanie, zwłaszcza przy stosowaniu materiałów typu ANFO czy MW emulsyjnych luzem. Naboje udarowe zbroi się zapalnikami nieelektrycznymi o odpowiednim stopniu opóźnienia. Dla zapewnienia inicjacji na całej długości kolumny MW stosuje się dwa naboje udarowe – po jednym od dołu oraz od góry zbiornika. Ostatnim elementem przed wykonaniem łączenia zapalników i detonacją MW jest wykonanie przybitki z piasku bądź soli. Przybitkę wykonuje się do wylotu otworu.

Omawiane wyrobiska pionowe wykonuje się jednoetapowo w przypadku, gdy całkowita głębokość wyrobiska jest stosunkowo niewielka lub też wieloetapowo (dwu- lub nawet trzyetapowo) dla większych głębokości, ale także, kiedy należy zapewnić ochronę sąsiednich obiektów przed skutkami drgań parasejsmicznych i fali podmuchu. Należy również pamiętać o zapewnieniu odpowiedniej przestrzeni



Rys. 1. Oznakowanie odwierconych otworów strzałowych (z lewej) oraz zasypywanie otworów strzałowych saletrolem (z prawej) w zbiorniku retencyjnym urobku Z-19 (fot. M. Rzepa)

Fig. 1. Identification of drilled holes (left) and charging of the blasting holes with ANFO (right) in Z-19 retention fore-shaft (photo M. Rzepa)



Rys. 2. Ratownicy podczas zabezpieczania zbiornika Z-19 (fot. P. Panajew)

Fig. 2. Rescuers securing the Z-19 fore-shaft (photo. P. Panajew)

w dolnej części wyrobiska dla odstrzelonego urobku. W roku 2009 firma PeBeKa Lubin podjęła udaną próbę wykonania zbiornika retencyjnego o głębokości 20,0 m jednoetapowo. Mimo że zakończona została ona powodzeniem, to z uwagi na możliwe komplikacje nie przyjęła się ona do powszechnego stosowania w kopalni „Polkowice-Sierszowice”.

Elementem kończącym proces przygotowania wyrobiska do przekazania go firmie montażowej jest kontrola efektów wykonanych robót strzałowych i wykonanie ręcznej obrywki zarówno górnej płaszczyzny zbiornika, jak i ociosów. Prace te wykonywane są przez zastępy ratowników górniczych przeznaczonych do prac w wyrobiskach pionowych i o dużym nachyleniu przy wykorzystaniu technik alpinistycznych (rys. 2).

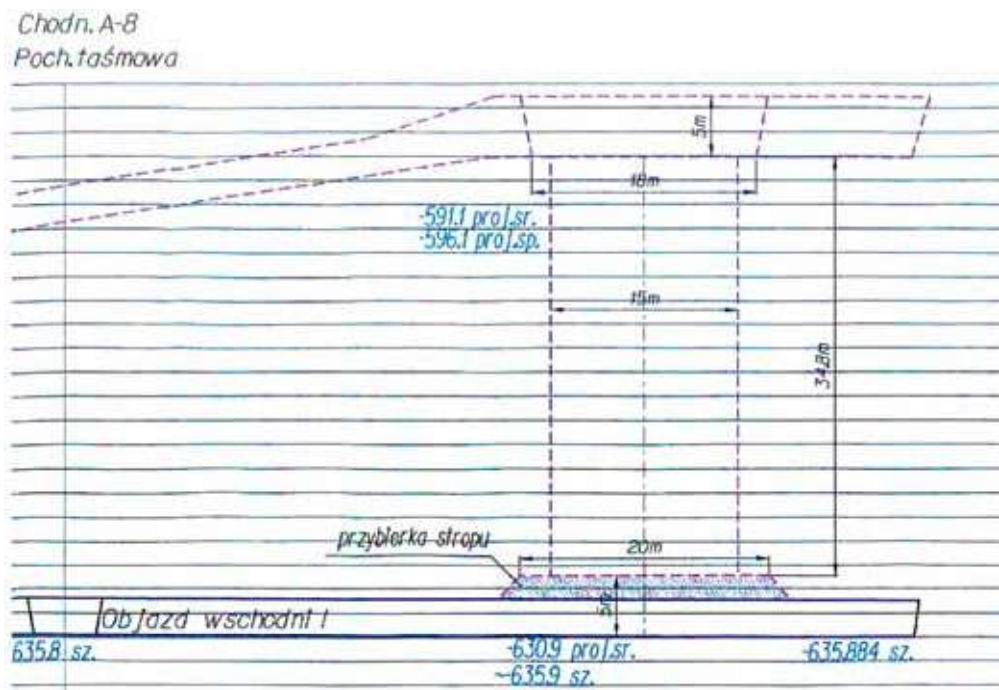
3. Zbiornik retencyjny urobku Z-19

W celu optymalizacji odstawy urobku w rejonie Polkowic Zachodnich kopalni „Polkowice-Sierszowice” koniecznym stało się zmodernizowanie i przebudowanie istniejącego ciągu transportu poziomego. Jednym z niezbędnych elementów tego przedsięwzięcia było wykonanie zbiornika retencyjnego urobku o pojemności około 6500 Mg. Parametry techniczne opisywanego wyrobiska zamieszczono w tablicy 1. Projekt zbiornika (rys. 3) zakładał przeprowadzenie prac w trzech etapach z uwagi na bliskie sąsiedztwo szybów P-V i P-VI oraz koncentracji elementów infrastruktury transportu poziomego (przenośniki taśmowe, przesypy, stacje napędowe, trakcja kolejowa, podstacje elektryczne, itp.).

Tablica 1. Parametry techniczne zbiornika retencyjnego urobku Z-19

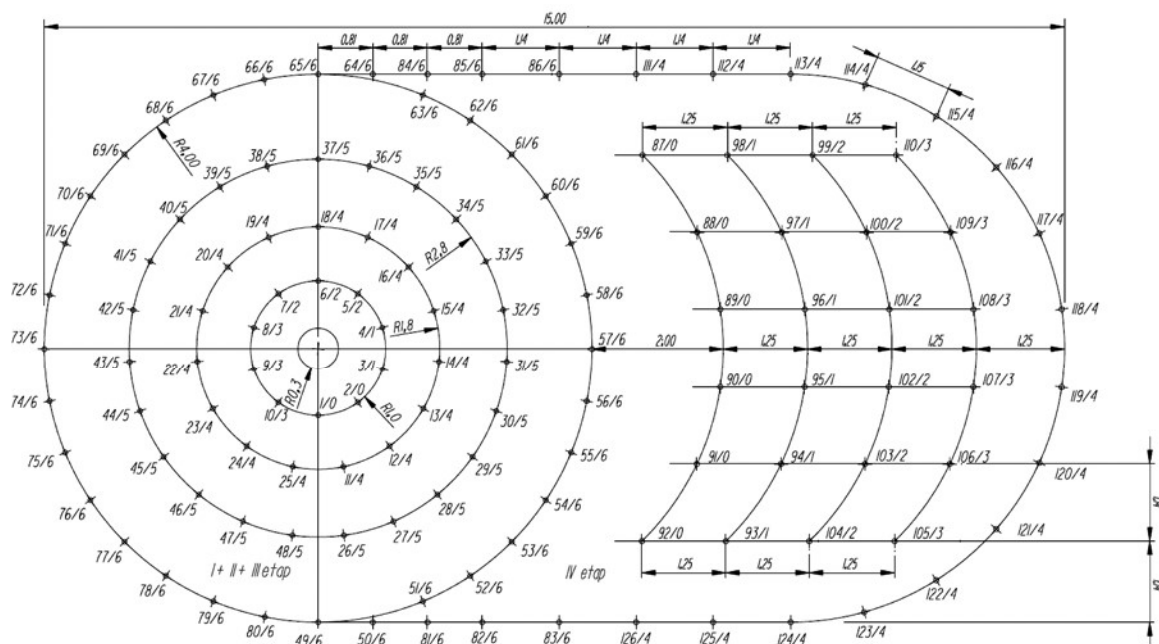
Table 1. Technical parameters of Z-19 retention fore-shaft

Głębokość, m	Przekrój	Wymiary, m	Objętość, m ³	Litologia
34,8	eliptyczny	8,0 x 15,0	3697,2	0÷5 m dolomit wapnisty 5÷35 anhydryt



Rys. 3. Projekt zbiornika retencyjnego Z-19 (przekrój pionowy)

Fig. 3. Scheme of the Z-19 fore-shaft performance (vertical cross-section)



Rys. 4. Zbiornik retencyjny Z-19: rozmieszczenie otworów strzałowych
Fig. 4. Drilling and firing pattern for Z-19 fore-shaft

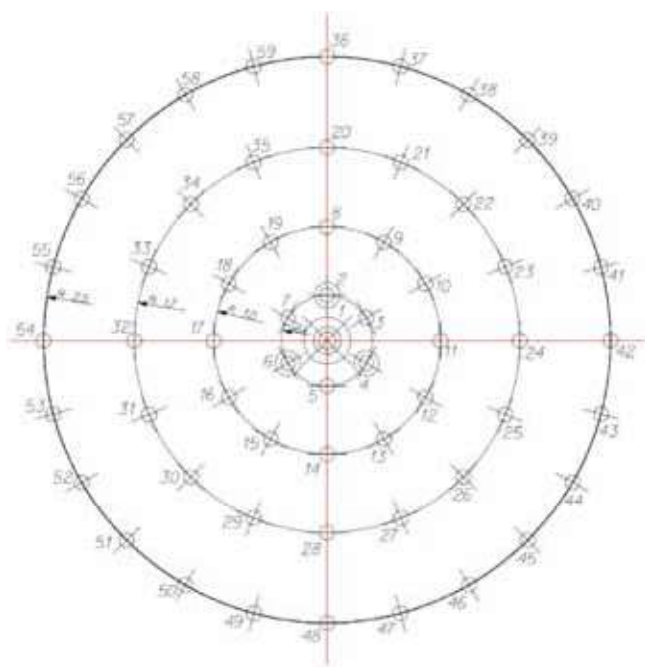
W dniu 6.10.2013 r. wykonano odstrzał pierwszego odcinka o wysokości 8,5 m od dołu zbiornika, a następnie, po wykonaniu niezbędnych prac przygotowawczych, w dniu 24.11.2013 r. odstrzelono kolejne 11,0 m. Ostatni etap, tj. przebicie odcinka 15,3 m wykonano w dniu 22.12.2013 r. Roboty strzałowe prowadzono wg metryki strzałowej przedstawionej na rysunku 4. Metryka, która pierwotnie liczyła 126 szt. otworów strzałowych, została zmodyfikowana przez dowiercenie 7 sztuk dodatkowych otworów w związku z odchyleniem odwierconych otworów od projektu. Dla celów realizacji powyższego zadania, jako dodatkową płaszczyznę odsonięcia, zastosowano pusty otwór wielkośrednicowy o średnicy 600 mm.

Zbiornicze zestawienie ilości zużytych środków strzałowych oraz średnice otworów strzałowych dla opisywanych wyrobisk przedstawiono w tabelicy 4.

4. Dukła wentylacyjna w oddziale wydobywczym G-32

Dla zapewnienia prawidłowej wentylacji w polu G-5W oddziału G-32 konieczne było wykonanie dukli wentylacyjnej między pasem P-83 od komory K-19 w części wyniesionej pola a przecinką P-19 z chodnika G-34W w części zrzuconej. Z uwagi na brak obiektów wymagających specjalnej ochrony w sąsiedztwie wykonywanego przebicia oraz na jego niewielką głębokość (20,5 m) zdecydowano się na wykonanie przebicia jednoetapowo według metryki strzałowej przedstawionej na rys. 5, przy czym centralny otwór o średnicy 200 mm został z przyczyn technicznych zastąpiony otworem 112 mm.

Metryka strzałowa liczyła 55 sztuk otworów o średnicy 65 mm. Przy wykonywaniu tego projektu, jako dodatkową płaszczyznę odsonięcia, zastosowano cztery puste otwory



Rys. 5. Dukła wentylacyjna w oddziale G-32: rozmieszczenie otworów strzałowych
Fig. 5. Drilling pattern for ventilation fore-shaft in G-32 mining division

wielkośrednicowe o średnicy 112 mm. Parametry techniczne opisywanego wyrobiska zamieszczono w tabelicy 2.

Tabela 2. Parametry techniczne dukli wentylacyjnej w oddziale G-32
Table 2. Technical parameters of ventilation fore-shaft in G-32 mining division

Głębokość, m	Przekrój	Wymiary, m	Objętość, m ³	Litologia
20,5	kołowy	□ 5,0	402,3	dolomit wapnisty

5. Zbiornik retencyjny U-22S/1 w złożu soli w oddziale G-55

W roku 2013 Zakłady Górnicze „Polkowice-Sieroszowice” otrzymały koncesję na eksploatację złoża soli kamiennej. W związku z tym planowano zwiększenie jej wydobywania do poziomu 1 mln Mg. Dlatego też koniecznym była rozbudowa zakładu przerobczego zlokalizowanego pod ziemią. Jednym z planowanych do wykonania elementów zakładu był zbiornik retencyjny o pojemności około 1000 Mg. Z uwagi na bliskie sąsiedztwo istniejącego zakładu przerobczego pierwotny projekt przewidywał trój etapowe wykonanie wyrobiska. Podczas wiercenia część otworów odchyliła się od zadanego kierunku i koniecznym okazało się odwiercenie dodatkowych otworów strzałowych od strony dna zbiornika. Ze względu na czas, posiadaną wiertnicę typu Atlas Copco DIAMEC@262 EC oraz dostępny osprzęt zdecydowano się na dowieńczenie 25 sztuk otworów o średnicy 76 mm i długości 7 m (dla otworów urabiających) oraz 10 m (dla otworów włomowych). Zmiana średnicy, dowieńczenia od dołu otworów, pociągnęła za sobą konieczność zwiększenia ładunków w otworach dla poprawy stopnia ich wypełnienia, wskutek czego ładunek jednostkowy MW został prze-wymiarowany około 2,5-krotnie. Po wykonaniu strzelania I etapu uzyskano zakładany zbiór i kształt wyrobiska (rys. 6) oraz sprawdzono wpływ odstrzelonych ładunków MW na obiekty znajdujące się w bliskim sąsiedztwie prowadzonych prac. Pozwoliło to na zmodyfikowanie dokumentacji strzałowej i podjęcie decyzji o wykonaniu dalszej części wyrobiska w sposób jednoetapowy.

Zbiornicze zestawienie ilości zużytych środków strzałowych oraz średnice otworów strzałowych dla opisywanych wyrobisk przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 4. Zestawienie ilości zużytych środków strzałowych oraz średnice otworów strzałowych

Table 4. Technical parameters of U-22S/1 retention fore-shaft

Nazwa wyrobiska	Ilość i średnica otworów strzałowych	Ilość i średnica pustych otworów włomowych	Ilość zużytych MW	Ilość pozostałych otworów strzałowych
Zbiornik retencyjny urobku Z-19	126 + 7 x 76 mm	1 x 600 mm	Ergodyn 35 E 50 mm/ 1000 g 11 404 kg ANFO (Hanal 1) 3000 kg	zapalniki nieelektryczne 798 szt. lont detonujący 8600 m
Dukła wentylacyjna w oddziale G-32	55 x 65 mm	4 x 112 mm	Ergodyn 35 E 50 mm/ 1000 g 1433 kg	zapalniki nieelektryczne 110 szt. lont detonujący 3300 m
Zbiornik retencyjny U-22S/1 w złożu soli w oddziale G-55	75 x 49 mm 25 x 76 mm	3 x 200 mm	Emulgit 82 GP 65 mm/ 2500 g 650 kg Emulgit 82 GP 40 mm/ 1000 g 3000 kg	zapalniki nieelektryczne 452 szt. lont detonujący 1500 m



Rys. 6. Zbiornik retencyjny U-22S/1: wygląd po odstrzale I etapu
Fig. 6. Retention fore-shaft in salt deposit after first-phase blasting

Tablica 3. Parametry techniczne zbiornika retencyjnego urobku U-22S/1

Table 3. Summary of the used explosives and diameters of the blasting holes

Głębokość, m	Przekrój	Wymiary, m	Objętość, m ³	Litologia
30,0	kołowy	□ 6,0	847,8	sól kamienna

6. Podsumowanie i wnioski

Podsumowując efekty wykonanych robót strzałowych, należy podkreślić, że metoda wykonywania zbić pionowych pomiędzy wyrobiskami oparta na technice długich otworów z wielkośrednicowym otworem włomowym wydaje się obecnie najbardziej efektywną, bezpieczną i gwarantującą pewność wykonania metodą wykonywania takich wyrobisk.

Ponieważ metoda ta, w momencie tworzenia przepisów wykonawczych do polskiego prawa geologicznego i górniczego, była stosunkowo mało rozpowszechniona, jej specyfika nie została dostatecznie uwzględniona w tych przepisach. Zdaniem autorów obowiązek stosowania takich samych stopni opóźnienia zapalników położonych na jednym kręgu nie ma już takiego uzasadnienia, jak przy tradycyjnej metodzie drażenia wyrobisk pionowych. Konieczność każdorazowego występowania do Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego o udzielenie odstępstwa niepotrzebnie wydłuża czas wykonania inwestycji.

Nowatorskim rozwiązaniem, specyficznym dla warunków kopalni „Polkowice-Sieroszowice” jest metoda czopowania dna otworów przez wciągnięcie do otworu specjalnie ukształtowanego elementu, potocznie nazywanego „pajakiem”. Rozwiązanie to pozwala na bezpieczne wykonywanie robót strzałowych w sposób wieloetapowy, ale bez konieczności zabezpieczania obudową stropu wyrobiska wykonanego po strzale poprzednim.

Literatura

1. *Gawliczek E., Dubiński J., Krzystolik P., Konopko W., Sobala J.*: Ocena niezawodności detonacji kolumny materiału wybuchowego w długich otworach strzałowych. *Miesięcznik WUG*, 2000, nr 6, s. 11-19.
2. *Gospodarczyk P., Kalukiewicz A., Kotwica K., Stopka G.*: Wyniki badań stanowiskowych urabiania skał zwięzłych narzędziami dyskowymi. „*Przeгляд Górnicy*” 2011, nr 11, s. 24-30.
3. *Hobler M.*: Projektowanie i wykonywanie robót strzelniczych w górnictwie podziemnym. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1982.
4. *Kostrz J., Nosek K., Pękacki W.*: Budownictwo górnicze podziemne, cz. II – Głębieńszyby i szybyków. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1967.
5. *Kotwica K., Gospodarczyk P., Stopka G., Puchala B., Słowiński A.*: Wyniki prób poligonowych głowicy urabiającej nowej generacji z narzędziami dyskowymi o złożonej trajektorii ruchu. „*Przeгляд Górnicy*” 2011, nr 11, s. 31-36.
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. Nr 139, poz. 1169, z późniejszymi zmianami).
7. *Stanek M., Krzelowski J.*: Roboty strzałowe w szybach. Materiały konferencyjne: Technika Strzelnicza w Górnictwie i Budownictwie, Ustroń, 25-27 września 2013.
8. *Takuski S.*: Roboty wiertnicze i strzelnicze w szybach. Skrypt uczelniany AGH, nr 171. Kraków 1969.