

# Stymulacja destrukcji pokładu węgla z zastosowaniem urządzenia do wykonywania zespołu szczelin zarodnikowych

## Stimulation of the destruction of coal seam with the use of the device for performing of series of starting notches



Dr hab. inż. Jan Drzewiecki\*<sup>\*)</sup>



Dr inż. Jacek Myszkowski\*<sup>\*)</sup>



Mgr inż. Adam Piernikarczyk\*<sup>\*)</sup>

**Treść:** Prowadzone ponad dwadzieścia lat temu badania skuteczności ukierunkowanego szczelinowania z zastosowaniem jednej szczeliny zarodnikowej w warunkach laboratoryjnych i dołowych, potwierdziły fakt propagacji nieciągłości w płaszczyźnie wyznaczonej tą szczeliną. Aktualnie, dla poprawy efektywności tej metody i wykorzystania jej w profilaktyce metanowej, prowadzone są badania nad możliwością wykonania dowolnej liczby szczelin zarodnikowych w jednym otworze wiertniczym. W tym celu opracowano prototypy urządzeń do wykonywania zespołu szczelin zarodnikowych, których konstrukcja pozwala wykonać dowolną liczbę takich szczelin w trakcie wyciągania żerdzi wiertniczych z otworu. Skuteczność nowej techniki ukierunkowanego szczelinowania górotworu z zastosowaniem nowych konstrukcji przeprowadzono w trakcie prób dołowych w pokładzie 310 w Kopalni Doświadczalnej „Barbara” w Mikołowie z wykorzystaniem sondy aerometrycznej. Wykonane pomiary pozwoliły określić zmianę naturalnego zeszczelinowania pokładu w wyniku zastosowania ładunków materiału wybuchowego MW w otworze strzałowym, w którym wykonano serię szczelin zarodnikowych.

**Abstract:** Research conducted over twenty years ago on the effectiveness of directional fracturing with applying one starting notch in laboratory conditions and underground, discontinuities confirmed the fact of the propagation in the appointed plain with this crack. Currently, for the efficiency improvement of this method and exploiting her in the methane prevention, a research on the alternative of carrying out the any number of spore cracks in one borehole is being conducted. For that purpose prototypes of devices for carrying the team of spore cracks out were drawn up which the structure allows to carry out any numbers of cracks in the route of taking drill perches out from the borehole. Effectiveness of the new technique of directional fracturing with using new constructions used in the course of attempts in underground attempts in coal seam no. 310 in the Experimental Mine „Barbara” in Mikołów with using the aerometry method are presented. Performed measurements allowed to determine the change of natural fracturing with explosive in borholes with series of starting notches.

### Słowa kluczowe:

górotwór, szczelinowatość, aerometria, ukierunkowane szczelinowanie, prewencja zagrożeń naturalnych

### Key words:

rock mass, fracturing, aerometry, directional fracturing, natural hazard prevention

## 1. Wprowadzenie

Wysokie koszty i pracochłonność tradycyjnie stosowanych aktywnych metod profilaktyki tapaniowej i metanowej technologiami wiertniczymi, przy równoczesnej ograniczonej ich skuteczności, legły u podstaw poszukiwań nowych rozwiązań w tym zakresie. Wykorzystując pewne koncepcje Syberyjskiego Oddziału Rosyjskiej Akademii Nauk (Kju, Szepielew 1989) – w Zakładzie Tapań i Mechaniki Górotworu Głównego Instytutu Górnictwa opracowano technologię ukie-

runkowanego szczelinowania skał, dostosowaną do warunków kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (Konopko 1991, Konopko i in. 1997)

Proces ten realizowany jest techniką hydrauliczną lub strzelniczą.

Ukierunkowane szczelinowanie skał metodami UHS i USS stosowane jest od ponad dwudziestu lat w kopalniach węgla kamiennego jako aktywna metoda profilaktyki tapaniowej, dając w większości pozytywne efekty.

Otwory do wykonywania ukierunkowanego hydroszczelinowania skał (UHS) i ukierunkowanego szczelinowania strzelniczego (USS), z uwagi na większy zasięg ich skutecz-

\*<sup>\*)</sup> Główny Instytut Górnictwa, Katowice

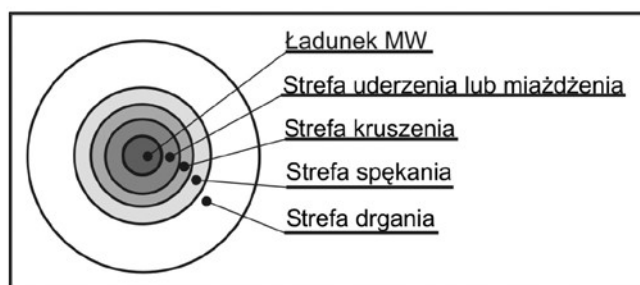
ności potwierdzony badaniami, wykonuje się we wzajemnej odległości od kilkunastu do 25 metrów.

Wykonane badania skuteczności ukierunkowanego szczelinowania, prowadzone dla jednej szczeliny zarodnikowej dały pozytywne efekty. W chwili obecnej trwają prace nad możliwością wykonania dowolnej liczby szczelin zarodnikowych, wykorzystując specjalnie w tym celu skonstruowane urządzenia.

Przeprowadzone badania dołowe, mające na celu stwierdzenie rozprzestrzeniania się rozwarstwień węgla pokładu 310 w Kopalni Doświadczalnej (KD) „Barbara” w wyniku ukierunkowanego szczelinowania skał dały pozytywne efekty.

## 2. Zasięg działania detonacji ładunku MW w otworze wiertniczym wykonanym w górotworze

Detonacja materiałów wybuchowych w masywie (w długich otworach), z dala od wyrobisk, powoduje destrukcję skał w otoczeniu otworu na odcinku umieszczenia MW oraz wywołuje drgania górotworu. W strefie skutków detonacji ładunku MW wyróżnia się szereg stref jego oddziaływania (rys. 1).



Rys. 1. Strefy działania wybuchu ładunku materiału wybuchowego (Dudek 1973)

Fig. 1. Zones of the explosion effects of an explosive charge (Dudek 1973)

W strefie miażdżenia calizna w bezpośredniej bliskości ładunku lub przylegająca do ładunku poddana jest najsilniejszemu działaniu, które w zależności od fizyczno-mechanicznych własności skały i siły detonacji MW powoduje mniejsze lub większe rozdrobnienie środowiska.

W strefie kruszenia, w wyniku rozprężenia się gazów powybuchowych, następuje oddzielanie cząstek i kawałków od calizny, przy czym wielkość tych oddzielonych cząstek zwiększa się w miarę oddalania się od ogniska wybuchu aż do miejsca, gdzie ciśnienie gazów nie jest w stanie odspoić calizny.

W strefie spękań osłabione ciśnienie gazów postrzałowych powoduje tylko tworzenie się szczelin i spękań, które im dalej od ogniska wybuchu, tym są mniejsze, aż w końcu zanikają.

Skutki działania detonacji ładunku MW na otoczenie otworu strzałowego określają liczne badania (Bardal R. 1994, Bartoś i in. 1998, Batko 2002, Bhattacharya, Nikhil 1991, Biliński i in. 1980, Bräuner 1992, Czernigowski 1976, Fadjew 1972, Hanukajew 1974, Michelis, Margenburg 1986, Mielnikow, Marzenko 1964, Nieborski i in. 1989, Radionow i in. 1976, Siskind i in. 1973, Tkaczuk 1974, Praca zbiorowa 1974), które uzależniają zasięg trwałych skutków działania wybuchu MW wokół otworu wiertniczego od wielu czynników. Do zasadniczych należy zaliczyć: rodzaj skały, w której prowadzi się roboty strzałowe, siła MW, stosunek średnicy otworu wiertniczego oraz średnicy ładunku MW.

Dla skał charakteryzujących się wysokimi parametrami wytrzymałościowymi zasięg ten jest niewielki. Badania prowadzone w granitach określają ten zasięg jako odległość kilku promieni otworu strzałowego (Atchison, Tournay 1959, Drelich S. 1970, Fogelson i in. 1959, Nieborski i in. 1989). Stosowanie MW o dużej sile (materiały wysokoenergetyczne) powoduje wzrost zasięgu strefy trwałych skutków (Biliński i in. 1980, Siskind i in. 1973). Również wzrost stosunku średnicy ładunku MW do średnicy otworu strzałowego, a więc wykorzystanie w maksymalnym stopniu objętości otworu powoduje, że zasięg ten jest większy. Najkorzystniejszym układem jest, gdy ładunek MW wypełnia w maksymalnym stopniu przestrzeń otworu. Taki efekt można uzyskać w rezultacie pneumatycznego ładowania MW do otworów strzałowych. W pracy (Szymusiak A. 2007) wykazano, że ten sposób ładowania otworów – w odniesieniu do ładowania ręcznego – pozwala na ponaddwukrotne zwiększenie ładunku MW w tej samej objętości otworu strzałowego. Jednak maksymalny zasięg strefy trwałych skutków detonacji MW uzyskany podczas badań – w zależności od rodzaju skały – wynosi maksymalnie 3,4 metry od otworu strzałowego (Bartoś i in. 1998, Biliński i in. 1980, Hanukajew 1974, Siskind i in. 1973).

## 3. Badania zasięgu nieciągłości dla metod ukierunkowanego szczelinowania skał

Skuteczność metod ukierunkowanego szczelinowania skał była badana laboratoryjnie oraz w warunkach dołowych (Konopko i in. 1997). Ponadto efektywność jej stosowania potwierdziły też przykłady prowadzenia szczelinowania tą metodą w skomplikowanych warunkach geologiczno-górnictwowych.

W warunkach laboratoryjnych skuteczność metod ukierunkowanego szczelinowania badano w blokach betonowych. Badania te wykazały zarówno dla metody hydraulicznej, jak i strzelniczej rozprzestrzenienie się szczeliny zgodnie z płaszczyzną określoną szczeliną zarodnikową.

Dla stwierdzenia skuteczności metod ukierunkowanego szczelinowania, w warunkach dołowych wykonano badania za pomocą profilowania elektrooporowego oraz za pomocą badania otworów kontrolnych metodą wziemkową.

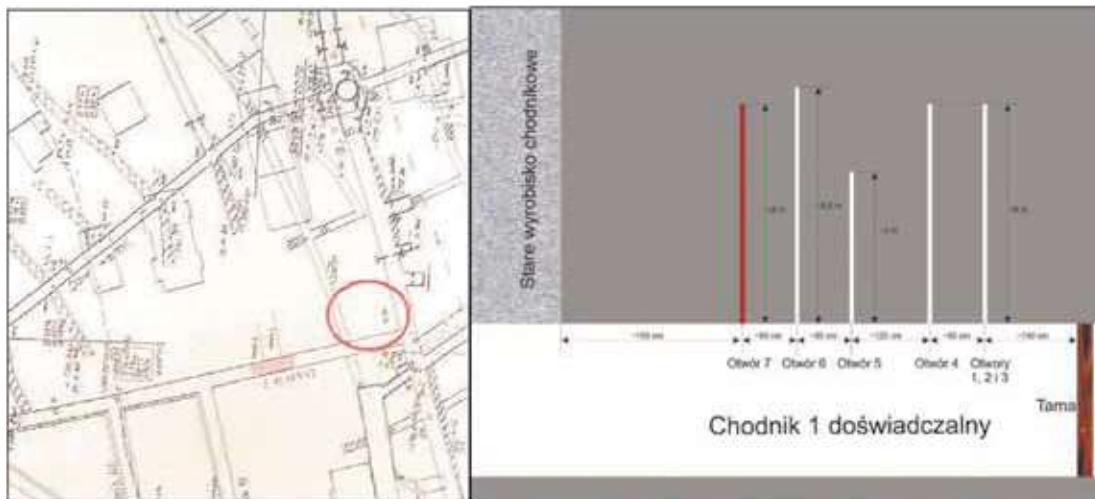
Prowadzenie dotychczas ukierunkowanego szczelinowania skał za pomocą stosowanych urządzeń pozwalały wykonywać szczelinę zarodnikową tylko w dnie otworu. Dlatego stosowanie tej technologii w przeważającej części przypadków sprowadzało się do jej zastosowania z wykorzystaniem jednej szczeliny zarodnikowej w dnie otworu. Wykonanie większej liczby szczelin zarodnikowych nie było możliwe bez konieczności jego pogłębiania, co w istotny sposób ograniczało stosowanie tej metody. W roku 2015 skonstruowano i zbudowano dwa prototypy urządzeń, których zastosowanie pozwala znacząco skrócić czas wykonywania otworu wraz z zespołem szczelin zarodnikowych. Konstrukcje te umożliwiają zarówno wiercenie otworu, jak i wykonywanie w nim dowolnej ilości szczelin zarodnikowych w trakcie wycofywania zestawu żerdzi wraz z koronką wiertniczą.

Na początku 2016 roku prowadzono badania na terenie KD „Barbara”, których celem były testy nowych konstrukcji urządzeń (Drzewiecki, Myszkowski 2016) oraz ocena skuteczności szczelinowania za pomocą tej metody. Pierwszy poligon badawczy wykonano w chodniku I badawczym (rys. 2). Próby wypadły pomyślnie z punktu widzenia możliwości wykonywania kilku szczelin zarodnikowych w jednym otworze wiertniczym. Niestety z uwagi na lokalizację miejsca prowadzonych badań, gdzie otwory wykonano w niedużej kostce wydzielonej wyrobiskami chodnikowymi, pokład 310 okazał się silnie zeszcelinowany. Zaowocowało to brakiem

skuteczności szczelinowania/destrukcji MW pokładu węgla.

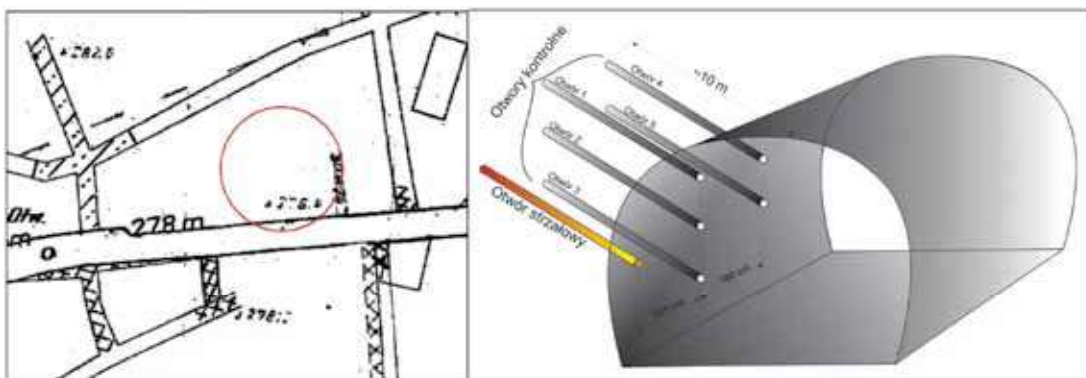
Kolejny poligon badawczy zlokalizowany był w chodniku głównym w ociosie. Wykonano pięć otworów badawczych oraz otwór strzałowy (rys. 3), w którym wykonano cztery szczeliny zarodnikowe oraz umieszczono ładunki MW (rys. 4).

Do badań z wykorzystaniem techniki strzelniczej użyto materiału wybuchowego Emulinit PM o wielkości ładunków 50 g oraz 100 g, które rozmieszczono w otworze z wykonanymi szczelinami zarodnikowymi o wzajemnej lokalizacji, zgodnie z rys. 4.



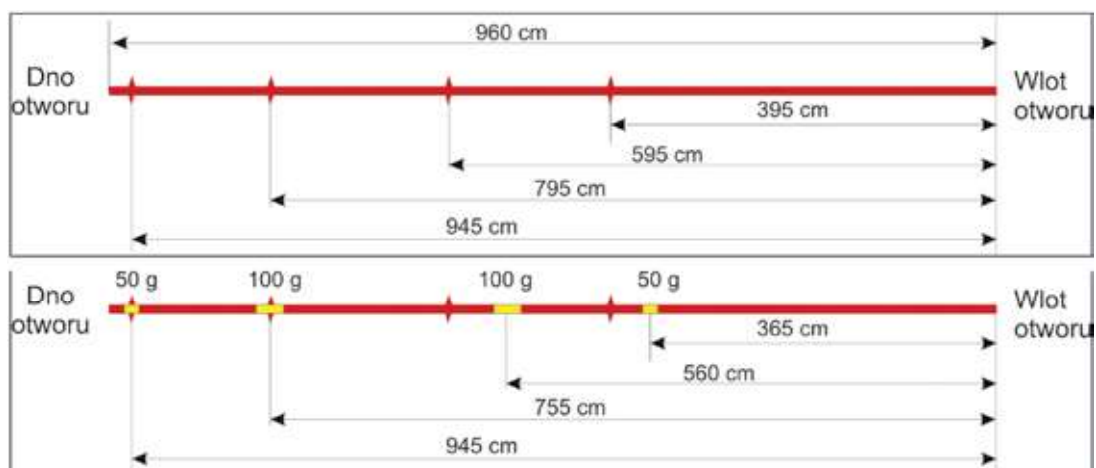
Rys. 2. Wycinek mapy pokładu 310 KD „Barbara” z oznaczoną pierwotną lokalizacją poligonu badawczego oraz schemat wykonania otworów

Fig. 2. Sketch of coal seam no. 310 in „Barbara” Mine with location of the research ground and scheme of the boreholes



Rys. 3. Wycinek mapy pokładu 310 KD „Barbara” z lokalizacją drugiego poligonu badawczego i schematem wykonanych otworów

Fig. 3. Sketch of the coal seam no. 310 „Barbara” Mine with the location of the second research ground and the scheme of the boreholes



Rys. 4. Rozmieszczenie szczelin zarodnikowych oraz ładunków MW w otworze strzałowym

Fig. 4. Location of starting notches and explosives in the boreholes



Przed oraz po wykonanym strzelaniu przeprowadzono badania za pomocą sondy aerometrycznej (Nierobisz 2014).

Technika pomiarowa polegała na pomiarze czasu spadku ciśnienia w hermetycznie zamkniętym odcinku otworu wiertniczego. Pomiar czasu spadku ciśnienia wykonano w otworach kontrolnych na odcinkach o długości 0,3 m.

Pomiar czasu spadku ciśnienia z wartości 0,40 MPa do 0,25 MPa pozwala oznaczyć następujące parametry:

- otwór równoznaczny spękania  $S_o$  interpretowany jako sumaryczna wartość powierzchni spękań występująca na danym odcinku poboczniczy walca otworu wiertniczego (wyrażany w  $\text{mm}^2$ ),
- wskaźnik szczelinowości  $K_s$  wyrażający sumaryczny udział powierzchni szczelin w polu powierzchni poboczniczy walca badanego odcinka górotworu (wyrażany w % lub ‰),
- sumaryczna rozwarłość szczelin  $R_s$  na danym odcinku otworu (wyrażana w mm).

Poszukiwane wartości parametrów obliczono z następujących funkcji empirycznych:

- otwór równoznaczny spękania  $S_o$ :

$$S_o = \frac{39,866}{0,7169 \cdot t - 1}, \text{ mm}^2 \quad (1)$$

gdzie:

39,866; 0,7169 – stałe cechowania przyrządu, (wyrażone w  $\text{mm}^2$  oraz w 1/s)

t – czas spadku ciśnienia, s.

- wskaźnik szczelinowości  $K_s$

$$K_s = \frac{1000 \cdot S_o}{37806}, \% \quad (2)$$

gdzie:

$S_o$  – otwór równoznaczny spękania,  $\text{mm}^2$ ,

1000 – stała do przeliczeń promilowych,

37806 – powierzchnia poboczniczy walca badanego odcinka otworu  $\text{mm}^2$  o średnicy 43 mm,

- sumaryczna rozwarłość szczelin  $R_s$

$$R_s = \frac{S_o}{135}, \text{ mm} \quad (3)$$

gdzie:

135 mm – obwód otworu badawczego o średnicy 43 mm.

W oparciu o dotychczasowe doświadczenia w stosowaniu sondy aerometrycznej można scharakteryzować górotwór w sposób następujący:

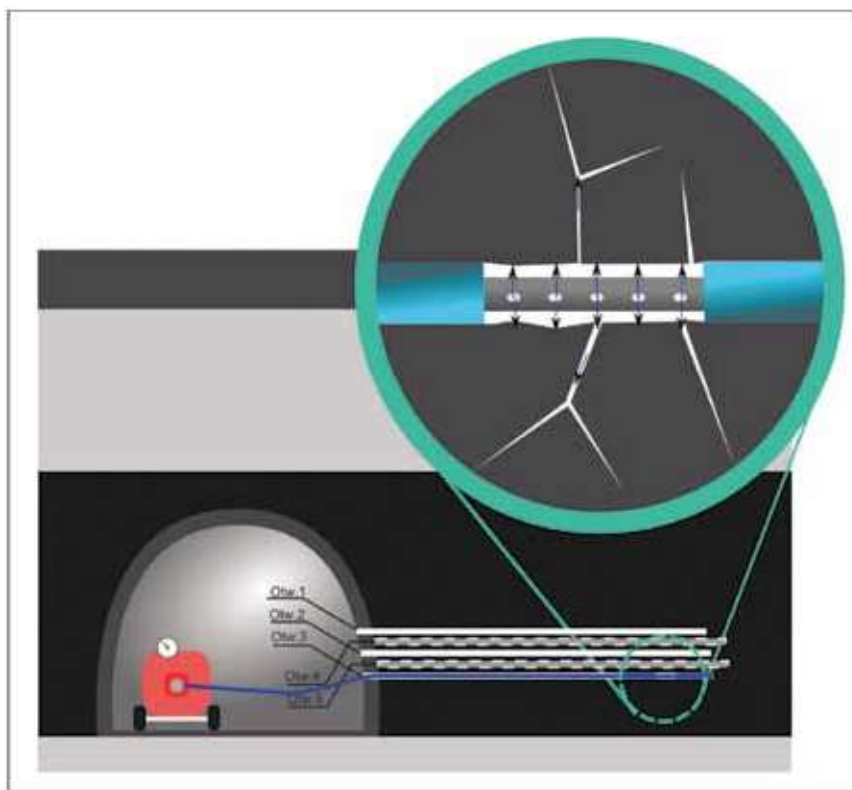
$K_s < 0,2 \%$  – górotwór słabo spękany, charakteryzujący się występowaniem w badanym odcinku górotworu szczelin o sumarycznej powierzchni nie większej od  $7,4 \text{ mm}^2$  lub też pozbawiony szczelin,

$K_s > 0,2 \%$  – górotwór średnio i silnie spękany, charakteryzujący się występowaniem szczelin o sumarycznej powierzchni większej lub równej  $7,4 \text{ mm}^2$ . Są to obszary górotworu charakterystyczne dla wyrobisk poddanych wpływom eksploatacji.

Schemat pomiaru spękań za pomocą sondy aerometrycznej przedstawiono na rysunku 5.

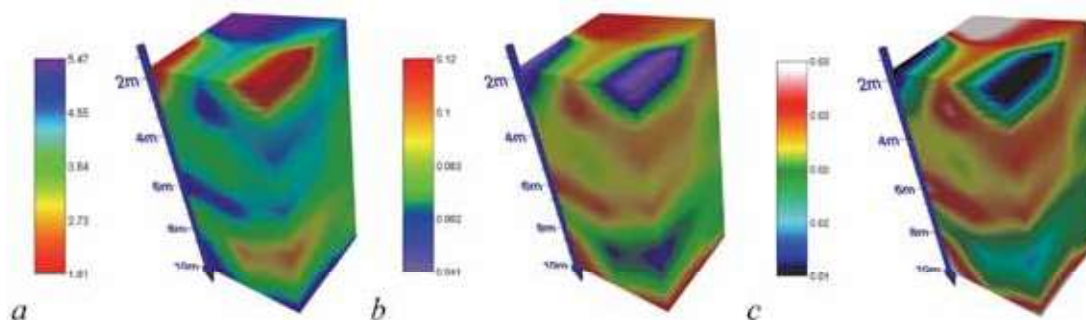
Uzyskane wyniki były podstawą dla oceny szczelinowości pokładu węgla przed jego dezintegracją materiałem wybuchowym. W drugim cyklu wykonano pomiary czasu spadku ciśnienia t1 w otworach kontrolnych po odpaleniu ładunków materiału wybuchowego w otworze strzałowym.

Uzyskany obraz graficzny poszczególnych wskaźników przedstawiono na rys. 6.



Rys. 5. Schemat układu pomiarowego spękań górotworu za pomocą sondy aerometrycznej

Fig. 5. Scheme of the aerometry probe for rock mass fracturing measurement



a – otwór równoznaczny spękań  $\Delta S_0$ ,  $\text{mm}^2$   
 b – wskaźnik szczelinowości  $\Delta K_s$ , ‰  
 c – sumaryczna rozwartość szczelin  $\Delta R_s$ , mm

**Rys. 6. Zmiany wartości wskaźników po wykonaniu strzelaniu**  
**Fig. 6. Changes of the values of the indicators after explosive tests**

## 5. Podsumowanie

Wykonane pomiary *in situ* na poligonie badawczym były sprawdzianem wiarygodności metody areometrycznej dla oceny stopnia zeszcelinowania pokładu w wyniku jego destrukcji materiałem wybuchowym. Składa się na to fakt głębszej penetracji pokładu metodą areometryczną po jego destrukcji materiałem wybuchowym.

Pomiar sondą areometryczną wykonany w pokładzie węgla w KD „Barbara” umożliwił określenie parametrów:

- otwór równoznaczny spękań  $S_0$ ,  $\text{mm}^2$ ,
- wskaźnik szczelinowości  $K_s$ , ‰,
- sumaryczna rozwartość szczelin  $R_s$ , mm,

dla pokładu 310 w stanie nienaruszonym oraz po jego zeszcelinowaniu techniką strzelniczą/materiałem wybuchowym. Uzyskane wyniki wskazują, że zastosowana technologia strzelnicza dla przyszłej stymulacji otworu strzelniczego w celu uzyskania zwiększonej desorpcji metanu (Drzewiecki 2004) jest skuteczna. Zastosowanie konstrukcji ładunków wybuchowych o zorientowanym położeniu w stosunku do wykonanych w nim szczelin zarodnikowych spowodowało wyraźne zwiększenie zasięgu strefy spękań po strzelaniu. Można zatem założyć, że powielenie tego typu techniki destrukcji pokładu węgla będzie skutkowało zwiększeniem intensywności i zasięgu zeszcelinowania pokładu, a zatem zwiększony zostanie udrożniony dla desorpcji metanu wolumen węgla.

Przedstawione wartości wskaźników  $S_0$ ,  $K_s$  i  $R_s$  po wykonaniu strzelaniu wyraźnie wskazują, w jakim stopniu zastosowana technika strzelnicza spowodowała udrożnienie/zeszcelinowanie badanego fragmentu pokładu. Dla opracowania przyszłej technologii odmetanowania pokładu istotnym jest parametr  $K_s$ , a szczególnie obszary, w których jego wartość jest mniejsza od 0,2 ‰. Jak to przedstawiono w wyniku zastosowanej technologii stymulacji pokładu metodą strzelniczą objętość obszarów pokładu, w których parametr  $K_s$  przekroczył wartość 0,2 ‰. Oznacza to, że po jej zastosowaniu uzyskano pokład lokalnie średnio i silnie spękany, co jest celem zaproponowanej metody.

**Treść artykułu oparto na wynikach prac w ramach projektu GasDrain nr kontraktu: RFCR-CT-2014-00004 oraz pracy statutowej Głównego Instytutu Górniczego nr 11103016-141**

## Literatura

ATCHISON T. C., TOURNAY W. E. 1959 - Capareptive Studies of Explosives in Granite. BuMines Dept. of Inv. 5509, 28 pp.

BARDAL R. 1994 - Controlled blasting in jointed rocks. Int. J. Rock Mech. Mining Sc. Tom 31.

BARTOŚ J., PRZECZEK A., TAKLA G. 1998 - The radius of rockmass deformation in the surrounding of borehole due to the blasting. Prace Naukowe GIG, Seria Konferencje. V Konferencja naukowo-techniczna GIG „Tapania '98”. Ustroń.

BATKO P. 2002 - Wpływ właściwości strzelniczych materiału wybuchowego na efekt sejsmiczny strzelania. Wydawnictwo IGSMiE PAN, Kraków.

BHATTACHARYA J., NIKHIL K. 1991 - Laboratory scale modeling of single hole blasting. Journal Mines, Metal, Fuels., tom 39.

BILIŃSKI A. i in. 1980 - Wyniki eksperymentalnego stosowania metody geofizycznej GOS-1 dla oceny skuteczności odprężenia górotworu w wytypowanej kopalni. Dokumentacja pracy badawczo-rozwojowej GIG, nr 01,4,01,02/87/2, Katowice.

BRÄUNER G. 1992 - Gebirgsschläge und ihre Verhütung im Ruhrbergbau. 2. Auflage. Verlag Glückauf GmbH, Essen.

CZERNIGOWSKIJ A.A. 1976 - Primienienijenaprawlennogowzrywa w gornomdielie i stroitelstwie. Moskwa, Izd. „Niedra”.

DRELICH S. 1970 - Underground Nuclear Explosion Effects in Granite Rock Fracturing. Proc. Symp. On Eng. With Nuclear Explosives, Las Vegas, Nevada, pp. 508–518.

DRZEWIECKI J. 2004 - Metanowość ścian a postęp eksploatacji [Methane emission from longwalls and its relationship to advance rate]. Archives of Mining Sciences, 49(2), 2004, 271-284.

DRZEWIECKI J., MYSZKOWSKI J. 2016 - Nowe rozwiązania konstrukcji urządzeń do ukierunkowanego szczelinowania skał. „Przeгляд Górnicy” nr 4.

DUDEK J. 1973 - Technika strzelnicza w kopalniach węgla kamiennego. Katowice, Wydawnictwo Śląsk.

FADJEJEV A.B. 1972 - Drobiaściece i sejsmiceskoje dejstwie wzrywow na karierach. Moskwa, Izd. „Niedra”.

FOGELSON D. E., DUVALL W. I., ATCHISON T. C. 1959 - Strain Energy in Explosion Generated Strain Pulses. BuMines Dept. of Inv. 5514, 17 pp.

HANUKAJEW A.N. 1974 - Fiziceskije procesy priotbojkie gornych porod zrywom. Moskwa, Izd. „Niedra”.

KJU N.G., SZEPIELEW L.N. 1989 - Ustrojstwa dla proriezania w skwazinach inicjrujuszczich szczelej. Uprawlenije gornym dawlenijem w kompleksjo miechanizirovannyh zabojach. Institut Gornogo Diela SO AN SSRR, Nowosybirsk.

KONOPKO W. 1991 - Ukierunkowane hydroszczelinowanie skał (UHS). „Przeгляд Górnicy” nr 6.

KONOPKO W. i in. 1997 - Ukierunkowane hydroszczelinowanie skał i możliwości jego wykorzystania. Prace naukowe GIG nr 824, Katowice.

MICHELIS J., MARGENBURG B. 1986 - Untersuchungen uber die mechanische auswirkung von wettersprengstoffen auf nachbarbohrloecher im steinkohlengebirge. Nobel Hefte, tom 052.

MIELNIKOW W.N., MARCZENKO L.N. 1964 - Energia wzrywa i konstrukcja zariada. Niedra, Moskwa.

- NIEBORSKIJ W.M., CHARKIEWICZ S.M., ROMANOW J.W.,  
BARANOW W.A. 1989 - Matematyčeskaja model processa fluidrozrywa porod po zarodyszewojszczeli i posledujuszczezo rozwitija fluidrotrieszcziny. Uprawlenie gornym dawleniem w kompleksno-mechanizirowanych zabojach. Institut Gronowo Diela AN SSRR, Nowosybirsk.
- NIEROBISZ A. 2014 – Sonda aerometryczna jako narzędzie do badania szczelinowatości górotworu, „Przeгляд Górnicy” nr 3.
- Praca zbiorowa 1974 - Mechanika i rozruszenie gornych porod. Akademia Nauk Ukrainskoj CCP. Institut geotechniczeskoj mechaniki. Izd. Naukowa Dumka, Kijew.
- RADIONOW W.N. i in. 1976 - Razruszenije i deformirowanieje twierdoj sriedy wzrywom. Wzrywnye dielo, Sbornik nr 76/33, Moskwa, Izd. „Niedra”.
- SISKIND D.E., STECKLY R.C., OLSON J.J. 1973 - Fracturing in the zone around a blasthole, White Pine, Mich. Report of Investigations 7753. U.S. Bureau of Mines, Washington.
- SZYMUSIAK A. 2007 – Pneumatyczne ładowanie długich otworów strzałowych w KWK Bielszowice. „Przeгляд Górnicy” nr 1.
- TKACZUK K.N. 1974 - Razruszenie gornych porod wzrywom. Izd. Technika, Kijew.

Artykuł wpłynął do redakcji – październik 2016  
Artykuł akceptowano do druku 15.01.2017

---

---

***Zwiększajmy prenumeratę  
najstarszego – czołowego miesięcznika  
Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa!***

Liczba zamawianych egzemplarzy określa zaangażowanie jednostki  
gospodarczej w procesie podnoszenia kwalifikacji swoich kadr!  
Zapraszamy do publikacji artykułów w wersji angielskojęzycznej