

Węgiel odmieniony strukturalnie w rejonie wyrzutu w chodniku transportowym D-6 w pokładzie 409/4 KWK „Zofiówka” – pomiary stereologiczne

MIROSLAW WIERZBICKI, MARIUSZ MŁYNARCZUK

Instytut Mechaniki Górniczej PAN, ul. Reymonta 27; 30-059 Kraków

Streszczenie

Zmiany strukturalne węgla polegające m. in. na jego mylonityzacji wpływać mogą na parametry układu węgiel-gaz takie jak pojemność gazowa, kinetyka desorpcji, zwięzłość itp. Czynniki te wpływają z kolei na stan zagrożenia wyrzutowego w kopalniach węgla kamiennego. Przebadano próby węglowe pobrane z ociosów w rejonie wyrzutu węgla i metanu w KWK „Zofiówka”. Szczególną uwagę w pomiarach stereologicznych zwrócono na szczelinowatość węgla oraz zawartość substancji odmienionych.

Badania wykazały, że w rejonie bezpośrednio sąsiadującym z uskokiem w czole chodnika i kawerną wyrzutową występował węgiel silnie odmieniony strukturalnie o bardzo licznej sieci spękań wewnętrznych. Taka budowa materii węglowej sprzyja niewątpliwie gromadzeniu gazu w jego strukturze wewnętrznej i umożliwia szybkie oddawanie gazu w przypadku wystąpienia zmian ciśnienia. Śladowe ilości struktur odmienionych w próbach pobranych z dala od uskoku oraz brak objawów zagrożenia metanowego i wyrzutowego wskazywać może, że wyrzut w chodniku transportowym D-6 wystąpił na skutek zbliżenia się czoła przodku do tzw. kieszeni gazowej.

Słowa kluczowe: struktura węgla, metan, zagrożenie wyrzutami węgla i gazu, stereologia

1. Wstęp

W dniu 22 listopada 2005 r., w przodku chodnika transportowego D-6 pokł. 409/4 w kopalni węgla kamiennego „Zofiówka” miał miejsce wyrzut metanu i skał. Był to drugi wyrzut, jaki w ostatnim czasie wydarzył się w kopalniach ROW. Poprzednie zdarzenie wystąpiło w pochylni rurowej poz. 1000 metrów w KWK „Pniówek” w dniu 23.08.2002 r. (Jakubów i in., 2003). Zagrożenie wyrzutami w rejonie kopalń jastrzębskich może wzrastać z wagi na wzrost metanonośności węgla wraz z głębokością prowadzenia robót górniczych (Krause, 2005). Tak, więc zarówno tematyka oceny zagrożenia wyrzutowego jak i jego zwalczania stała się niezwykle ważnym zagadnieniem, dotyczącym bezpieczeństwa pracy w kopalniach węgla kamiennego a wymienione zdarzenia ukazują jak ogromne i nierozpoznane siły mogą drzeć w górotworze.

Ponieważ w rejonie wyrzutów w kopalniach „Pniówek” jak i „Zofiówka” nie zaobserwowano wcześniej zwiększonej metanonośności i innych objawów zagrożenia wyrzutami można przypuszczać, że natrafiono na tzw. „pułapkę gazową” towarzyszącą bardzo często zaburzeniom geologicznym. Określenie „pułapka” lub „kieszka” gazowa sugeruje, że jest to miejsce trudne do wykrycia. Charakteryzuje się ono wysoką zawartością gazu, podwyższonym jego ciśnieniem oraz odmiennymi niż w sąsiadującym rejonie własnościami fizyko-mechanicznymi lub strukturalnymi węgla. Wyrzuty w kopalniach „Pniówek” oraz „Zofiówka” miały miejsce w sąsiedztwie niewykrytych wcześniej zaburzeń geologicznych i miały ścisły związek z tymi zaburzeniami.

Autorzy prac poświęconych problematyce wyrzutowej wymieniają geometryczną strukturę węgla jako jeden z istotnych czynników określających skłonność węgla do wyrzutów. Już w połowie XX w Skoczyński (1954) zwracał uwagę na to, że struktura węgla decyduje o jego zwięzłości, wytrzymałości pokładu na działanie ciśnienia górotworu. Wyraźną korelację pomiędzy wskaźnikiem zwięzłości, kinetyką desorpcji gazu z węgla a strukturą (Cao i in., 2001).

W swojej pracy Bodziony i in. (1990) sugerują, że właściwe prowadzenie badań mikroszczelinowości węgla może dać przydatny parametr dla ściślejszego rozróżnienia lokalnego zagrożenia wyrzutowego w poszczególnych częściach pokładu. Jednak ze względu na trudności w wykonaniu zglądów węgla o mocno naruszonej strukturze i konieczności przeprowadzenia wielu żmudnych pomiarów lub zliczeń mikroskopowych, metoda ta nie została dotychczas rozwinięta.

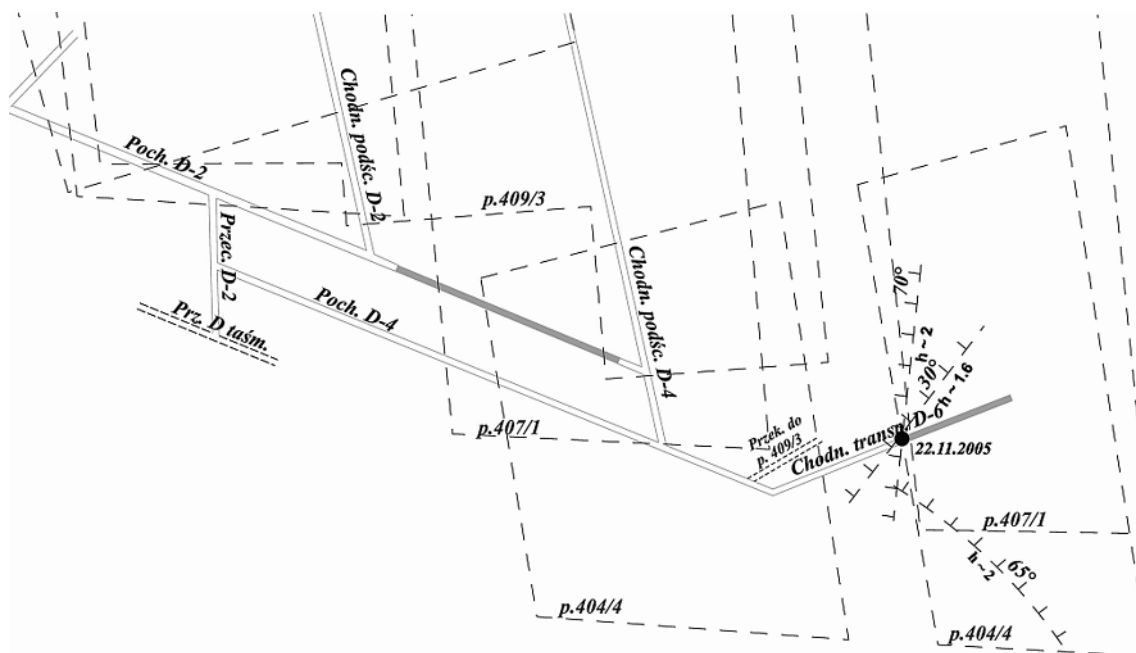
Wysoka zawartość gazu w węglu wyrzutowym wiązana jest z większą powierzchnią właściwą towarzyszącą węglom zmylonityzowanym, granulkowym lub kataklastycznym. Cao i in. (2001), opierając się na doświadczeniach chińskich twierdzą, że prawie wszystkie wyzuty zachodzą w rejonach o dużych zmianach strukturalnych, gdyż występujące tam węgle zdeformowane są "niestabilne" z uwagi na osłabienie mechaniczne oraz wysoką pojemność wobec gazów. Stawiają oni również tezę, że szczególne zagrożenie wyrzutowe występuje wówczas, gdy grubość warstwy zdeformowanej tektonicznie przekracza 0.8 m. Li i in. (2003) twierdzą, że zagrożenie wyrzutowe występuje wyłącznie w rejonach zaburzeń strukturalnych.

Badacze zwracają również uwagę na różnice w zachowaniach poszczególnych macerałów węgla wobec gazu (Lamberson i Bustin, 1993; Beamish i Crosdale, 1998).

Mając na uwadze powyższe doświadczenia, wykonano pomiary mikroskopowe prób ociosowych pobranych z chodnika transportowego D-6 ze zwróceniem szczególnej uwagi na występowanie węgla odmienionego strukturalnie oraz istniejącej sieci spękań.

2. Pobranie prób i przygotowanie zglądów

Wyrzut metanu i skał w chodniku transportowym D-6 wystąpił w sytuacji, gdy czoło chodnika znajdowało się w odległości 111.4 m od pochylni D-4. Fragment mapy pokładowej z zaznaczonym miejscem wystąpienia wyrzutu przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Fragment mapy pokładu 409/4 z naniesionym miejscem wystąpienia wyrzutu

Po wyrzucie, w rejonie kawerny wyrzutowej, widoczne były dwa uskoki. Ich przebieg wskazywał na zawiasowy charakter tych nieciągłości. Szczeliny uskokowe miały szerokość około 30 cm. Płaszczyzna pierwszego z nich posiadała upad 30-40° na NW, drugiego około 75-85° na NW.

Podstawę analizy stereologicznej stanowił węgiel pobrany w postaci prób kawałkowych. Próby te pobrano:

- w czole przodka – KM 113.5 m (W11),
- z rejonu uskoku w prawym ociosie wyrobiska – KM111 – 113 m, (W2, W3, W4, W6, W9),
- prawego ociosu, w odległościach 5.6, 9.8 i 13m za czołem przodka (W 12, W13 i W14).

Pobrane próby zostały rozkruszone, a następnie wyselekcjonowano klasę ziarnową 0.5-1 [mm]. Materiał ten (ok. 30 gramów na próbkę), po uprzednim odpompowaniu w próżni, został zalany metakrylanem metylu oraz umieszczony na okres 48 godzin w autoklawie pod ciśnieniem 7.5MPa oraz w temperaturze 65°C. Z tak przygotowanych próbek wykonano, poprzez szlifowanie i polerowanie, zglądy będące podstawą prowadzonych obserwacji i zliczeń.

Planując cykl pomiarowy wspierano się wytycznymi zamieszczonymi w normie PN-ISO 7404-3. Jednakże, ze względu na badawczy charakter prac, wykonywane pomiary nie były ściśle podporządkowane wspomnianej normie.

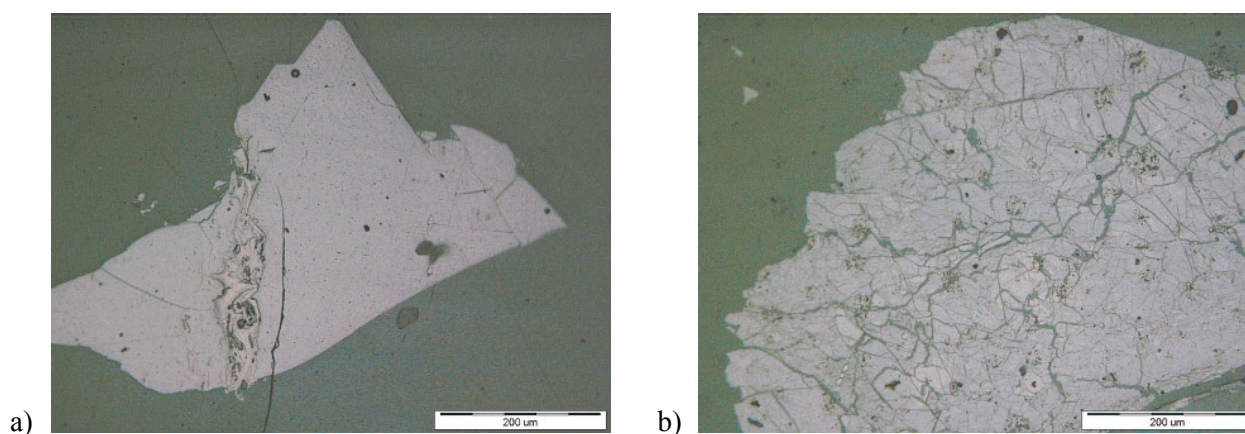
Do badań wykorzystano mikroskop AXIOPLAN firmy ZEISS oraz sterowany komputerowo stolik mechaniczny XYZ. Obraz spod mikroskopu optycznego przekazywany był za pomocą kamery CCD na monitor. Na monitorze tym naniesiony był krzyż nitkowy. Próbki obserwowano przy powiększeniu 200×. Analizowany preparat umieszczony był na stoliku mechanicznym i przesuwany o krok 320 mikrometrów zarówno w kierunku X jak i Y. Jeżeli nie zaznaczono inaczej, to dla każdej próbki zmierzono 50 linii po 50 punktów każda. Dawało to w sumie 2500 punktów pomiarowych na zgląd. Analizowany obszar zglądu wynosił ok. 15,7×15,7 mm.

W analizie punktowej na zglądach zliczano następujące obiekty:

- klej,
- wityrynit nieodmieniony – (V),
- struktura odmieniona typu mylonit – (MY),
- inertynit + liptynit (nieodmienione) – (I+L),
- spękania na wityrynicie – (Sp(V)),
- spękania na strukturze odmienionej (Sp(MY)),
- spękania na inertynicie i liptynicie (Sp(I+L)),
- substancje nieorganiczne (N).

W wyniku wstępnego oglądu i analizy zglądów stwierdzono niską zawartość liptynitów w badanych próbkach. Potwierdza to wcześniejsze prace Gabzdyla (1969). Autor ten zwraca uwagę na stosunkowo niską zawartość liptynitów w pokładzie 409/4. W pracy wyznaczono procentowy udział grupy wityrynitowej w całej objętości substancji węglowej

Przykłady analizowanych struktur widoczne na zglądach pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Przykłady analizowanych struktur węgla: a) nieodmieniona struktura węgla (V oraz I+L), b) węgiel odmieniony strukturalnie (MY)

3. Wyniki analiz

Całościowe wyniki analizy, obejmujące określenie zawartości wityrynitów oraz pozostałych grup maceralów, zawartości ziarn odmienionych typu mylotynit, zawartości substancji nieorganicznej oraz szczelinowości na każdej z badanych grup węgla prezentuje tabela 1.

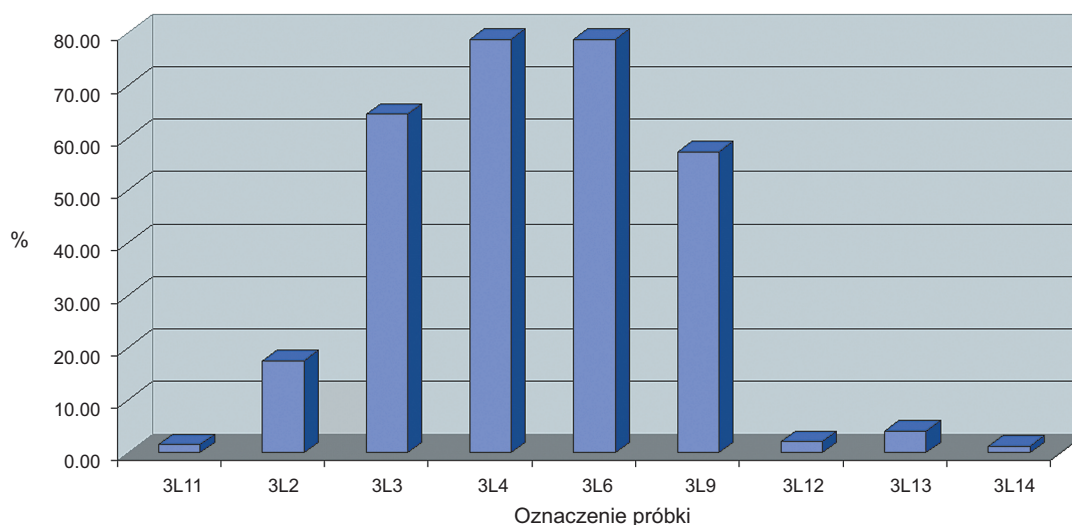
Tab. 1. Zestawienie wyników analizy punktowej dla badanych prób ziarnowych

Lp.	analizowana struktura	udział [%]								
		3L/11	3L/2	3L/3	3L/4	3L/6	3L/9	3L/12	3L/13	3L/14
1	witrynit nieodmieniony	82,36	51,41	25,00	29,85	13,03	29,30	82,41	79,84	80,90
2	spękania na witrynie	2,52	21,29	4,50	10,97	2,73	6,97	0,98	3,33	3,49
3	inertynit + liptynit (nieodmienione)	13,37	9,64	6,00	9,44	5,46	6,35	14,41	12,13	13,55
4	spękania na inertynicie i liptynicie	0,00	0	0,00	0,26	0,00	0	0,00	0,2	0
5	struktura odmieniona	0,97	14,06	41,25	27,55	49,79	40,98	1,47	2,15	0,82
6	spękania na strukturze odmienionej	0,58	3,41	23,25	5,10	28,99	16,39	0,65	1,96	0,41
7	substancje nieorganiczne	0,19	0	0,00	16,84	0,00	0	0,08	0,39	0,82

W analizowanych próbkach stwierdzono występowanie niewielkich ilości substancji nieorganicznej. Wyjątkiem jest próbka 3L/4, która została pobrana bezpośrednio przy szczelinie uskokowej. Stanowi ona strukturę typu brekcji tektonicznej, gdzie okruchy węgla spojone są z roztartym materiałem skalnym.

Próbka 3L/2 reprezentuje węgiel pobrany w pewnej odległości od szczeliny uskokowej (ok. 0.5 m), na granicy kawerny wyrzutowej. Większa niż w innych próbkach odległość od uskołu wpłynęła zapewne na mniejszy udział węgla odmienionego strukturalnie. Duża sieć spękań na witrynie w tej próbce może być tłumaczona wpływem sił i naprężeń towarzyszących procesowi wyrzutu, który zatrzymał się w okolicy miejsca pobrania próbki. Podobne zmiany struktury węgla zauważyli Bodziony i in. (1990) analizując spękania na brykiecie pozostałym w „rurze wyrzutowej” po wymuszonym w warunkach laboratoryjnych „niepełnym” wyrzucie.

Badane węgle dzielą się wyraźnie na dwie grupy. Próby ociosowe pobrane w bezpośrednim sąsiedztwie uskołu i kawerny powyrzutowej charakteryzuje duży udział struktury odmienionej (mylonitu). Udział substancji odmienionej obliczony w stosunku do całości węgla (bez substancji nieorganicznych) wynosi średnio 51,5%. W pozostałych próbkach węgla, pobranych w czole przodku, bliżej lewego ociosu wyrobiska oraz za czołem chodnika, mylonit występuje jedynie w ilościach śladowych. Na wykresie z rys. 3 przedstawiono udział mylonitu w całości substancji węglowej widocznej na poszczególnych zglądach liczony jako suma udziału procentowego mylonitu wraz z występującymi na nim spękaniami.



Rys. 3. Udział substancji odmienionej na badanych próbkach węglowych obliczony w stosunku do całości węgla

Niezwykle ważną cechą strukturalną węgla, wpływającą na gazopojemność węgla i kinetykę odgazowania, jest stopień jego spękania. Dla każdej z prób obliczono więc gęstość spękań na węglu odmienionym (mylonicie) oraz na całej strukturze węgla. Wyniki obliczone ze wzorów (1-2) zestawiono w tabeli 2.

$$GS(MY) = \frac{Sp(MY)}{MY + Sp(MY)} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$GS(W) = \frac{Sp(V) + Sp(I + L) + Sp(MY)}{V + (I + L) + MY + Sp(V) + Sp(I + L) + Sp(MY)} \cdot 100\% \quad (2)$$

Tab. 2. Gęstość spękań na substancji odmienionej (mylonicie) i całości węgla

		3L/11	3L/2	3L/3	3L/4	3L/6	3L/9	3L/12	3L/13	3L/14
1	GS(MY) [%]	37,50	19,54	36,05	15,63	36,80	28,57	30,77	47,62	33,33
2	GS(W) [%]	3,11	24,75	27,75	19,63	31,72	23,36	1,63	5,50	3,93

Tabela 2 potwierdza, że węgiel pobrany w rejonie szczeliny uskokowej posiada o rząd większą ilość spękań niż węgiel pobrany w pewnej odległości od niej (3L/11, 3L/12, 1L/13, 3L/14). Średnie gęstości spękań GS(W) dla 2 grup badanego materiału wynoszą odpowiednio: 25.44% oraz 3.54%. Średnia gęstość spękań w masach powyrzutowych badanych po opisanym wyrzucie wahała się od 7.3% do 13.2% (Wierzbicki i Młynarczuk, 2006). Masy te stanowią więc mieszaninę węgla odmienionego i nieodmienionego strukturalnie.

4. Wnioski

Badania mikroskopowe wykonane na próbach kawałkowych węgla, pobranych z rejonu wyrzutu w chodniku transportowym D-6 KWK „Zofiówka” wykazały, że w bezpośrednim sąsiedztwie zaburzeń geologicznych występowało pasmo węgla silnie odmienionego strukturalnie o bardzo gęstej sieci spękań wewnętrznych. Ze względów silne zagrożenie obwałem skał stropowych nie było możliwe szczegółowe opróbowanie miejsca wyrzutu a co za tym idzie dokładne określenie zasięgu występowania węgla odmienionych. Cechy strukturalne i wytrzymałościowe mylonitu, takie jak: wysoka gęstość spękań, rozbudowana struktura wewnętrzna, małą zwięzłość, itp., wpłynęły niewątpliwie na wystąpienie wyrzutu w tym rejonie oraz jego przebieg.

5. Podziękowania

Autorzy składają serdeczne podziękowania Panu Jarosławowi Aksamitowi za wydatną pomoc w realizacji przedstawionej pracy.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w ramach działalności statutowej IMG PAN w roku 2006.

6. Literatura

- Beamish B., Crosdale P.J., 1998: *Instantaneous outbursts in underground coal mines: An overview and association with coal type*, International Journal of Coal Geology 35, 27-55.
- Bodziony J., Kraj W., Ratajczak T., 1990: *Zastosowanie stereologii w badaniach struktury węgla dolnośląskich (w:) Górotwór jako ośrodek wielofazowy – wyrzuty skalno-gazowe*, red. J. Litwiniszyn, Wyd. AGH Kraków.
- Bodziony J., Nelicki A., Topolnicki J., 1990: *Eksperymentalne wyrzuty skalno-gazowe (w:) Górotwór jako ośrodek wielofazowy – wyrzuty skalno-gazowe*, red. J. Litwiniszyn, Wyd. AGH Kraków.
- Cao Y., He D., Glick D.C., 2001: *Coal and gas outbursts in footwalls of reverse faults*, International Journal of Coal Geology 48, 47-63.
- Gabzdyl W., 1969: *Charakterystyka petrograficzno-facjalna pokładów węgla i skał towarzyszących w kopalni Jastrzębie (ROW)*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Jakubów A., Tor A., Tobiczek S., 2003: *Wyrzut metanu i skał w drążonej lunecie rurowej II na poziomie 1000 m w KWK Pniówek okoliczności, przyczyny i skutki*, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk.
- Krause E., 2005: *Analiza potencjalnego zagrożenia wyrzutami gazów i skał w kopalniach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*, Wiadomości Górnicze.

- Lamberson, M.N., Bustin, R.M., 1993: *Coalbed methane characteristics of Gates Formation coals*, Northeastern British Columbia: effect of maceral composition. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 77, 2062-2076.
- Li H., Ogawa Y., Shimada S., 2003: *Mechanism of methane flow through sheared coals and its role in methane recovery*, Fuel 82, 1271-1279
- PN-ISO 7404-3, 2001: *Metody analizy petrograficznej węgla kamiennego (bitumicznego) i antracytu. Metoda oznaczania składu grup macerałów*.
- Skoczyński A.A., 1954: *Współczesne poglądy na naturę nagłych wyrzutów węgla i gazu w kopalniach i sposoby ich zwalczania*, Przegląd Górniczy, Nr 10.
- Suchodolski Z., 1977: *Zagadnienie wyrzutów gazów i skał w kopalniach podziemnych*, Wyd. Politechn. Wrocławskiej.
- Wierzbicki M., Młynarczuk M., 2006: *Microscopic analysis of structure of coal samples collected after an gas and coal outburst the gallery D-6, coal seam 409/4 in the „Zofiówka” coal mine (Upper Silesian Coal Basin)*, Measurts Archives of Mining Sciences, Vol. 51, No. 4.

Structurally deformed coal in the transport gallery D-6 of the coal seam 409/4 in the “Zofiówka” Coal Mine – stereological measurements

Abstract

Structural changes of coal have influence on such parameters as gas capacity, kinetics of desorption, strength, etc. These factors have influence on the outburst risk in the coal mines. Coal samples collected near the outburst cavern in “Zofiówka” Coal Mine were examined. During the stereological measurements special attention was put on the geometry of fracture and the presence of structurally changed mylonite.

Examinations shows that in the area of fault and outburst cavern the coal were strongly changed from the structural point of view. Such structure of the coal matter may facilitate gas accumulation in coal's internal structure and gas release whenever pressure changes should occur. The absence of earlier indication of an outburst hazard or methane hazard in the front section of the gallery D-6, the high value of gas release indicators and the presence of structurally modified coals in rock mass after an outburst, which might accumulate vast amounts of gas that can be next released at a fast rate when a pressure gradient should occur, lead us to the conclusion that a coal and gas outburst have occurred as the face front came near the “gas pocket”.

Keywords: structure of coal, methane, gas and coal outburst, stereology

Recenzent: Prof. dr. hab. inż. *Wacław Dziurzyński*, Instytut Mechaniki Górotworu PAN