

Eugeniusz KRAUSE

Główny Instytut Górnictwa, Katowice

Kopalnia Doświadczalna „Barbara”, Mikołów

TECHNOLOGIE ODMETANOWANIA WPLYWAJĄCE NA POPRAWĘ BEZPIECZEŃSTWA EKSPLOATACJI ORAZ OGRANICZENIE EMISJI METANU DO ATMOSFERY

Streszczenie. W artykule przedstawiono doświadczenia polskich kopalń węgla kamiennego w zakresie stosowania technologii odmetanowania rejonów eksploatacyjnych oraz kierunki działania na przyszłość odnośnie technologii zapewniających wysoką efektywność ujęcia metanu, opartych na drenażu nadległym górotworu lub wierceniu otworów kierunkowych do obszarów o największej intensywności wydzielania metanu. Stosowanie technologii zapewniających efektywność odmetanowania w przedziale $70 \div 80\%$ będzie rzutowało bezpośrednio na bezpieczeństwo przy wykonywaniu robót eksploatacyjnych, a pośrednio na ograniczenie emisji metanu do atmosfery.

TECHNOLOGIES OF DEGASIFICATION AFFECTING SAFETY OF COAL EXPLOITATION AND REDUCTION OF METHANE EMISSIONS TO THE ATMOSPHERE

Summary. This paper presents Polish hard coal mines experience in the domain of application degasification techniques in the exploitation areas and the directions of future activities focused on the technologies providing high efficiency of methane drainage, based on overlying drainage of the strata or drilling directional wells to the zones with the highest methane release intensiveness. Implementation of technologies providing efficiency of degasification in the range $70 \div 80\%$ will have direct impact on the safety conditions during exploitation works and indirectly on the reduction of methane emissions to the atmosphere.

1. Wprowadzenie

W ciągu ostatnich 150 lat, od początku ery przemysłowej, stężenie dwutlenku węgla w atmosferze wzrosło o około 1/3, tj. z 280 ppm do 370 ppm, głównie w wyniku spalania paliw kopalnych. W latach 90. ubiegłego stulecia stężenie dwutlenku węgla zwiększało się średnio o 1,5 ppm rocznie, a z każdym rokiem przyrost ten był nieco większy, co było

wynikiem zwiększonego zapotrzebowania na paliwa kopalne. Obecnie dostarczają one ponad 85% produkowanej energii. Emisja antropogeniczna obejmuje również inne gazy cieplarniane, między innymi metan, który jest gazem kopalnianym.

Metan wpływa wielokrotnie bardziej na tworzenie efektu cieplarnianego niż dwutlenek węgla. W związku ze wzrostem zagrożenia powstającego wskutek przeobrażania się klimatu, rządy państw, badacze na rzecz ochrony środowiska oraz przedstawiciele niektórych gałęzi przemysłu starają się poszukiwać nowych rozwiązań oraz technologii ukierunkowanych na zmniejszenie zawartości gazów cieplarnianych w atmosferze.

W metanowych kopalniach węgla kamiennego, w latach 1950 – 1990, metan traktowany był marginalnie, jako gaz towarzyszący, który przeszkadza w technologii wydobycia, a ponadto stwarza zagrożenie dla bezpieczeństwa załóg górniczych.

Zachodzące w polskim górnictwie węgla kamiennego od 1990 roku procesy restrukturyzacyjne, dostosowujące tę gałąź przemysłu do wymagań gospodarki rynkowej, spowodowały ograniczenie globalnego wydobycia w wyniku likwidacji kopalń, przy jednocześnie rosnącej koncentracji wydobycia.

Wzrost koncentracji wydobycia w warunkach schodzenia z eksploatacją na większą głębokość, do pokładów o silniejszym nasyceniu metanem, przyczynił się do skumulowania wydzielającego się metanu w mniejszej liczbie ścian, przy jednoczesnym zwiększeniu ich metanowości bezwzględnej. Średnioroczny przyrost głębokości eksploatacji w polskich kopalniach węgla kamiennego wynosi 8 m/rok, a metanonośność *in situ* pokładów eksploatowanych w okresie ostatnich 10 lat wzrosła o $2,56 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{csw}}$, przekładając się na wzrost zagrożenia metanowego w rejonach eksploatacyjnych. W okresie tym zaznaczyły się również duże rozbieżności pomiędzy prognozowanymi i rzeczywistymi wartościami wydzielania metanu, niemieszczące się w granicach tolerancji, co skłoniło Główny Instytut Górnictwa do opracowania w 2000 roku nowej metody prognozowania, tj. „Dynamicznej prognozy metanowości bezwzględnej ścian” [1]. Zastosowanie tej metody pozwoliło na zwiększenie dokładności obliczeń prognozowanego wydzielania metanu do środowiska ścian, stanowiąc podstawę do zaprojektowania właściwego sposobu przewietrzania oraz profilaktyki metanowej, w tym również technologii odmetanowania. Nowa metoda prognozowania pozwala z dużym przybliżeniem obliczyć ilość wydzielającego się metanu na wybiegu projektowanej ściany przy zakładanej wielkości wydobycia. Dla eksploatacji projektowanej w otoczeniu silnie metanowego złoża, przy metanonośności pokładu powyżej $2,5 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{csw}}$,

opracowano również zasady i kryteria pozwalające na jednolitą ocenę poziomu zagrożenia metanowego w ścianach, wskazując na dobór właściwego sposobu przewietrzania oraz efektywność odmetanowania warunkującą bezpieczne prowadzenie eksploatacji. Wprowadzenie do praktyki górniczej kopalń metanowych „Zasad prowadzenia ścian w warunkach zagrożenia metanowego” [2] pozwala również ustalić bezpieczny postęp ściany (wielkość wydobywania) na wybiegu eksploatacyjnym w warunkach prognozowanego wydzielania metanu.

W silnie metanowych ścianach wentylacyjne sposoby zwalczania zagrożenia metanowego okazały się niewystarczające, wymuszając prowadzenie odmetanowania złoża w ich otoczeniu. Efektywność odmetanowania ścian złoża jest nierozdzielnie związana ze strukturą i sposobem przewietrzania, a efekty ujęcia metanu zależą od wielu czynników górnictwo-geologicznych i technicznych.

W niniejszej publikacji omówiono zasadnicze czynniki wpływające na wielkość wydzielania metanu z odgazowywania pokładów odprężonych w otoczeniu prowadzonej eksploatacji oraz na efektywność odmetanowania. Stosowanie w przyszłości w kopalniach węgla technologii odmetanowania będzie warunkowało uzyskanie planowanej zdolności wydobywczej ze ścian, rzutując pośrednio na wynik ekonomiczny kopalń, a globalnie przedsiębiorstw górniczych.

W artykule zasygnalizowano potrzebę poszukiwania perspektywicznych, efektywnych technologii odmetanowania ścian w warunkach rosnącego zagrożenia metanowego, przy jednoczesnym nacisku na ograniczenie emisji metanu do atmosfery. Powyższa konieczność nabiera szczególnej wagi w związku z ograniczaniem od 15 lat w kopalniach inwestycji, takich jak pogłębianie szybów czy wykonawstwo wyrobisk kapitalnych w kamieniu. Taki stan rzeczy nie rokuje możliwości poprawy warunków przewietrzania rejonów eksploatacyjnych w przyszłości, tym samym zasadniczym czynnikiem, który może wpłynąć na obniżenie zagrożenia metanowego w kopalniach i ograniczenie efektu cieplarnianego, jest efektywne odmetanowanie złoża z zastosowaniem nowych technologii.

2. Perspektywiczne aspekty przewietrzania kopalń

Zczyrpywaniu zasobów operatywnych kopalń, z głębokością prowadzenia robót górniczych, powinny towarzyszyć wyprzedzająco inwestycje dołowe, takie jak pogłębianie

szybów czy budowa nowych poziomów wydobywczych. Aktualne około 45% wydobycia węgla w polskich kopalniach pochodzi z rejonów eksploatacyjnych usytuowanych podziemowo. Rosnący udział wydobycia z eksploatacji podziemowej, w całkowitym wydobyciu kopalń, wskazuje na niewystarczający aktualnie zakres wykonywanych robót inwestycyjnych w kamieniu (szyby oraz wyrobiska kapitalne). W warunkach funkcjonowania kopalń o krótkim horyzoncie czasowym eksploatacji, przy zcierpanych w większości zasobach, prowadzenie na szeroką skalę robót inwestycyjnych byłoby ekonomicznie nieuzasadnione. Zasady prowadzenia robót górniczych w rejonach podziemowych powinny opierać się na kryteriach warunkujących bezpieczeństwo załóg górniczych, na ścisłym przestrzeganiu przepisów oraz dodatkowo przyjętych rygorach.

W kopalniach o perspektywnym znaczeniu dla gospodarki paliwowo-energetycznej kraju niezrealizowane i opóźnione inwestycje przyczynią się w najbliższych latach do ograniczenia ich zdolności wydobywczych. W przypadku kopalń o malejących zasobach węgla, ograniczenie inwestycji na przestrzeni ostatnich 15 lat ma ekonomiczne uzasadnienie ukierunkowane na zcierpanie tych zasobów jak najmniejszym kosztem. Niedoinwestowanie kopalń o znaczących zasobach, gwarantujących eksploatację co najmniej przez kolejne 30 lat, nie znajduje uzasadnienia w perspektywie możliwej przyszłości wydobywczej tych kopalń.

Zwiększenie wydatków powietrza na większych głębokościach kopalni wiąże się nierozdzielnie ze zwiększeniem otworu równoznacznego podsieci wentylacyjnej oraz ewentualnym przeprowadzeniem modernizacji stacji wentylatorowych przy szybach wydechowych. Zwiększenie mocy wentylatorów głównego przewietrzania, bez zmiany charakterystyki sieci wentylacyjnej (otworu równoznacznego), przyczyni się do zwiększenia zapotrzebowania na energię proporcjonalnie do trzeciej potęgi w stosunku do wzrostu zapotrzebowania na powietrze. Niedoinwestowana sieć wentylacyjna kopalni ogranicza możliwość zwalczania zagrożenia metanowego za pomocą wydatków powietrza, a zdolności wentylacyjne w przyszłości uznać należy za wyczerpane. Stąd też wynika konieczność większego ujęcia wydzielającego się metanu przez zwiększenie efektywności odmetanowania. Jedynym i najskuteczniejszym do tej pory sposobem ujęcia metanu w polskich kopalniach węgla kamiennego jest ujmowanie go na podstawie drenażu otoczenia środowiska eksploatacji ściany.

Projektowanie w perspektywie ścian w pokładach silnie metanowych wymaga dużej dokładności w formułowaniu założeń wyjściowych, w aspekcie ustalenia zdolności

wentylacyjnej oraz wydobywczej tych ścian. Ze wzrostem głębokości prowadzenia robót górniczych następuje wydłużanie dróg doprowadzających i odprowadzających powietrze, powodując zwiększanie się sumarycznego oporu aerodynamicznego, co z kolei wpływa sukcesywnie na zmniejszanie wydatków powietrza w ścianach, głównie przy ich podziemnym usytuowaniu. Decydującym czynnikiem dla utrzymania w przyszłości zdolności wydobywczej kopalni będzie wysoka efektywność odmetanowania w ścianach usytuowanych w otoczeniu silnie metanowego złoża. Efektywność odmetanowania będzie warunkowała utrzymanie zdolności wydobywczej ścian powyżej 4000 Mg/dobę, usytuowanych w otoczeniu złoża o metanonośności powyżej $4,5 \text{ m}^3 \text{CH}_4/\text{Mg}_{\text{csw}}$.

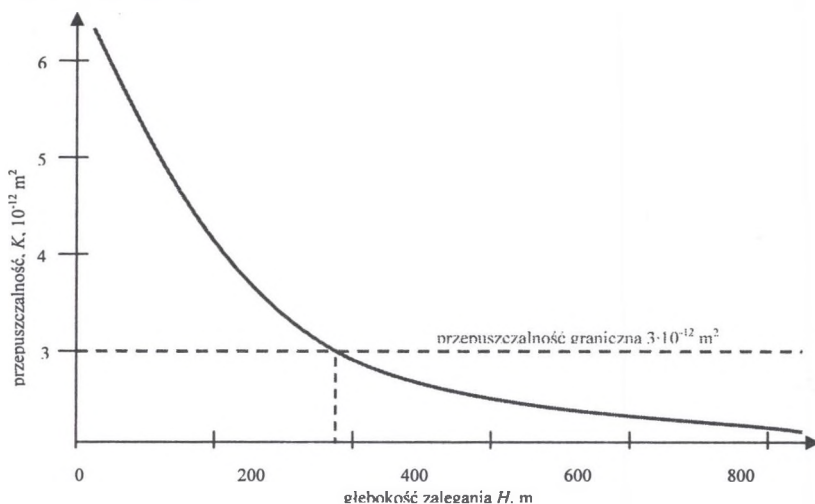
3. Wyprzedzające odmetanowanie złoża (przedeksploatacyjne)

Warunkiem efektywnego odmetanowania jest ruch gazu w pokładach lub ich otoczeniu do miejsc ujęcia siecią rurociągów odmetanowania. Na podstawie doświadczeń praktycznych i wyników badań laboratoryjnych stwierdzono, że graniczną przepuszczalnością, przy której odbywa się przepływ gazu w pokładzie węgla, jest wartość $3 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$. Kształtowanie się przepuszczalności w nienaruszonych pokładach węgla w kopalniach Górnosląskiego Zagłębia Węglowego z głębokością ich zalegania przedstawiono graficznie na rysunku 1.

Graniczna wartość przepuszczalności gazowej pokładów węgla dla prowadzenia odmetanowania odpowiada szacunkowo głębokości zalegania około 400 metrów. Oznacza to, że poniżej tej głębokości ruch gazu w pokładzie nienaruszonym, bez wcześniejszego odprężenia eksploatacyjnego, jest tak ograniczony, że wyklucza możliwość prowadzenia efektywnego odmetanowania wyprzedzającego (przedeksploatacyjnego) z wyrobisk korytarzowych, okonturowujących przyszłą parcelę eksploatacyjną.

W pokładach zagrożonych wyrzutami gazów i skał konieczność rozpoznania tektoniki oraz warunków gazowych złoża przed czołem drążonego wyrobiska wymaga wykonywania otworów badawczych. Otwory te są często dołączane do sieci rurociągów odmetanowania, a prowadzone odmetanowanie powoduje częściowe odgazowanie pokładu w strefie przed czołem wyrobiska. Taki system odmetanowania, stosowany w KWK „Pniówek” i KWK „Zofiówka”, nie jest odmetanowaniem wyprzedzającym (przedeksploatacyjnym) dla przyszłej ściany, lecz stanowi rygor z zakresu profilaktyki związanej z rozpoznaniem tektoniki i zagrożenia gazowego przed czołem drążonego przodka. Objętościowy udział metanu ujętego

odmetanowaniem z otworów badawczych w pokładach zagrożonych wyrzutami gazów i skał wpływa tylko w symboliczny sposób na obniżenie wartości metanowości bezwzględnej podczas eksploatacji ściany.



Rys. 1. Zmiana przepuszczalności pokładów węgla z głębokością zalegania
Fig. 1. Course of changes of the coal seams permeability according to the depth of deposition

W warunkach górotworu nienaruszonego wcześniejszą eksploatacją niewielka przepuszczalność gazowa pokładów oraz ich otoczenia eliminuje przepływ gazu oraz stosowanie technologii odmetanowania wyprzedzającego. W pokładach odprężonych przepuszczalność gazowa wzrasta sto-, a nawet tysiącrotnie. Wyniki badań laboratoryjnych wykazują, że przepuszczalność gazowa pokładu nieodprężonego o wartości z przedziału $1 \cdot 10^{-15}$ - $2,2 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2$ wzrasta po odprężeniu do wartości z przedziału $4,1 \cdot 10^{-12}$ - $32 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$, przy czym graniczną dla przepływu gazu w pokładzie przyjmuje się wartość $3 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$ (linia przerywana na wykresie – rys. 1).

Efektywność odmetanowania wyprzedzającego, prowadzonego z drążonych wyrobisk korytarzowych w okresie kolejnych dziesięcioleci, sukcesywnie zmniejsza się. Aktualnie procentowy udział metanu ujętego odmetanowaniem wyprzedzającym przedekspluacyjnym nie przekracza 1% całkowitej objętości metanu desorbowanego podczas eksploatacji. Powyższe dane uzasadniają podejmowanie decyzji o zaniechaniu technologii odmetanowania przedekspluacyjnego w praktyce górniczej polskich kopalń węgla kamiennego. Zastosowanie odmetanowania pokładów nienaruszonych otworami z powierzchni zakończyło się niepowodzeniem. Niska przepuszczalność gazowa pokładów nienaruszonych eksploatacją,

nawet w warunkach ich szczelinowania, wyklucza możliwość stosowania tej technologii odmetanowania w Polsce.

Nadmienić należy, że stosowanie ww. technologii pozwoliło na uzyskanie dobrych wyników odmetanowania w kopalniach Stanów Zjednoczonych i Australii.

Reasumując, analiza uzyskiwanych wyników efektywności odmetanowania wyprzedzającego pokładów nienaruszonych i nieodprężonych w polskich kopalniach węgla kamiennego, na podstawie technologii odmetanowania prowadzonych z wyrobisk podziemnych i otworami z powierzchni, wyklucza, z uwagi na niską przepuszczalność gazową złoża, osiągnięcie zadowalających wyników aktualnie i w perspektywie. W związku z tym nowe technologie odmetanowania w polskich kopalniach węgla kamiennego powinny zostać ukierunkowane na odmetanowanie prowadzone z wyrobisk dołowych otworami do obszarów górotworu odprężonych w rejonach eksploatowanych ścian. Wysoka przepuszczalność gazowa stref odprężonych umożliwia efektywne ujęcie metanu przy wysokich jego stężeniach w ujmowanym gazie.

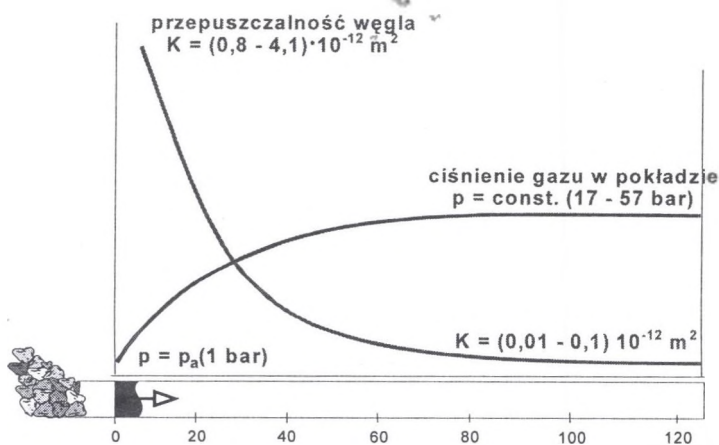
4. Technologie odmetanowania rejonów ścian

Odmetanowanie złoża w polskich kopalniach węgla kamiennego ukierunkowane zostało na ujmowanie metanu ze środowiska eksploatowanych ścian oraz zrobów poeksploatacyjnych wcześniej wyeksploatowanych partii złoża. Sposoby odmetanowania złoża w rejonach eksploatacyjnych dostosowuje się do wykorzystywanych systemów eksploatacji oraz układów przewietrzania ścian. Zasadniczy wpływ na kształtowanie się wartości wskaźnika efektywności odmetanowania ma lokalizacja drenażu górotworu i ujęcia metanu. Wysoką efektywność odmetanowania uzyskuje się w odprężonych obszarach otoczenia ściany o zwiększonej przepuszczalności, w których metan wydziela się z największą wydajnością. Przed frontem ściany występuje tak zwana aktywna objętość górotworu, której kształt zależy od postępu eksploatacyjnego [4].

Przed czołem eksploatowanej ściany następuje zeszczelinowanie górotworu destrukcją skał stropowych zależną od funkcji postępu eksploatacyjnego. W obszarze tym występują naprężenia ściskające (prostopadłe do uławicenia), zmniejszające przepuszczalność, oraz naprężenia rozciągające i ścinające (równoległe do uławicenia), zwiększające przepuszczalność i częściowo niszczące strukturę węgla (rys. 3).

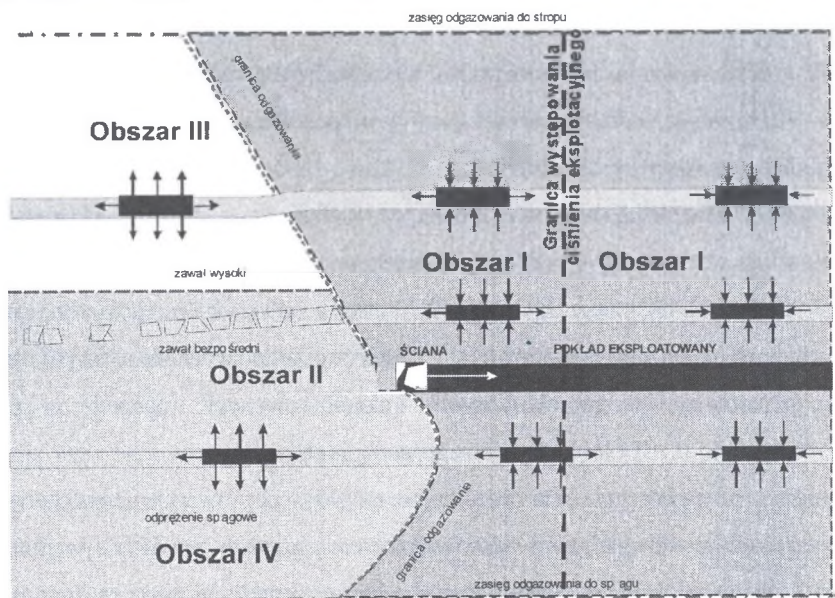
Rozkład przepuszczalności i ciśnienie gazu w pokładzie eksploatowanym przedstawiono na rysunku 2. W granicach obszaru I (rys. 3), w miarę zbliżania się do ściany następuje wzrost przepuszczalności gazowej oraz obniżenie ciśnienia gazu w pokładzie eksploatowanym. Z obszaru tego następuje migracja metanu szczelinami równoległe do uwarstwienia skał stropowych w kierunku ściany, do jej zrobów. Ujęcie metanu odmetanowaniem jest w tym przypadku mało efektywne z uwagi na niewystarczającą przepuszczalność gazową.

Strefy zwiększonej przepuszczalności gazowej oraz pustki rozciągające się nad i pod wybraną przestrzenią pokładu eksploatowanego zależą od wytrzymałości mechanicznej skał w otoczeniu ściany, postępu i wysokości ściany oraz innych uwarunkowań naturalnych i górniczo-geologicznych. W wyniku rozwarstwienia górotworu przepuszczalność gazowa w pokładach podebranych i nadebranych wzrasta, osiągając największą wartość w odległości około 100 metrów od położenia frontu ścianowego dla pokładów podebranych i $30 \div 50$ metrów dla pokładów nadebranych. W obszarach górotworu II, III i IV (rys. 3) przepuszczalność gazowa rośnie, osiągając nieskończenie dużą wartość w obszarze II. Pokłady stropowe w tym obszarze ulegają całkowitej destrukcji i prawie całkowitemu odgazowaniu, a pustki i szczeliny wypełnione są metanem pod ciśnieniem równym ciśnieniu atmosferycznemu. Stopień odgazowania pokładów objętych tym obszarem jest wyższy niż pokładu eksploatowanego.



Rys. 2. Rozkład ciśnienia gazu i przepuszczalności w pokładzie eksploatowanym
Fig. 2. Distribution of the gas pressure and permeability in the extracted seam

W bliskim sąsiedztwie wybranej przestrzeni pokładu eksploatowanego (obszar II), w najwyższym stopniu uzewnętrzniają się siły rozciągające, wpływające na wysoki stopień odgazowania pokładów i warstw węgla objętych zawalem bezpośrednim ściany. Przy całkowitej destrukcji warstw stropowych w strefie III, powyżej zawalu bezpośredniego, następuje długotrwała desorpcja metanu, co przy dużej przepuszczalności powoduje swobodny przepływ metanu. W obszarze III górotworu, obejmującym odprężone pokłady stropowe powyżej zawalu bezpośredniego, naprężenia rozciągające wpływają okresowo na wysoką przepuszczalność gazową, jednakże mniejszy jest stopień ich odgazowania niż pokładów objętych strefą zawalu bezpośredniego. Bezpośrednio na wartość wskaźnika efektywności odmetanowania rejonów eksploatacyjnych wpływa możliwość drenażu górotworu w strefach, w których metan wydziela się z największą wydajnością, a więc z obszarów II i III za frontem ściany. W miarę oddalania się frontu ściany skały w zawale ulegają zagnieceniu, przywraca się ciśnienie pierwotne górotworu i następuje wzrost naprężeń ściskających, powodujący obniżenie przepuszczalności gazowej.



Rys. 3. Obszary górotworu w otoczeniu eksploatacji, charakteryzujące się zróżnicowaną przepuszczalnością

Fig. 3. The zones of permeability in the surroundings of extraction

Uznaje się, że korzystne warunki dla prowadzenia odmetanowania w otoczeniu eksploatacji występują wtedy, gdy:

- eksploatacja jest prowadzona zstępująco, tzn. kolejność wybierania ścian w piętrze jest zgodna z upadem,
- stosowane jest przewietrzanie rejonów eksploatacyjnych wznoszącymi prądami powietrza,
- różnica potencjałów na obrysie zrobów poeksploatacyjnych sprzyja migracji gazów zrobowych z metanem do miejsc ujęcia odmetanowaniem.

W polskich kopalniach węgla kamiennego dominują dwa sposoby przewietrzania ścian, a mianowicie:

- przewietrzanie sposobem na „U” (po caliznie węglowej),
- przewietrzanie sposobem na „Y” z doświeżającym prądem powietrza oraz odprowadzeniem zużytego powietrza wzdłuż zrobów za front ściany.

Zagadnienie efektywnego odmetanowania rejonów ścian przewietrzanych sposobem na „U” (po caliznie węglowej) nabiera szczególnego znaczenia przy prognozowanej metanowości bezwzględnej powyżej $40 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$, gdzie zastosowanie klasycznej metody odmetanowania otworami z chodnika wentylacyjnego sprzed ściany pozwala uzyskać efektywność odmetanowania na poziomie 30%. Nadmienić należy, że istnieją ściany, w których efektywność odmetanowania przy tym sposobie przewietrzania osiąga wartość $50 \div 60\%$, jednakże są to przypadki nieliczne.

Przy projektowaniu eksploatacji w układzie przewietrzania na „U” (po caliznie węglowej) w otoczeniu silnie metanowego złoża, w praktyce kopalń stosuje się obligatoryjnie kryteria ujęte w Instrukcji nr 17 Głównego Instytutu Górnicztwa z 2004 roku pt. „Zasady prowadzenia ścian w warunkach zagrożenia metanowego”. Kryteria te jednoznacznie identyfikują poziom zagrożenia metanowego w projektowanych i eksploatowanych ścianach w pokładach zaklasyfikowanych do II, III i IV kategorii zagrożenia metanowego.

W warunkach przewietrzania ścian w układzie na „Y” z doprowadzeniem doświeżającego prądu powietrza do wylotu ściany i odprowadzeniem zużytego powietrza wzdłuż zrobów zawałowych, stosowanie odmetanowania z chodnika wentylacyjnego za frontem ściany pozwala na uzyskanie efektywności odmetanowania w przedziale $40 \div 50\%$. Sposób przewietrzania ścian na „Y” powoduje odsunięcie wysokich koncentracji metanu w zrobach od linii obudowy zmechanizowanej, a doświadczenia praktyczne zdobyte podczas eksploatacji silnie metanowych ścian w KWK „Budryk” SA, KWK „Pniówek” i KWK „Zofiówka”

pozwołyły na wypracowanie stanowiska co do skuteczności tego układu przewietrzania w warunkach wysokiej metanowości bezwzględnej rejonów ścian.

Nadmienić należy, że w warunkach dużego zagrożenia pożarem endogenicznym w zrobach ścianowych stosowanie układu przewietrzania ścian na „Y” jest nieuzasadnione i konieczne jest stosowanie systemu na „U” (po całźnie węglowej).

W warunkach polskich kopalń węgla kamiennego odmetanowanie rejonów ścian opiera się najczęściej na prowadzeniu klasycznego odmetanowania za pomocą otworów drenażowych wykonywanych z chodnika wentylacyjnego, a mianowicie:

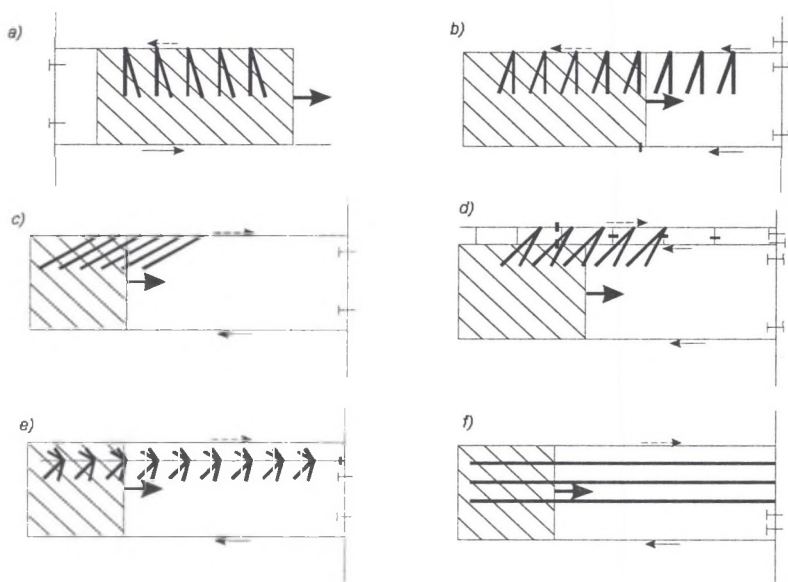
- dla ścian przewietrzanych sposobem na „U” – rys. 4c,
- dla ścian przewietrzanych sposobem na „Y” – rys. 4b.

W warunkach złóż silnie metanowych równoległe do chodnika wentylacyjnego wykonuje się chodnik dodatkowy, tzn. stosuje się układ przewietrzania na „krótkie Y” (rys. 3d). Aktualnie przy tym sposobie przewietrzania prowadzona jest silnie metanowa ściana w KWK „Krupiński”.

Na rysunkach 3e i 3f przedstawiono schematycznie systemy odmetanowania charakteryzujące się wysoką efektywnością odmetanowania (w przedziale $70 \div 80\%$), oparte na drenażu nadległym górotworu stosowanym od lat 70. w KWK „Brzeszcze”, w 2006 roku w KWK „Sośnica” i KWK „Wesoła”, a od 2007 roku w KWK „Szczygłowice”.

Odmetanowanie złoże przy użyciu otworów kierunkowych w polskich kopalniach jest stosowane coraz częściej, jednakże z wyrobisk zalegających powyżej eksploatowanej ściany, a nie sposobem jak przedstawiono na rys. 4f. Taki sposób usytuowania otworów drenażowych ograniczony jest jednak w złoże o wysokiej aktywności sejsmicznej, która powoduje najczęściej amputację otworów. Otwory kierunkowe odmetanowania będą nabierały szczególnej wagi przy prowadzeniu eksploatacji podziemowej.

Przewietrzanie rejonów podziemowych schodzącymi prądami powietrza oraz usytuowanie wyrobisk udostępniających często w obszarze zawału wysokiego pozwoli na prowadzenie efektywnego odmetanowania otworami kierunkowymi.



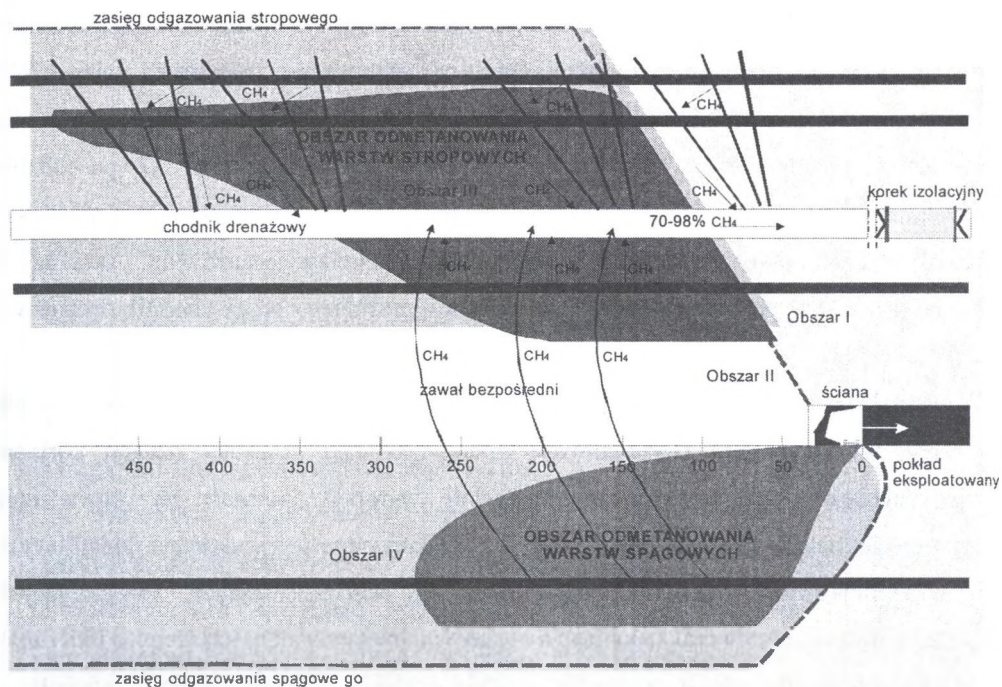
Rys. 4. Rozmieszczenie otworów drenażowych w rejonie wyrobiska ścianowego: a) ściana prowadzona do pola, efektywność do 50%, b) ściana prowadzona od pola z utrzymywaniem chodnika nadścianowego w zrobach, efektywność do $40 \div 50\%$, c) ściana prowadzona od pola z likwidacją chodnika nadścianowego, efektywność ok. $20 \div 30\%$, d) ściana prowadzona od pola z dwoma chodnikami wentylacyjnymi, efektywność ok. 40%, e) odmetanowanie za pomocą chodnika drenażowego, efektywność $70 \div 80\%$, f) odmetanowanie za pomocą otworów kierunkowych, efektywność ok. 70%

Fig. 4. Location of the methane drainage boreholes in the area of longwall

5. Perspektywiczne technologie odmetanowania ścian

Podczas eksploatacji ścian usytuowanych w otoczeniu silnie metanowego złoża efektywność odmetanowania będzie coraz częściej rzutowała na ich zdolność wydobywczą. Przy przewietrzaniu ścian sposobem na „U” (po caliznie węglowej) technologia odmetanowania złoża oparta na drenażu nadległym do specjalnie wykonanego wyrobiska nad parcelą wybieranej ściany zapewni uzyskanie efektywności odmetanowania w przedziale $70 \div 80\%$. Chodnik drenażowy powinien być wykonany w strefie desorpcji powyżej zawahu bezpośredniego, tzn. w odległości co najmniej 5-krotnej wysokości ściany, jednakże w odległości nieprzekraczającej 40 metrów od pokładu eksploatowanego, przebiegając równoległe do chodnika wentylacyjnego.

Usytuowanie chodnika drenażowego na wybiegu ściany przedstawiono na rysunku 4e, ponadto obszary intensywnego odgazowania warstw stropowych i spagowych pokazano na rysunku 5.



Rys. 5. Usytuowanie chodnika drenażowego na wybiegu ściany oraz obszary intensywnego odgazowania warstw stropowych i spagowych

Fig. 5. Location of methane drainage gallery in the longwall environment

Wykonanie chodnika drenażowego w pokładzie pozabilansowym podebrany jest ułatwione, ponadto istnieją sprzyjające warunki do migracji metanu z odgazowywania tego pokładu do ww. chodnika. Największa intensywność ujęcia metanu, wynikająca z dużej kinetyki wydzielania metanu podczas odgazowywania, występuje w odległości 50 ± 200 m za frontem ściany (obszar III, rys. 5).

Cechą pozytywną drenażu nadległego jest również wytworzenie wolnej przestrzeni w górotworze, która samoczynnie jest wykorzystywana do kompensowania wzrostu ciśnienia gazu zrobowego, spowodowanego gwałtownymi zmianami ciśnienia barometrycznego lub ciśnienia metanu na skutek wstrząsów sejsmicznych górotworu.

Największe doświadczenie w odmetanowaniu rejonów eksploatacyjnych za pomocą chodników drenażowych wykonanych powyżej eksploatowanej ściany ma KWK „Brzeszcze”. Syntetyczna analiza doświadczeń KWK „Brzeszcze” w stosowaniu technologii odmetanowania opartej na drenażu nadległym zawarta została w pracy [3]. Drenaż nadległy

stosowany był w KWK „Wesoła” i KWK „Sośnica”. Aktualnie chodnikiem drenażowym w nadległym pokładzie 404/4 prowadzone jest odmetanowanie środowiska ściany XIII w pokładzie 405/1 w KWK „Szczygłowice”. Prognozowana metanowość bezwzględna dla ww. ściany na poziomie $80 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$, przy systemie przewietrzania na „U” po całiźnie węglowej, była podstawą do zaprojektowania przez Główny Instytut Górnictwa KD „Barbara” w 2005 roku odmetanowania opartego na chodniku drenażowym. Aktualnie z rejonu ściany XIII w pokładzie 405/1 ilość metanu ujmowanego przez chodnik drenażowy wynosi około $50 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$.

W warunkach prowadzenia eksploatacji w otoczeniu silnie metanowego złoża chodnik drenażowy, wykonany nad eksploatowaną ścianą, po jego szczelnej izolacji korkiem przeciwwybuchowym od czynnych wentylacyjnie wyrobisk, pozwala na prowadzenie ciągłego ujęcia metanu ze strefy odprężonej. Bardzo korzystne jest wykonanie dodatkowych otworów kierunkowych z chodnika drenażowego do skał otaczających, zwiększających stopień zdrenowania górotworu. Lokalizacja otworów odmetanowania, ich długość i kierunek wiercenia z chodnika są zależne od usytuowania pokładów podebranych w strefie odprężenia eksploatacyjnego. Zastosowanie chodników drenażowych w warstwach spagowych jest praktycznie słabo rozpoznane co do efektywności odmetanowania.

Metoda drenażu nadległego i podległego przy prowadzeniu odmetanowania otoczenia eksploatowanych ścian nabiera szczególnej wagi w miarę eksploatacji złoża na coraz większej głębokości, w rejonach o dużej aktywności sejsmicznej. Prowadzenie odmetanowania z chodników drenażowych pozwala na chwilowe retencjonowanie metanu uwolnionego po wstrząsie górotworu, który wystąpił w rejonie ściany. Efektywne odmetanowanie otoczenia eksploatowanej ściany przez drenaż górotworu w strefie odprężenia, pomimo wysokiej efektywności odmetanowania, jest stosowane sporadycznie w polskich kopalniach węgla kamiennego. W warunkach wykorzystania metanu, ujętego odmetanowaniem z zastosowaniem chodnika drenażowego, do produkcji energii elektrycznej i ciepłej, wydatki poniesione na wykonanie chodnika są rekompensowane wpływami z tytułu sprzedaży energii skojarzonej w blokach energetycznych. Warunkiem opłacalności tej technologii jest ujęcie metanu chodnikiem drenażowym na poziomie $40 \text{ m}^3\text{CH}_4/\text{min}$. Wariantowa analiza w zakresie wyboru pomiędzy klasycznym odmetanowaniem złoża, opartym na otworach wykonywanych z chodnika wentylacyjnego, a odmetanowaniem z zastosowaniem chodnika drenażowego oraz kryteria bezpieczeństwa powinny decydować o doborze technologii odmetanowania.

Reasumując, w perspektywie ograniczonych inwestycji w kopalniach na wykonawstwo wyrobisk w kamieniu (kapitałnych), przyszłość odmetanowania ścian musi zostać oparta na technologii charakteryzującej się wysoką efektywnością.

6. Podsumowanie

1. Efektywność odmetanowania ścian przewietrzanych sposobem na „U” (po caliznie węglowej) będzie w przyszłości decydującym kryterium utrzymania wysokiej koncentracji wydobywania, stanowiąc zarówno o ich zdolności wydobywczej, jak i bezpieczeństwie prowadzenia eksploatacji.
2. W warunkach projektowania eksploatacji ścian o wysokim wydzielaniu metanu, przewietrzanych sposobem na „U” (po caliznie węglowej), jedynie odmetanowanie z zastosowaniem specjalnie wykonanych chodników drenażowych lub otworów kierunkowych stwarza możliwość uzyskania efektywności odmetanowania w przedziale $70 \div 80\%$.
3. O wyborze technologii odmetanowania w silnie metanowych ścianach powinna decydować wielokryterialna analiza ekonomiczna z uwzględnieniem kryteriów warunkujących bezpieczną eksploatację.
4. Warunkiem obniżenia emisji metanu z kopalń węgla kamiennego do atmosfery jest zwiększenie intensywności jego ujęcia głównie w rejonach eksploatacyjnych. Technologie odmetanowania oparte na drenażu nadległym lub otworach kierunkowych będą rzutowały na bilans wentylacyjno-metanowy w czynnych kopalniach węgla kamiennego, a tym samym na poziom emisji metanu z powietrzem wentylacyjnym do atmosfery.

BIBLIOGRAFIA

1. Krause E., Łukowicz K.: Dynamiczna prognoza metanowości bezwzględnej ścian (poradnik techniczny). s. Instrukcje, nr 14, Wydawnictwo GIG, Katowice 2000.
2. Krause E., Łukowicz K.: Zasady prowadzenia ścian w warunkach zagrożenia metanowego. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa, s. Instrukcje, nr 17, Wydawnictwo GIG, Katowice 2004.

3. Łukowicz K.: Metoda odmetanowania z zastosowaniem drenażu nadległego zrobów czynnych ścian i jej wpływ na poziom zagrożenia metanowego kopalni węgla kamiennego. Praca doktorska, Wydawnictwo GIG, Katowice 1998.
4. Drzewiecki J.: Optymalizacja koncentracji wydobycia w warunkach zagrożenia tapaniami i metanem. XI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Tapania 2004”, Wydawnictwo GIG, Katowice 2004.
5. Krause E.: Kształtowanie się zagrożenia metanowego i wybuchowego w rejonach eksploatowanych ścian o wysokiej aktywności sejsmicznej. XI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Tapania 2004”. Wydawnictwo GIG, Katowice 2004.

Recenzent: Dr hab. inż. Jan DRENDA, prof. nzw. w Pol. Śl.

Abstract

Increased concentration of coal output in Polish hard coal mines, over the last several years resulted in methane release from smaller number of long-walls, with their increased absolute gassiness at the same time. Decreasing of ventilation capacity in the exploitation regions together with increased depth, with limited scope of investments – results in searching for new technological solutions, which would provide higher efficiency of beds' degasification and higher mining efficiency of the long walls at the same time.

Efficiency of degasification is directly related with reduction of methane emission to the ventilation system and in consequence to the atmosphere.

This paper presents Polish hard coal mines experience in the domain of application degasification techniques in the exploitation areas and the directions of future activities focused on the technologies providing high efficiency of methane drainage, based on overlying drainage of the strata or drilling directional wells to the zones with the highest methane release intensiveness. Implementation of technologies providing efficiency of degasification in the range 70 ÷ 80% will have direct impact on the safety conditions during exploitation works and indirectly on the reduction of methane emissions to the atmosphere.