

## INERTYZACJA ZROBÓW ŚCIAN ZAWAŁOWYCH

### WPROWADZENIE

Możliwości zapobiegania pożarom endogenicznym w zrobach ściany w trakcie jej eksploatacji są ograniczone. Jedną z metod profilaktyki, która jednak nie zawsze przynosi zamierzony skutek, jest inertyzacja.

Zadaniem inertyzacji jest wyeliminowanie lub znaczne obniżenie stężenia tlenu w powietrzu, co ma zapobiec powstaniu pożaru lub spowodować jego przerwanie. Dla poprawy skuteczności inertyzacji niezbędne jest określenie miejsca podania gazu inertnego oraz jego ilości. Gdy możliwe warianty inertyzacji, zmiana lokalizacji punktu podawania gazu inertnego i strumienia objętościowego gazu, zostaną wyczerpane a skuteczność inertyzacji będzie niewystarczająca, należy zrezygnować z inertyzacji i stosować inne metody profilaktyki pożarowej.

Dla wskazania miejsca podania gazu inertnego pomocne może być określenie rozkładu stężenia tlenu w zrobach ściany zawałowej, przed oraz po zastosowaniu inertyzacji, jak również określenie rozkładu przepływu powietrza w zrobach ściany [1, 2, 3].

Możliwość doprowadzenia gazu inertnego, w tym określenie możliwego strumienia objętościowego tego gazu, powinna być rozpatrzona już na etapie projektowania eksploatacji z uwzględnieniem technicznych możliwości wytworzenia i doprowadzenia gazu inertnego. Planowanie eksploatacji powinno być procesem wieloetapowym, realizowanym w odpowiedniej kolejności.

### KRYTERIUM PALNOŚCI GAZÓW INERTNYCH

Jednym z podstawowych aspektów doboru gazu inertnego jest spełnienie kryterium:

$$K \leq 0 \quad (1)$$

gdzie:

$K$  – współczynnik palności obliczony dla analizowanego gazu.

Jeśli za podstawę wyjścia przyjąć wzór E. Ochley'a do obliczania współczynnika palności (niebezpieczeństwa pożarowego) dla konkretnego gazu można stosować formułę [4]:

$$K = 4 \cdot C + H + 4 \cdot S - 2 \cdot O - N - 2 \cdot Cl - 3 \cdot F - 5 \cdot Br \quad (2)$$

gdzie:

*C* - ilość atomów węgla w cząsteczce analizowanego gazu;

*H* - ilość atomów wodoru w cząsteczce analizowanego gazu;

*S* - ilość atomów siarki w cząsteczce analizowanego gazu;

*O* - ilość atomów tlenu w cząsteczce analizowanego gazu;

*N* - ilość atomów azotu w cząsteczce analizowanego gazu;

*Cl* - ilość atomów chloru w cząsteczce analizowanego gazu;

*F* - ilość atomów fluoru w cząsteczce analizowanego gazu;

*Br* - ilość atomów bromu w cząsteczce analizowanego gazu.

Zatem dla gazów inertnych, z którymi mamy do czynienia w górnictwie, otrzymujemy:

$$K_{N_2} = -2 - \text{dla azotu,}$$

$$K_{gs} = -1,7 - \text{dla gazów spalinowych o składzie: } O_2 = 3\%, CO_2 = 15\%, CO = 0,5\%,$$

$$H_2 = 0,5\%, N_2 = 81\%,$$

$$K_{CO_2} = 0 - \text{dla dwutlenku węgla,}$$

$$K_{CH_4} = 8 - \text{dla metanu.}$$

Kryterium palności spełniają trzy gazy, przy czym z grupy tej najlepsze właściwości inertne posiada azot. Ta cecha, jak i pozostałe zalety, które posiada azot w stosunku do pozostałych gazów spowodowały, zainteresowanie służb ratowniczych górnictwa niemieckiego, czeskiego, brytyjskiego wykorzystaniem tego gazu inertnego do profilaktyki pożarowej. Drugim równie ważnym kryterium przy doborze gazu inertnego jest wydajność, czyli ilość gazu możliwa do wygenerowania w jednostce czasu (zwykle w m<sup>3</sup>/min) oraz możliwości techniczne wytworzenia gazu inertnego.

## MOŻLIWOŚCI WYTWARZANIA GAZÓW INERTNYCH

W tabeli 1 przedstawiono parametry wybranych urządzeń do inertyzacji stosowanych w górnictwie. Pod względem wydajności można przeprowadzić wyraźny podział instalacji do wytwarzania gazów inertnych. Wydajność urządzeń wytwarzających gazy inertne sięgać może bowiem od 1 do około 1800 m<sup>3</sup>/min. Najwyższe wartości dotyczą urządzenia Steamexfire 2500 [5], wytwarzającego gazy spalinowe (również wilgotne z udziałem pary wodnej i mgły), najniższe to wydajność niewielkich instalacji do zgazowywania CO<sub>2</sub>. Pomiędzy tymi skrajnymi przykładami mieszczą się różnego typu instalacje służące do zgazowywania dwutlenku węgla lub azotu ze stanu ciekłego, a także wytwarzające azot z powietrza atmosferycznego.

Tabela 1 Parametry wybranych urządzeń do inertyzacji stosowanych w górnictwie

Rodzaj urządzenia	Wykorzystywana technologia	Wytwarzany gaz inerty	Strumień objętościowy wytwarzanego gazu	Współczynnik zapotrzebowania na energię elektryczną	Dobowe zużycie energii elektrycznej	Zapotrzebowanie na inne źródło energii	Uwagi
			Nm <sup>3</sup> /min	kWh/m <sup>3</sup>	kWh		
HPLC-7208	urządzenia membranowe wytwarzające azot wyprost z powietrza	azot	1p	0,385	5 544	-	całkowita moc urządzenia - 251 kW w tym ok. 10 kW to moc ogrzewania w okresie zimowym
Wytownica azotu W.A-700	metoda adsorpcyjna (PSA - Pressure Swing Adsorption)	azot	11,7±7%	0,334	6 024	-	całkowita moc urządzenia - 251 kW w tym ok. 18 kW to moc ogrzewania w okresie zimowym
Membranowy generator azotu typu MGA-750-97	urządzenia membranowe wytwarzające azot wyprost z powietrza	azot	12,5	0,441	7 944	-	całkowita moc urządzenia - 331 kW
Generon HP 7211 CE	urządzenia membranowe wytwarzające azot wyprost z powietrza	azot	16,7	0,359	8 640	-	całkowita moc urządzenia - 360 kW w tym ok. 10 kW to moc ogrzewania w okresie zimowym
APA-1	zgazowanie ciepłego azotu za pomocą parownicy atmosferycznej	azot	15 - 33,4	-	-	-	instalacja odprowadzająca azot gazowy wyposażona jest w zestaw grzałek, jednak nie podano źródła ich zasilania
Tomlinson boiler	wytwarzanie gazów objętością ze spalania ropy naftowej	gazy spalinyowe suche lub wilgotne	30 - 180	-	-	200 l/h ropy naftowej	w urządzeniu zastosowano silnik diesla o mocy 100 kW
GGO	wytwarzanie gazów objętością ze spalania paliwa naftowego	gazy spalinyowe suche lub wilgotne	150 - 425	-	-	od 440 kg/h do 690 kg/h nafty (opcjonalnie)	do chłodzenia wymagane jest doprowadzenie ok. 10 m <sup>3</sup> /h wody
GAG 3	wytwarzanie gazów objętością ze spalania paliwa naftowego	gazy spalinyowe suche lub wilgotne	do 1 000	-	-	od 1 200 kg/h do 1 500 kg/h nafty (opcjonalnie)	do chłodzenia wymagane jest doprowadzenie ok. 36 m <sup>3</sup> /h wody
Steamcraftre 2500	wytwarzanie gazów objętością ze spalania paliwa naftowego	gazy spalinyowe suche lub wilgotne	1 080 - 1 800	0,037 - 0,022	960	2 500 l/h nafty (opcjonalnie)	do chłodzenia wymagane jest doprowadzenie ok. 25 m <sup>3</sup> /h wody, wymagane jest również zapełnienie 40 kW mocy elektrycznej
Parownica atmosferyczna CNLP	zgazowanie ciepłego dwutlenku węgla za pomocą parownicy atmosferycznej	dwutlenek węgla	0,8 - 20	-	-	-	czynnikiem grzewczym jest powietrze
Parownica elektryczna	zgazowanie ciepłego dwutlenku węgla za pomocą parownicy elektrycznej	dwutlenek węgla	1,9	0,105 - 0,395	288 - 1 080	-	czynnikiem grzewczym jest energia elektryczna, zgazowanie do 200 kg ciepłego CO <sub>2</sub>
Parownica wentylatorowa	zgazowanie ciepłego dwutlenku węgla za pomocą parownicy wentylatorowej	dwutlenek węgla	4,6	0,008	52	-	czynnikiem grzewczym jest powietrze, zgazowanie do 500 kg ciepłego CO <sub>2</sub> , wymagane jest również zapewnienie energii elektrycznej do zasilania wentylatorów
Parownica wodno-parowa	zgazowanie ciepłego dwutlenku węgla za pomocą parownicy wodno-parowej	dwutlenek węgla	33,3	-	-	1,4 Mg/h wody lub pary wodnej	czynnikiem grzewczym jest woda lub para wodna
Przewoźne urządzenie do sprowadzania i przeliczania gazu	przetwarzanie ujętego metanu	metan	do 15	0,049	1 056	-	zapotrzebowanie mocy - 44 kW, zapotrzebowanie wody technologicznej (układ otwarty) - od 2,7 do 6,3 m <sup>3</sup> /h

Przy działaniach mających na celu niedopuszczenie do powstania pożaru gazy inertne stosuje się systematycznie, planowo w większości urządzeniami o niewielkich wydajnościach do 500 m<sup>3</sup>/h. Do gaszenia pożaru stosuje się już urządzenia o dużych wydajnościach, nawet powyżej 1000 m<sup>3</sup>/h [6].

Ważny jest również aspekt ekonomiczny uzyskiwania gazów obojętnych. Analizę ekonomiczną dla gazów spalinowych i azotu można znaleźć w pracach [7, 8].

Przy korzystaniu z urządzeń do wytwarzania gazu inertnego warto zwrócić uwagę na ich parametry, które będą decydować o kosztach pozyskania gazu [9].

Przy pozyskiwaniu azotu z powietrza atmosferycznego należy uwzględnić koszty energii elektrycznej, która jest potrzebna dla funkcjonowania urządzeń. Przy dostarczaniu azotu do kopalni w postaci ciekłej doliczyć trzeba, poza kosztami zakupu tego gazu, dodatkowo koszty transportu. Średnio w kopalniach koszty wykorzystania azotu w postaci ciekłej są około 2,5 krotnie wyższe niż w przypadku zastosowania azotu pozyskiwanego wprost z powietrza atmosferycznego.

#### **WSKAZANIE OBSZARU DO INERTYZACJI**

Mając tak ograniczone możliwości wytworzenia gazu inertnego, kluczową kwestią jest określenie miejsca podania oraz wymaganego dopływu gazu.

Minimalna zawartość tlenu dla wspierania palenia węgla, uzyskana z badań doświadczalnych, wynosi 2% [10]. Ogólnie przyjmuje się, że gdy zawartość tlenu spada poniżej 2%, to proces spalania paliwa stałego nie będzie dalej zachodził [11]. W trakcie badań utleniania próbek z kilku pokładów w polskich kopalniach węgla [12], stwierdzono, że stężenie tlenu bezpieczne dla samozapalenia się węgla w zrobach lub przestrzeniach otamowanych zawiera się w przedziale od około 5% do około 9%.

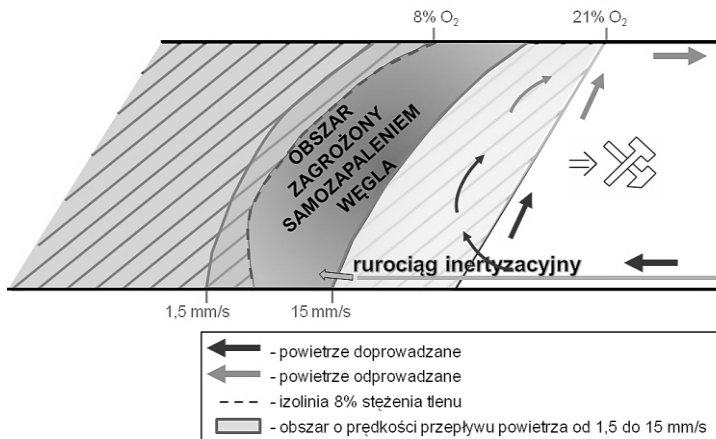
W związku z powyższym przyjęto, że obszarem bezpiecznym, pod względem samozapalenia węgla, będzie teren, w którym stężenie tlenu jest poniżej 8%. Natomiast celem inertyzacji będzie zmniejszenie powierzchni obszaru, w którym stężenie tlenu przekracza 8%.

Gaz inertny powinien być podawany do zrobów jak najbliżej miejsca potencjalnego samozagrzewania węgla. Dokładna lokalizacja tego miejsca w trakcie ruchu ściany nie jest możliwa.

Przy małej intensywności przewietrzania, zrobry wypełniają się gazami obojętnymi, wpływającymi hamująco na proces samozagrzewania węgla. Z kolei bardzo duża intensywność przewietrzania powoduje odprowadzenie ciepła, powstającego w procesie utleniania i również wpływa hamująco na proces samozagrzewania węgla. Najbardziej niekorzystny jest przedział środkowy, w którym występuje dostateczny dopływ tlenu, aby proces samozapalenia węgla mógł się rozwijać, a zbyt mała prędkość przepływu powietrza nie zapewnia odprowadzenia wytworzonego ciepła. W

takich warunkach następuje kumulacja ciepła, wzrost temperatury i rozwój pożaru. Wspomniany przedział odpowiada prędkości migracji powietrza od 1,5 do 15 mm/s [13]. W dalszej części artykułu założono, że obszar, w którym występują prędkości migracji powietrza od 1,5 do 15 mm/s powinien być poddawany inertyzacji.

Kryterium oceny skuteczności inertyzacji może być obniżenie stężenia tlenu poniżej 8% w obszarze, w którym prędkość przepływu powietrza zawiera się w przedziale od 1,5 do 15 mm/s (rys. 1). Odniesieniem do oceny skuteczności inertyzacji powinien być stan przed jej zastosowaniem.



Rys. 1 Wskazanie obszaru zagrożonego samozapaleniem węgla

Informacje, dotyczące strefy przepływu powietrza i stężenia tlenu w zrobach, są istotne dla określenia koniecznej „głębokości” inertyzacji, warunkującej jej skuteczność. W związku z tym, dane te powinny mieć wpływ na wybór sposobu i miejsca podawania gazów inertycznych do zrobów.

W niniejszym artykule wykorzystano metodę obliczania rozpręku powietrza oraz rozkładu stężenia tlenu w zrobach ścian eksploatacyjnych w kopalniach węgla kamiennego po wprowadzeniu gazu inertycznego, przedstawioną w pracy Piergiesa [1].

### ALGORYTM PROJEKTOWANIA INERTYZACJI ZROBÓW ŚCIAN ZAWAŁOWYCH

Zroby ścian zawałowych są miejscami najbardziej narażonymi na powstanie pożaru endogenicznego. Zapobieganie temu zagrożeniu jest powszechnie rozumiane jako profilaktyka pożarowa. Powinna ona być uwzględniana już na etapie projektowania eksploatacji. Przy doborze jej metod należy uwzględnić również inne zagrożenia naturalne.

W przypadku, gdy zagrożenie pożarowe nie jest uważane za dominujące i istnieje konieczność doboru metod prewencji, niekorzystnych z uwagi na zagrożenie pożarowe (np. w przypadku zagrożenia metanowego i klimatycznego, będzie to

zwiększenie strumienia objętościowego powietrza płynącego przez ścianę), należy stosować metody prewencji niekolidujące z profilaktyką innych zagrożeń. Do takich metod można zaliczyć inertyzację.

Na rysunku 2 przedstawiono algorytm projektowania inertyzacji zrobów ścian zawałowych. Zgodnie z tym algorytmem, planując inertyzację, należy przygotować dane z projektu eksploatacji:

- warunki geologiczno-górnice;
- prognozę zagrożenia metanowego;
- przewidywaną efektywność odmetanowania;
- system wentylacji ściany eksploatacyjnej;
- strumień objętościowy powietrza płynącego przez ścianę;
- inne.

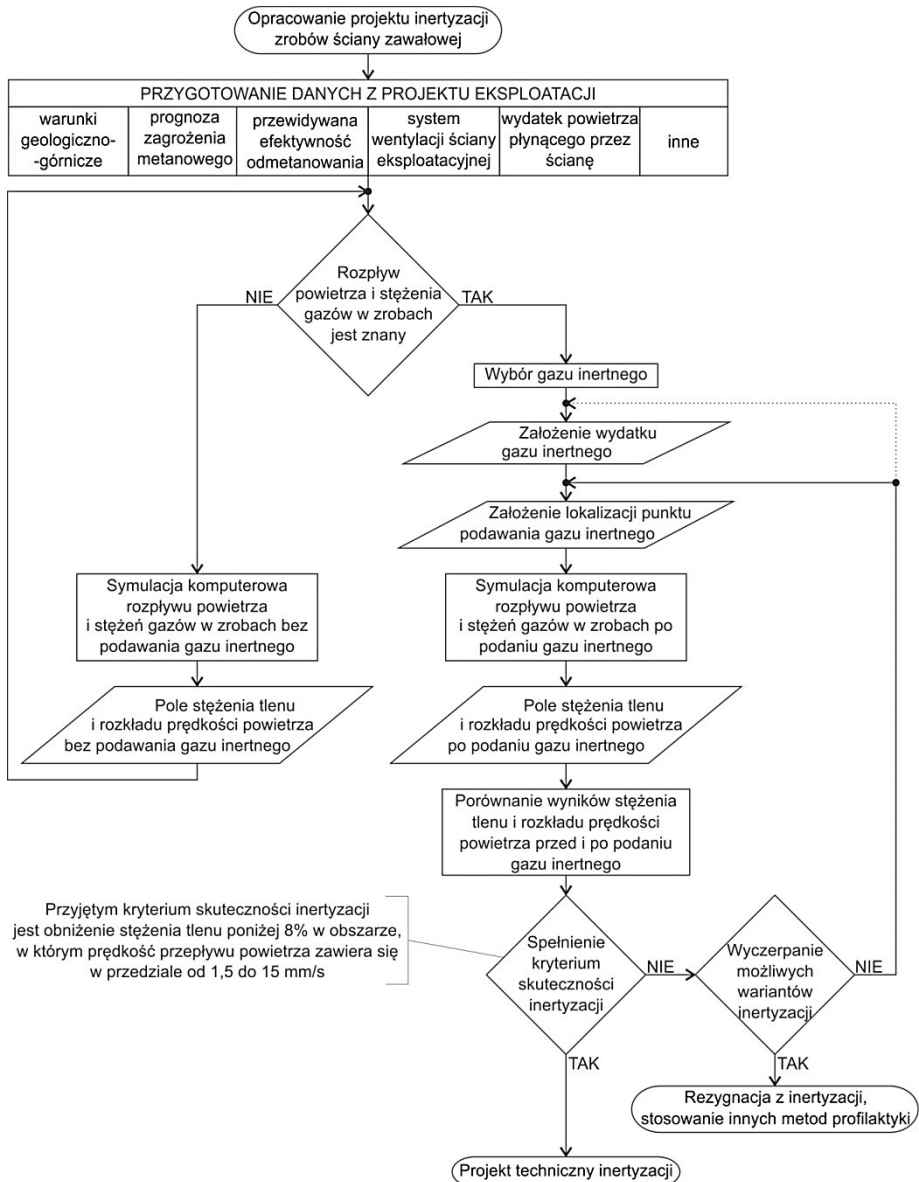
Następnie, w przypadku braku informacji o rozplywie powietrza i stężeniu gazów w zrobach, należy przeprowadzić symulację komputerową, która umożliwi określenie pola stężeń tlenu i rozkładu prędkości powietrza bez podawania gazu inertnego.

Wyznaczone pole stężeń tlenu i rozkład prędkości powietrza bez podawania gazu inertnego będzie wykorzystane jako odniesienie do stanu po zastosowaniu inertyzacji. Jednak przed przeprowadzeniem symulacji komputerowej procesu inertyzacji należy wybrać odpowiedni gaz inertny. W przypadku zrobów ścian zawałowych w trakcie eksploatacji, których dotyczy opracowany algorytm (rys. 2), zgodnie z polskimi przepisami, można rozpatrywać użycie azotu lub dwutlenku węgla. Ze względu na właściwości azotu, właśnie ten gaz jest używany najczęściej, również w opracowanych programach komputerowych [1] przewidziano dopływ tego gazu.

Przy wyborze gazu inertnego, oprócz właściwości gazów, należy zwrócić uwagę na wydajność gazu inertnego, którą będzie można zapewnić. Istotny jest również czas uruchomienia instalacji do inertyzacji oraz możliwości techniczne zastosowania technologii i urządzeń do podawania odpowiedniego gazu.

Po wyborze gazu inertnego należy założyć strumień objętościowy gazu inertnego, który będzie podawany do zrobów. Następnie należy również założyć lokalizację punktu podawania gazu inertnego. Lokalizacja punktu powinna być dobrana w taki sposób, aby kierunek przepływu gazu był zgodny z kierunkiem migracji powietrza w zrobach.

Gaz inertny należy doprowadzić do potencjalnego miejsca samozapalenia węgla w zrobach. Za rejon zagrożony samozapaleniem węgla przyjęto obszar zrobów, gdzie stężenie tlenu jest wyższe od 8% i prędkość przepływu powietrza zawiera się w przedziale od 1,5 do 15 mm/s.



Rys. 2 Algorytm projektowania inertyzacji zrobów ściany zawałowych

Źródło: [1]

W kolejnym kroku należy przeprowadzić symulację komputerową, która umożliwi określenie pola stężeń tlenu i rozkładu prędkości powietrza po podaniu gazu inertnego.

Porównując pola stężeń tlenu i rozkład prędkości powietrza przed i po podaniu gazu inertnego, można stwierdzić, czy podanie gazu inertnego zapewni spełnienie kryterium skuteczności inertyzacji.

## KRYTERIUM OCENY SKUTECZNOŚCI INERTYZACJI

Jako kryterium skuteczności inertyzacji przyjęto obniżenie stężenia tlenu poniżej 8% w obszarze, gdzie prędkość przepływu powietrza zawiera się w przedziale od 1,5 do 15 mm/s.

Należy zaznaczyć, że obniżenie stężenia tlenu poniżej 8% w całym obszarze, w którym prędkość przepływu powietrza zawiera się w przedziale od 1,5 do 15 mm/s, może być trudne, zatem w tabeli 2 przedstawiono propozycję oceny skuteczności inertyzacji. Miarą oceny skuteczności inertyzacji jest zmniejszenie powierzchni części wspólnej obszaru o stężeniu tlenu powyżej 8% oraz tego, w którym prędkość przepływu powietrza zawiera się w przedziale od 1,5 do 15 mm/s, w porównaniu do stanu przed inertyzacją.

Jeżeli kryterium skuteczności inertyzacji jest spełnione, tzn. ocena skuteczności inertyzacji jest co najmniej dostateczna, należy przystąpić do wykonania projektu technicznego inertyzacji. Jednak należy dążyć do tego, aby ocena skuteczności inertyzacji była jak najwyższa. Można to uczynić poprzez zmianę lokalizacji punktu podawania gazu inertnego. Jeżeli nie przyniesie to zamierzonego efektu, należy zwiększyć założony strumień objętościowy gazu inertnego i przeprowadzić symulacje komputerowe dla różnych punktów podawania tego zwiększonego strumienia objętościowego gazu. Gdy możliwe warianty inertyzacji zostaną wyczerpane a skuteczność inertyzacji będzie niewystarczająca, ocena niedostateczna, należy zrezygnować z inertyzacji i stosować inne metody profilaktyki pożarowej.

Tabela 2 Proponowana skala ocen skuteczności inertyzacji

Zmniejszenie powierzchni części wspólnej obszaru o stężeniu tlenu powyżej 8% oraz tego, w którym prędkość przepływu powietrza zawiera się w przedziale od 1,5 do 15 mm/s, w porównaniu do stanu przed inertyzacją	Ocena skuteczności inertyzacji	Uwagi
%	-	-
<80, 100>	bardzo dobra	brak działań
<50, 80)	dobra	zmienić lokalizację punktu podawania azotu i/lub strumień azotu
<20, 50)	dostateczna	zmienić lokalizację punktu podawania azotu i/lub strumień azotu
<0, 20)	niedostateczna	zmienić lokalizację punktu podawania azotu i/lub strumień azotu

Źródło: [1]

## PODSUMOWANIE

- Dla poprawy skuteczności inertyzacji niezbędne jest określenie miejsca podania gazu inertnego oraz jego ilości.



- Dzięki znajomości rozprywu powietrza i gazów w zrobach ściany powstała możliwość właściwego zaprojektowania procesu inertyzacji.
- Opracowane kryteria oceny skuteczności inertyzacji mogą być pomocne przy podejmowaniu decyzji o wyborze tej metody profilaktyki.
- Mając na uwadze to, że inertyzacja może przyczynić się do obniżenia zagrożenia pożarowego w zrobach konieczne jest, już na etapie projektowania eksploatacji, uwzględnienie możliwości doprowadzenia gazu inertnego.

## LITERATURA

1. Piergies K., 2015. Ocena skuteczności inertyzacji zrobów ścian zawałowych w kopalniach węgla kamiennego. Praca doktorska. AGH, Kraków.
2. Szlązak N., Obracaj D., Piergies K., 2011a. Ogólne zasady inertyzacji azotem zrobów czynnej ściany zawałowej. *Górnictwo i Geoinżynieria*, Rok 35, zeszyt 4, s. 131-142.
3. Szlązak N., Obracaj D., Piergies K., 2011b. Podstawy inertyzacji zrobów ścian zawałowych w kopalniach węgla kamiennego. W: *Wybrane zagrożenia aerologiczne w kopalniach podziemnych i ich zwalczanie*, pod red. Nikodema Szlązaka. Kraków, Wydawnictwa AGH, s. 239-259.
4. Pofit-Szczepańska M., 1971. *Chemia palenia*. Wyd. WOSP, Warszawa.
5. Steamexfire, 2017. Steamexfire - Jet inertisation gas generator. Steamexfire BV (Ltd.) spółka zależna Liberty Gasturbine International. Pobrane z: <http://www.steamexfire.com/pagina.30.name.jet-inertisation-for-undergroud-mine-fires.htm>. (25.09.2017 r.).
6. Suchocki S., Florczyk P., 2013. CEN-RAT podaje gaz interny w kopalniach węgla kamiennego. *Kwartalnik Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego S.A.* nr 2 (71) - Czerwiec 2013 r., s. 19-21.
7. Syty J., 2010a. Planowane zastosowanie Generatora Gazów Obojętnych jako narzędzia do likwidacji zagrożenia wybuchowego oraz ograniczenia rozwoju pożaru. *Materiały konferencyjne: Polski Kongres Górniczy 2010, Górnictwo podziemne*, t. 2, Gliwice, 9-10 września 2010, s. 77-88.
8. Syty J., 2010b. Planowane zastosowanie Generatora Gazów Obojętnych jako narzędzia do likwidacji zagrożenia wybuchowego oraz ograniczenia rozwoju pożaru. *Prace naukowe GIG. Problemy współczesnego górnictwa*. Kwartalnik Nr 1/1/2010, Katowice.
9. Szlązak N., Obracaj D., Piergies K., 2013. Porównanie parametrów wytwornicy azotu WA-700 i membranowego generatora azotu typu MGA-750-97. W: *Zagrożenia aerologiczne w kopalniach węgla kamiennego - profilaktyka, zwalczanie, modelowanie, monitoring*. Praca zbiorowa / pod red. Janusza Cygankiewicza i Stanisława Pruska. Katowice: Główny Instytut Górnictwa, s. 214-221.
10. Mason T.N., Tideswell F.V., 1993. Gob fires, part 2, the revival of heatings by inleakage of air. *Paper of Safety in Mines Research Board*, No. 76.
11. Szlązak N., Yuan S., Obracaj D., 2005. Zagrożenie pożarowe w kopalniach węgla kamiennego i metody jego oceny. *Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH*, Kraków.
12. Buchwald P., 2002. Określenie podstawowego kryterium i parametrów oceny skuteczności zastosowania azotu w prewencji pożarów endogenicznych w przestrzeniach otamowanych. Praca doktorska. Politechnika Śląska, Gliwice.
13. Szlązak J., 1980. Wpływ uszczelnienia chodników przyścianowych na przepływ powietrza przez zrob. Praca doktorska. AGH, Kraków.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 03.2018

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 04.2018

## INERTYZACJA ZROBÓW ŚCIAN ZAWAŁOWYCH

**Streszczenie:** W artykule podano cel inertyzacji oraz zwrócono uwagę na istotność określenia miejsca podania gazu inertnego oraz jego ilości. Stwierdzono, że inertyzacja powinna być rozpatrywana już na etapie projektowania eksploatacji. Powinny być uwzględnione techniczne możliwości wytworzenia i doprowadzenia gazu inertnego. Zaznaczono, że dla wskazania obszaru, który należy objąć inertyzacją, pomocne może być określenie rozkładu stężenia tlenu w zrobach ściany zawałowej, przed oraz po zastosowaniu inertyzacji, jak również określenie rozkładu przepływu powietrza w zrobach ściany. Podano zakres rozkładu stężenia tlenu i rozkładu prędkości przepływu powietrza w zrobach ściany zawałowej, który może sprzyjać procesowi samozagrzewania węgla. Rejon ten należy objąć inertyzacją. Opracowano wytyczne inertyzacji zrobów ścian zawałowych. Zaznaczono, że planowanie eksploatacji powinno być procesem wieloetapowym, wymieniono te etapy oraz wskazano ich kolejność. Przedstawiono również algorytm projektowania inertyzacji zrobów ścian zawałowych. W podsumowaniu wskazano, że opracowane kryteria oceny skuteczności inertyzacji mogą być pomocne przy podejmowaniu decyzji o wyborze tej metody profilaktyki.

**Słowa kluczowe:** inertyzacja, algorytm projektowania inertyzacji, ocena skuteczności inertyzacji

## INERTISATION IN GOAF OF LONGWALL WITH CAVING

**Abstract:** The purpose of inertisation and highlights the importance of determining the location of the inert gas and its quantity are depicted in the article. It has been found that inertisation should be considered already at the design stage of coal seam exploitation. The technical possibilities of producing and supplying inert gas should be taken into account. It has been suggested, determine the distribution of oxygen concentration in the goaf of longwall before and after inertization, as well as determine the distribution of airflow in the goaf may be helpful during the process of designing. The range of oxygen concentration distribution and velocity distribution of the air flow in the goaf of longwall, which may favor the process of self-heating of coal, are given. This area should be inertised. Guidelines for inertisation of longwall goaf have been developed. It was noted that the planning of the operation should be a multi-stage process, the steps listed and their sequence indicated. An algorithm for the inertisation of the longwall goaf was also presented. In summary, it was pointed out that the criteria for assessing the effectiveness of inertisation could be helpful in deciding on the choice of this method of prevention.

**Key words:** inertization, inertization design algorithm, evaluation of inertization efficiency

**Nikodem Szlązak**

AGH w Krakowie,  
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska

**Kazimierz Piergies**

AGH w Krakowie  
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Polska