

Stanisław TRENCZEK  
Centrum EMAG, Katowice

## **MOŻLIWOŚCI POPRAWY SKUTECZNOŚCI PROFILAKTYKI PRZECIWPOŻAROWEJ ZA POMOCĄ PIANY ANTYPIROGENICZNEJ W ZROBACH ZAWAŁOWYCH ŚCIANY, PROWADZONEJ W WARUNKACH ZAGROŻEŃ SKOJARZONYCH**

**Streszczenie.** W artykule omówiono przypadek eksploatacji ściany zawałowej w warunkach występowania zagrożeń skojarzonych, z których zagrożenie pożarem endogenicznym było dominujące. Szczególne podejście do zwalczania tego zagrożenia wymagało zastosowania niekonwencjonalnych środków i technologii. Przedstawiono sposób doboru odpowiedniego środka chemicznego i zmodyfikowania technologii jego podawania. Pokazano, że dzięki temu zagrożenie pożarem endogenicznym nie wystąpiło, a przez to obniżył się poziom zagrożeń skojarzonych.

## **OPPORTUNITIES TO IMPROVE FIRE PROTECTION EFFECTIVENESS WITH THE USE OF NON-PYROGENOUS FOAM IN CAVINGS OF THE WALL IN ASSOCIATED HAZARDS CONDITIONS**

**Summary.** This article is to describe the exploitation of caving wall in associated hazards conditions, in which endogenous fire hazard prevailed. The specific approach to handle such hazards required application of non-conventional means and technologies. Proper selection method for chemical agent and how to modify technology of its application is explained here. It has been proven that the endogenous fire hazard was not present, also associated hazards level decreased.

### **1. Wprowadzenie**

Jednym z zagrożeń naturalnych, które towarzyszą eksploatacji pokładów węgla skłonnych do samozapalenia, jest zagrożenie pożarem endogenicznym. W przypadku takiej eksploatacji zawałowej, której towarzyszy przedostawanie się do zrobów węgla (np. z wyżej leżącego nie-

wyeksplotowanego pokładu, z pozostawianej półki węgla przy eksploatacji dolnej warstwy pokładu lub z „przypinanej” półki węgla w rejonie zaburzeń tektonicznych) zagrożenie to wzrasta [1,2,5].

Znanych jest wiele sposobów zwalczania zagrożenia pożarem endogenicznym z wykorzystaniem środków chemicznych lub mineralnych [6,7,8], przy czym inne sposoby są stosowane, gdy zagrożenie to jest jedynym występującym zagrożeniem a inne, gdy istnieje koincydencja zagrożeń. Znalezienie uniwersalnego rozwiązania, przy coraz częściej występujących zagrożeniach skojarzonych, jest niezwykle trudne, tym bardziej, że dążenie do ekonomicznej eksploatacji wymaga koncentracji wydobycia przy zastosowaniu wysoko wydajnych kompleksów ścianowych, co z kolei ogranicza możliwości techniczno-organizacyjne prac profilaktycznych. A więc nie zawsze da się pogodzić prace profilaktyczne prowadzone w celu zwalczania odrębnie każdego z zagrożeń. Dlatego też w przypadku eksploatacji zawałowej w warunkach zagrożeń skojarzonych środki profilaktyczne dobierane są indywidualnie dla każdej ściany. Jednak w każdym przypadku ważne jest podporządkowanie profilaktyki do zagrożenia dominującego, którym w omawianym przypadku było zagrożenie pożarem endogenicznym.

Skutecznym środkiem zmniejszającym zagrożenie pożarem endogenicznym, bez względu na liczbę występujących zagrożeń naturalnych, jest zastosowanie antypirogenów. Na podanym przykładzie przedstawiono sposób doboru odpowiedniego rodzaju ekranu antypirogenowego dla ścian zawałowych o różnych warunkach przedostawania się węgla do zawału tych ścian, prowadzących eksploatację przy występowaniu zagrożeń skojarzonych.

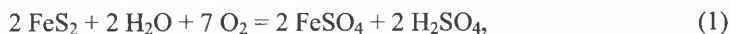
## **2. Sposoby zastosowania antypirogenów do profilaktyki przeciwpożarowej**

Antypirogeny znajdują zastosowanie w zwalczaniu zagrożenia pożarem endogenicznym ze względu na ich zdolność do zmniejszania skłonności węgla do samozapalenia [3,9], tj. ze względu na:

- zmniejszanie sorpcyjności tlenu przez węgiel,
- opóźnianie procesu utleniania węgla.

Są to podstawowe czynniki wykorzystywane do ukierunkowywania profilaktyki przeciwpożarowej. Im powierzchnia węgla, na którą działa antypirogen, jest większa, tym skuteczniejsze jest przeciwdziałanie jego samozagrzewaniu. Trzeba przy tym dodać, że proces samozagrzewania węgla jest bardzo złożony [5]. Wpływ na to mają złożony charakter

substancji węglowej oraz oddziaływanie na nią innych substancji mineralnych i wilgoci. Jedną z najstarszych i najbardziej rozpowszechnionych teorii samozagrzewania oparta jest na zdecydowanym wpływie pirytu (zawartego w węglu) na ten proces - teoria zwana „pirytową” - który reaguje wg wzoru:



przy czym reakcji tej towarzyszy wydzielanie się dużej ilości ciepła, które jest źródłem wzrostu temperatury węgla. W przypadku rozdrobnionego węgla znacząco wzrasta jego powierzchnia, przez co proces samozagrzewania ma znacznie większe możliwości rozwoju przy istniejącym dopływie tlenu.

Antypirogeny mają działanie fizykochemiczne lub czysto chemiczne. Stanowią one dosyć liczną grupę, do której zaliczają się: kaolin, bentonit,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2 \text{C}_2\text{O}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ ,  $\text{MnSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Np}_2 (\text{SO}_4)_2$ ,  $\text{NaHSO}_4$ ,  $\text{N}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{N}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{PO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Na}(\text{OH})$ ,  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Np}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ ,  $(\text{NH}_2)_2\text{CS}$ ,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$  oraz poliokryloamid „Gigitar” modyfikowany żywicą.

Substancje te traktowane są czasami jako inhibitory, a czasami jako katalizatory. Zależne to jest np. od metodyki badań jak i od stężeń badanych substancji.

O możliwościach zastosowania antypirogenów w praktyce przemysłowej zdecydowały ich: powszechność dostępu, nietoksyczność, efektywne działanie przy niskich stężeniach, niska cena, prostota technologicznego zastosowania. Najpowszechniejsze zastosowanie do zwalczania zagrożenia pożarowego w górnictwie węgla kamiennego znalazły:

- chlorek wapnia –  $\text{CaCl}_2$ ,
- chlorek sodowy –  $\text{NaCl}$ ,
- mocznik –  $\text{H}_2\text{NCONH}_2$ ,

które można nabyć bez większych problemów za stosunkowo niską cenę.

Najstarsza technologia stosowania antypirogenów to tzw. technologia „na sucho”, która polega na wysypywaniu odpowiednich środków na spąg wyrobiska ścianowego. Badania wykazały [10], że skuteczność działania powyższych antypirogenów w warunkach laboratoryjnych jest znacząca. Pomimo tego praktyczne stosowanie tej technologii nie jest zbyt duże. Powszechnie stosowana obudowa zmechanizowana ścian powoduje, że po dokonaniu przekładki obudowy tylko niewielka część antypirogenów, wyspanych wcześniej na spąg ścieżki ścianowej, może mieć w zrobach kontakt z węglem przedostającym się do

tych zrobów z wyżej leżącego pokładu lub z pozostawianej półki węglowej (w przypadku eksploatacji dolnej warstwy pokładu) lub też z łąty (półki) węgla przypinanej z przyczyn technologicznych (w rejonie zaburzeń tektonicznych).

W ostatnich latach ze względu na małą efektywność tej technologii wprowadzono inną technologię stosowania antypirogenów [10], zwaną technologią „na mokro”. Polega ona na podawaniu antypirogenów bezpośrednio do zrobów w formie płynnej, tj. na włączaniu do zrobów pian wodnych z dodatkiem antypirogenów. Roztwór, z którego uzyskuje się pianę wodną, stanowić mogą np.:

- 5 % ciężkiej piany strażackiej typu Reteor (produkcji polskiej) lub typu Silv-Ex (produkcji francuskiej),
- 75 ÷ 90 % wody,
- 20 ÷ 5 % jednego z następujących antypirogenów:
  - chlorek wapnia –  $\text{CaCl}_2$ ,
  - chlorek sodowy –  $\text{NaCl}$ ,
  - mocznik –  $\text{H}_2\text{NCONH}_2$ ,
  - kwaśny węglan sodowy –  $\text{NaHCO}_3$ ,
  - fosforan amonowy –  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,
  - preparat CaBO.

Badania nad skutecznością tych antypirogenów wykazały [10], że najskuteczniejszy z nich jest mocznik, a w dalszej kolejności chlorek sodowy, preparat CaBO, fosforan amonowy, chlorek wapnia i kwaśny węglan sodowy. Próby zwiększenia skuteczności antypirogenów doprowadziły do modyfikacji antypirogenicznych pian wodnych, w których początkowo zastąpiono jeden antypirogen mieszaniną dwu lub trzech antypirogenów (bentonit special i mocznik; bentonit special, mocznik i kwaśny węglan sodowy; bentonit special, mocznik i węglan sodowy), a następnie dodano także środki żelujące typu Pollocel AS-2/90W lub silikażel.

Roztwór bezzelowy to np.:

- 5 % ciężkiej piany strażackiej typu Reteor lub typu Silv-Ex,
- 73 ÷ 76 % wody,
- 22 ÷ 19 % mieszaniny antypirogenów.

Natomiast w przypadku roztworu z dodatkiem żelu roztwór pianowy zawiera proporcje podobne do powyższych, a żel stanowi np. 0,2 % całości. Dzięki niemu uzyskuje się lepsze właściwości spieniające.

Ze względu na małą konsystencję pian wodnych ich penetracja w zrobach jest niezbyt duża. Dlatego też od roku 2001 prowadzono próby z piankami chemicznymi jako „nośnikami” antypirogenu.

W światowym górnictwie pianki chemiczne stosowane są od prawie czterdziestu lat. Natomiast w polskim górnictwie początek stosowania pianek chemicznych to druga połowa lat osiemdziesiątych [6], kiedy stosowana była „piana samoutwardzalna” (produkowana przez Zakłady Chemiczne „Kędzierzyn – Koźle”). Z początkiem lat dziewięćdziesiątych na rynek weszły pianki zagraniczne: najpierw Isoschaum firmy Schaum – Chemie, później Iglonaige – firmy Weber, a w dalszym okresie również innych firm zagranicznych i polskich. Pianki chemiczne ze względu na komponenty potrzebne do ich wytworzenia dzieli się na:

- pianki mocznikowo-formaldehydowe,
- pianki fenolowo-formaldehydowe.

Pierwsze próby wykorzystania pian jako „nośników” antypirogenów Główny Instytut Górnictwa przeprowadził z Izopianą<sup>®</sup> P (ekonomiczną) z grupy mocznikowo-formaldehydowej, a z antypirogenów do prób wybrane zostały: kaolin i mocznik. Antypirogeny były dodawane do komponentów tworzących Izopianę<sup>®</sup> P (ekonomiczną) już w trakcie ich produkcji. Próby zakończone zostały we wrześniu 2001r. opinią atestacyjną AT-144/2001, na podstawie której, a także wcześniejszej opinii atestacyjnej, Izopiana<sup>®</sup> P Antypirogeniczna uzyskała (jako pierwsza) dopuszczenie Wyższego Urzędu Górniczego do stosowania w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych jako dwuskładnikowa pianka mocznikowo-formaldehydowa. W kolejnych latach prowadzono również próby z innymi piankami chemicznymi: Wisofoamem (z grupy mocznikowo-formaldehydowej) i Crylamexem DG (z grupy fenolowo-formaldehydowej), które również uzyskały dopuszczenie WUG.

Na Izopianę<sup>®</sup> P Antypirogeniczną składają się [4]:

- komponent A – roztwór żywicy, tj. roztwór wodny żywicy mocznikowo-formaldehydowej ze specjalnymi dodatkami i modyfikatorami, w którym zawartość części stałych wynosi np. 41 %, lepkość wynosi od 9 do 25 m PaS (cP), gęstość wynosi np. 1,17 g/cm<sup>3</sup>, a wartość pH mieści się w przedziale 7 ÷ 8,
- komponent B – roztwór spieniający, tj. wodny roztwór o kwaśnym odczynie z dodatkiem środka powierzchniowo – czynnego, w którym zawartość części stałych wynosi np. 3 %, lepkość wynosi np. 2,2 m PaS (cP), gęstość wynosi np. 1,02 g/cm<sup>3</sup>, a wartość pH wynosi 1,5.

Jej podstawowe właściwości to: bardzo dobre własności uszczelniająco – wypełniające, stabilność struktury, wodoodporność, ściśliwość do 90 %, odporność na działanie temperatury do 110° C, nieprzenoszenie płomienia, niepodtrzymywanie płomienia, brak żarzenia się. Istotne jednak są właściwości dodatkowe Izopiany® P Antypirogenicznej, które powodują, że:

- w kontakcie z węglem dezaktywuje jego powierzchnię,
- obniża skłonność węgla do samozapalenia o jedną grupę samozapalności,
- wydłuża okres inkubacji pożaru endogenicznego o kilkanaście procent.

Przy stosowaniu każdej z pian antypirogenicznych należy jednak pamiętać, że ze względu na możliwość sedymentacji antypirogenów znajdujących się w komponentach przed wykorzystaniem ich do wytworzenia pianki należy je wstrząsnąć. Pozwoli to na równomierne ich rozłożenie się w wytwarzanej piance, a co za tym idzie również w miejscu jej przeznaczenia.

### **3. Optymalizacja profilaktyki „antypirogenicznej” przy eksploatacji zawałowej**

Jak już wcześniej wspomniano, o skuteczności stosowania antypirogenów w zwalczaniu zagrożenia pożarem endogenicznym decydować będzie technologia ich stosowania. W przypadku zastosowania pian chemicznych jako „nośnika” antypirogenu o skuteczności i kosztach profilaktyki decydować będzie dobór sposobu rozprowadzania antypirogenów w zrobach ściany zawałowej. Profilaktyka taka może być za droga, gdy piana stosowana będzie zbyt często, a może też być nieskuteczna, gdy stosowana będzie zbyt rzadko. Dlatego też niezwykle ważna jest optymalizacja profilaktyki antypirogenowej, która musi uwzględniać:

- wyznaczony (laboratoryjnie) okres inkubacji samozagrzewania węgla tego pokładu, który przedostawać się będzie do zrobów (jeden pokład lub kilka),
- wyniki badań wpływu antypirogenu na próbkę tego samego węgla (jednego lub kilku),
- postęp dobowy danej ściany,
- sposób przewietrzania ściany,
- wpływ innych zagrożeń na wzrost zagrożenia pożarowego,
- warunki organizacyjno – ruchowe obowiązujące w danej ścianie.

### 3.1. Wpływ zagrożeń skojarzonych na warunki techniczno-organizacyjne

Zgodnie z obowiązującą normą [9] węgiel pokładu przewidywanego do eksploatacji badany jest pod względem skłonności do samozapalenia. Określany jest też dla niego okres inkubacji. Badania te wykonywane są wg opracowanej przez Główny Instytut Górnictwa metody testu adiabatycznego.

Dla pokładu, w którym prowadzona ma być eksploatacja z pozostawianiem węgla w zawale, badania powinny objąć:

- węgiel pokładu eksploatowanego – w przypadku planowanego pozostawiania węgla przypinanego w stropie np. w rejonie uskołu lub na przegięciu pokładu albo węgla z półki pozostawianej w stropie przy eksploatacji dolnej warstwy pokładu (warstwy przyspagowej),
- węgiel niewyeksplorowanego pokładu wyżej leżącego, który dostaje się do zawału (zrobów) ściany eksploatowanej w przypadku odległości  $L_{kr}$  pomiędzy tymi pokładami nie większej niż

$$L_{kr} = 2h_{sc}, \quad (2)$$

gdzie  $h_{sc}$  to wysokość, na jaką prowadzi się eksploatację ścianą zawałową, do której przedostaje się węgiel z wyżej leżącego pokładu.

Często się jednak zdarza, że ze względu na brak dostępności do węgla pokładu wyżej leżącego badaniom poddawany jest tylko węgiel pokładu eksploatowanego.

Badania próbek węgla przeprowadzane przez Główny Instytut Górnictwa mają oznaczyć wskaźnik samozapalności, energię aktywacji utleniania węgla oraz grupę skłonności do samozapalenia. W dalszej kolejności określony być musi wpływ antypirogeny na próbkę węgla danego pokładu. W tym celu tę samą próbkę węgla pokrywa się pianką chemiczną wzbogaconą środkami antypirogenicznymi, a następnie ponownie poddaje się ją takim samym jak poprzednio badaniom.

Jako przykład doboru odpowiedniej profilaktyki antypirogenowej posłużyć może eksploatacja ściany  $X$ , prowadzona systemem podłużnym z zawałem stropu w pokładzie grupy siodłowej, przy występowaniu zagrożeń skojarzonych:

- III stopień zagrożenia tąpnięciami - przy średnio 2 – 5 wysokoenergetycznych wstrząsach na dobę,
- III kategoria zagrożenia metanowego – przy wentylacyjnym odprowadzaniu 4,0 – 9,6  $m^3CH_4/min$ , ściana i wyrobiska przyścianowe zaliczone do pomieszczeń ze stopniem „c” niebezpieczeństwa wybuchu,

- klasa B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego,
- II stopień zagrożenia wodnego,
- III grupa skłonności do samozapalenia,
- II poziom krytyczny zagrożenia temperaturowego.

W ścianie o długości 260m i wysokości 3,0 m wydobyte prowadzono przez ok.  $20 \div 22$  godzin/dobę – z postępowaniem 4 m/dobę – a pozostały czas wykorzystywano na przekładkę przenośnika podścianowego, drobne remonty i konserwacje, rabowanie chodników przyścianowych.

Przykładową ścianę  $X$  przewietrzano homotropowo systemem na  $U$  dwustronnie po całiznie - najlepszym z uwagi na zagrożenie pożarem endogenicznym. Również jej miesięczny postęp - ok. 80 m - sprzyjał minimalizacji zagrożenia pożarowego. Jednakże istniejący wpływ pozostałych zagrożeń oraz:

- objęcie ściany i chodników przyścianowych strefą szczególnego zagrożenia tapaniami z wyznaczonym ilościowym limitem zatrudnienia w strefie – 5 pracowników na czas pracy kombajnu (ok.  $20 \div 22$  godzin na dobę), 8 pracowników na czas postoju ściany (ok.  $2 \div 4$  godzin na dobę),
- przedostawanie się do zrobów węgla pokładu wyżej leżącego – o grubości ok.  $0,3 \div 0,8$ m, sklasyfikowanego do III grupy samozapalności

czyniły to zagrożenie dominującym.

Ograniczenie ilości załogi zatrudnionej podczas doby (w dniach pracy) uniemożliwiało systematyczne prowadzenie prac z zakresu profilaktyki przeciwpożarowej. Na realizację tych prac pozostawały jedynie dni wolne od pracy – soboty i niedziele, przez co musiały być tak zaplanowane, by skutek ich działania objął odpowiedni okres.

### 3.2. Wybór profilaktyki antypirogenowej

Główny Instytut Górnictwa opracował trzy typy ekranów antypirogenowych [10], jako typy podstawowe.

#### 1) Ekran w formie pasa liniowego

Jest to najprostszy typ ekranu charakteryzujący się pewnością utrzymania ciągłości pianki podawanej na całą szerokość zrobów (równą długości ściany) – rys. 1a. Linia tworzona przez piankę w zrobach tworzy linię prostą, równoległą do linii frontu ściany. Pas taki można wykonać tylko podczas postoju ściany, a praktyka pokazuje, że w ciągu jednej zmiany, przy wykonywaniu go jedną brygadą można wykonać pas o długości ok.  $70 \div 80$ m. Zatem przy



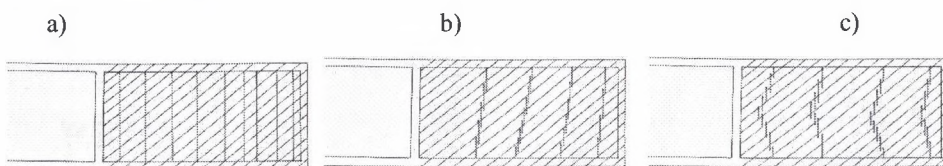
najczęściej spotykanych ścianach o długości ok. 250m na wykonanie pasa liniowego potrzeba co najmniej trzech zmian. Kolejne pasy liniowe wykonuje się we wzajemnych odległościach dostosowanych do wyznaczonego okresu inkubacji pożaru dla węgla przedostającego się do zrobów. Najczęściej wynosi ona ok.  $20 \div 30$ m.

### 2) Ekran w formie pasa ustępliwego

Zasada wykonania tego typu ekranu polega na podzieleniu całej długości ściany na kilka ( $4 \div 6$ ) odcinków z co najmniej kilkumetrową strefą zazębienia się – rys. 1b. Z wybranego chodnika przyścianowego wykonuje się jednorazowo odcinek pasa ustępliwego o ustalonej długości (np.  $30 \div 40$ m) – najczęściej w ciągu dwóch, trzech godzin danej zmiany. Drugi odcinek pasa ustępliwego wykonuje się po przesunięciu się frontem ściany o ok.  $1 \div 1,5$ m. Najczęściej ma to miejsce po jednej pełnej zmianie wydobywczej. Podobnie wykonuje się kolejne odcinki pasa ustępliwego. Linia tworzona przez piankę w zrobach tworzy linię prostą, ukośną do linii frontu ściany. Odstęp między kolejnymi pasami ustępliwymi również powinny być dostosowane do okresu inkubacji pożaru dla węgla przedostającego się do zawału i również wynosi (najczęściej) ok.  $20 \div 30$ m.

### 3) Ekran w formie pasa stożkowego

Pas taki wykonuje się odcinkami długości ok.  $30 \div 40$ m, przy czym rozpoczyna się go równocześnie z chodników przyścianowych lub posobnie. Kolejne odcinki – również równocześnie lub posobnie – wykonuje się po przesunięciu się frontu ściany o ok.  $1 \div 1,5$ m z zachowaniem zasady ich zazębienia się – rys. 1c. Ostatni odcinek – środkowy – wykonuje się jako ostatni i stanowi on zamknięcie pasa. Linia tak wykonanego pasa przyjmuje formę stożka. Podobnie jak poprzednio odległość pomiędzy kolejnymi liniami stożka dostosowana jest do wyznaczonego okresu inkubacji dla węgla przedostającego się do zawału i zazwyczaj wynosi ok.  $20 \div 30$ m.



Rys. 1. Przykłady ekranów antypirogenowych o formie pasa: a) liniowego, b) ustępliwego, c) stożkowego

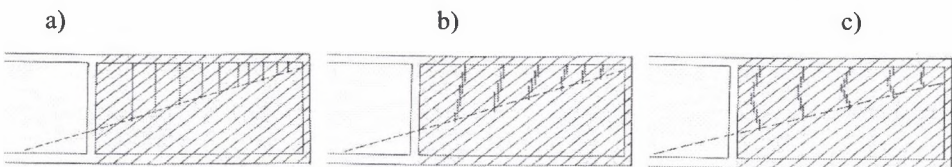
Dobór jednego z typów ekranów antypirogenowych zależy jest od tego w jaki sposób węgiel przedostaje się do zawału. Z dotychczasowych znanych uwarunkowań rozróżnia się następujące typy przedostawanie węgla:

- w zależności od czasu trwania:

- stałe, tj. na całym wybiegu ściany,
- okresowe, tj. albo tylko na konkretnym odcinku wybiegu ściany (np. przechodzenie przez uskok lub pod pozostawionym filarem), albo na kilku takich odcinkach,
- w zależności od miejsca przedostawania:
  - całofrontowe, tj. o szerokości równej długości ściany,
  - lokalnfrontowe, tj. tylko na pewnym odcinku lub pewnych odcinkach długości frontu ściany.

W przypadku gdy węgiel przedostaje się do zawału w warunkach całofrontowych w sposób stały lub znacząco okresowy przedstawione trzy typy ekranów antypirogenowych wyczerpują w tym zakresie potrzeby profilaktyki przeciwpożarowej.

W przypadku gdy węgiel do zawału przedostaje się stale lub okresowo, lecz tylko na pewnym odcinku, czy też pewnych odcinkach długości ściany, tj. lokalnfrontowo, zastosowanie dla celów profilaktyki przeciwpożarowej jednego z tych typów ekranów antypirogenowych jest ekonomicznie nieuzasadnione. Mimo że koszt pianki antypirogenicznej jest stosunkowo nieduży, to podawanie jej w miejsca tego nie wymagające powoduje niepotrzebny wzrost kosztów profilaktyki: koszt jej użycia oraz koszty robocizny związane z wykonywaniem ekranu. Dlatego też konieczne jest zastosowanie jednego z typów ekranów w odmianie schodkowej – rys. 2a, b, c.

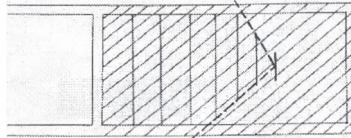


Rys. 2. Przykłady ekranów antypirogenowych o formie pasa: a) liniowo-schodkowego, b) ustępliwego-schodkowego, c) stożkowo-schodkowego

Przykładem doboru optymalnego typu ekranu [11] jest ekran zastosowany w zrobach wspomnianej ściany *X*, do zawału której – jak już wspomniano – miał przedostawać się węgiel nadległego, niewyeksplotowanego pokładu dopiero po ok. połowie wybiegu ściany (czyli okresowo) i to tylko na pewnym (zwiększającym się) odcinku długości ściany (czyli lokalnfrontowo), o nierównoległym przebiegu jego krawędzi (pokładu nadległego) do frontu ściany. Zagrożony obszar miał formę asymetrycznego klina, rozszerzającego się w II etapie eksploatacji.

Ze względu na zagrożenie tapaniami i występującą w związku z tym strefą szczególnego zagrożenia tapaniami w rejonie ścian *X*, ograniczającą liczbę załogi zatrudnionej w ścianie

wykonywanie pasów ustępliwych lub stożkowych było praktycznie niemożliwe. Cykl eksploatacyjny nie pozwalał bowiem na dwu-, trzygodzinne przerwy w wydobywaniu (co drugą zmianę) i wycofanie ze ściany takiej liczby załogi, w zamian za którą w ścianie mogłaby przebywać brygada wykonująca ekran antypirogenowy. Dlatego też jedynym typem pasa możliwym do wykonania był pas liniowy. Z uwagi na ukośne usytuowanie krawędzi pokładu nadległego oraz wspomniane wcześniej aspekty ekonomiczne ekran w formie typowego pasa liniowego również nie znajdował tutaj swego uzasadnienia. Zatem w II etapie eksploatacji przykładowej ściany *X* zalecono zastosowanie ekranu antypirogenowego w zmodyfikowanej formie pasa liniowego, a mianowicie w formie pasa liniowo - schodkowego – rys. 3.



Rys.3. Ekran w formie pasa liniowo-schodkowego w ścianie *X*

Aby taki ekran antypirogenowy był skuteczny, przestrzegane muszą być dodatkowe uwarunkowania, a mianowicie:

- wykonywanie ekranu antypirogenowego musi być rozpoczęte na ok.  $6 \div 10$ m od wejścia ścianą w II etap eksploatacji; spowodowane to jest tym, że węgiel pokładu nadległego ulega spękaniu i rozkruszeniu wskutek ciśnienia eksploatacyjnego, przez co węgiel ten, mając możliwość przedostawania się do zrobów, przemieszczać się będzie właśnie w tym kierunku,
- ekran antypirogenowy musi być obejmować swym zasięgiem co najmniej 10-metrową strefę ochronną, tzn. musi przechodzić o co najmniej 10 m poniżej faktycznie występującej krawędzi.

Przy analizowaniu kosztów wykonywania ekranów antypirogenowych pod kątem efektywności profilaktyki trzeba rozpatrywać skłonność do samozapalenia węgla przedostającego się do zawału w stosunku do skłonności do samozapalenia węgla eksploатовanego pokładu. Istotą tego jest by przy jak najmniejszych kosztach osiągnąć jak najlepszy skutek. Dlatego też:

- Jeżeli węgiel pokładu eksploатовanego i węgiel pokładu przedostającego się do zawału posiadają taką samą grupę samozapalności, wzajemna odległość ekranów powinna wynosić  $30 \div 40$ m.

- Jeżeli grupa samozapalności węgla pokładu eksploatowanego jest niższa od grupy samozapalności węgla pokładu przedostającego się do zawału, wzajemna odległość ekranów powinna wynosić  $25 \div 35\text{m}$ .
- Jeżeli grupa samozapalności węgla pokładu eksploatowanego jest wyższa od grupy samozapalności węgla pokładu przedostającego się do zawału, wzajemna odległość ekranów powinna wynosić  $35 \div 45\text{m}$ .

W omawianym przykładzie ekran antypirogenowy wykonywano co ok. 40 m (co drugą soboto-niedzielę).

Przez cały okres stosowania ekranów antypirogenowych wskaźnik Grahama dla prób gazów pobieranych ze zrobów ściany  $X$  dla wczesnego wykrywania pożarów endogenicznych nie przekroczył wartości  $G = 0,0030$ , co świadczy o skutecznie przeprowadzonej profilaktyce przeciwpożarowej.

#### 4. Podsumowanie

1. Zastosowanie antypirogenów w profilaktyce przeciwpożarowej powoduje zmniejszanie sorpcyjności tlenu przez węgiel, co jest jednym z najskuteczniejszych czynników zwalczania samozagrzewania węgla.
2. O zastosowaniu antypirogenów w górnictwie decydują:
  - powszechność dostępu,
  - nietoksyczność,
  - efektywne działanie przy niskich stężeniach,
  - niska cena,
  - prostota technologicznego zastosowania.
3. Z bardzo licznej grupy antypirogenów najpowszechniejsze zastosowanie w rodzimym górnictwie, znalazły:
  - chlorek wapnia –  $\text{CaCl}_2$ ,
  - chlorek sodowy –  $\text{NaCl}$ ,
  - mocznik –  $\text{H}_2\text{NCONH}_2$ ,które wykorzystywane są w technologiach „na sucho”.

4. Mała efektywność antypirogenów przy stosowanej technologii „na sucho” spowodowała wprowadzenie technologii „na mokro”, polegającej na podawaniu antypirogenów bezpośrednio do zrobów w formie płynnej.
5. Jedną z odmian technologii „na mokro” jest podawanie do zrobów pianki chemicznej zawierającej dodatki antypirogenów.
6. Badania próbek węgla przeprowadzone z zastosowaniem pianki chemicznej typu Izopiana® P Antypirogeniczna wykazały, że dzięki niej skłonność węgla do samozapalenia obniżono o jedną grupę.
7. O skuteczności zastosowania antypirogenów do zwalczania zagrożenia pożarem endogenicznym w zrobach ścian zawałowych decydować będzie sposób, w jaki „nośnik” antypirogenów rozprowadzi je w zrobach.
8. Optymalizacja profilaktyki antypirogenicznej musi uwzględniać:
  - wyznaczony (laboratoryjnie) okres inkubacji samozagrzewania węgla tego pokładu, który przedostawać się będzie do zrobów (jeden pokład lub kilka),
  - pozytywne wyniki badań wpływu antypirogenu na próbkę tego samego węgla tego samego pokładu (jednego lub kilku),
  - postęp dobowy danej ściany,
  - sposób przewietrzania ściany,
  - wpływ innych zagrożeń na wzrost zagrożenia pożarowego,
  - warunki organizacyjno – ruchowe obowiązujące w danej ścianie,
  - grupy samozapalności węgla eksploatowanego i przedostającego się do zawału.
9. Najskuteczniejszym sposobem podawania antypirogenów jest wykonywanie ekranów antypirogenowych, stanowiących pewnego rodzaju ciągły pas pianki podawanej do zrobów za sekcje obudowy ścianowej. Podstawowymi typami ekranów są:
  - ekran w formie pasa liniowego,
  - ekran w formie pasa ustępliwego,
  - ekran w formie pasa stożkowego,jednakże ze względu na różne uwarunkowania występujące przy przedostawaniu się węgla do zawału każdy z tych ekranów może być stosowany w odmianie schodkowej.
10. Stosowanie pianek antypirogenicznych na całym wybiegu ściany w sposób nieodpowiedni może być:
  - za drogie, gdy stosowane będą zbyt często,
  - nieskuteczne, gdy stosowane będą zbyt rzadko,

dlatego też istotne jest, by wzajemna odległość ekranów dostosowana została do grupy samozapalności węgla pokładu eksploatowanego i węgla przedostającego się do zawału.

## LITERATURA

1. Budryk W.: Pożary podziemne. WGH, Katowice 1956.
2. Bystron H., Jaron S., Kołodziejczyk B., Markefka P., Strumiński A.: Pożary podziemne. Poradnik Górnika T.3, DZ. III. „Śląsk”, Katowice 1974.
3. Cygankiewicz J.: Oznaczenie skłonności węgla do samozapalenia metodą kalorymetryczną. Materiały Międzynarodowej Konferencji nt. Najnowsze osiągnięcia w zakresie przewietrzania kopalń oraz zwalczania zagrożeń pożarowych, gazowych i klimatycznych. GIG, Katowice 1994.
4. Instrukcja stosowania dwuskładnikowej piany mocznikowo – formaldehydowej typu Izopiana® P Antypropienowa oraz wymagane warunki i środki bezpieczeństwa. Dokumentacja Nr SChM – 010/01, Mikołów 2001.
5. Maciejasz Z., Kruk F.: Pożary podziemne w kopalniach Cz. I. „Śląsk”, Katowice 1997.
6. Matuszewski K., Trenczek S.: Środki chemiczne do uszczelniania zrobów, wypełniania pustek i konsolidacji górotworu w kopalniach węgla kamiennego. Wiadomości Górnicze nr 1, 1998.
7. Matuszewski K., Trenczek S.: Środki mineralne do wypełniania pustek w górotworze w kopalniach węgla kamiennego. Wiadomości Górnicze nr 11, 1997.
8. Matuszewski K., Trenczek S.: Uwarunkowania wpływające na dobór właściwych urządzeń i sprzętu do wytwarzania i podawania środków mineralnych i chemicznych w profilaktyce pożarowej, metanowej i klimatycznej. Materiały Międzynarodowej Konferencji nt. Najnowsze osiągnięcia w zakresie przewietrzania kopalń oraz zwalczania zagrożeń pożarowych, gazowych i klimatycznych. GIG, Katowice 1999.
9. Polska Norma PN-93/G-04558. Oznaczenie wskaźnika samozapalności.
10. Praca zbiorowa: Przeprowadzenie badań oraz opracowanie założeń technicznych i instrukcji stosowania piany chemicznej z antypropienem oraz pian wodnych z antypropienem w celu zwalczania zagrożenia pożarem endogenicznym dla warunków ściany zawałowej. Dokumentacja pracy badawczo – usługowej nr 411-3869 2-113. GIG, Katowice 2002.
11. Trenczek S.: Dostosowanie profilaktycznej Izopiany® Antypropienowej do warunków ściany zawałowej prowadzonej w zagrożeniach skojarzonych. Dokumentacja „Schaum – Chemie”, Katowice 2002, niepublikowane.

Recenzent: Dr hab. inż. Józef Sułkowski, prof. Pol. Śl.