

Zwilżacze jako element pyłowej profilaktyki przeciwwybuchowej w polskim górnictwie węgla kamiennego

Wetting agents as the element of dust explosion-proof prevention in the Polish mining industry



*Dr hab. inż. Krzysztof Cybulski,
prof. GIG**



*Mgr inż. Aneta Wieczorek**



*Mgr inż. Bogdan Malich**

Treść: Walka z zagrożeniem wybuchem pyłu węglowego opiera się na stosowaniu pyłowej profilaktyki przeciwwybuchowej. Jedną, z linii obrony, przynoszącą bardzo dobre rezultaty jest neutralizacja pyłu węglowego poprzez zraszanie i zmywanie wodą. Na skuteczność tych działań ogromny wpływ ma zjawisko zwilżalności pyłu węglowego. Pyły węglowe występujące w większości polskich kopalń są pyłami trudno zwilżalnymi, co spowodowane jest zbyt dużym napięciem powierzchniowym wody. Aby uzyskać odpowiednią skuteczność zmywania oraz zraszania należy stosować środki powierzchniowo czynne, tzw. zwilżacze. W artykule omówiono zjawisko zwilżalności pyłów węglowych oraz sposób działania i właściwości dostępnych na polskim rynku zwilżaczy.

Abstract: The struggle with the threat of coal dust explosion is based upon the usage of dust counter-explosive prevention. One of the lines of defense, which brings very good results, is the neutralization of coal dust through sprinkling and washing with water. The phenomenon of coal dust wettability has an enormous impact on the effectiveness of these actions. Coal dust which occurs in the majority of Polish mines is hard-wettable which is caused by too high surface tension of water. In order to obtain the suitable effectiveness of washing and sprinkling it is necessary to use surface-active agents, so called dampers. The phenomenon of wettability of coal dust as well as the way of action and properties of dampers available on the Polish market were discussed in this paper.

Słowa kluczowe:

pył węglowy, pył kopalniany, środki chemiczne, zagrożenie pyłowe

Key words:

coal dust, minedust, chemicals, dust hazard

1. Wprowadzenie

Zagrożenie wybuchem pyłu węglowego należy do podstawowych zagrożeń naturalnych występujących w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych wydobywających węgiel kamienny. Mimo, że zarówno dobrze rozpoznane są warunki, w jakich może dojść do powstawania wybuchu pyłu węglowego, a także prowadzone są na szeroką skalę działania związane ze stosowaniem pyłowej profilaktyki przeciwwybuchowej, to jednak co pewien czas w światowym, jak i polskim górnictwie węglowym dochodzi do wybuchów. Wybuch pyłu węglowego w kopalni, a w szczególności wielkość jego zasięgu, która determinuje przeważnie znaczną liczbę ofiar oraz ogromne straty materialne, określane jest już mianem katastrofy górniczej. Dlatego też od wielu lat w jednostkach naukowo-badawczych prowadzone są inten-

sywne prace związane z udoskonalaniem metod i sposobów zwalczania zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Prace te są realizowane w obszarach wszystkich tzw. podstawowych linii obrony przeciwko wybuchom pyłu węglowego. Dotyczą one zarówno działań profilaktycznych (dwie pierwsze linie) związanych z ograniczeniem powstawania pyłu węglowego, jego usuwaniem, neutralizacją oraz zwalczaniem inicjatorów wybuchu, jak również z podnoszeniem skuteczności aktywnego przeciwdziałania wybuchom pyłu węglowego w postaci stref zabezpieczających oraz zapór przeciwwybuchowych (trzecia i czwarta linia).

Celowym jednak jest, by pyłową profilaktykę przeciwwybuchową zintensyfikować przede wszystkim w zakresie działań ograniczających do minimum możliwość emisji pyłu węglowego do wyrobisk górniczych oraz pozbawiając go własności lotnych. Jest to ważne nie tylko z punktu widzenia konieczności obniżania poziomu zagrożenia wybuchem, ale także znacząco wpływa na skuteczność zwalczania zagrożenia

* Kopalnia Doświadczalna „BARBARA” Głównego Instytutu Górnictwa

pyłami szkodliwymi dla zdrowia i poprawę komfortu pracy górników. Badania skuteczności działania powietrzno-wodnych systemów zraszających w warunkach dołowych wykazują obniżanie się wielkości zapylenia powietrza nawet o 80 %, przy jednoczesnym wzroście zawilgocenia zalegających osadów pyłowych o ponad 50 % [4].

2. Sposoby zwalczania zagrożenia

Najskuteczniejszym sposobem zwalczania zagrożenia wybuchem pyłu węglowego jest usuwanie jego nagromadzeń powstających w wyrobiskach górniczych, a następnie powtarzanie tych działań z taką częstotliwością, by zagwarantować stałe utrzymywanie się ilości zalegającego pyłu węglowego znacznie poniżej dolnej granicy wybuchowości pyłu. Jednak z uwagi na powszechność występowania nagromadzeń pyłowych w wyrobiskach górniczych, taki zakres działań profilaktycznych ogranicza się praktycznie do komór funkcyjnych, czy też wyrobisk podszybi i to w najbliższym sąsiedztwie szybów.

2.1. Neutralizacja pyłu węglowego

Wobec powyższego w obszarze działań profilaktycznych pozostaje jedynie, stosowana obecnie na szeroką skalę w podziemnych wyrobiskach górniczych, neutralizacja pyłu węglowego, która polega na dodawaniu do niego substancji niepalnych, w takiej ilości, że powstała w ten sposób mieszanina pyłowa nie przejawia już zdolności wybuchowych. Zasadniczo substancjami tymi są pyły kamienne oraz woda, a także w dużo mniejszym stopniu środki higroskopijne, czy też pyły dymnicowe. W przypadku pyłów kamiennych, dodawanie ich do zalegających osadów pyłów węglowych (opylanie wyrobisk) powoduje stopniowe zwiększanie się udziału procentowego zawartości części niepalnych stałych w mieszaninie tych pyłów, określanych też jako pyły kopalniane. Zgodnie z wymogami przepisów górniczych, minimalna zawartość części niepalnych stałych w pyłach kopalnianych powinna wynosić, przykładowo przy utrzymywaniu stref zabezpieczających w polach metanowych, co najmniej 80 %. Innymi słowy mówiąc, dla zneutralizowania pod względem wybuchowym 1 kg pyłu węglowego zalegającego w wyrobisku górniczym w polu metanowym należy użyć, co najmniej 4 kg pyłu kamiennego przeciwwybuchowego. Biorąc pod uwagę fakt, iż skuteczność działania pyłu kamiennego w pyłowej profilaktyce przeciwwybuchowej uzależniona jest przede wszystkim od jego lotności, to jego zastosowanie nie ogranicza powstawania pyłu węglowego, tym bardziej nie zmniejsza jego lotności. Po wystąpieniu czynnika aerodynamicznego (podmuchu), zdolnego do utworzenia obłoku pyłowo-powietrznego, ziarna pyłu kamiennego „zasłaniają” ziarna pyłu węglowego, uniemożliwiając w ten sposób dostęp do nich płomieniowi inicjału, tworząc coś na wzór niepalnego ekranu, zasłony. Stosowanie pyłu kamiennego do opylania wyrobisk jest domeną wyrobisk suchych, w których istnieje gwarancja długotrwałego utrzymywania lotności przez te pyły. Nie bez znaczenia są też dość duże koszty stosowania tego rodzaju profilaktyki przeciwwybuchowej.

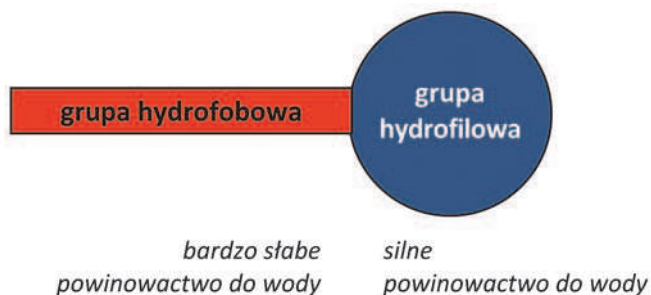
2.2. Zraszanie wodą

Z dotychczasowej praktyki górniczej wynika, że najlepsze rezultaty w ograniczeniu powstawania pyłu węglowego i w zwalczaniu jego lotności uzyskuje się poprzez stosowanie wody. Podstawowe rozwiązania aktualnie stosowane w tym zakresie to zraszanie na organach maszyn urabiających, zraszanie na przesypach i wysypach odstawy urobku, czy też zmywanie zalegających w wyrobiskach górniczych osadów

pyłowych. Choć neutralizacja pyłu węglowego za pomocą wody jest rozwiązaniem prostym i stosunkowo tanim, to jednak jej wymagana skuteczność uzależniona jest od kilku czynników. Podstawowe znaczenie przypisuje się tutaj zjawisku zwilżalności pyłu węglowego, czyli jego zdolności do utrzymywania kontaktu z cieczą (wodą) poprzez oddziaływania międzycząsteczkowe. Z uwagi na fakt, iż pyły węglowe powstające z większości eksploatowanych w Polsce pokładów węgla są trudno zwilżalne, często zauważane jest występowanie na spągu wyrobisk górniczych, zjawiska unoszenia się suchego i lotnego pyłu węglowego na powierzchni wody. Stosowanie zraszania i zmywania w takich warunkach za pomocą samej wody jest niewystarczające i mało skuteczne, z powodu dużego napięcia powierzchniowego wody stosowanej w kopalniach. Napięcie powierzchniowe powstaje wskutek działania sił przyciągania pomiędzy molekułami wody. W sytuacji, gdy siły te, określane siłami spójności (kohezji) fazy wodnej, mają większą wartość w stosunku do wartości sił przylegania (adhezji) występujących na granicy fazy woda - pył węglowy, to powierzchnia ziaren pyłu nie jest zwilżana.

W celu uzyskania wymaganej skuteczności zraszania konieczne jest dodawanie do stosowanej wody domieszek zwilżaczy, składających się w głównej mierze z substancji powierzchniowo-czynnych, których głównym zadaniem jest zmniejszenie napięcia powierzchniowego wody. Substancje powierzchniowo-czynne, inaczej zwane surfaktantami, ze względu na swoje specyficzne właściwości, określane ogólnie jako aktywność powierzchniowo-czynna, wykorzystywane są w wielu gałęziach przemysłu. W przemyśle węglowym stosowane są zazwyczaj podczas procesu wzbogacania węgla (flotacji), a głównie jako element pyłowej profilaktyki przeciwwybuchowej.

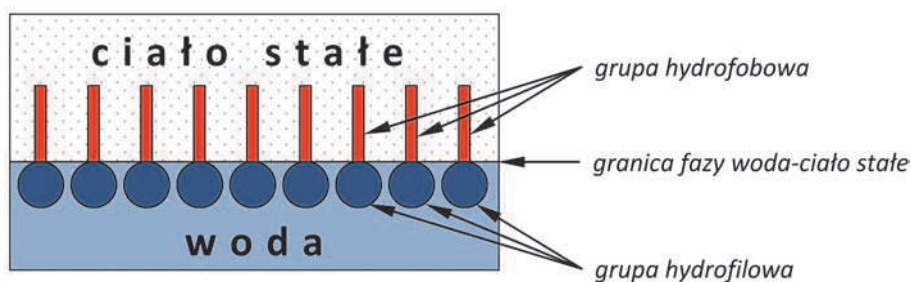
Surfaktanty posiadają charakterystyczną budowę cząsteczkową, składającą się jednocześnie z dwóch części o przeciwnym powinowactwie do wody: z grupy, która ma bardzo słabe powinowactwo do wody, nazywanej grupą hydrofobową oraz z grupy, która ma silne powinowactwo do wody, określanej jako grupa hydrofilowa (rys. 1).



Rys. 1. Podstawowa budowa cząsteczki substancji powierzchniowo-czynnej (surfaktantu)

Fig. 1. The basic construction of a molecule of the surface-active substance (surfactant)

W chwili, gdy cząsteczka substancji powierzchniowo-czynnej o takiej budowie zostanie rozpuszczona w wodzie, to grupy hydrofobowe zaburzają strukturę wody poprzez niszczenie jej wiązań wodorowych i tworzenie własnych struktur w pobliżu tych grup, podnosząc tym samym energię swobodną powstałego roztworu oraz powodując jednocześnie dążenie do minimalizacji powierzchni kontaktu tych grup z wodą. W wyniku tego zniekształcenia, niektóre cząsteczki surfaktantu zostają przesunięte na granicę międzyfazową roztworu (faza roztwór-ciało stałe), z grupami hydrofobowymi ułożonymi w ten sposób, aby minimalizować kontakt z cząsteczkami wody. Powierzchnia roztworu pokrywa się pojedynczą warstwą czą-



Rys. 2. Orientacja cząsteczek substancji powierzchniowo-czynnej (surfaktantu) na powierzchni wody

Fig. 2. Orientation of molecules of the surface-active substance (surfactant) on the water surface

steczek surfaktantu, którego grupy hydrofobowe są skierowane ku ciału stałemu. Ponieważ cząsteczki tego ciała są niepolarne, podobnie jak grupy hydrofobowe, to następuje zmniejszenie wartości swobodnej energii międzyfazowej dwóch kontaktujących się faz na powierzchni roztworu. Powoduje to w konsekwencji zmniejszenie się napięcia powierzchniowego wody. Jednocześnie, grupy hydrofilowe, odpowiadające za dobrą rozpuszczalność w wodzie, zapobiegają całkowitemu usunięciu surfaktantu z wody, jako osobnej fazy. Tym samym specyficzna struktura budowy cząsteczki surfaktantu powoduje orientację tych cząsteczek na powierzchni wody w ten sposób, że grupa hydrofilowa skierowana jest do fazy wodnej, a grupa hydrofobowa do ciała stałego, powodując w ten sposób zmniejszenie napięcia powierzchniowego wody (rys. 2).

3. Badania nad doбором zwilzaczy

W laboratorium Zakładu Zwalczania Zagrożeń Pyłowych Kopalni Doświadczalnej „BARBARA” Głównego Instytutu Górnictwa od wielu lat prowadzone są prace i badania związane z:

- określaniem konieczności używania zwilzaczy jako domieszek do wody stosowanej w układach zraszających przy pozabawianiu lotności pyłów węglowych pochodzących z różnych typów węgla,
- doбором optymalnych stężeń zwilzaczy w ich wodnych roztworach, czy też oceną skuteczności działania różnych zwilzaczy.

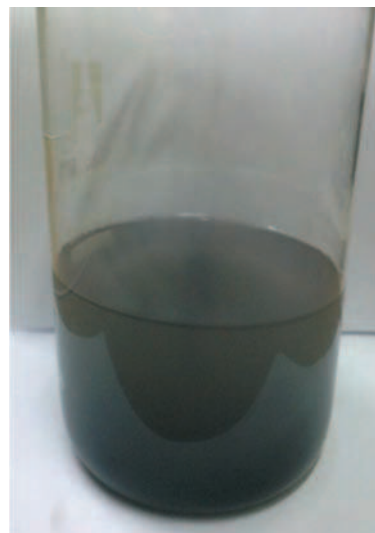
Badania te prowadzone są z wykorzystaniem, opracowanej w ramach prowadzonej działalności statutowej Instytutu, metody badań skuteczności zwilżania pyłów węglowych i kopalnianych w celu pozabawiania ich lotności za pomocą wodnych roztworów zwilzaczy. Metoda polega na pomiarze czasu całkowitego zwilżenia (tonięcia) badanych próbek pyłu „czystą” wodą lub wodnym roztworem danego zwilzacza, a na podstawie otrzymanych wyników wykreśla się tzw. krzywą zwilżalności, czyli krzywą zależności czasu trwania całkowitego zwilżenia próbki badanego pyłu od procentowej zawartości zwilzacza w jego wodnym roztworze [5].

Z danych uzyskanych na podstawie dotychczas przeprowadzonych badań wynika, że skuteczność zwilżalności pyłów węglowych mocno uzależniona jest od stopnia uwęglenia węgla, z którego pochodzi dany pył. Przykładowo, dla pyłów węglowych pochodzących z węgla płomiennych (typ 31) średni czas całkowitego zwilżenia bywa każdorazowo co najmniej dwukrotnie krótszy, niż dla pyłów węglowych pochodzących z węgla koksowych (typ węgla 35), a zwilżalność pyłów węglowych pochodzących z węgla gazowych (typ 33) kształtuje się pomiędzy wcześniej opisanymi przypadkami. Obserwuje się również sytuacje, w których pyły węglowe pochodzące

z pokładów węgla grupy 100 oraz niektórych części pokładów węgla grupy 200 (w obu przypadkach typ węgla 31.1 i 31.2) nie wymagają, w celu pozabawienia ich lotności, bezwzględnego stosowania wodnych roztworów zwilzaczy. Sama woda (bez jakichkolwiek domieszek) jest w stanie pozabawić te pyły lotności. Jednak i w takich przypadkach zalecane jest dodawanie do stosowanej wody niewielkich ilości zwilzaczy (około 0.05 %), z uwagi na znaczne skrócenie się czasu zwilżania takiego pyłu. Aktualnie zdecydowana większość występujących w polskim górnictwie węglowym pyłów, w celu ich skutecznego zwilżenia, a tym samym całkowitego pozabawienia lotności, wymaga bezwzględnego stosowania wodnych roztworów zwilzaczy[1].

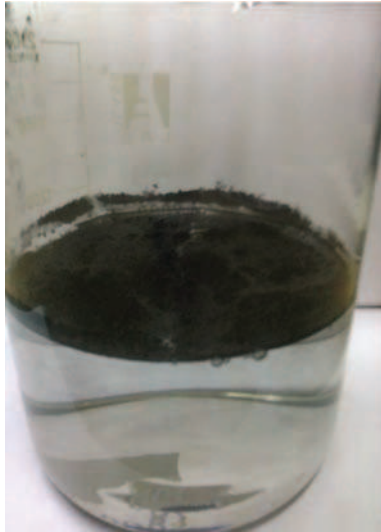
Na rysunkach nr 3 i nr 4 przedstawiono skuteczność zwilżania pyłu węglowego, odpowiednio, przez „czystą wodę” oraz wodny roztwór zwilzacza.

Trudna zwilżalność pyłów węglowych to nie tylko zagadnienie problematyczne w kwestii zapewnienia wysokiej skuteczności działań związanych ze stosowaniem pyłowej profilaktyki przeciwybuchowej, ale również w zakresie prawidłowej oceny rzeczywistego stanu zagrożenia wybuchem pyłu węglowego występującego w wyrobiskach górniczych. Ocenę taką przeprowadza się na podstawie wyników analiz laboratoryjnych prób pyłu kopalnianego pobranych w tych wyrobiskach. Przedstawione już wcześniej zjawisko unoszenia się suchego, lotnego pyłu na powierzchni wody, stwarza duże trudności w prawidłowym, zgodnie z wymogami stosownych polskich norm, pobieraniu takich prób.



Rys. 3. Zwilżalność pyłu węglowego przez „czystą” wodę (pył unoszący się na powierzchni wody)

Fig. 3. Coal dust wettability by „pure” water (dust floating on the water surface)



Rys. 4. Zwilżalność pyłu węglowego przez wodny roztwór zwilżacza (pył całkowicie zwilżony przez roztwór)

Fig. 4. Coal dust wettability by aqueous solution of a damper (dust completely wetted by the solution)

Według odpowiednich zapisów tych norm, w przypadku dużego zawilgocenia zalegających osadów pyłowych, próby zalegającego pyłu kopalnianego należy pobierać metodą punktową, a nie metodą pasową (zmiatanie) przewidzianą do stosowania w miejscach suchych. Określona laboratoryjnie wielkość procentowej zawartości wody przemijającej w takiej próbie może wykazywać, że pył ten jest zabezpieczony przed możliwością powstania i przeniesienia wybuchu. W przypadku jednak, gdy ilość unoszącego się suchego pyłu na powierzchni wody jest dość znaczna, wystąpienie słabego podmuchu może unieść w powietrze zwilżone pyły i utworzyć obłok pyłowo-powietrzny zdolny do zapoczątkowania wybuchu.

Obecnie w polskim górnictwie węglowym stosowane są dwa rodzaje zwilżaczy różniące się między sobą konsystencją: zwilżacze stałe w postaci lasek o wadze około 0.5 kg oraz zwilżacze płynne w postaci cieczy. Oferowane na rynku zwilżacze i bez względu na ich konsystencję stanowią mieszaninę soli sodowej sulfobursztynianu di(2-etyloheksylu) jako substancji bazowej oraz szeregu dodatków np. chlorku wapnia w przypadku zwilżaczy stałych, a także inhibitorów korozji, odkamieniaczy, substancji zagęszczających, wody oraz innych dodatków w przypadku zwilżaczy płynnych. Często też nazwy dodatków oraz ich procentowy udział w wyrobie końcowym stanowi tajemnicę handlową producentów. Zwilżacze charakteryzują się niepalnością, całkowitą lub nieograniczoną rozpuszczalnością w wodzie, jednorodnością w całej swej masie, gęstością wynoszącą około 1 g/cm³, brakiem zapachu lub zapachem słabym, przemijającym oraz barwą od przezroczystej, poprzez białą, kremową, jasnożółtą, aż do ciemnobrązowej. Wartość pH wodnych roztworów zwilżaczy badana w temperaturze 20^o C waha się w granicach od 6 do 9. Pod względem bezpieczeństwa wobec załogi, producenci w kartach charakterystyki swoich produktów deklarują, że na podstawie przeprowadzonych badań toksykologicznych, część produkowanych przez nich zwilżaczy jest nieszkodliwa dla ludzi, natomiast w przypadku kilku zwilżaczy stwierdzono, że podczas długotrwałej ekspozycji mogą one powodować uszkodzenie oczu oraz działać zrażo lub drażniąco na błony śluzowe, oczy i skórę. Jednak według przeprowadzonych badań w warunkach dołowych, stosowanie wodnych roztworów tych zwilżaczy w stężeniach 0.15, 0.20 % nie powoduje przekroczenia dopuszczalnych stężeń czynników chemicznych w powietrzu kopalnianym [2].

Producenci zwilżaczy w instrukcjach ich stosowania podają, że zwilżacze stosowane są jako dodatek do wody w profilaktyce pyłowej podczas okresowego zmywania stropu i ociosów wyrobisk (w tym przy wykonywaniu i utrzymywaniu stref zabezpieczających oraz w rejonach wykonywania robót strzałowych), wtlaczania wody do pokładów oraz przy likwidacji szkodliwego zapylenia w podziemnych wyrobiskach powstającego podczas pracy kombajnów ścianowych, chodnikowych i innych maszyn i urządzeń górniczych powodujących zapylenie powietrza, a także na trasach odstawy urobku, w tym również w kurtynach wodnych oraz systemach mgłowych. Niektóre ze zwilżaczy, zgodnie z uzyskanym certyfikatem mogą być stosowane w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych w polach niemietanowych i metanowych, w wyrobiskach zaliczonych do stopnia «a», «b» lub «c» niebezpieczeństwa wybuchu metanu oraz do klasy «A» lub «B» zagrożenia wybuchu pyłu węglowego. Zarówno w przypadku zwilżaczy o konsystencji stałej i płynnej, do ich dozowania w systemie wodnych układów zraszających, niezbędne jest zastosowanie specjalnych dozowników wyposażonych także w zestawy zgrubnej filtracji wody. Dozowniki budowane są w ciągach wodnych pomiędzy rurociągiem p.poż. a układami zraszania. W przypadku zwilżaczy stałych w dozownikach wykorzystuje się efekt omywania ich strumieniem wody, natomiast w przypadku zwilżaczy płynnych ich dozowanie realizowane jest za pomocą specjalnych pomp dozujących.

Z uwagi na fakt, iż zwilżacze stałe pojawiły się na rynku stosunkowo najwcześniej, są one obecnie powszechnie stosowane w polskich kopalniach węgla kamiennego. Do głównych zalet tego rodzaju zwilżaczy należy zaliczyć dobrą skuteczność zwilżania, niewielkie koszty stosowania i dozowania (dozownik nie wymaga zasilania w energię elektryczną) oraz łatwy transport i brak konieczności utylizacji pojemników po ich zastosowaniu (specjalne opakowania papierowe). Jako wady zwilżaczy stałych należy wskazać przede wszystkim wywoływanie zwiększonej korozji elementów metalowych i gumowych ze względu na dużą zawartość chlorku wapnia, brak możliwości utrzymywania stałych stężeń ich wodnych roztworów (specyficzna konstrukcja dozowników) oraz ze względu na ich właściwości higroskopijne konieczność przechowywania bez kontaktu bezpośredniego z atmosferą kopalnianą. Obecnie prowadzone są badania nad nowymi recepturami zwilżaczy stałych w zakresie wyeliminowania chlorku wapnia jako zagęstnika.

Obecnie coraz więcej producentów przemysłu chemicznego decyduje się na rozpoczęcie produkcji zwilżaczy płynnych. Decyzje takie podejmowane są najczęściej w oparciu o szereg zalet, jakimi charakteryzują się zwilżacze płynne w stosunku do zwilżaczy stałych. Chodzi tutaj głównie o większą skuteczność zwilżania pyłów, możliwość precyzyjnego dozowania i utrzymywania właściwego stężenia ich wodnych roztworów, ale przede wszystkim o możliwość stosowania wodnych roztworów tych zwilżaczy najpierw w układach chłodzących kombajnów, a następnie do zraszania ich organów urabiających. Możliwość taka wynika z faktu, iż zwilżacze płynne nie wywołują zwiększenia zjawiska korozji, jak to jest w przypadku zwilżaczy stałych. Jednak stosowanie tego rodzaju zwilżaczy pociąga za sobą wiele niedogodności, które dotyczą konieczności magazynowania, transportu i utylizacji dużych pojemników (beczki o pojemności 200 litrów) oraz konieczności zapewnienia zasilania dozowników.

4. Podsumowanie

Jednym ze sposobów ograniczenia zagrożenia pyłowego jest neutralizacja pyłu węglowego poprzez pozabawienie go

lotności w miejscach jego powstawania (organy maszyn urabiających, przesypy odstawy taśmowej urobku, zbiorniki węgla) oraz w miejscach jego zalegania (podziemne wyrobiska górnicze). Większość pyłów węglowych występujących w podziemnych wyrobiskach górniczych polskich kopalń węgla kamiennego stanowią pyły trudno zwilżalne, dlatego też w celu pozbawienia ich lotności konieczne jest stosowanie zwilżaczy, czyli substancji powierzchniowo-czynnych obniżających napięcie powierzchniowe wody stosowanej w profilaktyce pyłowej.

W Zakładzie Zwalczania Zagrożeń Pyłowych Kopalni Doświadczalnej „BARBARA” Głównego Instytutu Górnictwa od wielu lat prowadzone są prace badawcze związane ze stosowaniem zwilżaczy w polskim górnictwie węgla kamiennego, optymalnych stężeń zwilżaczy w ich wodnych roztworach stosowanych w układach zraszających przy pozbawianiu lotności pyłów węglowych pochodzących z różnych typów węgla oraz oceny skuteczności działania różnych rodzajów zwilżaczy. Opracowana w laboratorium tego Zakładu metoda badania skuteczności zwilżania pyłów węglowych i kopalnianych w celu pozbawienia ich lotności za pomocą wodnych roztworów zwilżaczy pozwala, na podstawie otrzymanych wyników, na wykreślenie tzw. krzywej zwilżalności, ujmującej zależność czasu trwania całkowitego zwilżenia próbki badanego pyłu od procentowej zawartości zwilżacza w jego wodnym roztworze. Z prowadzonych badań wynika między innymi, że najlepsze wyniki zwilżalności uzyskuje się dobierając indywidualnie rodzaj zwilżacza oraz jego optymalne wodne stężenie w oparciu o właściwości fizyko-chemiczne danego pyłu.

Ograniczanie możliwości powstawania pyłu węglowego i jego emisji do wyrobisk górniczych oraz pozbawianie własności lotnych zalegających w wyrobiskach górniczych osadów pyłowych za pomocą wodnych roztworów zwilżaczy stanowią obecnie jedno z zasadniczych działań profilaktyki pyłowej. Duża skuteczność takich działań znacząco poprawia komfort pracy górników poprzez obniżanie zapylenia powietrza kopalnianego, ale przede wszystkim utrzymuje wysoki stopień zabezpieczenia pyłu węglowego przed możliwością powstania i przeniesienia wybuchu.

Literatura

1. *Cybulski K., Malich B., Wieczorek A.*: Ocena skuteczności zwilżania pyłów węglowych i kopalnianych. *Journal of Sustainable Mining* (w toku).
2. *Orszulik E., Dudek W.*: Testing dust control preparation with respect to mine employee exposure to inhaling chemical agents. *Journal of Sustainable Mining*, 2013, Vol. 12, No. 4, pp. 14–17.
3. Polska Norma PN-G-04037; Zabezpieczenia przeciwwybuchowe zakładów górniczych. Zabezpieczenie przed wybuchem pyłu węglowego. Oznaczanie zawartości części niepalnych w pyłach kopalnianych. 1998.
4. *Prostański D.*: Use of air-and-water spraying systems for improving dust control in mines. *Journal of Sustainable Mining*, 2013, Vol. 12, No. 2, pp. 29–34.
5. *Wieczorek A., Raudner W., Tetla M., Suchowirska M.*: Opracowanie metody oceny skuteczności pozbawienia lotności pyłów węglowych i kopalnianych za pomocą wodnych roztworów zwilżaczy płynnych. Katowice, praca statutowa GIG o symbolu 111 6033 3 – 220, 2013.