

## Badania stanowiskowe skuteczności systemu zraszania kombajnu chodnikowego KPD w gaszeniu i niedopuszczeniu do zapłonu metanu

dr inż. Dominik Bałaga  
mgr inż. Michał Siegmund  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

### Streszczenie:

W artykule przedstawiono problem eliminowania zagrożenia metanowego, powstającego podczas urabiania przodków węglowych kombajnem chodnikowym. Zaprezentowano rozwiązanie systemu zraszania, składające się ze zraszania wewnętrznego oraz zewnętrznego, przeznaczone dla kombajnu chodnikowego typu KPD, charakteryzujące się niskim ciśnieniem zasilania wody 1,0 MPa. Omówiono wyniki badań skuteczności gaszenia i niedopuszczenia do zapłonu metanu za pomocą dwóch typów zraszania, przeprowadzone na stanowisku badawczym. Pozytywne wyniki badań stanowiskowych, pozwolą na wdrożenie systemu do eksploatacji.

### Abstract:

The problem of elimination of methane hazard, which occurs during mining the coal faces with roadheader, is presented. Design of the spraying system for KPD roadheader, consisting of internal spraying and external spraying with low water pressure equal to 1,0 MPa, is given. Results of tests of extinguishing effectiveness and prevention against methane ignition with use of two types of spraying system, which were carried out on the test stand, are discussed. Positive results of stand tests will enable to commercialize the system.

Słowa kluczowe: górnictwo, kombajny chodnikowe, zagrożenie metanowe i pyłowe, system zraszania

Keywords: mining industry, roadheaders, methane and dust hazards, spraying system

## 1. Wprowadzenie

Zagrożenie zapłonem metanu i wybuchem pyłu węglowego oraz zagrożenia zdrowotne są jednymi z najpoważniejszych ryzyk występujących w górnictwie węgla kamiennego.

Zgodnie z przepisami dotyczącymi środków zabezpieczających w zakresie zwalczania iskier mechanicznych podczas urabiania zwięzłych skał [8], kombajny chodnikowe powinny być wyposażone w skuteczne zraszanie zanożowe oraz dodatkowe urządzenia zraszające.

W Instytucie Techniki Górniczej KOMAG od wielu lat realizowane są prace badawcze i projektowe, dotyczące zwalczania zagrożenia pyłowego i metanowego. W artykule szczegółowo opisano działanie instalacji oraz badania jej skuteczności w aspekcie ich zwalczania.

Niezawodność oraz pozytywne opinie o dotychczas wdrożonych urządzeniach i systemach zwalczania zapylenia skłoniły producenta kombajnów chodnikowych, firmę CORUM Group, do podjęcia współpracy z ITG KOMAG, w celu opracowania nowoczesnego i skutecznego rozwiązania systemu zraszania wodnego, przeznaczonego dla kombajnów chodnikowych typu KPD [1, 2] (rys. 1).

Opracowany system zraszania poddano badaniom stanowiskowym w KD „Barbara” w Mikołowie w celu oceny skuteczności gaszenia i niedopuszczenia do zapłonu metanu. Wyniki badań oceniono w aspekcie skuteczności działania systemu.



Rys.1. Kombajn chodnikowy typu KPD firmy Corum z systemem zraszania wodnego [10]

## 2. Charakterystyka systemu zraszania kombajnu chodnikowego

Zamontowany na kombajnie typu KPD system zraszania składa się z wewnętrznego zraszania wodnego (zanożowe sektorowe) oraz z zewnętrznego zraszania wodnego (kurtyna wodna). Opracowane rozwiązanie systemu zraszania ma za zadanie w głównej mierze zapobiegać zagrożeniom wynikającym z możliwości wybuchu metanu podczas urabiania węgla kombajnami chodnikowymi (zgodnie z przepisami), jednocześnie redukując pył przedostający się do miejsca operatora kombajnu. System zraszania charakteryzuje się niskim zużyciem wody, nie przekraczającym  $50 \text{ dm}^3/\text{min}$  oraz niskim ciśnieniem zasilania wody, dzięki czemu nie ma konieczności stosowania pomp zwiększających ciśnienie.

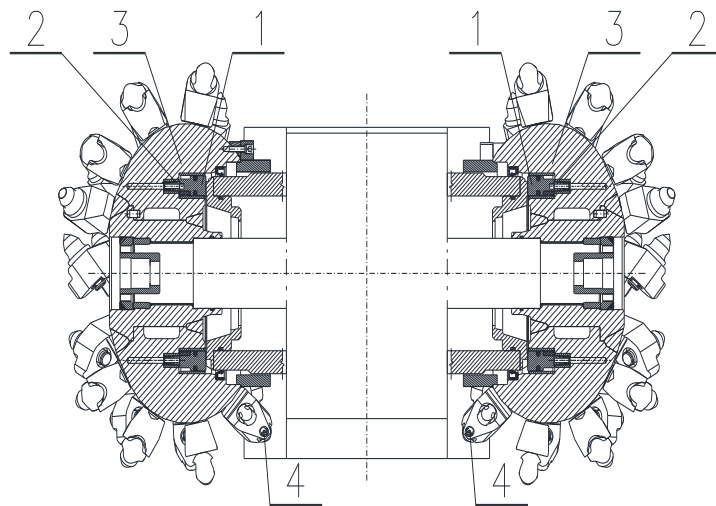
### 2.1. Wewnętrzne zraszanie wodne (zanożowe sektorowe)

Wewnętrzne zraszanie wodne (zanożowe sektorowe) (rys. 2) zbudowano z:

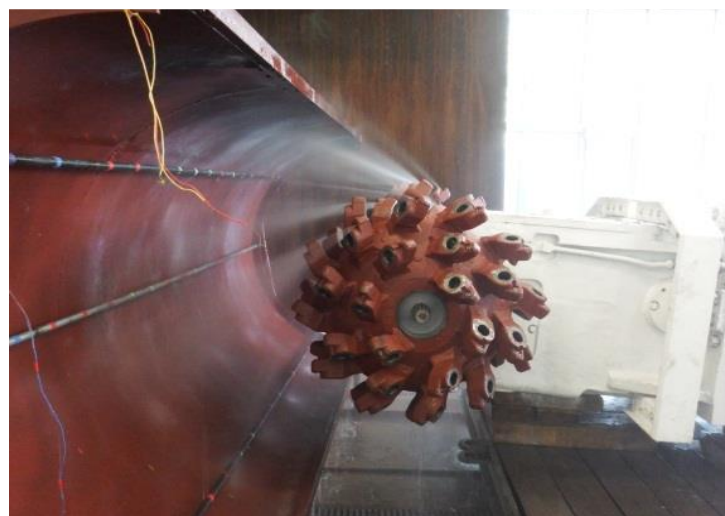
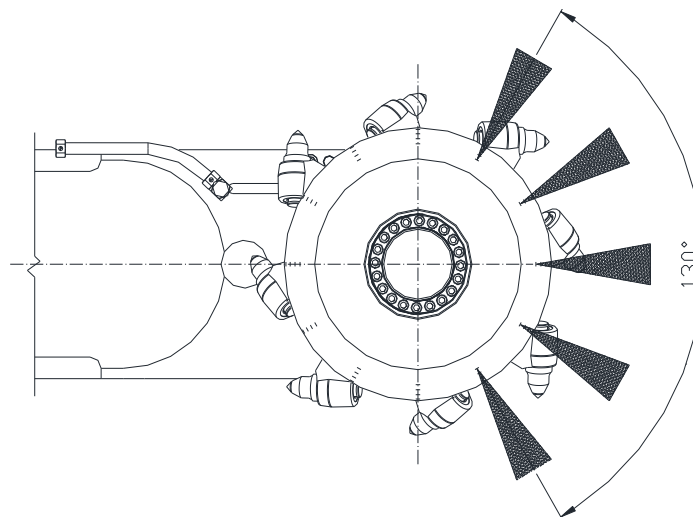
1. pierścieniowych rozdzielaczy sektorowych,
2. tłoczków,
3. wrębników z kanalikami doprowadzającymi medium z rozdzielacza do dysz,
4. dysz zraszających.

W skład układu wchodzi 40 dysz zraszających (4), umiejscowionych w uchwytach nożowych każdego z wrębników (80 dysz w całej głowicy urabiającej). Pierścieniowe rozdzielacze sektorowe (1) umożliwiają rozdział czynnika zraszającego na: umiejscowione we wrębnikach (3) poszczególne tłoczki (2) z otworami do doprowadzenia wody oraz do 15 dysz znajdujących się w przedniej części wrębników (od strony czoła przodka). Piętnaście dysz działających w każdym wrębniku tworzy sektor zraszający o kącie strumieni około  $130^\circ$  (rys. 3).

We wrębnikach (3) zlokalizowane są kanały dostarczające wodę do dysz zraszających (4), za pomocą stalowego przewodu umiejscowionego na bocznej powierzchni wysięgnika.



Rys. 2. Główne zespoły układu wewnętrznego zraszania wodnego (zanożowego sektorowego) [4]

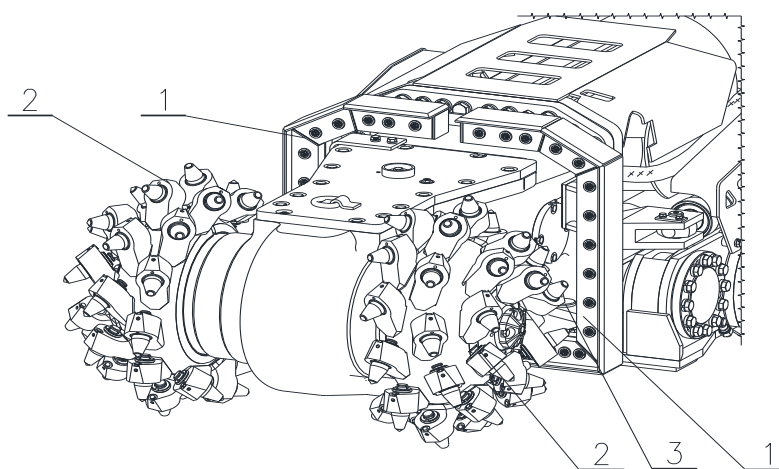


Rys. 3. Strumienie zraszające wytwarzane przez zraszanie sektorowe [4, 5]

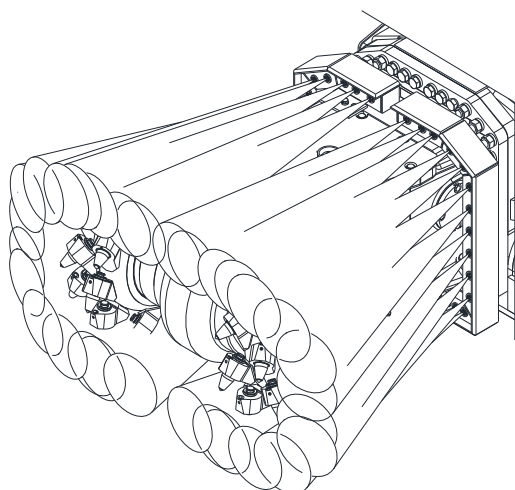
## 2.2. Zewnętrzne zraszanie wodne (kurtyna wodna)

System zewnętrznego zraszania wodnego (kurtyna wodna) (rys. 4) zbudowany jest z baterii zraszających (1), dysz zraszających (2) i sworzni mocujących (3).

Układ zewnętrznego zraszania wodnego zbudowano z dwóch baterii (1), prawej oraz lewej, umiejscowionych na wysięgniku, po jego obu stronach. Baterie w kształcie zwróconych do siebie liter „C”, zamontowano do wysięgnika za pomocą sworzni oraz śrub wkręcanych do jego kołnierza. Każda z baterii posiada 15 gniazd, do których wkręcane są, w zależności od potrzeby, 24 (26 lub 30) dysze zraszające. Dysze kierowane są w stronę głowicy kombajnu w taki sposób, aby strumienie wody szczelnie pokrywały jej obrys, docierając do miejsca kontaktu ostrza noża z calizną węglową (rys. 5).



Rys. 4. Układ zewnętrznego zraszania wodnego (kurtyna wodna) – główne zespoły [4]



Rys. 5. Rozmieszczenie strumieni zraszających, umożliwiające objęcie zasięgiem całego obrysu głowicy kombajnu [4, 5]

### 3. Badania skuteczności gaszenia i zapobiegania wybuchowi metanu

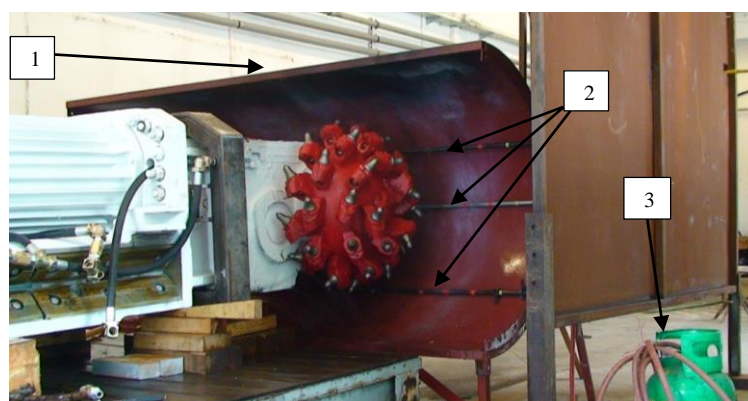
System zraszania przebadano na specjalnie dostosowanym do wysięgnika kombajnu stanowisku badawczym, znajdującym się na terenie KD „Barbara” w Mikołowie, w aspekcie bezpiecznej eksploatacji w warunkach zagrożenia metanowego [3]. Przez okres wszystkich prób badawczych kontrolowano wartości ciśnienia oraz przepływu wody, pod kątem zgodności z założeniami. Badania prowadzone były przez specjalistów Laboratorium Pyłowego GIG KD „Barbara” i Zakładu Systemów Chodnikowych ITG KOMAG.

#### 3.1. Stanowisko badawcze

Stanowisko do badań skuteczności gaszenia i zapobiegania zapłonom gazu (rys. 6), składało się z:

1. modelu ociosu,
2. palników gazu,
3. butli z gazem oraz reduktora.

Wysięgnik kombajnu KPD z zabudowanym systemem zraszania i głowicą urabiającą umiejscowiono na stanowisku badawczym.



Rys. 6. Stanowisko do badań skuteczności gaszenia i zapobiegania zapłonom gazu [5]

Model ociosu zbudowano tak, aby odtwarzał kształt urabianego czoła przodka w warunkach dołowych. Stanowisko wyposażono w trzy umieszczone poziomo palniki, przylegające do powierzchni blachy symulującej powierzchnię powstałą w wyniku zawrębenia się głowicy kombajnu w czoło przodka. W każdym z palników wykonano 6 otworów wylotowych, które usytuowano na całej szerokości głowicy. Gaz propan-butan (symulujący wypływ metanu w warunkach dołowych), dostarczano z butli połączonej poprzez zawór reducyjny.

#### 3.2. Metodyka badań

Na stanowisku badawczym wyposażonym w ww. zespoły, przeprowadzono badania skuteczności gaszenia i zapobiegania zapłonowi gazu, poprzez system zraszania. Parametry wody dla każdego z trzech badanych wariantów systemu zraszania, przy których system poddawany był próbom gaszenia i nie dopuszczania do zapłonu metanu były następujące:

##### Wariant I. Układ wewnętrzny zraszania wodnego (zamożowego):

- natężenie przepływu wody (na głowicę – 30 dysz)  $Q_{\min} = 26 \text{ dm}^3/\text{min}$ ,
- wartość ciśnienia wody  $p_{\min} = 1,0 \text{ MPa}$ .

**Wariant II. Układ wewnętrznego zraszania wodnego (zanożowego) oraz zraszania zewnętrznego (kurtyna wodna):**

- natężenie przepływu wody (na głowicę – 30 dysz )  $Q_{\min} = 26 \text{ dm}^3/\text{min}$ ,
- natężenie przepływu wody (na kurtynę - 24 dysze)  $Q_{\min} = 24 \text{ dm}^3/\text{min}$ ,
- wartość ciśnienia wody  $p_{\min} = 1,0 \text{ MPa}$ .

**Wariant III. Układ zewnętrznego zraszania wodnego (kurtyna wodna):**

- natężenie przepływu wody (na kurtynę - 24 dysze)  $Q_{\min} = 24 \text{ dm}^3/\text{min}$ ,
- wartość ciśnienia wody  $p_{\min} = 1,0 \text{ MPa}$ .

Celem badań stanowiskowych było [5]:

1. określenie skuteczności gaszenia zapalonego gazu w obszarze głowicy urabiającej kombajnu chodnikowego przez system zraszania w wariantach I, II oraz III,
2. określenie skuteczności zapobiegania powstawaniu zainicjowanych zapłonów gazu w obszarze głowicy urabiającej kombajnu chodnikowego przez system zraszania w wariantach I, II oraz III.

Miarą skuteczności gaszenia palącego się gazu był czas potrzebny do jego zgaszenia. Czas ten liczono od momentu uruchomienia systemu zraszania (włączenie pompy wodnej) oraz włączenia obrotów głowicy urabiającej kombajnu, dla danego wariantu.

Próby gaszenia realizowano 3-krotnie, dla każdego z trzech palników (górny, środkowy oraz dolny). Po doprowadzeniu gazu do palnika w ilości ok.  $10 \text{ dm}^3/\text{min}$ , wymuszano zapłon gazu przy użyciu pochodni.

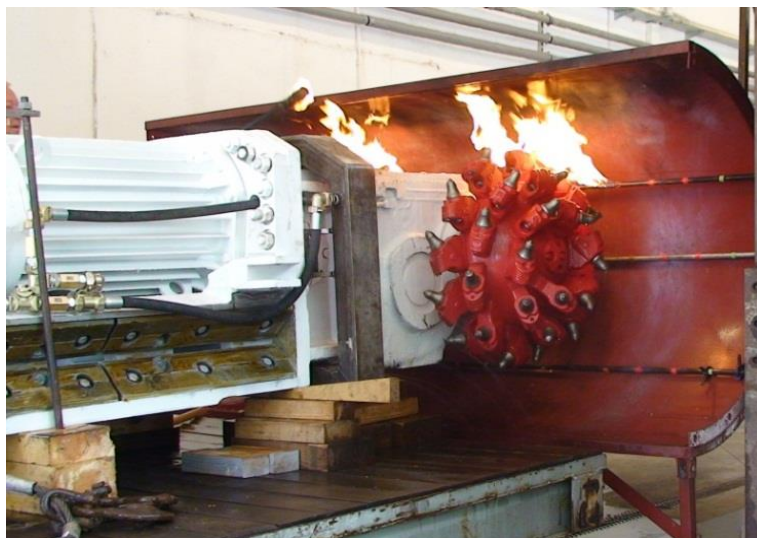
Skuteczność zapobiegania w powstawaniu zainicjowanych zapłonów gazu oceniano w aspekcie niedopuszczenia do takiej sytuacji podczas próby inicjacji zapalenia za pomocą iskier i przy włączonym jednym z wariantów zraszania. Testy te realizowano również 3-krotnie, dla każdego z trzech palników (górny, środkowy oraz dolny). Wymuszanie zapłonu gazu realizowano przy użyciu zapalarki inicjującej iskry z główek zapalczych (o energii zapłonu wynoszącej ok.  $10 \text{ kJ}$ ), umieszczonych przy palnikach, z których wydostawał się gaz.

Kryterium oceny skuteczności systemu były wymagania dyrektyw i norm zharmonizowanych, odnoszące się do skuteczności zraszania w zwalczaniu powstających iskier i płomieni podczas procesu urabiania kombajnem [6, 7, 9].

**4. Badania stanowiskowe gaszenia zapalonego gazu**

Próby gaszenia zapalonego gazu rozpoczynały się od włączenia dopływu gazu do poszczególnych palników i sprawdzenia jego wypływu, a następnie jego podpalenia. Następnie sprawdzano działanie systemu zraszania dla każdego z badanych wariantów. Po uzyskaniu prawidłowych strumieni zraszających przystępowano do prób gaszenia zapalonego gazu.

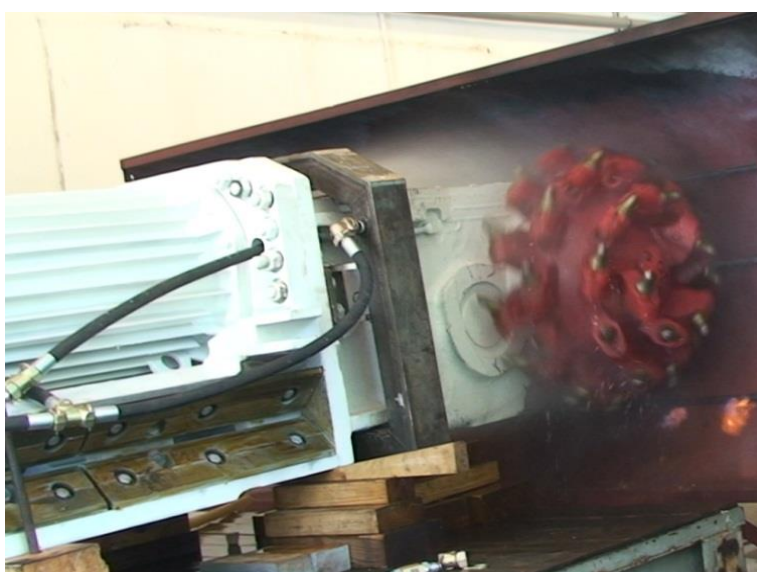
Przy palącym się gazie załączano silnik elektryczny wsięgnika kombajnu i wprowadzano w ruch obrotowy głowicę urabiającą. Następnie uruchamiano pompę dostarczającą wodę do systemu zraszania. Czas zgaszenia palącego się gazu liczono od momentu napełnienia układu wodnego i osiągnięcia zakładanych parametrów zasilania (według wariantu). Po ustaleniu parametrów zasilania systemu zraszania w wariantach I, po pojawieniu się strumieni wodnych ze wszystkich dysz zraszających dla zapalonego górnego, środkowego lub dolnego palnika (rys. 7), gaszono płomienie. Zgaszenie gazu następowało dla każdej z trzech prób.



Rys. 7. Badania skuteczności gaszenia zapalonego gazu w wariantcie I, dla zapalonego palnika górnego – przed załączeniem systemu zraszania [5]

Po przebudowaniu systemu zraszania do wariantu II (włączone zraszanie wewnętrzne zanożowe sektorowe i zraszanie zewnętrzne), przeprowadzono ponowne próby gaszenia. Gaszenie zapalonego gazu miało miejsce zarówno dla górnego, środkowego oraz dolnego położenia palnika, dla każdej z trzech prób i następowało po ustaleniu parametrów zasilania systemu zraszania. Dla wariantu III (włączone zraszanie zewnętrzne) następowało również natychmiastowe gaszenie dla górnego oraz środkowego położenia palnika, we wszystkich trzech próbach.

W przypadku dolnego palnika zgaszenie nastąpiło po 3-4 sekundach. Przyczyną była niezgodność rozstawu baterii zraszających z dokumentacją techniczną. Po ustawieniu rozstawu zgodnie z dokumentacją techniczną, badania przeprowadzono powtórnie. Kolejne trzy próby wykazały natychmiastowe zgaszenie zapalonego gazu (rys. 8).

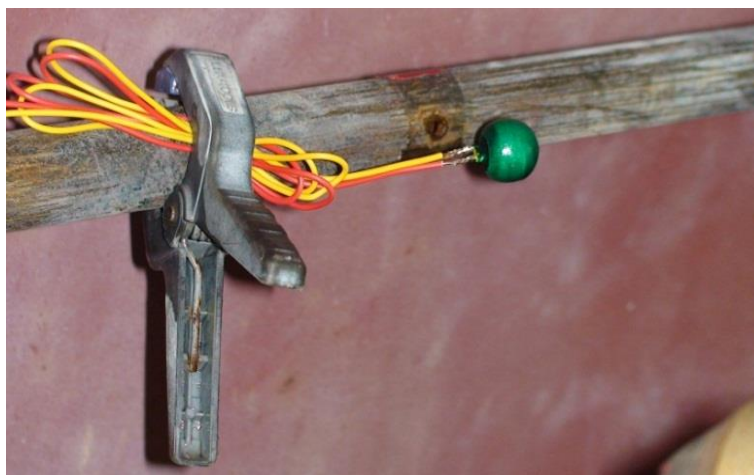


Rys. 8. Badania skuteczności gaszenia zapalonego gazu w wariantcie III, dla zapalonego palnika dolnego – moment gaszenia [5]

## 5. Badania stanowiskowe zapobiegania powstawaniu zapłonu gazu

Analogicznie jak przy próbach skuteczności gaszenia zapalonego gazu, przeprowadzono badania zapobiegania zapłonom gazu przez system zraszania kombajnu chodnikowego.

Próby realizowano dla trzech ww. wariantów układu zraszającego, poprzez inicjowanie zapłonu gazu za pomocą iskier wytwarzanych przez dwie główki zapalnicze o energii zapłonu 10 kJ każda (rys. 9), na każdym z trzech badanych palników gazu.



Rys. 9. Jedna z dwóch główek zapalniczych, wytwarzających iskrę - przed próbą zapłonu [5]

Przeprowadzono po trzy próby dla każdego z położenia palnika, każdorazowo przy obracającym się organie urabiającym. Załączano dopływ gazu do poszczególnych palników, a następnie uruchamiano silnik elektryczny, powodujący ruch obrotowy główicy urabiającej oraz uruchamiano pompę dostarczającą wodę do instalacji zasilającej system zraszania.

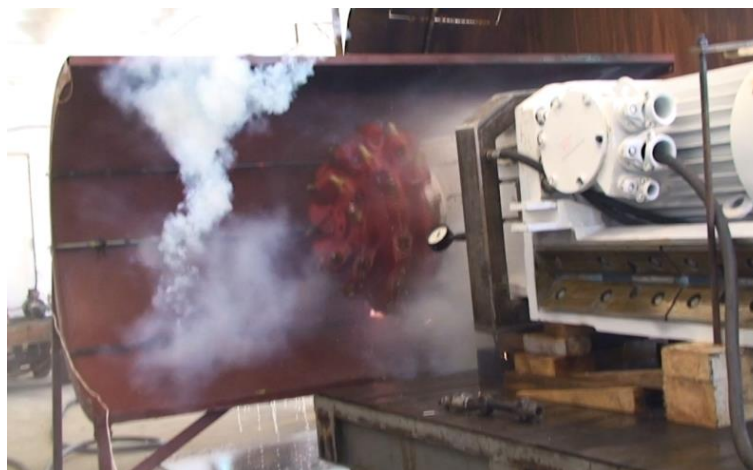
Po osiągnięciu minimalnych parametrów zasilania systemu zraszania uruchamiano zapalnik, który aktywował główki zapalnicze, wywołujące iskrę. Następnie sprawdzano, czy dochodziło do zapłonu gazu wydostającego się z palnika.

Po ustaleniu parametrów zasilania systemu zraszania w wariantcie I i pojawieniu się strumieni wodnych ze wszystkich dysz zraszających, a następnie wygenerowaniu iskier przy wydostającym się gazie z palnika górnego, środkowego oraz dolnego, sprawdzano czy nie doszło do zapalenia gazu w każdej z trzech przeprowadzonych prób. Nie stwierdzono zapalenia gazu.

Następnie przebudowano system zraszania do wariantu II (włączone zraszanie wewnętrzne zanożowe sektorowe i zraszanie zewnętrzne) i przeprowadzono próby niedopuszczenia do zapłonu gazu (rys. 10). W żadnej z badanych prób, dla trzech ustawień palnika, nie doszło do zapłonu gazu.

Ostatnim był wariant III (włączone zraszanie zewnętrzne). System po ustaleniu parametrów zasilania i pojawieniu się strumieni wodnych ze wszystkich dysz zraszających i wygenerowaniu iskier, przy wydostającym się gazie, dla każdej z opcji położenia palnika, okazał się w pełni skutecznym we wszystkich zrealizowanych próbach.





Rys. 10. Badania skuteczności niedopuszczania do zapłonu gazu przez system zraszania w wariacie II – główka zapalczą na palniku dolnym [5]

## 6. Omówienie wyników badań

Dla układu zraszania w wariacie I (włączone zraszanie wewnętrzne zanożowe sektorowe) uzyskano pozytywne wyniki przy następujących parametrach wody: przepływ  $26 \text{ dm}^3/\text{min}$  i ciśnienie  $1,0 \text{ MPa}$ . W przypadku układu zraszania w wariacie II (włączone zraszanie wewnętrzne zanożowe sektorowe i zraszanie zewnętrzne) pozytywne wyniki uzyskano przy parametrach wody: przepływ  $26 \text{ dm}^3/\text{min}$  i ciśnienie  $1,0 \text{ MPa}$  dla układu zraszania wewnętrznego oraz: przepływ  $24 \text{ dm}^3/\text{min}$  i ciśnienie  $1,0 \text{ MPa}$  dla układu zraszania zewnętrznego, z 24 dyszami zraszającymi.

W przypadku układu zraszania w wariacie III (włączone zraszanie zewnętrzne) pozytywne wyniki uzyskano przy następujących parametrach wody: przepływ  $24 \text{ dm}^3/\text{min}$  i ciśnienie  $1,0 \text{ MPa}$ . Wszystkie warianty systemu zraszania, wykazały się stuprocentową skutecznością niedopuszczania do zapłonu gazu oraz natychmiastowym gaszeniem zapalonego gazu.

## 7. Podsumowanie

Wyniki badań systemu zraszania wodnego przeznaczonego dla kombajnu KPD wykazały pełną skuteczność w aspekcie gaszenia zapalonego gazu, jak i w zapobieganiu powstawaniu jego zapłonu, przy założonych parametrach wody.

Uzyskane pozytywne wyniki badań stanowiskowych dla trzech wariantów systemu zraszania potwierdziły ich skuteczność w ograniczaniu zagrożenia metanowego. Pozwoliło to producentowi kombajnu KPD (firmie CORUM Group) uzyskać certyfikat na system zraszania. Dzięki temu, kombajn wyposażony w badany system zraszania będzie skutecznie chronił załogę górniczą przed zagrożeniem wybuchami metanu w warunkach eksploatacyjnych.

## Literatura

- [1] Bałaga D. i in.: Metody i środki zwalczania zagrożeń pyłowych i metanowych w górnictwie węglowym. *Maszyny Górnicze* 2015, nr 3, s. 68-81.
- [2] Kalita M., Prostański D.: Koncepcja systemu zraszania sektorowego zanożowego głowicy urabiającej kombajnu chodnikowego - część I. *Przegląd Górniczy* 2015, nr 7, s. 43-48.
- [3] Prostański D. i in.: Wyniki badań stanowiskowych kurtyny powietrzno-wodnej do kombajnu chodnikowego R-200. *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie* 2008, nr 8, s. 30-37.
- [4] Bałaga D. i in.: Instrukcja systemu zraszania kombajnu chodnikowego typu KPD. Gliwice: ITG KOMAG, 2014.
- [5] Bałaga D. i in.: Sprawozdanie z badań. Kurtyna zraszająca kombajnu chodnikowego typu KPD. Gliwice: ITG KOMAG, 2014 (materiały niepublikowane).
- [6] PN-EN 1127-2+A1:2010 - Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 2: Pojęcia podstawowe i metodologia dla górnictwa.
- [7] PN-EN 1710+A1:2010 - Urządzenia i podzespoły przeznaczone do stosowania w przestrzeniach zagrożonych wybuchem w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych.
- [8] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych. (Dz. U. RP Nr 139 poz. 1169 z 2 września 2002).
- [9] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem (Dz.U.2005. nr 263, poz. 2203).
- [10] <http://www.corum.com>.