ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1985

Seria: GÓRNICTWO z. 133 Nr kol. 834

Antoni KURZEJA

Centrum Naukowo-Produkcyjne EMAG
w Katowicach

BADANIE PALNOŚCI GÓRNICZYCH KABLI I PRZEWODÓW OPONOWYCH

Streszczenie. Przedstawiono metodykę badań palności kabli i przewodów oponowych stosowanych w podziemiach kopalń.
Omówiono wyniki badań wg zaproponowanej metodyki dwóch typów kabli:

- opancerzonego, nieekranowanego w izolacji i powłoce polwinitowej typu YKGYFpy 6 kV,
- opancerzonego, ekranowanego w izolacji polietylenowej i powłoce polwinitowej typu YHKGXFty 1 kV.

W miarę wprowadzania do konstrukcji kablowych nowych materiałów izolacyjnych, powłokowych i osłonowych opartych na polimerach (elastomerach i termoplastach) coraz poważniejszy staje się problem związany z palnością kabli.

Stopień palności gotowych wyrobów kablowych zaczyna być jednym z najważniejszych kryteriów ich doboru z uwagi na znaczne, występujące w podziemiach kopalń, zagrożenie pożarowe.

Wymagania aktualnie obowiązujących przepisów [1, 2] w zakresie palności kabli i przewodów oponowych stosowanych w podziemiach kopalń węgla kamiennego podyktowane są następującymi względami:

1. Górniczy kabel i przewód oponowy poddany działaniu ognia, po ustaniu działania zewnętrznego źródła ciepła powinien sam gasnąć.

2. Ogień nie może po osłonach kabli i oponach przewodów oponowych przenosić się do sąsiednich wyrobisk.

Z powyższych względów stosowanie określeń "samogasnący", "nieprzenoszący ognia" (spotykane w literaturze zagranicznej) znacznie lepiej oddaje istotę rzeczy niż niezbyt precyzyjne określenia "trudno palny", "łatwo palny" przepisów, o których mowa wyżej.

Tworzone w różnych krajach testy oznaczania palności mają głównie na celu uszeregowanie materiałów polimerowych pod względem palności.

Znaczna ilość testów nie spełniła jednak tego zadania, wzajemna ich korelacja jest znikoma, a próby ekstrapolowania wyników tych testów nie doprowadziły do zadowalających wyników.

Powodem tego jest oznaczanie różnych cech charakterystycznych palności przy zastosowaniu różnych metod w różnej skali wielkości testu [3].

Prowadzone w CNP EMAG prace zmierzały do pogrupowania i przeanalizowania w sposób krytyczny stosowanych metod badań palności materiałów i wyrobów kablowych w celu wybrania najbardziej odpowiednich, tj. uwzględniających rzeczywiste warunki eksploatacyjne.

Po przeprowadzonej analizie metod badań palności dokonano wyboru i opracowania koncepcji metodyki badań palności, kierując się następującymi względami:

1. Koniecznością uzyskiwania w miarę jednoznacznych wyników badań materiałów kablowych lub gotowych wyrobów.
2. Celowością uwzględniania specyficznych warunków eksploatacji kabli i przewodów oponowych w podziemiach kopalń.
3. Kosztem oraz dostępnością aparatury umożliwiającej prowadzenie badań oraz kosztem budowy odpowiednich stoisk.
4. Ilością i kosztem badanych kabli.
5. Pracochłonnością badań.

Biorąc ponadto pod uwagę realne możliwości prowadzenia w CNP EMAG badań, zaproponowano przyjęcie jako zasady badanie następujących cech palności:

1) zapalność,
2) palność powierzchniowa,
3) wydzielanie dymu,
4) oznaczanie składu chemicznego gazowych produktów rozkładu materiałów kablowych.

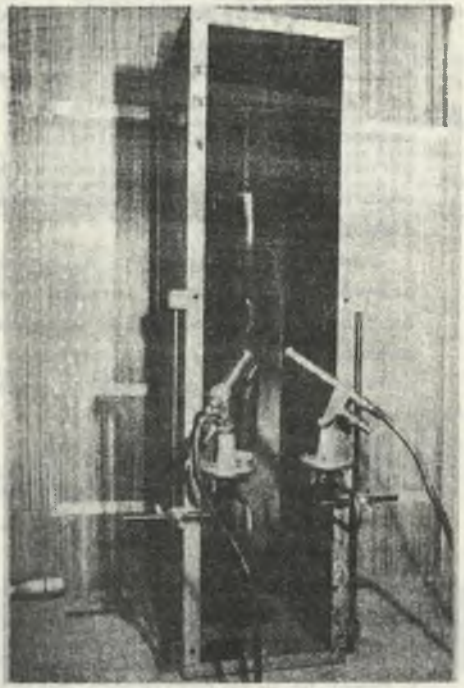
Badania powyższych cech palności zaproponowano prowadzić w dwóch grupach:

- badania cech palności materiałów kablowych,
- badanie cech palności na próbkach kabli i przewodów oponowych z uwzględnieniem rzeczywistych warunków eksploatacyjnych.

Badanie cech palności na próbkach materiałów powinno określić: zapalność oraz skład chemiczny gazowych produktów rozkładu testowanych materiałów kablowych.

Zapalność materiałów kablowych przyjęto określać za pomocą testu wskaźnika tlenowego, tj. wg definicji [4] najmniejszej objętościowo zawartości tlenu w mieszaninie tlenu z azotem, przy której próbka pali się jeszcze z góry do dołu. Uzyskiwane wyniki są powtarzalne i mogą służyć do celów porównawczych.

Konieczność badania składu chemicznego gazowych produktów rozkładu materiałów kablowych wynika z faktu, że gazy powstałe wskutek palenia się tworzyw są silnie toksyczne i korodujące. Przykładowo, przy rozpadzie jednego kg czystego polwinitu wydziela się około 400 l chlorowodoru [5]. Szkody w otoczeniu powstałe na skutek korozyjnego działania gazów często są niewspółmiernie większe od spowodowanych działaniem płomienia [5].



Rys. 1. Urządzenie do badania odporności na rozprzestrzenianie się płomienia (wg PN-76/E-04160 ark. 55)

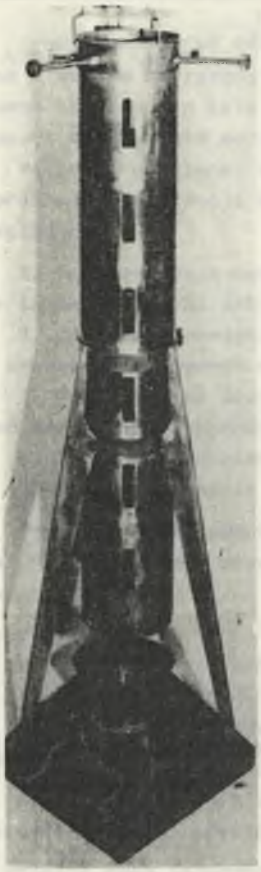
Dla określenia toksyczności i korozyjności gazów przyjęto badanie metodą chromatografii gazowej.

Badanie palności na próbkach kabli i przewodów oponowych zaliczane jest do grupy testów badania palności powierzchniowej.

Metoda badania odporności na rozprzestrzenianie się płomienia [6] polega na przyłożeniu (rys. 1) do próbki o określonej długości odpowiednio wyregulowanego płomienia palnika na czas zależny od masy próbki.

Zgodnie z kryterium kabel należy uznać za odporny na rozprzestrzenianie się płomienia, jeżeli po odjęciu palnika płomień sam gaśnie, a przy końcu próbki brak części zwęglonych. Badanie według tego testu jest obowiązujące (norma państwowa) podczas sprawdzania gotowych wyrobów w postaci kabli czy przewodów oponowych. Kryteria nie są jednak precyzyjne (brak określenia czasu palenia się próbki po odjęciu palnika).

Za bardziej precyzyjną i dającą możliwość uzyskania jednoznacznych wyników uznano metodę badania odporności na działanie płomienia [7], w której podpala się próbkę kabla o określonej długości za pomocą etanolu (rys. 2) w czasie zależnym od średnicy zewnętrznej próbki oraz średnicy żyły próbki.



Rys. 2. Urządzenie do badania odporności na działanie płomienia (wg SS-424 14 75)

Zgodnie z kryterium oceny badany kabel lub przewód oponowy można uznać za odporny na działanie płomienia, jeżeli po usunięciu działania zewnętrznego źródła ciepła i ustaniu wszelkich oznak palenia brak widocznych uszkodzeń na próbce w odległości 300 mm od górnego jej końca. Odpowiada to klasie F3 odporności na działanie płomienia wg normy szwedzkiej SS 424 14 75.

Badanie cech palności na próbkach kabli i przewodów oponowych w warunkach zbliżonych do rzeczywistych warunków eksploatacyjnych powinno uwzględniać dwa czynniki mające podstawowy wpływ na przebieg procesu palenia:

- wymuszony ruch powietrza,
- zanieczyszczenia powierzchni kabli i przewodów oponowych pyłem węglowym, ewentualnie smarami itp.

Proponowane badanie wymaga budowy odpowiednio wyposażonego tunelu o wymiarach zbliżonych do wymiarów wyrobiska chodnikowego. Z uwagi na brak możliwości wykonawczych w CNP EMAG badań takich dotychczas nie prowadzono.

Według omówionej wyżej metodyki badań palności zbadano (z wyjątkiem określenia składu chemicznego gazowych produktów rozkładu) w CNP EMAG próbki stosowanych dotychczas oraz nowo wprowadzanych do podziemi kopalń kabli i przewodów oponowych.

Celem prowadzonych badań było przede wszystkim uzyskanie wyników służących celom porównawczym.

W niniejszym komunikacie omówiono wyniki badań próbek dwu typów kabli:

- kabla opancerzonego nieekranowanego 6 kV w izolacji i powłoce polwinitowej typu YKGYFpy, oznaczonego dalej jako 1,
- kabla opancerzonego ekranowanego 1 kV w izolacji polietylenowej i powłoce polwinitowej typu YHKGXFty, oznaczonego dalej jako 2.

Badanie cech palności na próbkach materiałów polegało na określaniu wskaźnika tlenowego (Limited Oxygen Index) osłon antykorozyjnych próbek wymienionych typów kabli.

Dla próbki 1 wskaźnik tlenowy wynosi 22,5%, natomiast dla próbki 2 wskaźnik tlenowy wynosi 23,7%.

Badanie cech palności na próbkach kabli przeprowadzono wg omówionych poprzednio metod.

Zgodnie z wymaganiami metody badania odporności na rozprzestrzenianie się płomienia próbkę kabla 1 o długości 600 mm poddano działaniu płomienia dwu palników gazowych Bunsena o średnicy dyszy 10 mm. Czas przyłożenia płomienia, 295 s, zależny od masy próbki wyliczono ze wzoru:

$$T = 60 + \frac{W}{25} \text{ (s)},$$

gdzie:

W - całkowita masa próbki (g).

W trakcie prowadzenia próby zaobserwowano wydzielanie się znacznych ilości dymu o intensywnym, silnie drażniącym drogi oddechowe zapachu. Po odjęciu palników próbka paliła się jeszcze ok. 5 minut.

Rys. 3. Próbka kabla 1 po badaniu odporności na rozprzestrzenianie się płomienia (wg PN-76/E-04160 ark. 55)

Po zgaśnięciu płomienia stwierdzono uszkodzenia osłony antykorozyjnej na końcu próbki (rys. 3). Zgodnie z kryterium wynik próby jest negatywny.

Próbkę kabla 2 o długości 600 mm poddano działaniu płomienia dwu palników gazowych Bunsena o średnicy dyszy 10 mm. Czas przyłożenia płomienia, 196 s, zależny od masy próbki wyliczono w sposób podany wyżej. W trakcie prowadzenia próby zaobserwowano wydzielanie się dużej ilości dymu o intensywnym, charakterystycznym zapachu. Po odjęciu palników płomień na próbce po ok. 3 minutach zgasł. Nie stwierdzono uszkodzeń przy końcu próbki. Zgodnie z wymaganiami normy wynik próby jest pozytywny.

Badanie odporności na działanie płomienia [7] polegało na poddaniu zawieszonej pionowo w rurze stalowej (rys. 2) próbki kabla 1 działaniu płomienia 260 ml etanolu, płonącego w pojemniku ustawionym pod rurą. Czas palenia się etanolu, 13 min, wyliczono z zależności:

$$T = k + \frac{D}{5} \text{ (min)},$$

gdzie:

D - średnica zewnętrzna próbki kabla lub przewodu oponowego (mm),

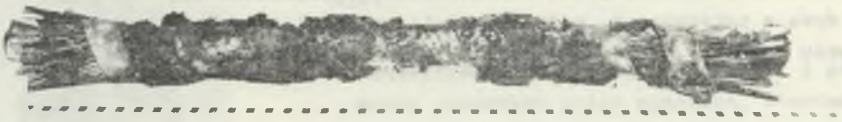
k = 1 - dla kabli lub przewodów o przekroju żył $\leqslant$ 2,5 mm^2,

k = 2 - dla kabli lub przewodów o przekroju żył $>$ 2,5 mm^2.

Do pojemnika wlano T x 20 ml etanolu.

Po początkowym trwającym ok. 3 minut spokojnie przebiegającym etapie palenia próbka zaczęła palić się gwałtownie silnym płomieniem powodującym rozgrzanie rury stalowej urządzenia. Palenie związane było z wydzielaniem dużych ilości dymu o silnym charakterystycznym zapachu. Po wypaleniu się etanolu próbka paliła się jeszcze ok. 15 minut.

Stwierdzono, po ustaniu wszelkich oznak palenia, całkowite zniszczenie osłony antykorozyjnej, przegrzanie drutów pancerza i taśmy stalowej, stopienie izolacji żył (rys. 4).

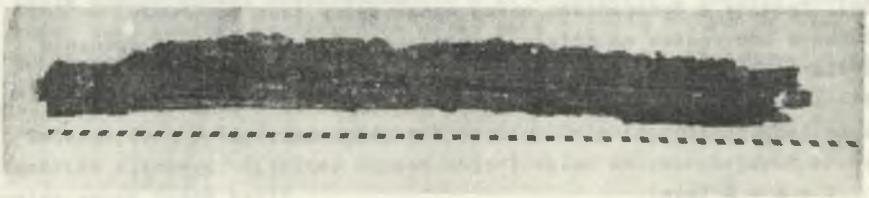


Rys. 4. Próbka kabla 1 po badaniu odporności na działanie płomienia (wg SS-424 14 75)

Zgodnie z kryterium próbka nie uzyskała klasy F3 odporności na działanie płomienia.

Próbkę kabla 2 poddano działaniu płomienia 244 ml płonącego etanolu przez 12 minut. Czas palenia się etanolu i jego ilość wyliczono w sposób podany wcześniej.

Palenie się próbki miało bardzo gwałtowny przebieg. Próbka paliła się na całej długości, płomień spowodował silne rozgrzanie rury stalowej urządzenia. Palenie związane było z wydzielaniem się dużych ilości dymu o charakterystycznym zapachu. Po ustaniu wszelkich oznak palenia, co nastąpiło po ok. 30 minutach od momentu zapalenia etanolu, stwierdzono zniszczenie osłony antykorozyjnej na całej długości, przegrzanie taśmy stalowej i taśm miedzianych, stopienie izolacji żył. Miejscami widoczna była wyżarzona miedź drutów żył (rys. 5).



Rys. 5. Próbka kabla 2 po badaniu odporności na działanie płomienia (wg SS-424 14 75)

Zgodnie z kryterium próbka nie uzyskała klasy F3 odporności na działanie płomienia.

Z przeprowadzonych badań wynika, że określanie cech palności różnymi metodami jest uzasadnione.

Wskaźniki tlenowe dla osłon antykorozyjnych kabla 1 i kabla 2, mimo iż stosowany jest materiał o podobnych właściwościach, wykazują niewielkie różnice.

Badanie odporności na rozprzestrzenianie się płomienia [6] zróżnicowało wyraźnie próbki kabli.

Kabel 1 nie spełnił wymagań normy, natomiast kabel 2 spełnił wymagania.

Należy przypuszczać, że oprócz właściwości osłony antykorozyjnej wpływ na wynik próby ma również konstrukcja kabla, w tym przypadku ekrany indywidualne z taśm miedzianych na żyłach i taśma stalowa opancerzenia odprowadzające ciepło.

Badanie odporności na działanie płomienia [7] nie wykazało różnic dla próbek kabla 1 i 2. Próbki tych kabli uległy zupełnemu niemal zniszczeniu.

Z uwagi na to, że badanie wg tej metody związane jest za zmianę prowadzenia warunków próby, tzn. istotny jest bilans cieplny w trakcie trwania próby, należy przypuszczać, że decydujące znaczenie ma tu nie tyle sam materiał co właściwości cieplne układu materiał - otoczenia.

ZAKOŃCZENIE

Oceniając zastosowane metody badań można stwierdzić, że mimo iż nie są one dostatecznie precyzyjne (np. brak czasu gaśnięcia palącej się próbki po ustaniu zewnętrznego źródła ciepła w metodzie wg [6]) pozwalają ocenić w przybliżeniu zachowanie się badanych próbek kabli w warunkach pożaru.

Metody oznaczania wskaźnika tlenowego oraz odporności na rozprzestrzenianie się płomienia pomocne mogą być przy ocenie zachowania się kabli czy przewodów oponowych w pierwszej fazie pożaru, tj. wtedy, gdy istotna jest tendencja do zapłonu i rozprzestrzeniania się płomienia.

Metoda badania odporności na działanie płomienia pozwala w pewnym stopniu ocenić zachowanie się kabla, czy przewodu oponowego w warunkach, w których kilkakrotnie przekroczone zostaje krytyczne natężenie promieniowania cieplnego i istotny staje się bilans cieplny tworzący się w środowisku pożaru.

Dla pełniejszej oceny zachowania się kabli i przewodów oponowych w warunkach pożaru należy zebrać odpowiednio liczną próbkę w postaci wyników badań wg zaproponowanej metodyki, tj. łącznie z prowadzeniem prób z uwzględnieniem rzeczywistych warunków eksploatacyjnych oraz analizy składu chemicznego dymów i gazów wydzielających się w trakcie palenia z punktu widzenia ich toksyczności.

Koszty prowadzenia badań, mimo iż są znaczne, nie powinny być przeszkodą, gdyż może się okazać, że koszt zaniechania badań będzie niewspółmiernie większy.

LITERATURA

[1] Rozporządzenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 1.08.1969 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy oraz bezpieczeństwa pożarowego w podziemnych zakładach górniczych. Dz.U z dnia 18 sierpnia 1969 r., nr 24 poz. 176.

[2] Szczegółowe przepisy prowadzenia ruchu i gospodarki złożem w podziemnych zakładach górniczych wydobywających węgiel kamienny i brunatny. Ministerstwo Górnictwa i Energetyki, Katowice 1976.

[3] Walczyk W.: Kierunki badań w dziedzinie zmniejszenia palności polimerów. Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii. Biuletyn Informacyjny WICHiR nr 2/78, ss. 5-28.

[4] Jaroszyńska D., Gaczyński R., Felczak B.: Metody badań własności fizycznych gumy. WNT, Warszawa 1978.

[5] Materiały z seminarium na temat: "Zagadnienia przeciwpożarowe w przemysłowych sieciach kablowych". Biuletyn Elektroprojekt nr 7/8, ss.275-277.

[6] PN-76/E-4160 ark. 55 - Przewody elektryczne. Metody badań. Sprawdzenie odporności na rozprzestrzenianie się płomienia.

[7] SS-424 14 75 - Badanie odporności przewodów na działanie płomienia (norma szwedzka).

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Florian KRASUCKI

Wpłynęło do Redakcji we wrześniu 1984 r.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЮЧЕСТИ ШАХТНЫХ КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ В КОЖУХЕ

Р е з ю м е

В работе представлена методика исследований горючести кабелей и проводов в кожухе, применяемых в подземных шахтах. Оговорены результаты исследованой по данной методике двух кабелей:

- бронированного неэкранированного в изоляции и кожухе польвиниловом типа YKGYFpy 6 кв,
- бронированного, экранированного в полиэтиленовой изоляции и поливиниловом кожухе типа YHKGXFty 1 кв.

STUDIES OF COMBUSTABILITY OF MINING CABLES
AND COVER LEADS

S u m m a r y

The methodics of studies on the combustability of cables and cover leads used in underground mines has been presented. The test results acc. to the suggested methodics of the two types of cables have been discussed:

- a sheated, not screened one in insulation and polvinite sheet of the YKGYFpy 6 kV type,
- a sheated, screened one in polyethylene insulation and polvinite sheath of the YHKGXFty 1 kV type.