



Ryszard CHYBOWSKI¹, Waldemar JASKÓŁOWSKI²

Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Katedra Rozpoznawania Zagrożeń (1),
Katedra Działań Ratowniczo-Gaśniczych (2)

Badanie skuteczności powłok ogniochronnych kabli elektrycznych

Streszczenie. W referacie przedstawiono wyniki badań powłok ogniochronnych stosowanych przy zabezpieczaniu ciągów kablowych. Badania przeprowadzono przy wykorzystaniu znormalizowanej metody badawczej. Wyniki potwierdziły wysoką skuteczność badanych środków w zakresie przeciwdziałania rozprzestrzenianiu się płomienia.

Abstract. (Test of the effectiveness of flame retardant sheaths of electric cables). Test results relating to flame retardants used for protecting cable runs were presented. The tests were carried out using standard testing equipment. The results confirmed a high effectiveness of tested agents as flame retardants for electric cables.

Słowa kluczowe: kable elektryczne, środek ogniochronny, skuteczność ogniochronna, rozprzestrzenianie się płomienia.

Keywords: electric cables, flame retardant agent, flame spreading.

Wstęp

Bezpieczeństwo pożarowe jest jednym z podstawowych wymagań stawianych przez właściwe przepisy obiektom budowlanym, szczególnie zaliczanym do kategorii zagrożenia ludzi. Stanowisko to znalazło swoje odzwierciedlenie w dyrektywie Unii Europejskiej 89/106/EEC [1], opublikowanej w grudniu 1988 r. W przedmiotowym dokumencie zapisano, że jakość materiałów i wyrobów wprowadzanych na rynek powinna być taka, aby dobrze zaprojektowany i wykonany budynek mógł spełniać tzw. „wymagania podstawowe”. Są to: nośność i stateczność, bezpieczeństwo pożarowe, higiena i zdrowie, bezpieczeństwo użytkowania, ochrona przed hałasem, oszczędność energii i zachowania ciepła. Podobne stanowisko przyjął polski Ustawodawca [2,3].

Istotne jest, by wyroby budowlane, w tym kable elektryczne stanowiące integralną część budowli, były wykonane z materiałów zapewniających dostateczną ochronę przed pożarem, a w przypadku jego powstania stwarzały minimalne zagrożenie dla użytkowników, mieszkańców obiektu i ratowników. Cel ten można osiągnąć stosując wybiórczo takie wyroby, których charakterystyka pożarowa ogranicza szybkość tworzenia się środowiska pożarowego, m.in. poprzez :

- zmniejszenie ryzyka powstania pożaru w wyniku zapalenia się kabli,
- niedopuszczenie do rozprzestrzeniania się płomieni po kablach elektrycznych na sąsiednie obiekty (elementy wyposażenia),
- zapobieganie wydzielaniu się podczas pożaru nadmiernej ilości dymu, ciepła oraz toksycznych i korozyjnych produktów rozkładu termicznego i spalania.

Ze względu na swoją budowę i elementy składowe kabli elektrycznych (palne materiały powłokowe i izolacyjne) można stwierdzić, że stanowią one poważne zagrożenie związane z ryzykiem powstania pożaru. Statystyki pożarów potwierdzają tę tezę. Najczęstszą przyczyną powstania pożarów są instalacje elektryczne. Wskutek awarii elementy izolacyjne i powłokowe przegrzewają się, ulegają rozkładowi termicznemu i w konsekwencji nierzadko dochodzi do pożaru.

Zasada oddziaływania powłok ogniochronnych

Większość materiałów powłokowych i izolacyjnych stosowanych do produkcji kabli jest palna. Zatem w celu ograniczenia skutków ewentualnego pożaru, a zwłaszcza ograniczenie ilości wydzielanego ciepła, istnieje konieczność stosowania środków ogniochronnych. Zalicza się do nich m.in. produkty w postaci lakieru i wodnych roztworów soli nieorganicznych. Z uwagi na rodzaj materiału, kable elektryczne pokrywa się preparatami w postaci lakierów. W związku z tworzącą się w wyniku oddziaływania cieplnego porowatą warstwą zwęgloną określa się je potocznie jako „lakiery pęczniejące”.

Chemiczne środki ogniochronne, w zależności od zawartości składników, wykazują działanie oparte na zjawiskach: chemicznych, fizycznych lub fizykochemicznych. W procesie spalania tworzyw sztucznych wyróżnia się dwie fazy, tj. ogrzewanie się tworzywa do powstania lotnych produktów rozkładu termicznego oraz zapalenie się produktów pirolizy i dalsze spalanie. Antypireny mogą oddziaływać w obydwu fazach spalania.

Chemiczny i fizyczny zakres oddziaływania powłok ogniochronnych odbywa się, m.in. poprzez [4 -8]:

- 1) wytworzenie powierzchniowej warstwy izolacyjnej w czasie spalania (dodatek boranów i fosforanów wapnia, glinu oraz związku chlorowców) w rezultacie czego zmniejsza się szybkość wydzielanego ciepła,
- 2) dezaktywację aktywnych atomów i rodników tworzących się płomieniu,
- 3) zmniejszenie obszaru powierzchniowego rozprzestrzeniania się płomieni,
- 4) wydzielanie niepalnych produktów rozkładu termicznego, które mieszając się z tlenem zawartym w powietrzu obniżają stężenie tlenu i tym samym spowalniają proces spalania.

Granica między efektem chemicznym i fizycznym jest często niedostrzegalna. Z reguły chemiczne efekty, charakteryzowane przez stałe szybkości reakcji, są ściśle powiązane ze zjawiskami fizycznymi, decydującymi o transporcie masy i ciepła w czasie spalania.

Na podstawie przeglądu literatury [8] antypireny można również podzielić na: r e a k t y w n e, czyli związki

chemiczne lub atomy, które wbudowane są w główny łańcuch polimeru w procesie jego syntezy i a d d y t y n e, czyli związki, których inhibicyjne właściwości środków ogniochronnych opisane są zjawiskami fizycznymi.

Ze względu na skład chemiczny środki ogniochronne można podzielić na [4]:

- specjalne związki nieorganiczne,
- chlorowcowe związki organiczne,
- fosforowe związki organiczne,
- chlorowcowe związki organiczne fosforu.

Spośród związków nieorganicznych do najskuteczniejszych należy Sb_2O_3 ; jest on składnikiem wielu mieszanek polimerowych. Działa synergicznie ze związkami chlorowców, w których obecności powstają tlenohalogenki antymonu, łatwo reagujące z rodnikami wytwarzanymi podczas spalania. Do związków chemicznych zmniejszających palność tworzyw sztucznych można zaliczyć uwodniony trójtlenek glinu ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), którego działanie polega na odszczepianiu wody i pochłanianiu wydzielającego się ciepła. Stosuje się go jako do dodatek do PS, ABS, poliolefin, PVC, żywic epoksydowych i nienasyconych żywic poliestrowych [4,6]. W celu zwiększenia odporności na oddziaływanie cieplne stosuje się mieszaniny związków nieorganicznych z bromowymi związkami aromatycznymi. Do polietylenu PE-HD wprowadza się np. 6-10 % związków bromowych i 3-6 % Sb_2O_3 .

Działanie antypirenów fosforowych polega na wydzielaniu się pary wodnej, odwodnieniu i zwęglaniu powierzchni materiału. W konsekwencji powstaje warstwa zwęglona, która stanowi fizyczną barierę uniemożliwiającą dostęp tlenu do warstw materiału nie rozłożonego termicznie. W obecności związków azotu proces zwęglania powierzchni materiału potęguje się wskutek synergicznego działania ze związkami fosforu.

Badania laboratoryjne

Badania zostały przeprowadzone wg Polskiej Normy [9]. Schemat stanowiska przedstawiono na rys. 1. Umożliwia ono badanie rozprzestrzeniania się płomieni po przewodach elektrycznych bez wysokich nakładów finansowych. Zasadniczym elementem stanowiska jest cylindryczny piec elektryczny, który służy do ogrzewania odcinka przewodu. Kominek wykorzystuje się do ogrzania części przewodu (nie będącego w piecu) przez gorące gazy powstałe z rozkładu termicznego i spalania materiału palnego.

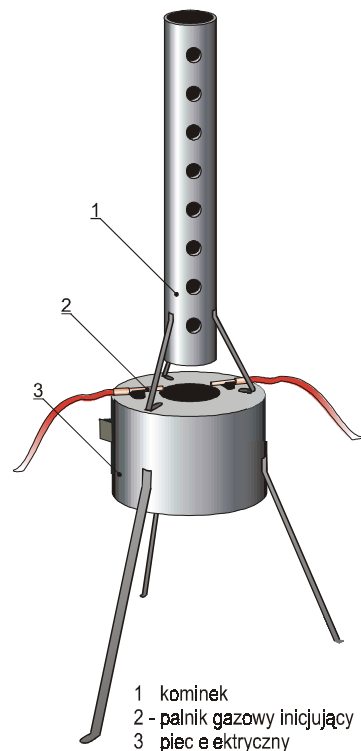
Przed rozpoczęciem badania piec wyskalowano zgodnie z wymaganiami normy. Temperatura w środku pieca osiągnęła wartość $300^{\circ}C$ w czasie 17 minut.

Odcinki do badań o długości 130 cm były wykonane z przewodu YDY 5 x 2,5 mm². Z uwagi na czystą powierzchnię przewodów nie wykonywano zabiegów oczyszczania z zabrudzeń. Przed badaniem odcinki przewodów pokryto następującymi środkami ogniochronnymi:

- Pyro-Safe Flammoplast KS-1,
- Pyro-Safe Flammotect-A,
- Pyroplast C,
- Promastop-Coating.

Badane środki ogniochronne mają aprobatę techniczną ITB do stosowania w Polsce. Trzy pierwsze mają aprobatę do stosowania jako powłoki na kable. Ostatni ma aprobatę do wykonywania przejść instalacyjnych, m.in. i kablowych. Powłoki były nanoszone na poszczególne odcinki pędzlem w kilku warstwach, w odstępach sześciogodzinnych, zgodnie z zaleceniami producentów. Po nałożeniu ostatniej warstwy zwiększono czas schnięcia do kilku dni. Następnie na każdym odcinku przewodu mocowano termoparę w taki

sposób, aby po umieszczeniu badanego odcinka w piecu była ona w jego centralnym położeniu. Umieszczony symetrycznie w kominku i piecu odcinek przewodu był poddawany oddziaływaniu strumienia ciepłego. Zmiany temperatury rejestrowano za pomocą termopary umieszczonej na badanym odcinku przewodu. Po osiągnięciu temperatury $300^{\circ}C$ odłączano napięcie zasilające i inicjowano zapłon gazów powstałych podczas rozkładu termicznego przewodu. Czynnikiem inicjującym były dwa palniki gazowe umieszczone w górnej części pieca. Czas oddziaływania źródeł ciepła wynosił 10 s. Po zakończeniu spalania płomieniowego utrzymywano próbki w piecu do czasu zaniku oznak palenia, tzn. braku płomieni oraz widocznych oznak dymienia. Czas trwania pomiaru uzależniony był od intensywności spalania badanego przewodu.



Rys.1. Schemat stanowiska badawczego wg PN-89/E-04160/55-12

Analiza wyników badań

Wyniki badań przedstawiono w tabeli 1. Badania wykazały, że czas do osiągnięcia temperatury $300^{\circ}C$ określonego punktu odcinka przewodu był bardzo zróżnicowany. Wynika to z zasady pomiaru. Termopara była przymocowana do powierzchni przewodu. W czasie badań powłoka przewodu ulegała spęczeniu i termopara w pewnej chwili znajdowała się w środku tej warstwy o innej temperaturze. Fakt ten nie miał wpływu na ostateczny wynik próby. Długość uszkodzonego przewodu była uzależniona od rodzaju powłoki ogniochronnej lub jej braku. W przypadku powłok zaliczanych do endotermicznych zaobserwowano nieznaczne spęczenie powłoki ogniochronnej pokrywającej przewód elektryczny podczas badań. Warstwa zwęglona powstała pod tymi warstwami jest nietrwała i podatna na kruszenie.

W przypadku powłok pęczniących na odcinkach przewodu umieszczonych w piecu badawczym stwierdzono, że warstwa zwęglona występuje w postaci mikroporowatej pianki dobrze związanej z warstwą PCV. Badania wykazały, że wszystkie zastosowane w badaniach impregnaty uzyskały pozytywne wyniki.

Tabela 1. Wyniki badań odporności przewodów na rozprzestrzenianie się płomienia

Rodzaj środka ogniochronnego Liczba warstw/grubość powłoki (mm)	Czas do osiągnięcia temp. 300 °C (min)	Czas spalania (po odjęciu palników) (s)	Długość uszkodzonego przewodu (mm)	Wynik badania	Uwagi
PYRO-SAFE FLAMMOPLAST KS 1(pęczniejąca) 3/08	11	> 60	50	dodatni	Samozapłon przy 270°C
	12	> 60	50		
	16	----	30		
PYRO-SAFE FLAMMOTECT-A (endotermiczna) 4/1	13	> 60	140	dodatni	Płomień sięgał do połowy kominka
	11	> 60	130		
	11	> 60	120		
PROMASTOP-Coating (endotermiczna) 3/0,8	11	----	----	dodatni	Brak
	14	----	----		
	12	----	----		
PYROPLAST C (pęczniejąca) 3/0,8	17	> 180	170	dodatni	Samozapłon przy 280°C Samozapłon przy 255°C Samozapłon przy 299°C
	12	> 240	150		
	14	> 240	160		
Brak powłoki ogniochronnej	12	> 240	650	ujemny	Płomień sięgał do końca kominka

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. W określonych warunkach badania wszystkie badane powłoki ogniochronne nie rozprzestrzeniają płomienia.
2. Najbardziej skuteczną powłoką ogniochronną było zabezpieczenie wykonane z PROMASTOP Coating. Zastosowanie tego preparatu uniemożliwiło zapłon gazowych produktów rozkładu termicznego powstałego podczas rozkładu materiałów izolacyjnych i powłokowych badanego przewodu.
3. Najgorsze właściwości ogniochronne stwierdzono podczas badań przewodów elektrycznych pokrytych warstwą ochronną wykonaną z PYRO-SAFE FLAMMOTECT – A.

LITERATURA

- [1] Dokument Interpretacyjny do Dyrektywy 89/106/EEC dotyczącej wyrobów budowlanych. *Wymagania podstawowe nr 2 Bezpieczeństwo pożarowe*. ITB, Warszawa (1995)
- [2] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity: Dz. U. Nr 106 z 2000 r., poz. 1126 z późn. zm.), art.5 ust.1, pkt. 1

- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U Nr 75 z 15 czerwca 2002 r., poz. 960)
- [4] S z l e z i n g e r W., *Tworzywa sztuczne, chemia, technologia wytwarzania, właściwości, przetwórstwo, zastosowanie*, tom 2, Rzeszów (1998)
- [5] W ł a d y k a-P r z y b y l a k M., K o z ł o w s k i R., The Thermal Characteristics of Different Intumescent Coatings, *Fire and Materials*, (1999), nr 23, 33-43
- [6] C h a p l i n D., New and Improved Flame Retardants of Low Hazard, *Flame Retardants* 92, (1999), 198-210.
- [7] H i l l a r o C.J., *Flammability Handbook for Plastics*, 3rd edition, Wesport (1982)
- [8] P ó ł k a M., Wpływ dodatków nieorganicznych na palność modyfikowanych materiałów poliestrowych, *Praca doktorska*, Szczecin (2001), 14
- [9] PN-89/E-04160/55: Sprawdzanie odporności przewodów na rozprzestrzenianie płomienia. Metoda V

Autorzy: dr inż. Ryszard Chybowski, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Zakład Elektroenergetyki, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa; dr inż. Waldemar Jaskółowski, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Zakład Spalania ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, E-mail: wjaskolowski@sqsp.edu.pl