

# Ocena odzieży przeznaczonych do użytkowania w strefie zagrożenia wybuchem

dr AGNIESZKA KURCZEWSKA

Centralny Instytut Ochrony Pracy  
– Państwowy Instytut Badawczy

W artykule omówiono metodę badania służącą do pomiaru zaniku ładunku oraz uregulowania prawne i zasady oceny materiałów, a także odzieży antyelektrostatycznej przeznaczonej do użytkowania w strefie zagrożenia wybuchem.

## Evaluation of clothing for use in an explosive atmosphere zone

This article discusses a test method for measuring charge decay. It also presents regulations and criteria of classification of antielectrostatic materials and protective clothing for use in explosive atmosphere.

Miejsca, gdzie występuje atmosfera wybuchowa, są szczególnie groźne z punktu widzenia potencjalnych zagrożeń dla pracownika. Elektryczność statyczna może stanowić istotne źródło zapłonu w strefie zagrożenia wybuchem, co może prowadzić do wielu ciężkich wypadków przy pracy, w tym o skutkach śmiertelnych. Konieczna jest więc zarówno ochrona człowieka, jak i środowiska pracy. Problem elektryczności statycznej dotyczy przede wszystkim:

- przemysłu chemicznego, w tym petrochemicznego (naftowego), przetwórstwa tworzyw sztucznych,
- przemysłu wydobywczego,
- produkcji i transportu niebezpiecznych substancji,
- gazowni i elektrowni.

Dyrektywa ramowa 89/391/EWG [1] i wprowadzający ją do prawodawstwa polskiego Kodeks pracy nakłada na pracodawcę odpowiedzialność za zapewnienie pracownikom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia. Zgodnie z dyrektywą szczegółową 89/656/EWG [2] i wdrażającym ją rozporządzeniem ministra pracy i polityki społecznej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [3], jeżeli nie jest to możliwe za pomocą środków technicznych, w tym środków ochrony zbiorowej i organizacyjnych, należy stosować środki ochrony indywidualnej spełniające wymagania dyrektywy 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. [4] przeniesionej do prawa polskiego rozporządzeniem ministra gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej (DzU nr 259, poz. 2173) [5]. Istotne jest, aby środki te nie stanowiły

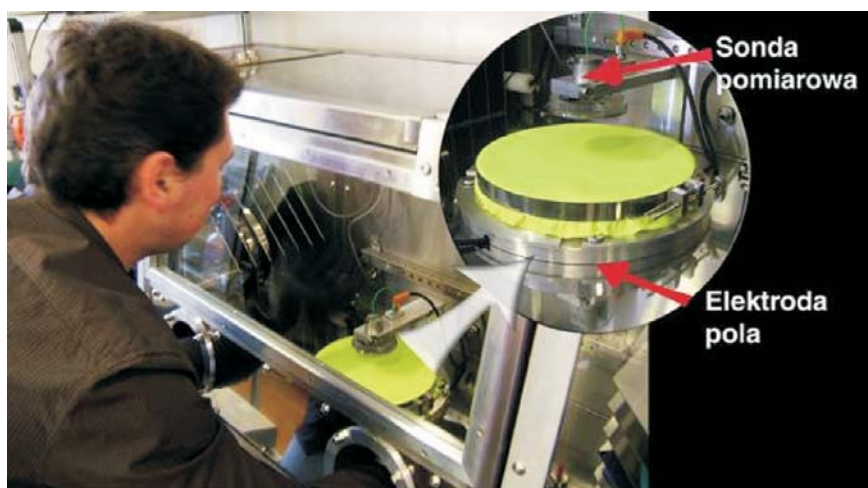
zagrożenia, bowiem ubranie z materiału elektryzującego się może powodować jego naelektryzowanie, a w konsekwencji niebezpieczne naelektryzowanie ciała człowieka. Elektryzowanie materiału może powstać na skutek kontaktu lub tarcia i tarcia materiału odzieży z elementami zewnętrznymi bądź przy zdejmowaniu odzieży w wyniku jej tarcia o bieliznę [6].

Wyładowania elektrostatyczne z naelektryzowanych w ten sposób powierzchni ciała człowieka lub materiału mogą występować jako wyładowania iskrowe lub snopiące, co w przypadku, gdy energia wyładowania jest większa od energii zapłonu atmosfery wybuchowej, może stać się źródłem zapłonu w strefie zagrożenia wybuchem. Wysokoenergetyczne

wyładowania iskrowe z powierzchni ciała człowieka są bardzo niebezpieczne, gdyż mogą być przyczyną wypadków, awarii, a nawet poważnych katastrof. Dlatego też bardzo ważna jest właściwa ocena materiałów na odzież oraz samych wyrobów odzieżowych przeznaczonych do noszenia w strefie zagrożenia wybuchem. Jest to zagadnienie, budzące wiele dyskusji z uwagi na różnorodność metod badań i w związku z tym różne kryteria oceny właściwości antyelektrostatycznych materiałów na odzież ochronną.

Zgodnie z dyrektywą 89/686/EWG środki ochrony indywidualnej przewidziane do użytku w strefie zagrożenia wybuchem powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby nie mogły być źródłem iskry lub łuku elektrycznego spowodowanych elektrycznością statyczną lub uderzeniem i mogących spowodować zapłon mieszanki wybuchowej.

W Unii Europejskiej powstały trzy i w chwili obecnej jedyne znormalizowane i zharmonizowane z dyrektywą 89/686/



Fot. Stanowisko badawcze wg PN-EN 1149-3:2007: komora antystatyczna z zaznaczoną elektrodą pola oraz elektrodą pomiarową

Photo. A test stand according to EN 1149-3:2004: an antistatic chamber with a field electrode and a field measuring probe

EWG [2] metody badawcze. Dwie z nich PN EN 1149-1:2008 [7] i PN-EN 1149-2:1999/ Ap1:2001 [8] dotyczą wyznaczania rezystywności elektrycznej powierzchniowej i skrośnej materiałów, a trzecia PN EN 1149-3:2007 [9] dotyczy pomiaru czasu zaniku ładunku wywołanego metodą indukcyjną. Została ona opracowana do badania materiałów niejednorodnych, w tym z przędzą z rdzeniem przewodzącym, których rezystywność elektryczna jest duża, a które uznawane są za nieelektryzujące się bądź mające zdolność szybkiego rozpraszania ładunku i są dopuszczane do stosowania w strefie zagrożenia wybuchem. Na temat tej metody trwają jednak ciągłe dyskusje w kontekście jej odniesienia do warunków rzeczywistych.

Na fot. zostało przedstawione stanowisko badawcze zbudowane w CIOP-PIB zgodnie z wymaganiami normy PN EN 1149-3:2007.

Tuż pod znajdującą się w płaszczyźnie poziomej badaną próbką umieszcza się, bez stykania się z nią, elektrodę wytwarzającą pole elektryczne. Do tej elektrody, przykładana się skokowo wysokie napięcie  $1200 \pm 50$  V. Nad elektrodą umieszczona jest „sonda do pomiaru pola” dołączona do wzmacniacza ładunku. Sygnał z wyjścia wzmacniacza, będący wprost proporcjonalny do oddziaływania pola elektrycznego na sondę, rejestrowany i archiwizowany jest za pomocą oscyloskopu zintegrowanego z komputerem. Jeśli próbka jest przewodząca lub zawiera elementy przewodzące, indukowany jest w niej ładunek o polaryzacji przeciwnej do polaryzacji elektrody wytwarzającej pole. Pole od tej elektrody oddziałuje na elementy przewodzące, a wypadkowe pole  $E$ , jest zredukowane w sposób, który jest charakterystyką badanego materiału. Za pomocą sondy mierzy się procentowe osłabienie pola po drugiej stronie próbki w stosunku do pola bez próbki  $E_{max}$ . Jeżeli materiał jest czystym dielektrykiem, sygnał napięciowy będzie taki, jakby nie było żadnego materiału. Jeżeli natomiast dany materiał wykazuje jakąś przewodność, pole będzie mniejsze od tego bez materiału i w miarę upływu czasu będzie maleć.

Tę zmianę pola stosuje się do wyznaczenia czasu połowicznego zaniku  $t_{50}$ , tj. czasu, w jakim mierzone pole maleje o połowę w stosunku do swojej początkowej wartości (bez materiału)  $E_{max}$  i współczynnika ekranowania  $S$ , ( $S = 1 - E/E_{max}$ ), tj. stopnia, w jakim pole jest początkowo zredukowane w stosunku do pola bez materiału  $E_{max}$ . Pomiar odbywa

się w atmosferze o temperaturze  $23 \pm 1$  °C i wilgotności względnej  $25 \pm 5$ %.

Wymagania dla materiałów na odzież antyelektrostatyczną, badanych metodami podanymi w serii norm PN EN 1149, zostały sformułowane w projekcie normy Final Draft pr EN 1149-5:2006 [10]. Wymagania dotyczą również sposobu oznakowania odzieży i treści instrukcji producenta. Zgodnie z wymaganiami zawartymi w tym projekcie materiał klasyfikowany jest jako rozpraszający ładunek elektryczny, gdy:

- $t_{50} < 4$  s lub  $S > 0,2$ , gdzie:  $t_{50}$  – czas połowicznego zaniku ładunku wytworzonego na materiale metodą indukcyjną,  $S$  – współczynnik ekranowania,  $S = 1 - E_r/E_{max}$

$E_{max}$  – natężenie pola elektrycznego bez badanej próbki

$E_r$  – pole mierzone po drugiej stronie próbki materiału

- rezystancja powierzchniowa jest mniejsza lub równa  $2,5 \times 10^9 \Omega$  przynajmniej po jednej stronie materiału badanego wg PN EN 1149-1:2008

W przypadku materiałów zawierających przędzę elektroprzewodzącą w postaci równoległych nitki lub siatki, odległość między nitkami elektroprzewodzącymi w jednym kierunku nie powinna przekraczać 10 mm dla każdego elementu odzieży.

Dokument ten określa również wymagania odnośnie konstrukcji odzieży. Odzież rozpraszająca ładunek elektryczny powinna pokrywać całe ciało w czasie jej użytkowania, w tym również podczas wykonywania standardowych czynności i pochylania się. Jednocześnie nie powinna ograniczać wykonywania ruchów, nawet gdy jest zapięta zgodnie z zaleceniami producenta. Jeżeli odzież wykonana jest z układu materiałów, materiał antyelektrostatyczny powinien stanowić jej zewnętrzną warstwę. Zapięcia z materiałów elektroprzewodzących, np. zamki błyskawiczne, guziki, zatrzaski mogą być stosowane pod warunkiem, że są przykryte materiałem antyelektrostatycznym.

Producent odzieży antyelektrostatycznej ma obowiązek dołączenia do wyrobu instrukcji zawierającej także następujące informacje:

- przebywając w strefie zagrożenia wybuchem lub w pobliżu materiałów łatwo palnych, pracownik nie może zdejmować odzieży antyelektrostatycznej
- jak prawidłowo zapinać i nosić odzież
- właściwości antyelektrostatyczne odzieży mogą ulec zmianie w czasie jej użyt-

Znajdziesz nas w Internecie [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl), e-mail: [bpredakcja@ciop.pl](mailto:bpredakcja@ciop.pl)



# PRENUMERUJ

**BZPIECZEŃSTWO  
PRACY** nauka i praktyka



kowania (poprzez zabrudzenie, uszkodzenie, pranie)

- użytkownik odzieży antyelektrostatycznej powinien być odpowiednio uziemiony przez opór upływu mniejszy niż  $10^8 \Omega$

- w atmosferze wzbogaconej w tlen odzież rozpraszająca ładunek elektryczny nie może być stosowana bez wcześniejszej konsultacji z pracownikiem służby bhp (specjalistą).

Zgodnie z wymaganiami dokumentu Final Draft pr EN 1149-5:2006 [10] w strefie zagrożenia wybuchem, wzbogaconej w tlen lub w pobliżu materiałów łatwo palnych, pracownik powinien być uziemiony bezpośrednio lub przez obuwie elektroprzewodzące (opór upływu powinien być mniejszy niż  $10^5 \Omega$ ) zgodnie z PN EN ISO 20345:2007 [11].

Szczególne dyskusje budzi zapis dotyczący elementów dielektrycznych umieszczonych na wyrobach odzieżowych w postaci logo firmy, etykiet, pasów z taśm odbłaskowych. Zgodnie z wymaganiami normy, elementy te mogą być stosowane pod warunkiem, że są przytwierdzone na stałe do zewnętrznej warstwy materiału antyelektrostatycznego.

W CIOP-PIB przy ocenie typu odzieży antyelektrostatycznej przeznaczonej do użytkowania w strefie zagrożenia wybuchem przyjęto jednak zasadę, że powierzchnia materiału dielektrycznego na odzieży antyelektrostatycznej nie może przekraczać

- $50 \text{ cm}^2$ , w obecności mediów o minimalnej energii zapłonu  $W_{zmin} > 0,1 \text{ mJ}$  i

- $4 \text{ cm}^2$  w obecności mediów o minimalnej energii zapłonu  $W_{zmin} \leq 0,1 \text{ mJ}$ .

Wymagania te zostały przyjęte na podstawie polskiej normy PN-E-05204:1994 [12] i są konsekwencją ogólnych zasad ochrony przed elektrycznością statyczną podanych w normie PN-92 E-05201 [13]. W dokumencie tym jako jeden z warunków oceny zagrożenia wybuchowego przyjęto, że stan zagrożenia nie występuje, jeżeli energia wyładowań elektrostatycznych  $W_w$  jest o rząd mniejsza od minimalnej energii zapłonu  $W_{zmin}$ :

$$W_w \leq 0,1 W_{zmin}$$

Tak więc w strefach zagrożenia wybuchem należy stosować odzież, która w układzie z człowiekiem i środowiskiem zewnętrznym nie będzie w stanie wywołać niebezpiecznej elektryzacji ciała człowieka, z którego powstanie wyładowanie o energii większej niż  $0,1 W_{zmin}$ . Dlatego też konieczne

są miarodajne metody oceny materiałów na odzież antyelektrostatyczną, które powinny pozwolić na ocenę, czy noszenie odzieży wykonanej z tych materiałów może powodować takie naelektryzowanie odzieży i ciała człowieka, które naruszałoby spełnienie podstawowych wymagań ochrony przed elektrycznością statyczną wg PN-E-05204 [12].

Obecnie nie ma opracowanych oddzielnych dokumentów odnoszących się do rękawic antyelektrostatycznych, ochron oczu i twarzy czy też sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości. Jeżeli w strefie zagrożenia wybuchem jest konieczna ochrona rąk, wówczas w odniesieniu do rękawic stosuje się te same wymagania co wobec odzieży antyelektrostatycznej. Bardzo jasno określone są natomiast wymagania dla obuwia.

Na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa powinno być stosowane obuwie przewodzące o rezystancji elektrycznej w zakresie od 0 do 100 k $\Omega$ , które umożliwi odprowadzenie elektryczności statycznej do uziemionego podłoża w bardzo krótkim czasie. W związku z tak małą wartością rezystancji elektrycznej obuwie to może być stosowane w warunkach, gdy całkowicie jest wyeliminowane ryzyko porażenia elektrycznego w wyniku kontaktu z urządzeniami elektrycznymi lub elementami pod napięciem. Możliwość obsługi urządzeń elektrycznych przez pracowników wyposażonych w obuwie przewodzące wymaga zatem zapewnienia odpowiedniej, szczególnie starannie dobranej, ochrony przeciwporażeniowej i konsultacji ze specjalistą ds. bhp.

Niezależnie od wymagań szczegółowych, zgodnie z zasadniczymi wymaganiami dyrektywy 89/686/EWG [4] wszystkie środki ochrony indywidualnej, aby zapewnić dostateczną ochronę przed występującymi zagrożeniami, muszą być odporne na działanie czynników otoczenia występujących w przewidywanych warunkach użytkowania. Powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby użytkownik mógł normalnie wykonywać wszystkie czynności zawodowe, korzystając równocześnie z od-

powiedniej ochrony na możliwie najwyższym poziomie. Części i materiały użyte do produkcji środków ochrony indywidualnej, łącznie z produktami ich rozkładu, nie mogą niekorzystnie wpływać na zdrowie lub higienę użytkownika. Każda część danego środka ochrony indywidualnej mająca kontakt lub też taka, która potencjalnie może mieć kontakt z użytkownikiem w czasie noszenia, musi być gładka, pozbawiona ostrych brzołów, występow, które mogłyby powodować nadmierne podrażnienie lub zranienie.

## PIŚMIENNICTWO

- [1] Dyrektywa Rady 89/391/EWG z dnia 12 czerwca 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników w miejscu pracy
- [2] Dyrektywa Rady 89/656/EWG z dnia 30 listopada 1989 r. w sprawie minimalnych wymagań w dziedzinie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników korzystających z wyposażenia ochrony osobistej (trzecia dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust.1 dyrektywy 89/391/EWG)
- [3] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (t.j. DzU z 2003 r. nr 169, poz. 1650)
- [4] Dyrektywa Rady 89/686/EWG z 21 grudnia 1989 w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych państw członkowskich UE w zakresie środków ochrony indywidualnej
- [5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej (DzU nr 259, poz. 2173)
- [6] J. M. Kowalski, M. Wróblewska *Przestanki dla praktycznej oceny właściwości antyelektrostatycznych odzieży ochronnej*. Materiały EL-TEX 2006
- [7] PN EN 1149-1:2008 *Odzież ochronna. Właściwości elektrostatyczne. Część 1: Metoda badania do pomiaru rezystywności powierzchniowej*
- [8] PN EN 1149-2:1999/Ap1:2001 *Odzież ochronna. Właściwości elektrostatyczne. Metoda badania rezystancji skrośnej*
- [9] PN EN 1149-3:2007 *Odzież ochronna. Właściwości elektrostatyczne. Część 3: Metody badań do pomiaru zaniku ładunku*
- [10] Final Draft pr. EN 1149-5:2006 *Odzież ochronna. Właściwości elektrostatyczne. Część 5: Wymagania*
- [11] PN-EN ISO 20345:2007 *Środki ochrony indywidualnej – Obuwie bezpieczne*
- [12] PN-E-05204:1994 *Ochrona przed elektrycznością statyczną. Ochrona obiektów, instalacji i urządzeń. Wymagania*
- [13] PN-92/E-05201 *Ochrona przed elektrycznością statyczną. Metody oceny zagrożeń wywołanych elektryzującą materiałami dielektrycznymi stałymi*

*Publikacja opracowana w ramach programu wieloletniego pn. „Dostosowywanie warunków pracy w Polsce do standardów Unii Europejskiej”, dofinansowywanego w latach 2005-2007 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Główny koordynator: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy*