

Krzysztof Cybulski*, Bronisław M. Wiechula*

ELEKTRYZACJA NIEPRZEWODZĄCEGO MATERIAŁU NIEMETALOWEGO PRZEZNACZONEGO DO EKSPLOATACJI W ATMOSFERZE POTENCJALNIE WYBUCHOWEJ

Streszczenie

Cechą charakterystyczną nieprzewodzących materiałów niemetalowych jest ich podatność na elektryzację, która może spowodować tworzenie się nadmiarowych ładunków elektrostatycznych w sposób kontaktowo-tarciowy lub przez indukcję.

W artykule opisano rodzaje wyładowań elektrostatycznych, jakie mogą powstawać w wyniku rozładowania naelektryzowanych nieprzewodzących materiałów niemetalowych. Przedstawiono kilka typów wyładowań elektrostatycznych, zarejestrowanych na fotografiach i ich charakterystyczne właściwości.

The electrification of non-conductive and non-metal material intended for use in potentially explosive atmosphere

Abstract

The characteristic feature of non-conductive and non-metal materials is their susceptibility to electrification, which may cause creation of excess electrostatic charges, by using the contact-friction method or by induction.

The paper describes the types of electrostatic discharges which may be produced as a result of discharging the electrically charged non-conductive and non-metal materials. There have been presented several types of static discharges, recorded on photographs and their characteristic properties.

WPROWADZENIE

Elektryczność statyczna występuje powszechnie w przemyśle i życiu codziennym. Większość skutków jej występowania albo mija zupełnie niezauważona, albo stanowi nieszkodliwą niedogodność. Elektryczność statyczna może być jednak źródłem poważnych zagrożeń. Zagrożenia powodowane przez nadmiarowy ładunek elektrostatyczny obejmują:

- zapalenie i/lub wybuch,
- szok elektryczny w połączeniu z innym zagrożeniem (np. upadek, potknięcie),
- szok elektryczny, mogący doprowadzić do zranienia lub śmierci.

Elektryczność statyczna może również stwarzać pewne problemy podczas procesów wytwarzania i w czasie manipulowania przedmiotami, np. przyleganie materiałów jeden do drugiego lub przyciąganie kurzu. Dobrą praktyką jest ograniczanie stosowania nieprzewodzących materiałów w atmosferze potencjalnie wybuchowej, a jest wiele materiałów, które są zwykle całkowicie nieprzewodzące, na przykład two-

* Główny Instytut Górnictwa – Kopalnia Doświadczalna „Barbara”

rzywa sztuczne lub gumy. Obecnie dostępne są odmiany materiałów niemetalowych o elektrostatycznych właściwościach rozpraszających. Materiały te zawierają jednakże zwykle dodatki antystatyczne w postaci sadzy. Duża zawartość sadzy może niekorzystnie zmienić właściwości fizyczne materiału; jednocześnie jest wykluczona możliwość uzyskiwania innych kolorów.

W niektórych przypadkach powłoki przewodzące, o rezystancji powierzchniowej $R_S < 10^6 \Omega$ lub rozpraszające o $R_S < 10^9 \Omega$, są stosowane do przerabiania nieprzewodzącego materiału na materiał nieulegający naelektryzowaniu. Trwałość takiego zastosowania jednak i jego przydatność do wykorzystania w atmosferze potencjalnie wybuchowej powinna zostać udowodniona. W każdym razie, ważne jest, aby taka powłoka była niezawodnie uziemiona.

1. NIEPRZEWODZĄCE MATERIAŁY NIEMETALOWE

Nieprzewodzące materiały niemetalowe to materiały, które nie są ani przewodzące, ani rozpraszające, są na nich akumulowane ładunki elektrostatyczne, które łatwo nie ulegają rozproszeniu, nawet, kiedy mają kontakt z ziemią (np. tworzywa sztuczne). Są to materiały, których rezystancja powierzchniowa i skrośna przekraczają $10^9 \Omega$. Nieprzewodzące materiały stałe są coraz częściej wykorzystywane w urządzeniach i konstrukcjach w wielu postaciach: rur, kontenerów, arkuszy, powłok i wyłożyń. Eksploatacja nieprzewodzących elementów niemetalowych w atmosferze potencjalnie wybuchowej może spowodować wzrost zagrożeń elektrostatycznych przez powstawanie:

- wyładowań elektrostatycznych na powierzchni naelektryzowanego przewodzącego elementu odizolowanego od ziemi,
- wyładowań snopiastych na powierzchni naelektryzowanego materiału,
- rozprzestrzeniających się wyładowań snopiastych w miejscu intensywnej elektryzacji układu w postaci warstw materiału przewodzącego i nieprzewodzącego (np. pneumatycznego transportu pyłów, natryskiwania i napyłania naelektryzowanych cząstek farb proszkowych).

2. EKSPLOATACJA NIEPRZEWODZĄCYCH MATERIAŁÓW NIEMETALOWYCH W ATMOSFERZE POTENCJALNIE WYBUCHOWEJ

Stosowanie nieprzewodzących materiałów niemetalowych w strefach zagrożonych wybuchem gazu wymaga pewnych ograniczeń:

- W strefie 0, w której gazowa atmosfera wybuchowa występuje stale, przez długi czas lub często, stałe materiały nieprzewodzące powinny być używane jedynie wówczas, gdy mechanizmy elektryzowania zdolne do generowania niebezpiecznego nadmiarowego ładunku nie będą występowały podczas normalnego działania (wliczając w to konserwację i czyszczenie), czy też w przypadkach rzadkich awarii.



- W strefie 1, w której gazowa atmosfera wybuchowa występuje w czasie normalnego działania, stałe materiały nieprzewodzące powinny być używane jedynie wówczas, gdy mechanizmy elektryzowania zdolne do generowania niebezpiecznego nadmiarowego ładunku nie będą występowały podczas normalnego działania (wliczając w to konserwację i czyszczenie), czy też w przypadkach prawdopodobnych awarii.
- W strefie 2, w której gazowa atmosfera wybuchowa występuje krótkotrwale, stałe materiały nieprzewodzące mogą być używane, gdy wystąpienie mechanizmów elektryzowania zdolnych do generowania niebezpiecznego nadmiarowego ładunku jest nieprawdopodobne podczas normalnego działania (wliczając w to konserwację i czyszczenie).

W pyłowej atmosferze wybuchowej powinny być rozważane wyładowania elektrostatyczne, w tym stożkowe, snopiaste oraz rozprzestrzeniające się wyładowania snopiaste. Tym niemniej, doświadczenie pokazuje, że wyładowania snopiaste mogą być niebezpieczne w miejscach pojawiania się obłoków pyłowych.

Nieprzewodzący materiał niemetalowy może zostać naelektryzowany metodą kontaktowo-tarciową (np. na skutek uderzenia powietrza zanieczyszczonego pyłem) lub przez indukcję (np. przypadkowa lokalizacja pola elektrycznego w bezpośrednim sąsiedztwie źródła). Jeżeli nieprzewodzący materiał niemetalowy jest przeznaczony do stosowania w strefie zagrożonej wybuchem, to niezbędna jest ocena ryzyka dotycząca zasad jego bezpiecznego użytkowania. Naelektryzowany nieprzewodzący element niemetalowy może również spowodować ciężki szok elektryczny w wyniku dotknięcia (kontaktu).

Wskutek długotrwałej elektryzacji w czasie użytkowania nieprzewodzącego elementu niemetalowego może gromadzić się na nim nadmiarowy niebezpieczny ładunek elektrostatyczny. Jedną z bezpiecznych zasad użytkowania nieprzewodzącego elementu niemetalowego w atmosferze potencjalnie wybuchowej jest ograniczenie jego wymiarów. Przykładowe ograniczenia wymiarów elementów będących przedmiotem opinii nt. bezpieczeństwa od elektryczności statycznej wobec metanu i/lub pyłu węglowego, narażonych na elektryzację, przedstawiono w tabelicy 1.

Tablica 1. Przykładowe ograniczenia wymiarów elementów narażonych na elektryzację

Rodzaj wyrobu	Przykładowy wygląd	Wymiar	Rodzaj atmosfery wybuchowej
Wkładka do uszu		pole powierzchni $S < 10 \text{ cm}^2$	metan etylen wodór
Wąż do transportu gazu		średnica $D < 30 \text{ mm}$	metan etylen wodór

Ogólnie można zaryzykować stwierdzenie, że nieprzewodzące elementy niemetalowe nie powinny być użytkowane w atmosferze potencjalnie wybuchowej.

3. ZAGROŻENIE WYBUCEM WYNIKAJĄCE Z NADMIAROWEGO ŁADUNKU ELEKTROSTATYCZNEGO

Zgodnie z obecnym stanem wiedzy nie można wykluczyć w przestrzeniach zagrożonych wybuchem zapalenia spowodowanego przez elektryczność statyczną. Czynnikiem wpływającym na prawidłowość i powtarzalność wyników jest zapewnienie w czasie wykonywania badań laboratoryjnych stałych warunków temperaturowo-wilgotnościowych.

Do gromadzenia nadmiarowego ładunku i występowania wyładowań elektrostatycznych przyczynia się przede wszystkim człowiek. Uzyskane doświadczalnie wartości ładunku elektrostatycznego, przy wykonywaniu przez człowieka różnych czynności, wynoszą od kilkudziesięciu nanokulombów do kilkuset lub nawet kilku mikrokulombów. Warto podać jako przykład, że wzajemne pocieranie się części odzieży używanej przez człowieka może wywoływać na ciele ludzkim zgromadzenie ładunku 77 nC, wstanie z krzesła 265 nC, a wykonanie jednego kroku, zwłaszcza po podłodze pokrytej nieprzewodzącą wykładziną do 750 nC. Gdy weźmie się także pod uwagę, że pojemność człowieka w pozycji pionowej wynosi około 300 pF, to wiadomo, że energia, jaka towarzyszy rozładowaniu takiego ładunku, może wynieść 0, 94 mJ.

4. ELEKTRYZACJA

Najskuteczniejszym sposobem zapobiegającym wyładowaniom elektrostatycznym jest niedopuszczenie do gromadzenia nadmiarowego ładunku elektrycznego na nieprzewodzących materiałach niemetalowych. Doświadczalne sprawdzenie podatności na elektryzację polega na 24-godzinnym kondycjonowaniu próbki materiału przed rozpoczęciem elektryzacji, w określonych warunkach klimatycznych, tj. w temperaturze $t = 23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ i wilgotności względnej powietrza $\varphi \leq 30\%$. Po zakończeniu kondycjonowania materiał w takich samych warunkach temperaturowo-wilgotnościowych, jak w czasie kondycjonowania, jest poddany elektryzacji.

Elektryzacja kontaktowo-tarciowa

Elektryzacja kontaktowo-tarciowa jest jedną z metod elektryzowania nieprzewodzącego materiału niemetalowego. Elektryzacja ta zachodzi w miejscu „elementarnej strefy oddziaływania tarciovego”. Naelektryzowanie w układzie dwóch trących materiałów nie zależy od tego, który z materiałów jest trącym, a który pocieranym. Skutkiem elektryzowania kontaktowo-tarciovego, zachodzącego między dwoma nieprzewodzącymi materiałami niemetalowymi, jest naelektryzowanie nieprzewodzącego materiału niemetalowego. Różnorodność nieprzewodzących materiałów niemetalowych utrudnia stawianie jednej tezy o przyczynach naelektryzowania i intensywności wyładowań elektrostatycznych.

Elektryzacja kontaktowo-tarciowa jest następstwem wzajemnego oddziaływania molekularnego powierzchni materiału trącego podczas wymuszonego przemieszczania

się po powierzchni pocieranego materiału (fot. 1). W miejscu stykania się i rozdzielania materiału trącego z powierzchnią zewnętrzną pocieranego materiału następuje wytwarzanie podwójnych warstw elektrycznych. Nawet jednokrotne zetknięcie ze sobą dwu różnych materiałów niemetalowych powoduje powstawanie na ich powierzchniach jednakowych ilości ładunku elektrycznego o przeciwnej polaryzacji. Brak styku materiałów wywołuje separację różnoimiennych ładunków elektrostatycznych, w wyniku czego obydwie materiały stają się naelektryzowane.

Wartość ładunku charakteryzująca naelektryzowanie na pocieranej powierzchni materiału, zależy od rodzaju materiału oraz od położenia stykających się materiałów niemetalowych w tzw. szeregu tryboelektrycznym. Różne ładunki powodują różnicę potencjałów między materiałem trącym i pocieranym. Jeżeli materiał trący ma większą stałą dielektryczną ϵ , niż stała dielektryczna ϵ pocieranego materiału, to na pocieranym materiale jest gromadzony ujemny ładunek elektrostatyczny. Równocześnie na powierzchni materiału trącego jest gromadzony dodatni ładunek elektrostatyczny. Jest to reguła uznawana za prawie zawsze obowiązującą.

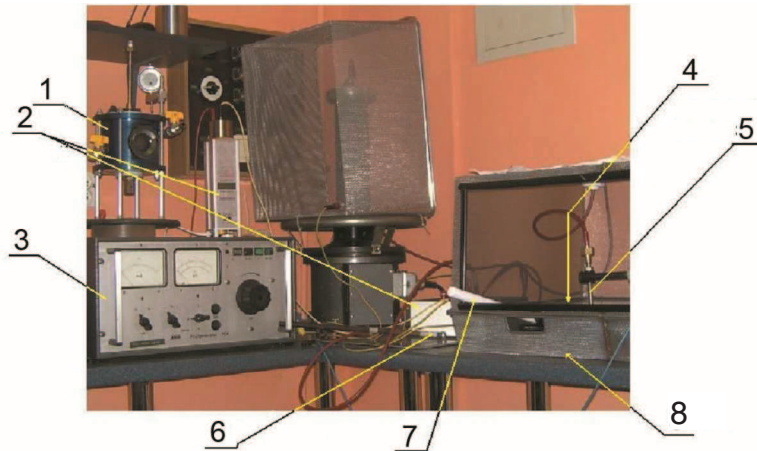


Fot. 1. Elektryzacja kontaktowo-tarciowa
Photo. 1. Contact-friction electrification

Elektryzacja przez indukcję

Elektryzacja przez indukcję występuje w przypadku istnienia pola elektrycznego wokół elektryzowanego materiału. Od momentu pojawienia się pola elektrycznego, materiał zachowuje się jak grupa dipoli quasi-sprężystych, w której długość ramienia (odstęp między ładunkami) jest proporcjonalny do natężenia pola elektrycznego K . Naelektryzowanie powierzchni materiału jest wynikiem porządkującego, kierunkowego działania pola elektrycznego, powodującego quasi-trwałe przemieszczenie lub reorientację struktury atomowej różnych składników materiału. W materiale wytwarza się pole o kierunku przeciwnym do kierunku pola wywołującego polaryzację. Wprowadzenie przewodzącego albo rozpraszającego materiału niemetalowego do pola elektrycznego zmienia jego rozkład i w tym samym czasie następuje rozdzielanie ładunku w materiale. Jeżeli antystatyczny materiał jest izolowany od ziemi, to wzrasta jego ładunek, zależnie od jego położenia względem źródła pola. Naelektryzowany materiał jest zdolny do wytworzenia wyładowania elektrostatycznego o mocy zależnej od wartości ładunku.

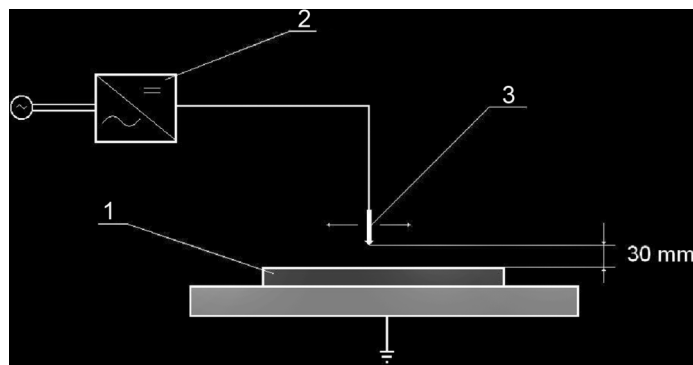
Stanowisko do elektryzacji przez indukcję przedstawiono na fotografii 2. W celu naelektryzowania materiał chwyta się szczypcami z końcówkami izolacyjnymi i umieszcza się na uziemionej płycie metalowej. Nad materiałem znajduje się elektroda ulotowa połączona z zasilaczem prądu stałego na wysokie napięcie, mogącym wytworzyć napięcie co najmniej 30 kV.



Fot. 2. Stanowisko do elektryzacji przez indukcję: 1 – iskiernik, 2 – zestaw pomiarowy, 3 – zasilacz, 4 – materiał, 5 – elektroda ulotowa, 6 – elektroda zbierająca, 7 – szczypce, 8 – płyta metalowa

Photo. 2. Test stand for electrification by induction: 1 – spark-gap, 2 – measuring unit, 3 – power supply, 4 – material, 5 – corona effect electrode, 6 – collecting electrode, 7 – pliers, 8 – metal sheet

Zasadę elektryzacji przez indukcję napięciem co najmniej 30 kV z zasilacza na elektrodę ulotową materiału zaprezentowano na rysunku 1. Elektroda ulotowa jest umieszczona w odległości 30 mm nad materiałem w jej środkowej części.



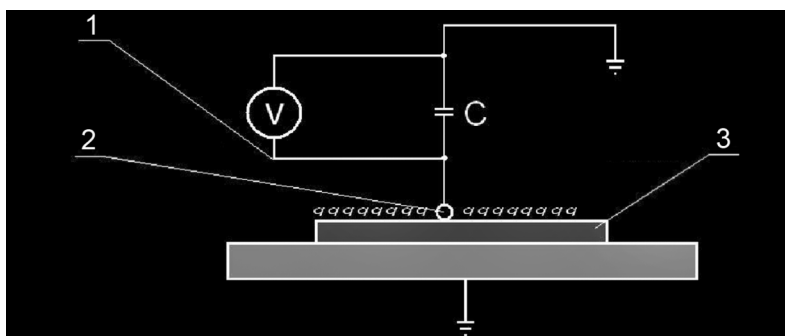
Rys. 1. Schemat elektryzacji przez indukcję: 1 – materiał, 2 – zasilacz, 3 – elektroda ulotowa

Fig. 1. Scheme of electrification by induction: 1 – material, 2 – power supply, 3 – corona effect electrode

Przed wykonaniem kolejnej elektryzacji powierzchnię naelektryzowanego materiału poddaje się deelektryzacji.

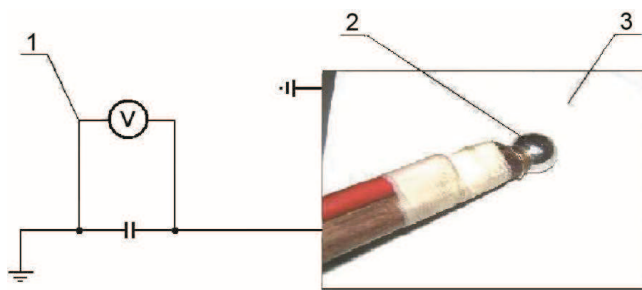
Ocena rozładowania

Po zakończeniu elektryzacji w określonym czasie, naelektryzowany materiał staje się wtórnym źródłem emisji pola elektrycznego. Jego rozładowanie polega na zbieraniu z powierzchni ładunku elektrostatycznego przez przewodnik do uziemionego zestawu pomiarowego (rys. 2–3).



Rys. 2. Schemat pomiaru ładunku Q na materiale naelektryzowanym przez indukcję: 1 – zestaw pomiarowy, 2 – elektroda zbierająca, 3 – naelektryzowany materiał

Fig. 2. Scheme of measurement of charge Q on the material electrified by induction: 1 – measuring set, 2 – collecting electrode, 3 – electrified material



Rys. 3. Pomiar ładunku Q na materiale naelektryzowanym przez indukcję: 1 – zestaw pomiarowy, 2 – elektroda zbierająca, 3 – naelektryzowany materiał

Fig. 3. Measurement of charge Q on the material electrified by induction: 1 – measuring unit, 2 – collecting electrode, 3 – electrified material

Zagrożenie pożarowe lub wybuchowe, wywołane możliwością wystąpienia wyładowań elektrostatycznych na skutek rozładowywania naelektryzowanego materiału, jest uzależnione bezpośrednio od:

- właściwości fizyczno-chemicznych i budowy atomowej materiału, zwłaszcza wpływających na możliwość osiągnięcia naelektryzowania,
- geometrii elementu oraz od wynikającego stąd powierzchniowego i przestrzennego rozkładu ładunku,
- prędkości przemieszczania się materiału trącego,
- parametrów środowiska otaczającego dany obiekt, zwłaszcza temperatury, ciśnienia i wilgotności względnej powietrza.

Ocena wyników

W procedurze oceny naelektryzowania uwzględnia się największą wartość ładunku Q zgromadzonego na naelektryzowanej powierzchni nieprzewodzącego materiału niemetalowego. Wynik naelektryzowania materiału przeznaczonego do użytkowania w atmosferze potencjalnie wybuchowej uważa się za pozytywny, jeżeli maksymalna wartość przeniesionego ładunku Q jest mniejsza niż podana w tablicy 2.

Tablica 2. Maksymalna wartość ładunku niestwarzająca zagrożeń wybuchowych (IEC TR...)

Substancja palna	Ładunek Q , nC
Pył	200
Metan, polipropylen	60
Etylen	30
Wodór	10

Jeżeli wartość ładunku zebranego z naelektryzowanego niemetalowego materiału nieprzewodzącego nie przekracza Q , to niemetalowy materiał nieprzewodzący nie stwarza zagrożenia wybuchem atmosfery potencjalnie wybuchowej od elektryczności statycznej i nadaje się do użytkowania w miejscach zaklasyfikowanych jako strefy zagrożone wybuchem. W przypadku, kiedy zmierzona wartość przekracza wartość ładunku Q , niemetalowy materiał nieprzewodzący może w warunkach użytkowania stać się źródłem wyładowań elektrostatycznych. Wówczas zestaw: naelektryzowany materiał i elektrycznie uziemiony przewodnik mogą stwarzać zagrożenie wybuchem w atmosferze wybuchowej.

5. WYŁADOWANIA ELEKTROSTATYCZNE

Procedura oceny zdolności zapalającej jest wykorzystywana do znalezienia ekstremalnie najniekorzystniejszej metody powodującej gromadzenie największego ładunku Q w czasie elektryzowania. Charakterystykę kilku typów wyładowań elektrostatycznych opisano poniżej.

Wyładowanie koronowe

Wyładowanie koronowe zdarza się na ostrych wystęпах albo krawędziach przewodników, tj. powierzchniach o małym promieniu krzywizny (fot. 3). Może ono wystąpić, kiedy taki przewodnik jest uziemiony i przesuwany w stronę znacznie naelektryzowanego obiektu lub alternatywnie, jeżeli przewodnik uzyskuje wysoki potencjał. Wyładowanie koronowe powstaje przy ostrej powierzchni metalowej występowania pola elektrycznego powyżej 3 MV/m. Ponieważ pole z dala od powierzchni naelektryzowanej gwałtownie maleje, obszar jonizacji nie rozciąga się daleko od niej. Wyładowanie może być skierowane ku naelektryzowanemu materiałowi lub, w przypadku przewodnika na wysokim potencjale, może być po prostu skierowane od przewodnika.



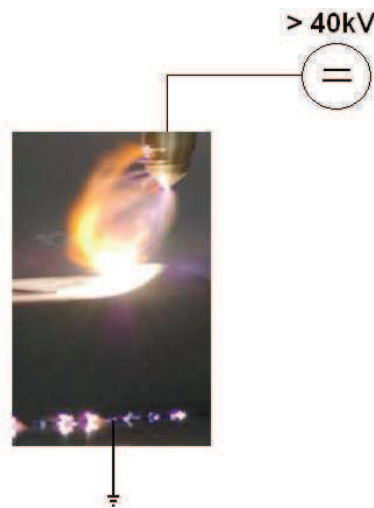
Fot. 3. Wyładowanie koronowe między naelektryzowanym materiałem a uziemionym przewodnikiem

Photo. 3. Corona discharge between the electrified material earthed conductor

Wyładowania koronowe są trudne do zaobserwowania, ale przy przyćmionym oświetleniu może być widoczne jarzenie przyległe do punktu. Jony mogą dryfować na zewnątrz tej zjonizowanej strefy, przy czym ich biegunowość jest zależna od kierunku pola. Energia podczas wyładowania koronowego jest dużo mniejsza niż podczas wyładowania elektrostatycznego i z tej przyczyny wyładowania koronowe normalnie nie są zapalające. Jakkolwiek, w pewnych okolicznościach, na przykład, jeżeli nastąpi przyrost potencjału na punktowym przewodniku, to wyładowanie koronowe może rozwinąć się w wyładowanie elektrostatyczne między tym i innym obiektem. Wyładowanie koronowe nie może spowodować zapalenia palnych pyłów. W przypadku przemieszczania się dużych ilości rozpraszających lub nieprzewodzących pyłów, nie można uniknąć wyładowań koronowych.

Wyładowanie iskrowe

Wyładowanie iskrowe występuje między dwoma przewodnikami, cieczą lub ciałem stałym. Charakteryzuje się wyraźnym świecącym kanałem wyładowania iskrowego (fot. 4) przenoszącym prąd o dużej gęstości. Jonizacja gazu podczas wyładowania iskrowego jest zupełna na całej jego długości. Wyładowanie to jest bardzo szybkie i powoduje ostry trzask.



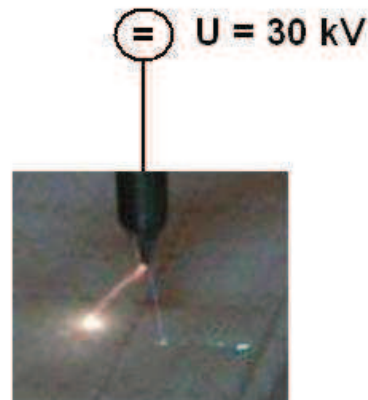
Fot. 4. Wyładowanie iskrowe między przewodem pod napięciem zbliżonym do osłony obudowy urządzenia

Photo. 4. Spark discharge between the live conductor moved close to the shield of the apparatus casing

Wyładowanie iskrowe występuje między przewodem pod napięciem około 40 kV, kiedy natężenie pola między końcówką przewodu a odizolowaną osłoną obudowy przewyższa wytrzymałość elektryczną otaczającej atmosfery. Różnica potencjału między przewodnikami, konieczna do spowodowania przebicia, zależy zarówno od kształtu, jak i odległości między przewodnikami.

Wyładowanie snopiaste

Wyładowanie snopiaste rozpoczyna się na końcu przewodnika pod napięciem i ma postać wąskiego lub postrzępionego kanału plazmowego o dość dużej przewodności. Jest to zdarzenie krótkotrwałe, które w odpowiednich okolicznościach, może być słyszane i widziane (fot. 5).



Fot. 5. Wyładowanie snopiaste od końca przewodnika pod napięciem

Photo. 5. Brush discharge from the end of live conductor

Wyładowanie snopiaste może wystąpić, gdy uziemione przewodzące elementy niemetalowe, na przykład występ urządzenia, sonda pomiarowa, narzędzia robocze, końce palców personelu lub między uziemionym metalem a powierzchnią cieczy w zbiorniku itd. zbliżają się do wysoko naelektryzowanych materiałów nieprzewodzących. W odróżnieniu od wyładowań iskrowych mają one tendencję do „pociągania” za sobą tylko małego ułamka ładunku związanego z systemem i następuje elektryczne połączenie elementu metalowego pod napięciem i elektryzowanego materiału niemetalowego. Doświadczenia wynikające z praktyki i brak wypadków wskazują, że wyładowania snopiaste nie stwarzają zagrożeń w przypadku obłoków większości pyłów palnych.

Rozprzestrzeniające się wyładowanie snopiaste

Rozprzestrzeniające się wyładowanie snopiaste może występować na powierzchni nieprzewodzących elementów niemetalowych. Duża gęstość powierzchniowa ładunku może być generowana w miejscach intensywnej elektryzacji, na przykład cząstki pyłu uderzają w powierzchnię, powodując naelektryzowanie. Bardzo duże pole elektryczne na naelektryzowanym elemencie wskutek przypadkowego zbliżania się do uziemionego przewodzącego elementu, może wytworzyć rozprzestrzeniające się wyładowanie snopiaste. Tworzy się ono równoległe do powierzchni naelektryzowanego materiału niemetalowego.

Wyładowanie powstaje wskutek rozładowania między dwoma powierzchniami. Często ma ono wyraźną drzewiastą strukturę i towarzyszy mu głośny trzask. Dwubiegunowo naelektryzowany materiał może być zawieszony w powietrzu lub, co jest bardziej normalne, ma jedną powierzchnię blisko materiału przewodzącego (normalnie uziemionego). Rozładowanie może zostać osiągnięte przez:

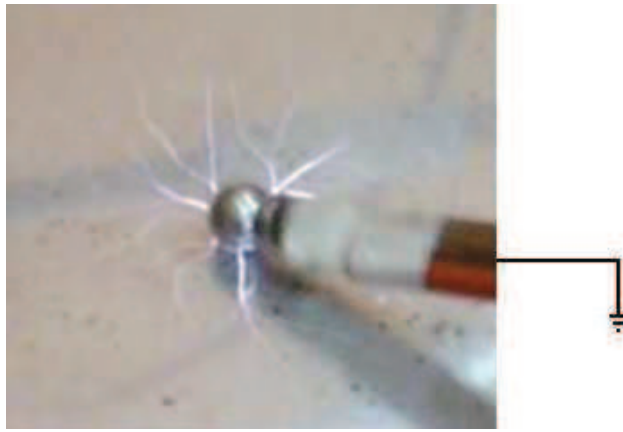
- przebicie powierzchni (mechaniczne lub elektryczne),
- zbliżanie do naelektryzowanego materiału elektrody uziemionej metalowej, położonej na uziemionym podłożu metalowym (fot. 6),



Fot. 6. Rozładowanie naelektryzowanego materiału położonego na uziemionym podłożu metalowym wskutek zbliżania uziemionej powierzchni przewodnika

Photo. 6. Discharge of the electrified material placed on an earthed metal base as a result of moving closer the earthed surface of the conductor

- rozprzestrzeniające się wyładowanie snopiaste wskutek dotknięcia naelektryzowanego nieprzewodzącego materiału niemetalowego uziemionym przewodnikiem (fot. 7).



Fot. 7. Naelektryzowany nieprzewodzący kompozyt powłokowy grubości ca. 300 μm na odizolowanym podłożu metalowym

Photo. 7. Electrified non-conductive coat composite with the ca. 300 μm thickness on insulated metal base

Wyładowanie zbiera ładunki rozłożone na nieprzewodzącej powierzchni i kanalizuje je w miejscu rozładowania. W przypadku materiałów nieprzewodzących cieńszych od 300 μm , jest wymagana powierzchniowa gęstość ładunku co najmniej $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ C/m}^2$.

Naelektryzowany materiał położony na uziemionej płycie metalowej jest to model ekwiwalentu kondensatora, który tworzą: jedna elektroda (płaska płyta metalowa) + warstwa dielektryka (naelektryzowany nieprzewodzący materiał niemetalowy) + druga elektroda (kula metalowa uziemiona) (fot. 8). Jednym z warunków zapobiegania rozprzestrzeniającym się wyładowaniom snopiastym jest, aby napięcie przebicia przez nieprzewodzący materiał niemetalowy było mniejsze niż 4 kV, nawet takich powierzchni, jak folie, taśmy, płyty i 6 kV dla płaskich wyrobów włókienniczych. Wartość energii rozładowania W_r uwalnianej w rozprzestrzeniającym się wyładowaniu snopiastym może zostać oceniona przy użyciu iskiernika.



Fot. 8. Rozprzestrzeniające się wyładowanie snopiaste w wyniku zbliżenia uziemionego przewodu metalowego do naelektryzowanego materiału

Photo. 8. Spreading brush discharge as a result of moving close the metal conductor to electrically charged material

Wyładowanie stożkowe

W czasie napełniania wysoko naelektryzowanym nieprzewodzącym pyłem silosów lub wielkich kontenerów, jest generowana przestrzeń o bardzo dużej gęstości ładunku w granicach nagromadzonej masy pyłu. Prowadzi to do dużych pól elektrycznych przy szczycie stosu. W takich okolicznościach były obserwowane wielkie wyładowania przebiegające (promieniowo, w przypadku cylindrycznych kontenerów) wzdłuż powierzchni.

PODSUMOWANIE

Źródłem ładunku elektrostatycznego jest elektryzacja metodą kontaktowo-tarciową lub przez indukcję. Identyfikacja zagrożeń wynikających z elektryczności statycznej oraz ocena ryzyka zapłonu przez nią spowodowane są niezbędne do poprawnego funkcjonowania wielu procesów technologicznych z udziałem nieprzewodzących wyrobów niemetalowych.

Literatura

1. ASTM D 257 Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating Materials May 15, 2007.
2. ASTM D4496-04e1 Standard Test Method for D-C Resistance or Conductance of Moderately Conductive Materials.
3. IEC TR 60079-32:2010 Explosive atmospheres – Part 32: Electrostatics.
4. Pr EN 1127-1:2009 Explosive atmospheres – Explosion prevention and protection – Part Basic concepts and methodology.
5. Wiechuła B. (2007): Zagrożenie wybuchem od elektryczności statycznej w lakierniach proszkowych (Praca doktorska). Białystok, Politechnika Białostocka.
6. Wiechuła B., Latocha C. (2009): Bezpieczny kompozyt powłokowy na odizolowanym podłożu metalowym do potencjalnej atmosfery wybuchowej. Ochrona przed Korozją nr 12, s. 601–602.

Recenzent: doc. dr hab. Henryk Passia