

Posadzki antyelektrostatyczne kluczowym elementem ochrony przed elektrycznością statyczną – wybrane wymagania techniczne



mgr inż.
SYLWIA ŚWIĄTEK-ŻOŁYŃSKA
Bautech Sp. z o.o.
ORCID: 0000-0002-8448-0229



mgr inż.
TOMASZ MAJEWSKI
Pracownia Projektowo-Inżynierska
Tomasz Majewski
ORCID: 0000-0003-0444-8753

Posadzki antyelektrostatyczne zapewniają skuteczną ochronę przed elektrycznością statyczną i dlatego stanowią bardzo istotny element w procesie projektowania oraz realizacji obiektów przemysłowych.



dr hab. inż.
MACIEJ NIEDOSTATKIEWICZ, PROF. PG
Politechnika Gdańska
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Katedra Konstrukcji Betonowych
ORCID: 0000-0002-6451-6220

Elektryczność statyczna to zespół zjawisk towarzyszących pojawieniu się nadmiarowego i nierównoważonego ładunku elektrycznego na materiałach o małej przewodności elektrycznej (dielektrykach, materiałach izolacyjnych) oraz na odizolowanych od Ziemi obiektach przewodzących (np. ciele człowieka, elementach urządzeń itp.). Ładunki te wytwarzają wokół siebie pole elektrostatyczne o natężeniu tym większym, im większa jest wartość ładunku. Elektryczność statyczna wywołuje zagrożenie dla zdrowia, życia i mienia człowieka w różnych sferach jego działalności, a zwłaszcza w środowisku pracy. W budownictwie najsurowsze wymagania dotyczą stref zagrożenia wybuchem, klasyfikowanych zgodnie z Rozporządzeniem [1]. Spełnienie tych wymagań zapewnia efektywną ochronę przed elektrycznością statyczną we wszelkiego typu obiektach komunalnych i przemysłowych. Kluczowym elementem w zakresie ochrony przed negatywnym wpływem elektrostatyczności statycznej na człowieka oraz jego otoczenie są antyelektrostatyczne posadzki przemysłowe [2].

Projektowe uwarunkowania posadzek antyelektrostatycznych

Posadzka antyelektrostatyczna powinna być wykonana z materiałów, które nie wywołują ani nie ulegają niebezpiecznemu naelektryzowaniu, jednocześnie zapewniając szybkie odprowadzenie wytworzonego na powierzchni posadzki ładunku elektrostatycznego [3-4]. Tego typu posadzki należy

postrzegać jako integralny i niezbędny element całej strategii ochrony obiektu, która powinna obejmować m.in. sposób uziemienia maszyn i urządzeń oraz środki ochrony indywidualnej. Antyelektrostatyczne posadzki przemysłowe (fot. 1.) odgrywają znaczącą rolę w eliminowaniu niepożądanych wyładowań elektrostatycznych. Umożliwiają bowiem odpływ ładunku gromadzącego się na ciele człowieka lub jego ubraniu, który przez przewodzące obuwie odpływa na powierzchnię posadzki, a następnie jest odprowadzany poprzez konstrukcję/installację posadzki do zaprojektowanego uziemienia [5-6], [7].

Na etapie przygotowywania inwestycji Projektant jest zobowiązany do spełnienia wymagań określonych w przepisach dotyczących bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, z których najważniejsze są: a) [8], b) [9], c) [10], d) [11] oraz e) [12].

Podział posadzek antyelektrostatycznych

Podstawowym kryterium klasyfikacji posadzek antyelektrostatycznych jest przewodność elektryczna. W europejskich i międzynarodowych dokumentach normatywnych przyjęto następującą klasyfikację posadzek (tab. 1): a) przewodzące, b) rozpra-



Fot. 1. Posadzka antyelektrostatyczna (na podstawie materiałów firmy Bautech)

szające ładunek elektrostatyczny oraz c) izolacyjne.

Bardzo częstym kryterium stosowanym w podziale posadzek antyelektrostatycznych jest rezystancja elektryczna. W tab. 1. przytoczono podział posadzek według specyfikacji technicznej Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej IEC [13].

W przepisach krajowych norma [6] klasyfikuje materiały, w tym również materiały stosowane na podłogach, w oparciu o kryterium rezystywności elektrycznej skośnej (ρ_v) i powierzchniowej (ρ_s). Ich podział przedstawiono w tab. 2.

Wymagania ochrony antystatycznej dotyczące posadzek określają normy polskie oraz międzynarodowe [6]–[13], a w normach tych występują istotne różnice.

W normie krajowej PN-E 05204 [4] podano wymagania, uwzględniając podział na strefy zagrożenia wybuchem oraz wartość minimalnej energii zapłonu mediów występujących w danej strefie zagrożenia:

- w strefach 0, 1, 2, 20 i 21 oraz wszędzie tam, gdzie operuje się materiałami o minimalnej energii zapłonu $MEZ \leq 0,1$ mJ, rezystancja elektryczna upływu podłogi powinna wynosić $R_u \leq 1,0 \times 10^6 \Omega$ (metoda pomiaru według [3]);
- przypadku stref 1, 2, 20 i 21 przy $MEZ > 0,1$ mJ dopuszcza się wykonanie podłogi o rezystancji elektrycznej upływu $R_u \leq 1 \times 10^6 \Omega$ tylko w strefach bezpośredniej obsługi urządzeń technologicznych oraz tam, gdzie natężenie pola elektrostatycznego przekracza wartość 1×10^5 V/m;
- w strefie 22 przy $MEZ > 0,1$ mJ dopuszcza się podłogi o rezystancji elektrycznej upływu $R_u \leq 1,0 \cdot 10 \times 9 \Omega$ (metoda pomiaru według [3]).

Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna w Specyfikacji technicznej [13] określa kryteria oceny posadzek bez rozróżniania stref zagrożenia wybuchem:

- podłoga przewodząca o rezystancji elektrycznej skośnej (R_v) i/lub upływu (R_u), spełniającej warunki: $R_v < 105 \Omega$; $R_u < 105 \Omega$, zapewnia pełną ochronę antyelektrostatyczną we wszelkich warunkach, ale nie zapewnia zabezpieczenia przeciwporażeniowego;
- podłoga rozpraszająca ładunek elektrostatyczny o rezystancji elektrycznej skośnej (R_v) i/lub upływu (R_u), spełniającej warunki: $105 \Omega \leq R_u < 108 \Omega$; $105 \Omega \leq R_v < 108 \Omega$, zapewnia ochronę antyelektrostatyczną we wszelkich przypadkach z wyjątkiem procesów oraz operacji technologicznych o znacznej dynamice i/lub prowadzonych z udziałem materiałów wybuchowych o dużej zdolności zapłonowej, podłoga taka gwarantuje również skuteczną ochronę przeciwporażeniową;

Tab. 1. Rezystencja elektryczna upływu, klasyfikacja posadzek wg [11]

Przewodzące	Rozpraszające ładunek elektrostatyczny	Izolacyjne
$R_u < 1 \cdot 10^5 \Omega$	$1 \cdot 10^5 \Omega \leq R_u < 1 \cdot 10^8 \Omega$	$R_u \geq 1 \cdot 10^8 \Omega$

Tab. 2. Rezystywność elektryczna skośna (ρ_v) i powierzchniowa (ρ_s), klasyfikacja materia

Antyelektrostatyczne przewodzące	Antyelektrostatyczne częściowo przewodzące	Niemające właściwości antyelektrostatycznych
$\rho_v \leq 1 \cdot 10^4 \Omega \cdot m$ i/lub $\rho_s \leq 1 \cdot 10^7 \Omega$	$1 \cdot 10^4 \Omega \cdot m < \rho_v \leq 1 \cdot 10^7 \Omega \cdot m$ i/lub $1 \cdot 10^7 \Omega < \rho_s \leq 1 \cdot 10^{10} \Omega$	$\rho_v > 1 \cdot 10^8 \Omega \cdot m$ i/lub $\rho_s > 1 \cdot 10^{10} \Omega$

- podłoga izolacyjna o rezystancji elektrycznej skośnej (R_v) i/lub upływu (R_u), spełniającej warunki: $R_v \geq 108 \Omega$; $R_u \geq 108 \Omega$, nie gwarantuje zabezpieczenia antyelektrostatycznego, ale zapewnia ochronę przeciwporażeniową.

Gdy istotne jest zapewnienie skutecznej ochrony antyelektrostatycznej, powinno się stosować posadzki o dużej przewodności elektrycznej, należy jednak pamiętać o ochronie przeciwporażeniowej. Z tego względu konieczne jest spełnienie dodatkowego warunku: R_u czł. $\geq 5 \times 10^4 \Omega$, w którym R_u czł – to rezystancja elektryczna upływu ciała człowieka stojącego w obuwii ochronnym na posadzce w miejscu pomiaru.

Zgodnie z zapisami Specyfikacji [13] podłogi w obecności atmosfer wybuchowych powinny posiadać rezystancję elektryczną upływu w granicach wartości od 1 do 100 M Ω . Stosowanie podłóg rozpraszających ładunek elektrostatyczny w większości przypadków jest wystarczające dla zapewnienia skutecznej ochrony przed elektrycznością statyczną.

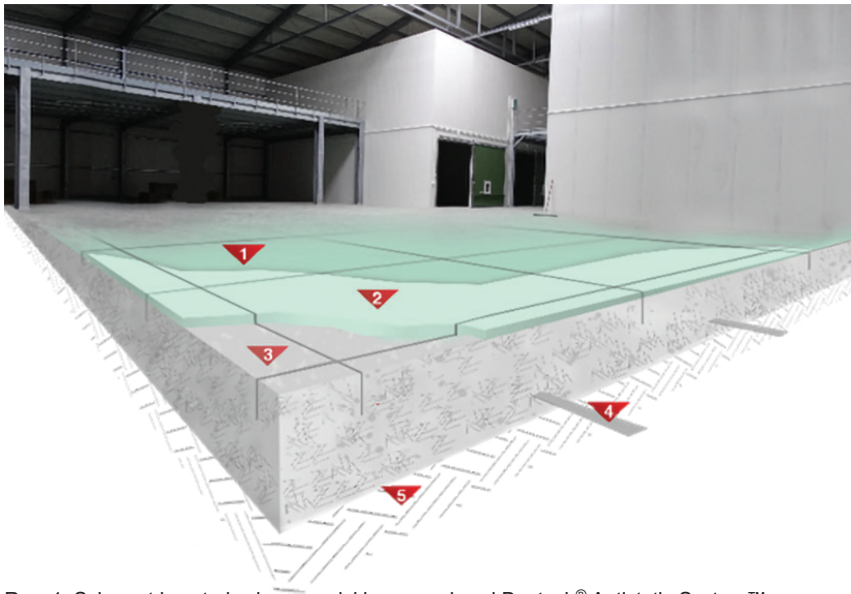
Warunkiem dopuszczenia do użytkowania posadzek i powłok antyelektrostatycznych w strefach zagrożonych wybuchem jest przeprowadzenie pomiarów oporu upływowego wg wytycznych opisanych w normach [14–15]. Pomiary muszą być wykonane zgodnie m.in. z normą PN-E-05203 [3] i przeprowadzone przez osoby posiadające odpowiednie uprawnienia.

Przykład rozwiązania przemysłowej posadzki antyelektrostatycznej

Przedstawiona poniżej propozycja, występująca pod nazwą handlową Bautech® Antistatic System™, bazująca na szeroko rozpowszechnionym systemie betonowej posadzki monolitycznej utwardzanej powierzchniowo, jest najstarszym stosowanym na rynku polskim, prostym i skutecznym rozwiązaniem w zakresie ochrony przed elektrostatycznością statyczną. W przeciwieństwie do posadzek żywicznych, wylewanych na istniejącej płycie nośnej, posadzka betonowa jest z reguły wykonywana bezpośrednio na przygotowanej podbudowie, sama w sobie stanowi konstrukcyjną płytę nośną i odprowadza ładunki elektrostatyczne poprzez zaprojektowane uziemienia. Schemat konstrukcyjny systemu przedstawiono na rys. 1. Płyta posadzkowa jest wylewana

na warstwie izolacyjno-poślizgowej w postaci folii PE rozłożonej na odpowiednio przygotowanej i dogęszczonej podbudowie. W przypadku nowo wykonywanych posadzek podbudowę najczęściej stanowi nasyp z piasku/pospółki zagęszczony warstwami oraz bezpośrednio pod płytą warstwa chudego betonu, kruszywa lub stabilizacji. Dobrze przygotowana i solidna podbudowa to gwarancja trwałości posadzki. Duża sztywność podbudowy ma decydujący wpływ na ilość potrzebnego zbrojenia i ostateczną grubość płyty posadzki. Współcześnie wykonywane płyty posadzkowe są zbrojone zbrojeniem rozproszonym z wykorzystaniem włókien stalowych wykonanych ze stali o bardzo wysokiej wytrzymałości. Ilość zbrojenia dobierana jest stosownie do wielkości zadanych obciążeń, np.: regały magazynowe, wózki widłowe, samochody ciężarowe, obciążenia o nieokreślonym rozkładzie. Biorąc pod uwagę pożądane właściwości antyelektrostatyczne projektowanej nawierzchni, minimalna ilość włókien stalowych, np. Baumix®, zapewniająca wymaganą przewodność posadzki, wynosi 20 kg/m³ betonu.

W celu odprowadzenia ładunków elektryczności statycznej płytę posadzkową łączy się z instalacją uziemiającą. W dolnej 1/3 wysokości przekroju wylewanej płyty projektuje się i umieszcza instalację uziemiającą w postaci pasów bednarki (płaskownika). Tak wykonany obwód jest uziemiany w co najmniej dwóch miejscach. Na wyrównaną powierzchnię betonu posadzkowego rozsypywany jest utwardzacz powierzchniowy w ilości 5–7 kg/m² (warstwa grubości 2–3 mm). Warunkiem uzyskania posadzki antyelektrostatycznej w systemie Bautech jest zastosowanie utwardzacza metalicznego Bautop® Enduro lub utwardzacza ultrametalicznego Extratop® Enduro – o najwyższych właściwościach antyelektrostatycznych. Połączenie warstwy utwardzającej z betonem uzyskuje się poprzez zacieranie mechaniczne przy użyciu dysku. Powierzchnia jest następnie wygładzana łopatkami zacieraczkii ustawianymi pod coraz większym kątem. Zacieranie posadzki dokonywane jest w określonych odstępach czasu, zależnych od szybkości wiązania aż do uzyskania odpowiedniej gładkości. Na zatartą powierzchnię natrykiwany jest preparat powłokotwórczy Bauseal® Enduro będący dla nawierzchni przemysłowej czynnikiem pielęgnującym i impregnującym.



Rys. 1. Schemat konstrukcyjny posadzki przemysłowej Bautech® Antistatic System™:
1) impregnat Bauseal® Enduro, 2) utwardzacz posadzkowy Bautop®/Extratop® Enduro,
3) beton posadzkowy zbrojony zbrojeniem rozproszonym Baumix®, 4) instalacja uziemiająca,
5) podbudowa

Kolejnym etapem wykonania posadzki jest nacięcie i wypełnienie szczelin skurczowych oraz szwów roboczych, jeżeli projekt konstrukcyjny takie zakładał.

Przy zastosowaniu kompletnego rozwiązania systemowego i przemyślanego projektu spełnione zostają wymagania ochrony przed elektrycznością statyczną, w tym odnośnie do stref zagrożenia wybuchem 0, 1, 2, 20, 21, 22. Prawidłowo wykonany system nie traci swoich właściwości wraz z upływem czasu, a wykonana i zabetonowana w płycie instalacja uziemiająca zapewnia skuteczne odprowadzenie ładunków z powierzchni płyty. Rezystancja elektryczna „pionowa” R_p posadzek, równoważna ich rezystancji skrośnej R_v , jest rzędu $104 \Omega - 105 \Omega$, natomiast ich rezystancja powierzchniowa R_s (mierzona jako rezystancja między punktami na powierzchni posadzki R_p-p) mieści się w rzędzie wielkości 105Ω . Przytoczone wartości nie przekraczają odpowiedniej wartości granicznej (106Ω), przyjętej za podstawę klasyfikacji. Rezystancja elektryczna upływu R_u w zależności od zastosowanego utwardzacza powierzchniowego jest rzędu ($104 - 105$) Ω , przy czym wartości 104Ω występują w posadzkach z utwardzaczem Extratop® Enduro, a wartości 105Ω w posadzkach z utwardzaczem Bautop® Enduro. Posadzki te spełniają więc najostrzejsze wymagania ochrony przed elektrostatycznością statyczną ($R_u \leq 1 \cdot 106 \Omega$) i z tego względu kwalifikują się do stosowania we wszystkich warunkach eksploatacyjnych, w tym – w strefach zagrożenia wybuchem (wskaźniki skuteczności ochrony η_1 oraz η_2 powyżej „1”; klasyfikacja materiału/wyrobu A+ i B+).

Podsumowanie

Konieczność odprowadzania ładunków elektrostatycznych z powierzchni posadzki

występuje wszędzie tam, gdzie na skutek procesów technologicznych lub warunków magazynowania gromadzone są substancje wybuchowe i łatwopalne. Do pomieszczeń zagrożonych wybuchem i/lub pożarem należą m.in. magazyny paliw, gazów, rozpuszczalników, materiałów pylistych, pompownie materiałów łatwopalnych, lakiernie proszkowe i mokre. Właściwości antyelektrostatyczne posadzki są również szczególnie istotne w przemyśle elektronicznym. Poprawnie wykonane oraz eksploatowane i konserwowane zgodnie z założeniami posadzki antyelektrostatyczne zapewniają skuteczną ochronę przed antyelektrostatycznością statyczną, co czyni je elementem kluczowym przy planowaniu oraz projektowaniu tego typu obiektów.

Literatura

- [1] Rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 czerwca 2003 r. w sprawie uzgadniania projektu budowlanego pod względem ochrony przeciwpożarowej. Dz.U. 2003 nr 121 poz. 1137.
- [2] Bautech® Antistatic System: Karta Techniczna systemu posadzki antyelektrostatycznej.
- [3] PN-E-05203:1992 Ochrona przed elektrycznością statyczną. Materiały i wyroby stosowane w obiektach oraz strefach zagrożonych wybuchem. Metody badania oporu elektrycznego właściwego i oporu upływu.
- [4] PN-E-05204:1994 Ochrona przed elektrycznością statyczną. Ochrona obiektów, instalacji i urządzeń. Wymagania.
- [5] Kowalski J.M., Ocena materiałów podłogowych w aspekcie ochrony przed elektrycznością statyczną. „Podłoga”, 3, 10, Warszawa 2000.
- [6] PN-E-05200:1992 Ochrona przed elektrycznością statyczną. Terminologia.
- [7] PN-EN 13318:2002 Podkłady podłogowe oraz materiały do ich wykonania. Terminologia.
- [8] PN-E-05205:1994 Ochrona przed elektrycznością statyczną. Ochrona przed elektrycznością statyczną w produkcji i stosowaniu materiałów wybuchowych. Wymagania.
- [9] PN-EN 1127-1:2011 Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1: pojęcia podstawowe i metodyka.
- [10] PN-EN 61340-5-1:2017 Elektryczność statyczna. Część 5-1: Ochrona przyrządów elektronicznych przed elektrycznością statyczną. Wymagania ogólne.
- [11] Obwieszczenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 sierpnia 2003 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w spra-

wie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Dz.U. 2003 nr 169 poz. 1650.

[12] Dyrektywa 1999/92/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 1999 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa (piętnasta dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG).

[13] IEC/TS 60079-32-1:2013+A1:2017 Explosive atmospheres.

[14] PN-EN-61340-4-1:2006/A1:2015 Elektryczność statyczna. Część 4-1: Znormalizowane metody badań do określonych zastosowań. Rezystancja elektrostatyczna wykładzin podłogowych i gotowych podłóg.

[15] PN-EN 61340-4-5:2006 Elektryczność statyczna. Część 4-5: Znormalizowane metody badań do określonych zastosowań. Metody oceny skuteczności ochrony przed elektrycznością statyczną, zapewnianej przez obuwie i podłogę w układzie z udziałem człowieka.

DOI:

PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Świątek-Zołyńska Sylwia, Majewski Tomasz, Niedostatkiewicz Maciej, 2020, Posadzki antyelektrostatyczne kluczowym elementem ochrony przed elektrycznością statyczną – wybrane wymagania techniczne, „Builder” 06 (275). DOI: XXX

Streszczenie: Potrzeba odprowadzania ładunków elektrostatycznych z powierzchni posadzki, czyli ochrona przed elektrycznością statyczną, występuje w pomieszczeniach, w których w wyniku prowadzonych procesów technologicznych lub magazynowania składowane są substancje łatwopalne lub wybuchowe. Zagadnienie to jest również bardzo istotne w przypadku procesów produkcyjnych, gdzie rozładowanie nagromadzonego potencjału elektrycznego może spowodować uszkodzenie lub zniszczenie produkowanego elementu. Posadzki antyelektrostatyczne zapewniają skuteczną ochronę przed elektrycznością statyczną i dlatego stanowią bardzo istotny element w procesie projektowania oraz realizacji obiektów przemysłowych.

Słowa kluczowe: antyelektrostatyczne posadzki przemysłowe, antyelektrostatyczność podłóg, elektryczność statyczna, antystatyczna posadzka przemysłowa

Abstract: ANTISTATIC FLOORS – A KEY ELEMENT OF PROTECTION AGAINST STATIC ELECTRICITY – SELECTED TECHNICAL REQUIREMENTS. The need to discharge electrostatic charges from the floor surface, i.e. protection against static electricity, occurs in rooms where flammable or explosive substances are stored as a result of technological processes or storage. This issue is also very important in the case of production processes where the discharge of accumulated electrical potential can damage the manufactured element. Antistatic floors provide effective protection against static electricity and are therefore a very important element in the design and implementation of industrial facilities.

Keywords: