

PRZEMYSŁAW KĘDZIERSKI

## Przegląd zagrożeń od elektryczności statycznej w górnictwie węgla kamiennego

*Zagrożenia wywołane elektrycznością statyczną są zaliczane do zagrożeń technicznych występujących w górnictwie węgla kamiennego. Zagrożenia te związane są z powstaniem nadmiarowego ładunku elektrycznego, będącego skutkiem większości czynności technologicznych. Największe zagrożenie stanowią wyroby z tworzyw sztucznych, kwalifikowanych jako materiały nieantyelektrostatyczne.*

*Omówiono regulacje europejskiego i polskiego prawa dotyczące wymagań dla materiałów w zakresie ich właściwości antyelektrostatycznych. Przedstawiono wyniki badań prowadzonych w GIG pod kątem usystematyzowania procesu antystatyzacji tworzyw sztucznych. Udowodniono, że proces nadania tworzywu sztuczemu właściwości antyelektrostatycznych nie jest łatwy i jednorodny. Wprowadzona systematyka procesu antystatyzacji, czyli identyfikacja różnych metod realizacji procesu antystatyzacji, ma na celu uświadomienie producentom i odbiorcom istnienia wielu, często niepożądanych, właściwości modyfikowanych tworzyw sztucznych.*

Słowa kluczowe: *elektryczność statyczna, górnictwo, wybuch, tworzywo sztuczne*

### 1. WPROWADZENIE

Wyroby wykorzystywane w górnictwie węgla kamiennego muszą spełniać wymagania antyelektrostatyczności, trudnopalności i nietoksyczności. Określa to rozporządzenie Ministra Gospodarki [1] – akt wykonawczy do ustawy Prawo geologiczne i górnicze [2]. Wyładowanie elektrostatyczne może stanowić źródło zapłonu metanu. Antyelektrostatyczność tych wyrobów nie jest rozumiana jednoznacznie i nie jest jednako realizowana.

Większość tworzyw sztucznych nie spełnia wymagań prawnych w zakresie właściwości antyelektrostatycznych. Wyroby z nich elektryzują się, gromadząc nadmiarowy ładunek elektryczny, co stanowi zagrożenie wyładowaniem elektrostatycznym, które może zainicjować zapłon atmosfery wybuchowej.

Tworzywa sztuczne, kwalifikowane jako izolatory elektryczne [3], są coraz częściej stosowane w górnictwie węgla kamiennego z uwagi na niższe koszty produkcji od kosztów materiałów antystatycznych. W celu spełnienia wymagań prawnych oraz obniżenia zdolności do elektryzacji tworzyw sztucznych przeprowadza się ich antystatyzację, czyli poprawianie właściwości antyelektrostatycznych. Antystatyzacja jest procesem

polegającym na zmianie właściwości elektrostatycznych wyrobu w celu zwiększenia szybkości rozpraszania (odprowadzania) ładunków oraz zmniejszenia zdolności do elektryzacji.

Najczęściej antystatyzacja materiałów ma na celu zmianę ich rezystancji, która jest podstawowym parametrem oceny właściwości elektrostatycznych materiałów, i klasyfikacji – z materiału rozpraszającego na przewodzący albo z izolatora na rozpraszający. Na podstawie rezystancji powierzchniowej i skrośnej materiały kwalifikuje się jako przewodzące, rozpraszające i izolatory. Dwa pierwsze rodzaje uznawane są za antystatyczne, czyli takie, które nie elektryzują się trwale i nie gromadzą ładunku na swojej powierzchni.

Istnieją różne metody realizacji procesu antystatyzacji. Wiele materiałów antystatyzowanych zmienia swoje właściwości elektrostatyczne w czasie lub ulegają one zmianie wskutek działania czynników zewnętrznych. Część z nich oddziałuje również na otoczenie. Materiały te, antystatyzowane różnymi metodami, mają wiele właściwości, nie zawsze pożądaných ze względów bezpieczeństwa i cech użytkowych. Niewłaściwy, nietrwały wyrób może mieć wpływ na bezpieczeństwo w strefach zagrożonych wybuchem.

## 2. ZAGROŻENIA W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

Poniżej przedstawiono podział zagrożeń oparty na analizie literatury, głównie aktów prawa europejskiego, polskiego i norm.

Zagrożenia związane z elektrycznością statyczną rozważać można w następujących obszarach:

- komfort i bezpieczeństwo człowieka,
- przemysł elektroniczny i wytwarzający elementy wrażliwe na wyładowania typu ESDS,
- przemysł,
- atmosfery wybuchowe, w tym górnictwo węgla kamiennego,
- sale operacyjne.

Pierwszy obszar zagrożeń to komfort człowieka i jego bezpieczeństwo. Obszar komfortu nie jest uregulowany ani aktami prawnymi, ani normami – nie wyznaczono żadnych kryteriów oraz metod badań parametrów elektrostatycznych. Stosowanie obuwia bądź odzieży klasyfikowanych jako izolator lub materiał rozpraszający zależy tylko od danej osoby. W tym obszarze często człowiek jest naelektryzowany, dochodzi do wyładowań elektrostatycznych i w konsekwencji do wypadków, nawet śmiertelnych. Dla przykładu można podać uszkodzenie kończyn wskutek upadku będącego efektem odruchu bezwarunkowego po wyładowaniu z ciała człowieka do metalowej poręczy (człowiek w izolujących butach w czasie chodzenia uległ naelektryzowaniu).

Bezpieczeństwo człowieka w pracy, w zakresie ochrony przed elektrycznością statyczną reguluje w prawie europejskim dyrektywa [4] dotycząca środków ochrony osobistej, a w prawie polskim – rozporządzenie Ministra Gospodarki [5], rozporządzenie Ministra Infrastruktury [6], rozporządzenie Ministra Infrastruktury [7] oraz rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej [8]. Wymienione rozporządzenia stanowią akty wykonawcze do ustaw Kodeks pracy [9] i Prawo budowlane [10]. Wskazane w nich wymagania dotyczą ochrony przed elektrycznością statyczną, w tym głównie przed nadmierną elektryzacją.

Drugi obszar zagrożeń obejmuje ochronę przyrządów elektronicznych i wrażliwych na wyładowania elektrostatyczne tak zwanych obiektów typu ESDS. Jest to obszar bogaty w normy (rodzina norm serii PN-EN 61340 i IEC 61340). Niestety, obszaru tego nie regulują akty wykonawcze, tzn. stosowanie norm nie jest przymusem, a wyłącznie dobrą wolą producenta, chęcią zainwestowania w ochronę antystatyczną. Coraz częściej jednak producenci lub odbiorcy żądają od swoich dostawców wdrożenia rozwiązań z norm serii

PN-EN 61340 i IEC 61340, ponieważ mogą w ten sposób zagwarantować jakość i trwałość wyrobu, wykluczając na przykład wyładowanie elektrostatyczne z odzieży pracownika do układu elektronicznego. Uszkodzenie układu elektronicznego stanowi ukrytą wadę, która ujawnia się w czasie eksploatacji, a jest nie do wykrycia na etapie produkcji.

W przemyśle elektronicznym i związanym z komponentami wrażliwymi na ESD ma zastosowanie szereg norm określających metody kontroli, badań oraz działań prewencyjnych, mających na celu zapewnienie bezpiecznego manipulowania (najczęściej podczas produkcji) elementami elektronicznymi. Komponenty elektroniczne (płyty drukowane, mikroprocesory) mogą ulec zniszczeniu wskutek wyładowania ładunku o potencjale 50 V. Stosowanie norm opisujących metody badań i kontroli w przemyśle elektronicznym nie jest przymusowe ani wymagane przez prawo. Coraz częściej wdrożenie wymagań tych norm wynika z potrzeby zapewnienia jakości produkcji i produktów w przedsiębiorstwach elektronicznych.

Trzeci obszar zagrożeń obejmuje przemysł, głównie związany z materiałami niebezpiecznymi i palnymi [11]. Bezpieczeństwo człowieka w pracy w zakresie ochrony przed elektrycznością statyczną reguluje w prawie europejskim dyrektywa [12] dotycząca maszyn, a w prawie polskim rozporządzenie Ministra Gospodarki [13].

W polskich przepisach można znaleźć: rozporządzenie Ministra Gospodarki [14], rozporządzenie Ministra Transportu [15], rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji [16] oraz rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej [17], które stanowią akty wykonawcze do ustaw: o dozorze technicznym [18], Kodeks pracy [9], Prawo budowlane [10], o ochronie przeciwpożarowej [19]. Określone w nich wymagania dotyczą ochrony przed nadmierną elektryzacją tam, gdzie ładunek elektrostatyczny może stanowić zagrożenie.

Czwarty obszar zagrożeń dotyczy stref zagrożonych wybuchem. Jest on najbardziej restrykcyjny, a określone dla niego parametry antystatyczne wynikają z dyrektyw Unii Europejskiej, rozporządzeń właściwych ministrów oraz norm jako aktów wykonawczych. Kontrola właściwości elektrostatycznych materiałów, ich ocena oraz posiadanie certyfikatu są niezbędne w przypadku stosowania ich w strefach zagrożonych wybuchem.

Dyrektywa maszynowa 2006/42/WE [12] wymaga od producentów maszyn, żeby projekty oraz wykonania maszyn i urządzeń zapewniały zapobieganie i ograniczanie gromadzenia się niebezpiecznych ładunków elektrostatycznych lub posiadały systemy do odprowadzania ładunków.

Dyrektywa ATEX 2014/34/EU [25] ma na celu ujednoczenie przepisów państw członkowskich Unii Europejskiej dotyczących urządzeń elektrycznych i nieelektrycznych oraz systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Uregulowania zawarte w tym przepisie dotyczą bezpieczeństwa i ochrony życia. Dyrektywa nakazuje zapobieganie wybuchom w wyniku stosowania odpowiednich środków zapobiegających powstawaniu ładunków elektrostatycznych zdolnych do wywołania niebezpiecznych wyładowań.

Zadaniem dyrektywy ATEX USERS 1999/92/WE [26] jest określenie minimalnych wymagań dotyczących bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych w miejscach, gdzie może wystąpić atmosfera wybuchowa oraz narzucenie na pracodawcę określonych obowiązków w tym zakresie. Obowiązkiem pracodawcy jest między innymi ocena ryzyka, podejmowanie technicznych działań mających eliminować i minimalizować zagrożenie. Zapobieganie zapłonowi ma uwzględniać możliwość wyładowania elektrostatycznego w miejscach, gdzie pracownicy lub środowisko pracy może być źródłem lub nośnikiem napięcia.

Dyrektywa dotycząca środków ochrony indywidualnej 89/686/EWG [4] ma na celu ujednoczenie w państwach członkowskich wymagań w zakresie wyposażenia ochrony osobistej oraz metod oceny zgodności. Dyrektywa nakazuje, aby środki ochrony osobistej przewidziane do użytku w atmosferach potencjalnie wybuchowych nie mogły być źródłem iskry ani łuku elektrycznego spowodowanego elektryzacją. Dyrektywa specyfikuje środki ochronne w strefach zagrożonych wybuchem, jako wyroby antystatyczne w całym okresie ich stosowania (to znaczy o niezmiennych parametrach). Środki ochronne muszą być wykonane z materiałów, które nie stanowią zagrożenia w aspekcie elektryczności statycznej.

Raport techniczny CLC/TR 50404 [22] został opracowany na podstawie mandatu udzielonego przez Komisję Europejską. Raport zawiera szereg istotnych informacji praktycznych związanych z wdrożeniem środków ochrony antystatycznej. W raporcie

zawarto szczegółowe informacje na temat bezpiecznego stosowania większości powszechnie używanych materiałów i wyrobów w górnictwie oraz strefach zagrożonych wybuchem. Raport techniczny posiada wiele powiązań z publikacjami naukowymi i wynikami prac doświadczalnych.

Ustawa z dnia 09.06.2011 r. Prawo geologiczne i górnicze [2] wskazuje właściwego ministra do spraw gospodarki jako odpowiedzialnego za określenie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu poszczególnych rodzajów zakładów górniczych w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy.

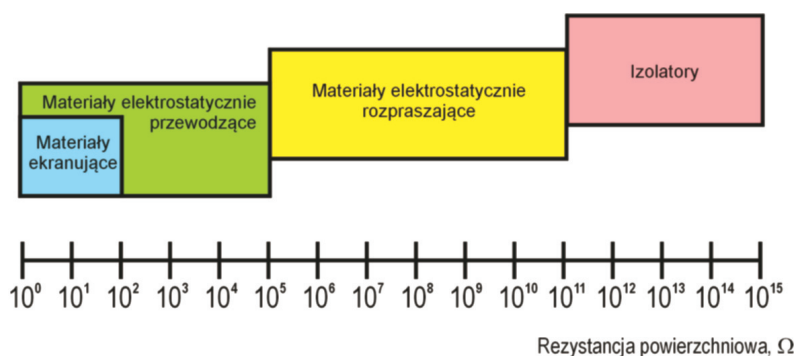
### 3. ELEKTRYCZNOŚĆ STATYCZNA

W elektrostatyce wprowadzono podziały materiałów ze względu na ich cechy elektrostatyczne. Podziały te zależą od dziedziny zastosowań, różne są w elektronice, bezpieczeństwie wybuchowym i innych obszarach.

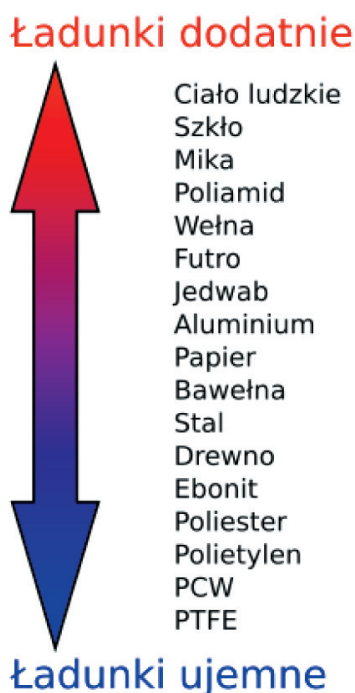
Na podstawie kryterium rezystancji powierzchniowej powstał podział (rys. 1) na materiały: elektrostatycznie przewodzące (w tym materiały ekranujące), elektrostatycznie rozpraszające oraz izolatory [20].

Do powstania ładunków elektrostatycznych dochodzi podczas elektryzacji. Elektryzacja, czyli rozdzielanie ładunków elektrycznych ujemnych od dodatnich, polega na wyodrębnieniu ich z materii lub oddaleniu ich od siebie [21]. Do elektryzacji dochodzi podczas czynności, takich jak: tarcie, rozdzielanie, rozbryzgiwanie, przelewanie, rozdrabnianie, przemiany termiczne, procesy mechaniczne, zmiany stanów skupienia, indukcja elektryczna. Wszystkie te zjawiska można łatwo zidentyfikować nie tylko w życiu codziennym, ale również w wielu procesach produkcyjnych i technologicznych.

W ocenie zdolności do elektryzacji przeanalizować należy szereg tryboelektryczny, czyli uporządkowanie materiałów pod względem biegunowości i wielkości ładunku elektrycznego wytwarzanego podczas metod kontaktowo-tarciowych. Niektóre materiały łatwiej tracą elektrony, inne łatwiej je gromadzą (rys. 2).



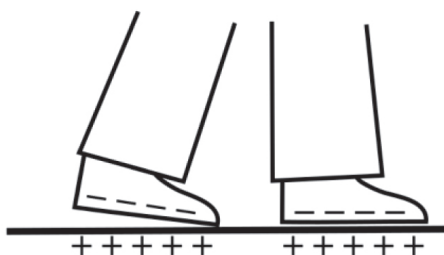
Rys. 1. Podział materiałów ze względu na ich cechy elektrostatyczne



Rys. 2. Szereg tryboelektryczny

Najpowszechniejszym sposobem elektryzacji jest elektryzacja przez tarcie i kontakt, nazywana również metodą kontaktowo-tarciową lub stykową. Na granicy styku dwóch ciał dochodzi do wymiany elektronów – tak zwana warstwa podwójna. W następstwie rozdzielania tych ciał, na jednym z nich wystąpi nadmiar elektronów (ładunki ujemne), natomiast na drugim ciele wystąpi niedomiar elektronów (ładunki dodatnie). Liczba powstałych nadmiarowych ładunków uzależniona jest od właściwości powierzchni, rodzaju materiału, docisku oraz parametrów otoczenia.

W czasie rozdzielania – zgodnie z zasadą szeregu tryboelektrycznego – w zależności od charakteru powinowactwa elektronowego, materiały oddają lub przyjmują elektrony, doprowadzając do powstania nierównowagi elektrycznej w materiałach – w jednym przewagi elektronów, a w drugim ich niedomiaru. Przykładem może być odrywanie stóp od podłoża (rys. 3) lub otwieranie książki w foliowej okładce.



Rys. 3. Przykład elektryzacji przez kontakt – odrywanie stóp od podłoża

Elektryzacja przez tarcie, podobnie jak przez kontakt, związana jest z szeregiem tryboelektrycznym. Wskutek tarcia mechanicznego dochodzi do przechodzenia ładunków elektrycznych między ciałami – w wyniku tego ciała elektryzują się nadmiarowym ładunkiem elektrycznym. Z badań znaku ładunku podczas elektryzacji metodami kontaktowo-tarciowymi można wyciągnąć wniosek, że znak ładunku zależy w wielu przypadkach od sposobu elektryzacji. Nie przeprowadzono badań nad wpływem na elektryzację tarcia elektryzacji kontaktowej i odwrotnie (w tym rozdzielanie i uderzanie). Częścią elektryzacji przez tarcie jest elektryzacja przy przerywaniu kontaktu.

#### 4. ANTYSTATYZACJA

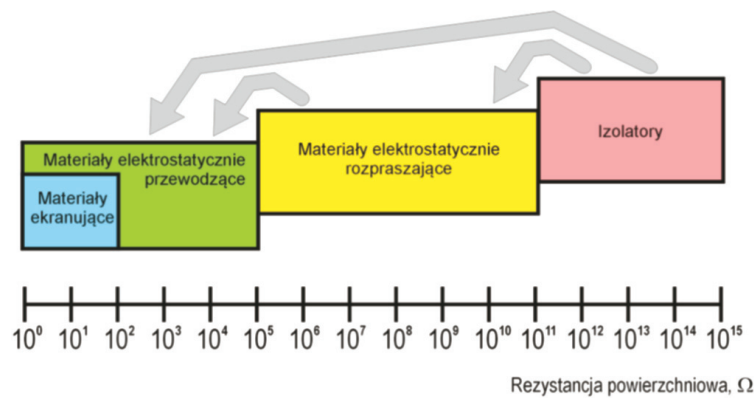
Antystatyzacja, czyli nadanie materiałowi cech antystatycznych, jest procesem polegającym na zmianie właściwości elektrycznych wyrobu, realizowanym w celu zwiększenia szybkości rozpraszania (odprowadzania) ładunków lub zmniejszenia zdolności do elektryzacji albo zwiększenia szybkości rozpraszania (odprowadzania) ładunków i zmniejszenia zdolności do elektryzacji.

Niektóre antystatyki (napelniacze), dodawane w celu nadania pewnych cech, np. koloru, posiadają właściwości antystatyczne i wpływają na zmianę właściwości elektrycznych modyfikowanego materiału, jednak nie są one traktowane jako antystatyki, a ich użycie nie jest traktowane jako proces antystatyzacji.

Ze względu na właściwości elektrostatyczne [22] materiały dzielimy na: ekranujące, przewodzące, rozpraszające i izolatory. Kryterium ich podziału jest rezystancja powierzchniowa. Z uwagi na to antystatyzację można uznać za proces polegający na zmianie rezystancji materiału: z rozpraszającego na przewodzący, z izolatora na rozpraszający lub z izolatora na przewodzący. Proces antystatyzacji przedstawiono na rysunku 4.

Na szybkość odprowadzenia ładunku z materiału ma wpływ również pojemność elektryczna (1), jednak antystatyzacja nie jest utożsamiana ze zmianą pojemności elektrycznej wyrobu chociażby dlatego, że trudno jest modyfikować i sterować pojemnością elektryczną tworzywa sztucznego. Ponadto nie ma opracowanej znormalizowanej metody do pomiaru pojemności elektrycznej wyrobów. Dodanie do wyrobu chociażby metalowych elementów, poza modyfikacją pojemności elektrycznej, zmienia też jego rezystancję.





Rys. 4. Podział materiałów ze względu na ich rezystancję oraz proces antystatyzacji

Zanik ładunku (rozładowanie lub odprowadzenie nadmiarowego ładunku elektrostatycznego z obiektu do uziemienia lub ziemi) opisane jest funkcją wykładniczą:

$$Q(t) = Q_0 e^{-\frac{t}{RC}} \quad (1)$$

Z zależności (1) wynika, że na szybkość rozładowania decydujący wpływ ma pojemność elektryczna i rezystancja wyrobu. W badaniach pojemność elektryczną wyrobu potraktowano jako cechę wyrobu określającą jego zdolność do kumulacji ładunków. Jeśli przyjmie się, że antystatyzowany materiał jest odizolowany, to całkowity ładunek elektrostatyczny naniesiony na materiał pozostanie na nim. Od rezystancji materiału zależy, czy ładunek elektrostatyczny rozproszy się po całej powierzchni lub objętości materiału, czy też pozostanie w miejscu powstania (nanesienia). Rozkład powierzchniowy ładunku na odizolowanym materiale ma duże znaczenie, ponieważ decyduje o wielkości ładunku elektrycznego na jego powierzchni. Od pojemności elektrycznej wyrobu, niezależnie od wielkości zgromadzonego na nim ładunku elektrostatycznego, zależy potencjał elektrycz-

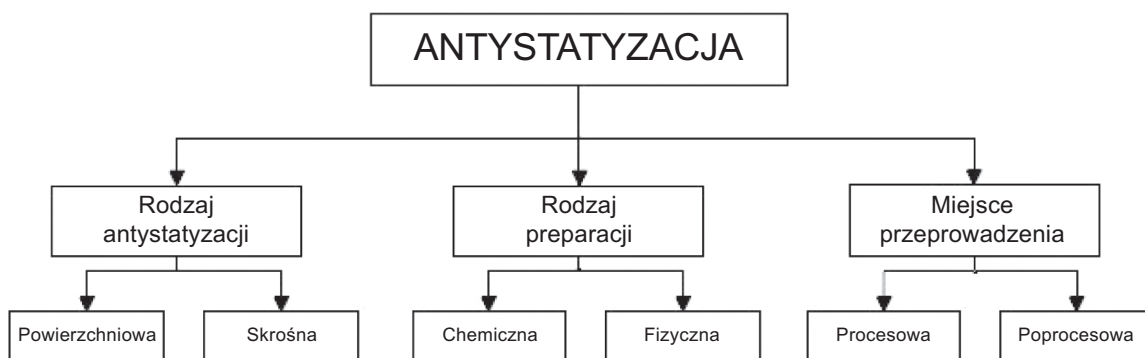
ny obiektu naelektryzowanego, a w konsekwencji energia wyładowania elektrostatycznego.

## 5. METODY REALIZACJI PROCESU ANTYSTATYZACJI

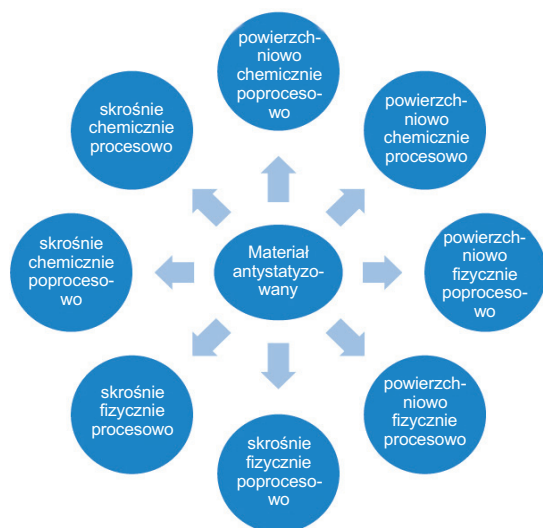
Na podstawie własnych badań, spostrzeżeń i wniosków dokonano podziału procesu antystatyzacji (rys. 5) ze względu na trzy cechy: rodzaj procesu antystatyzacji, rodzaj preparacji (użytego napełniacza) oraz miejsce przeprowadzania procesu antystatyzacji w całym procesie produkcji [23]. Stosując podział procesu antystatyzacji, jak na rysunku 5, zidentyfikowano osiem metod realizacji procesu antystatyzacji tworzyw sztucznych, co determinuje osiem różnych rodzajów materiałów antystatyzowanych (rys. 6).

Każdy wyrób antystatyzowany można rozpatrywać według podziału zobrazowanego na rysunku 5, charakteryzując go ze względu na: rodzaj antystatyzacji, rodzaj preparacji i miejsce przeprowadzania – kwalifikując jako jeden z ośmiu rodzajów materiałów antystatyzowanych.

Wyodrębnienie ośmiu metod realizacji procesu antystatyzacji materiałów ma znaczenie w ocenie realizacji procesu antystatyzacji [24].



Rys. 5. Podział procesu antystatyzacji



Rys. 6. Rodzaje materiałów antystatyzowanych

## 6. PODSUMOWANIE

W publikacji podjęto się identyfikacji, charakterystyki i oceny różnych metod realizacji procesu antystatyzacji tworzyw sztucznych używanych powszechnie w górnictwie węgla kamiennego. Wydawać by się mogło, że proces antystatyzacji jest prostym sposobem obniżenia zdolności do elektryzacji materiałów. Dokonana identyfikacja jest propozycją własną autora, opracowaną na podstawie wieloletnich badań własnych i spostrzeżeń oraz oceny korelacji (współzależności i wzajemnych powiązań) parametrów elektrycznych. Na podstawie badań i spostrzeżeń opracowano różne metody realizacji procesu antystatyzacji, które charakteryzują się właściwościami związanymi bezpośrednio z bezpieczeństwem wybuchowym w kopalniach. Przedstawione metody antystatyzacji ocenione zostały pod kątem ich bezpiecznego użycia.

Dobrano właściwą metodologię badań właściwości antystatycznych materiałów. Przyjęty katalog badań pozwolił jednoznacznie zidentyfikować metody realizacji procesu antystatyzacji. Niektóre metody badań, jak np. zdolność do elektryzacji, zdyskwalifikowano jako właściwy sposób pomiaru do identyfikacji metody antystatyzacji. Metody badań dobrano tak, żeby wyniki pomiarów niosły z sobą informacje na temat metody antystatyzacji. Zaproponowany podział metod badań na parametry statyczne i dynamiczne pozwolił na sformułowanie wniosków dotyczących współzależności tych parametrów. Wzajemne powiązania odpowiednich parametrów elektrostatycznych opisują wyrób według podziału przyjętego przez autora, uwzględniającego: typ antystatyzacji, rodzaj preparacji i miejsce przeprowadzania antystatyzacji.

W publikacji opisano dwa procesy antystatyzacji. W pierwszym modyfikowano tworzywo sztuczne – folię techniczną. W drugim modyfikowano folię górniczą dzięki wykorzystaniu trzech różnych antystatyków i dodatkowo każdy z nich w dwóch różnych stężeniach. Procesy antystatyzacji przeprowadzono według zidentyfikowanych w pracy metod.

W ramach pracy podjęto się oceny skuteczności różnych sposobów realizacji procesu antystatyzacji. Jako skuteczność należy rozumieć ocenę wyrobu finalnego oraz spełnienie zaplanowanych wymagań co do cech antystatycznych wyrobu. Udowodniono, że część zidentyfikowanych metod antystatyzacji charakteryzuje się dużą niejednorodnością wyrobu finalnego, nietrwałością jego antystatyzacji w czasie lub wpływem na otoczenie przez procesy wyparowywania czy łuszczenia materiału antystatyzowanego. Zaobserwowano, że trwałość cech materiałów antystatyzowanych niektórymi metodami jest zależna od czynników panujących w kopalniach, takich jak wilgotność względna, atmosfera kopalniana – tracą one swoje cechy antystatyczne, np. po przepłukaniu wodą.

## 7. WNIOSKI

Stosowane w górnictwie węgla kamiennego wyroby muszą spełniać wymagania polskiego prawa w zakresie parametrów technicznych zapewniających ich bezpieczną eksploatację. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. z 2002 r. nr 139, poz. 1169), jako akt wykonawczy do ustawy Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2016 r., poz. 1131), dopuszcza do stosowania w podziemnych wyrobiskach wyroby z tworzyw sztucznych, które charakteryzują się trudnopalnością, antystatycznością i nietoksycznością. Z analizy literatury wynika, że zdecydowana większość tworzyw sztucznych nie ma właściwości antystatycznych. Stwierdzić można, że wszystkie wyroby z tworzyw sztucznych stosowane w górnictwie są antystatyzowane, ponieważ prawo wymaga posiadania przez nie parametrów antystatycznych. Od sposobu i rodzaju antystatyzacji zależy jakość finalnego wyrobu użytkowanego w kopalni. Wyrób antystatyzowany powinien być trwały i nie powinien pogarszać komfortu pracy górników, ponieważ od sposobu realizacji procesu antystatyzacji zależy bezpieczeństwo ludzi pracujących w strefach zagrożonych wybuchem w polskim górnictwie węgla kamiennego.

W trakcie realizacji pracy dostrzeżono brak spełniania przez wyroby stosowane w podziemnych wyrobiskach pełnych wymagań bezpieczeństwa poprzez uzyskanie przez wyrób trwałych i bezpiecznych parametrów antystatycznych. Istnieją wyroby, które spełniają wymagania antystatyczności podczas badań, jednak po pewnym czasie te właściwości zanikają. Dostrzeżono również brak jednoznacznych wymagań prawnych w zakresie oceny właściwości elektrostatycznych wyrobów. Określenie dla wyrobu wymogu „posiadania cech antystatycznych” jest zdecydowanie zbyt ogólne. Należałoby je doprecyzować i uściślić. Stwierdzić można, chociażby na podstawie braku wzajemnych powiązań parametrów elektrycznych wyrobów antystatyzowanych, że obecny stan prawny dopuszcza jako bezpieczne wyroby spełniające kryterium rezystancji, a niespełniające kryterium czasu zaniku ładunku bądź odwrotnie.

Dynamiczny wzrost udziału tworzyw sztucznych w produkcji wyrobów używanych w przemyśle wpływa na zwiększenie ilości tworzyw sztucznych stosowanych w kopalniach. Wnioski sformułowane w rozprawie doktorskiej powinny być wykorzystane przez producentów tworzyw sztucznych używanych w polskim górnictwie węgla kamiennego. Producenci winni, nawet większymi nakładami finansowymi, produkować wyroby, które nie będą stanowić zagrożenia wybuchem przez cały okres użytkowania, ich parametry antystatyczne będą trwałe, a sposób realizacji procesu antystatyzacji nie będzie oddziaływał na środowisko albo pracowników podziemnych wyrobisk górniczych, pogarszając komfort pracy.

#### Literatura

- [1] *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych*, Dz.U. z 2002 r. nr 139, poz. 1169 z późn. zm.
- [2] *Ustawa z dnia 9.06.2011 r. – Prawo geologiczne i górnicze*, Dz.U. z 2016 r., poz. 1131, tekst jednolity.
- [3] Sukiennicki A., Zagórski A.: *Fizyka ciała stałego*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1984.
- [4] *Dyrektywa Rady 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednoczenia przepisów prawnych Państw Członkowskich odnoszących się do wyposażenia ochrony osobistej*.
- [5] *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej*, Dz.U. z 2005 r. nr 259, poz. 2173.
- [6] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*, Dz.U. z 2015 r. poz. 1422; tekst jednolity.
- [7] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych*, Dz.U. z 2003 r. nr 47, poz. 401.
- [8] *Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 11 czerwca 2002 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy*, Dz.U. z 2003 r. nr 169, poz. 1650, tekst jednolity.
- [9] *Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. – Kodeks pracy*, Dz.U. z 2014 r. poz. 1502 z późn. zm., tekst jednolity.
- [10] *Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane*, Dz.U. z 2016 r. poz. 290 z późn. zm., tekst jednolity.
- [11] Walp L.E.: *Antistatic Agents*. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology 2014.
- [12] *Dyrektywa 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. w sprawie maszyn*.
- [13] *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21.10.2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn*, Dz.U. z 2008 r. nr 199, poz. 1228 z późn. zm.
- [14] *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacja paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie*, Dz.U. z 2014 r. poz. 1853, tekst jednolity.
- [15] *Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 20 listopada 2006 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać urządzenia do napełniania i opróżniania zbiorników transportowych*, Dz.U. z 2015 r. poz. 34, tekst jednolity.
- [16] *Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów*, Dz.U. z 2010 r. nr 109, poz. 719.
- [17] *Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej z dnia 7 października 1997 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle rolnicze i ich usytuowanie*, Dz.U. z 2014 r., poz. 81, tekst jednolity.
- [18] *Ustawa z dnia 21 grudnia 2000 r. o dozorcze technicznym*, Dz.U. z 2015 r. poz. 1125 z późn. zm., tekst jednolity.
- [19] *Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej*, Dz.U. z 2016 r. poz. 191 z późn. zm., tekst jednolity.
- [20] Gajewski A.: *Elektryczność statyczna – poznanie, pomiar, zapobieganie, eliminowanie*, Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych, Warszawa 1987.
- [21] Grabarczyk Z., Kurczewska A.: *Zagrożenia elektrostatyczne w strefach zagrożonych wybuchem*, CIOP, Warszawa 2008.
- [22] CLC/TR 50404:2003. *Elektrostatyka – Kodeks postępowania praktycznego dla unikania zagrożeń związanych z elektrycznością statyczną*.
- [23] Kędziński P.: *Zmiana właściwości elektrostatycznych tkanin wykonanych w technice przepłotu*, „Wiadomości Górnicze” 2015, 4: 209–213.
- [24] Kędziński, P.: *Antystatyzacja w ujęciu technologicznym*, „Wiadomości Górnicze” 2013, 12: 730–735.
- [25] *Dyrektywa ATEX 2014/34/EU Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstwa państw członkowskich odnoszących się do urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej*.
- [26] *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*.

dr inż. PRZEMYSŁAW KĘDZIŃSKI  
Główny Instytut Górnictwa  
pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice  
pkedziński@gig.pl