

mgr inż. ADAM JAKUBAS  
mgr inż. MONIKA MARGOL  
dr inż. WŁODZIMIERZ BARANOWSKI  
Politechnika Częstochowska

## Badanie wybranych właściwości antystatyzowanej tkaniny podsadzkowej stosowanej w górnictwie

*W artykule omówiono właściwości wybranych tkanin oraz proces ich produkcji. Przedstawiono przykład weryfikacji wybranych właściwości antyelektrostatycznych tkanin stosowanych do budowy tam podsadzkowych. Zbadano zmianę zdolności odprowadzania ładunku elektrostatycznego w czasie. Pomiary miały na celu weryfikację podawanych przez producenta parametrów tkanin dostępnych w handlu.*

### 1. WSTĘP

---

Jedną z przyczyn zapłonu mieszanin palnych i wybuchowych zachodzących w podziemnych korytarzach kopalni węgla są wyładowania elektrostatyczne. W strefach zagrożonych wybuchem, według nieoficjalnych danych, na świecie średnio codziennie dochodzi do jednego poważnego wybuchu lub pożaru zainicjowanego przez wyładowania elektrostatyczne [2]. Wrażliwe na to niebezpieczeństwo są też obiekty, w których występuje zagrożenie wybuchowe i pożarowe, jak np.: hale produkcyjne, malarnie, magazyny materiałów łatwopalnych itp. [1].

Migracja gazów zrobowych, uwolnionych wskutek ingerencji w górotwór, powoduje powstawanie wielu niekorzystnych zjawisk [4]. Aby im zapobiec, prowadzi się prace izolacyjno-uszczelniające. Jedną z metod wykorzystywanych w ramach tego rodzaju działalności jest stosowanie tkanin technicznych, potocznie zwanych podsadzkowymi (rys. 1) [5].

Początkowo używano tkaniny jutowej. Jednak duży jej ciężar, grubość, niedostateczne możliwości formowania, niskie parametry wytrzymałościowe, a także degradacja w kontakcie ze stosowanymi spoiwami chemicznymi i mineralnymi spowodowały, iż

tkanina ta nie zawsze sprawdzała się w warunkach górniczych. Zastąpiono ją odpowiednio modyfikowanymi tkaninami z tworzyw polimerowych [5].

Współczesne tkaniny podsadzkowe to płaskie wyroby włókiennicze wykonane techniką tkacką z przędzy polipropylenowej (PP) z dodatkiem 0,5÷1% poliestru. W procesie tkania tkaniny do przędzy wprowadzany jest powierzchniowy środek antystatyczny o stężeniu 6%, a gotowa tkanina powlekana



Rys. 1. Sposób zastosowania tkaniny podsadzkowej [5]

jest tym samym roztworem o stężeniu 10% [7]. Nie daje to jednak długotrwałych właściwości antystatycznych. Takie parametry tkaniny są wystarczające przy użyciu w podsadzkowych tamach czołowych oraz wszędzie tam, gdzie tkanina będzie zabudowana w ciągu 48 godzin od jej sprowadzenia do wyrobiska. Stosowane powierzchniowe środki antystatyczne zostają wymywane wskutek kontaktu z wodą, będącą medium ruchomym, a tkanina w ten sposób traci swoje właściwości antystatyczne [5].

Tego typu tkaniny podsadzkowe mają swoje zalety. Należą do nich: łatwość w montażu i stosowaniu, antystatyzacja powierzchniowa w masie (rezystancja powierzchniowa, skrośna oraz między punktami osiąga poziom poniżej  $1 \times 10^9 \Omega$ ), nietoksyczność, dobra przepuszczalność wody, odporność chemiczna na działanie kwasów, zasad i soli oraz odporność na procesy gnilne. Warto dodać, iż antystatyzacja tkanin podsadzkowych nie może być mniejsza niż  $10^6 \Omega$ . Tkaniny takie wykazują wtedy właściwości przewodzące i stosowanie ich w przestrzeniach zagrożonych wybuchem wymaga skutecznego i trwałego uziemienia. Tkanina podsadzkowa poza wyżej wymienionymi zaletami posiada także dobrą wytrzymałość mechaniczną – maksymalna siła rozciągająca wynosi nie mniej niż 700 N. Tkaniny podsadzkowe należą do tkanin trudnopalnych – ich indeks tlenowy OI wynosi 21% [6].

Wymagania dotyczące tkanin podsadzkowych spełniają przepisy określone w rozporządzeniu Ministra Gospodarki w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych [8]. Obecnie stosowane są dwa typy tkanin podsadzkowych o masach powierzchniowych  $85 \pm 4 \text{ g/m}^2$  i  $101 \pm 5 \text{ g/m}^2$ . Tkaniny przeznaczone są do wykorzystywania w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych do wykonywania tam podsadzkowych przy podsadźce hydraulicznej – tamy czołowej, bocznej, ryglowej oraz progów [6].

Wytwarzanie tkanin podsadzkowych jest złożonym procesem produkcyjnym. W pierwszym etapie granulaty polipropylenowy w połączeniu ze środkiem niepalnym, antystatykiem i komponentami w postaci ziaren umieszczany jest w podajniku urządzenia zwanego stopoprzędzarką. Po dokładnym wymieszaniu składniki ulegają stapianiu w stapiaczu, będącym nieodzownym elementem głowicy wylączarskiej [3]. Stopione tworzywo polipropylenowe wraz ze środkami niepalnym i antystatycznym oraz komponentami formowane jest do postaci arkusza cienkiej folii. Tak uformowana folia jest cięta na tasiemki, które w kolejnym etapie, przechodząc przez piece grzewcze, ulegają stabilizacji. Filamenty przędzy są wycią-

gane z dyszy i nawijane. Tasiemki powstają w wyniku pocięcia arkusza żyłkami na paski około 1 cm szerokości, po czym są one rozciągane, a po uzyskaniu odpowiedniej szerokości – od 0,3 do 0,5 cm – nawijane na szpulkę odbierającą.

## 2. METODOLOGIA I WYNIKI BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

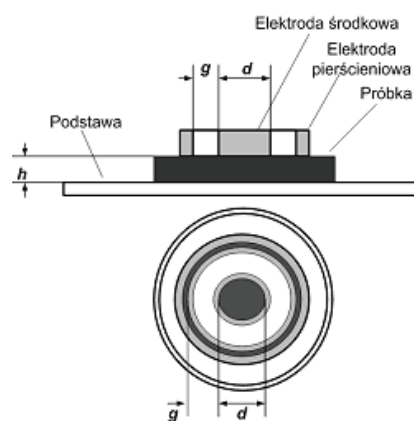
Według zaleceń producenta, aby tkanina podsadzkowa nie straciła swoich właściwości elektrostatycznych, musi być zabudowana w ciągu 48 godzin po zwiezieniu do kopalni. Autorzy artykułu przeprowadzili badania utraty właściwości antyelektrostatycznych na skutek schnięcia, pod wpływem stałej temperatury i wilgotności tkaniny podsadzkowej produkowanej przez częstochowską firmę STRADOM S.A.

Zgodnie z obecnie obowiązującą normą PN-EN-61340-2-3 [9] rezystywność powierzchniową wyznacza się metodą pośrednią, mierząc rezystancję powierzchniową  $R_s$ , efektywną długość elektrody pomiarowej  $l$  i szerokość szczeliny  $g$ . W pomiarach rezystywności powierzchniowej najczęściej stosowanym zestawem jest koncentryczny układ elektrod pierścieniowych (rys. 2). Dla układu koncentrycznych elektrod pierścieniowych (okrągłych), pokazanych na rysunku 2., rezystywność powierzchniowa jest definiowana zależnością:

$$p_s = R_s \cdot \frac{l}{g} \quad (1)$$

w której  $l$  jest efektywną długością elektrody pomiarowej, a  $g$  – odległością między elektrodami pomiarowymi. Efektywną długość elektrody pomiarowej określa się wzorem:

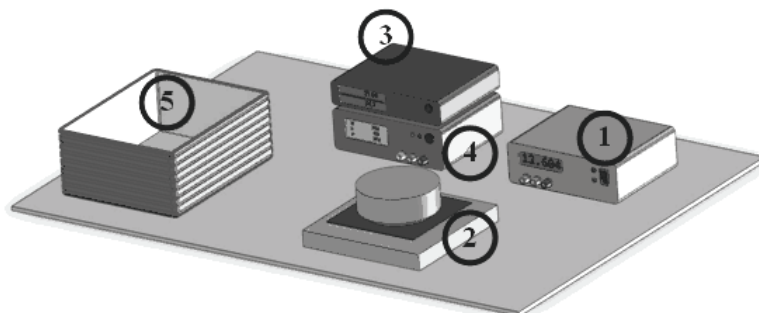
$$l = \pi(d_1 + g) \quad (2)$$



Rys. 2. Układ elektrod do wyznaczania rezystywności powierzchniowej [9]

Pomiary rezystywności materiału podsadzkowego wykonano na stanowisku, którego schemat zamieszczono na rysunku 3. Stanowisko pomiarowe zostało wyposażone w elektrometr marki Keithley 6417B, umożliwiający wykonywanie precyzyjnych pomiarów prądu powierzchniowego  $I_s$ . Rozpakowana próbka została poddana kondycjonowaniu przez 24 godzi-

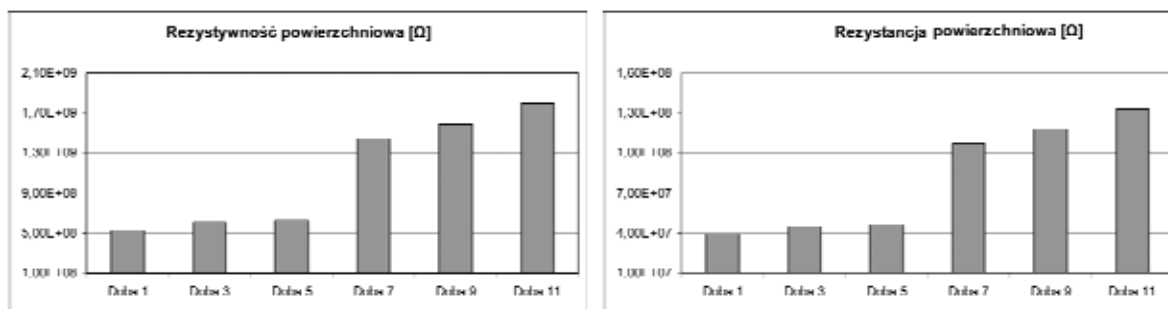
ny w temperaturze 22,5°C i wilgotności względnej 70%. Pomiarów dokonano w jednodniowych odstępach czasowych na dwóch różnych partiach tkaniny (próbka A i próbka B). Na każdą próbkę w danym dniu badań przypadało 5÷6 serii pomiarowych, a wyniki prezentowane w tabelach 1. i 2. oraz na rysunkach 4. i 5. są ich wartościami uśrednionymi.



Rys. 3. Schemat stanowiska do pomiaru ładunku elektrostatycznego i rezystywności powierzchniowej  
1 – elektrometr programowalny, 2 – zestaw ekranowanych elektrod pierścieniowych,  
3 – miernik wilgotności i temperatury, 4 – zasilacz stabilizowany 0÷400 V, 5 – komora kondycjonowania próbek  
(opracowanie własne)

**Tabela 1.**  
**Wyniki pomiarów rezystywności powierzchniowej i rezystancji powierzchniowej dla próbki A**  
(opracowanie własne)

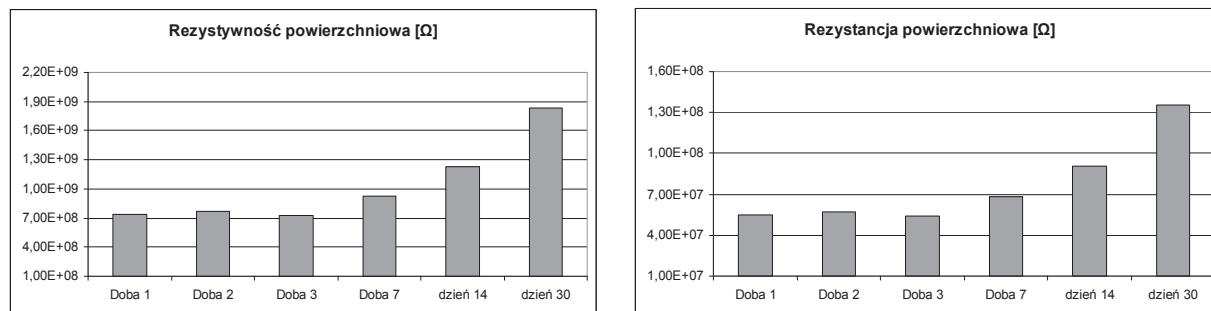
Próbka A						
Doba badania	Doba 1	Doba 3	Doba 5	Doba 7	Doba 9	Doba 11
$R_s$ [ $\Omega$ ]	$3,89 \times 10^7$	$4,52 \times 10^7$	$4,65 \times 10^7$	$1,07 \times 10^8$	$1,18 \times 10^8$	$1,33 \times 10^8$
$p_s$ [ $\Omega$ ]	$5,26 \times 10^8$	$6,11 \times 10^8$	$6,28 \times 10^8$	$1,44 \times 10^9$	$1,59 \times 10^9$	$1,80 \times 10^9$



Rys. 4. Wykres wartości badanych wielkości w przedziale czasu. Próbka A (opracowanie własne)

**Tabela 2.**  
**Wyniki pomiarów rezystywności powierzchniowej i rezystancji powierzchniowej dla próbki B**  
(opracowanie własne)

Próbka B						
Doba badania	Doba 1	Doba 2	Doba 3	Doba 7	Doba 14	Doba 28
$R_s$ [ $\Omega$ ]	$5,00 \times 10^7$	$5,71 \times 10^7$	$5,38 \times 10^7$	$6,81 \times 10^7$	$9,06 \times 10^7$	$1,36 \times 10^8$
$p_s$ [ $\Omega$ ]	$8,09 \times 10^8$	$7,72 \times 10^8$	$7,27 \times 10^8$	$9,21 \times 10^8$	$1,22 \times 10^8$	$1,83 \times 10^8$



Rys. 5. Wykres wartości badanych wielkości w przedziale czasu. Próbka B (opracowanie własne)

### 3. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów można stwierdzić, że badany materiał utrzymuje właściwości antyelektrostatyczne znacznie dłużej niż deklaruje to producent. Graniczna wartość rezystancji powierzchniowej  $R_s > 10^8 \Omega$  zostaje osiągnięta dopiero w 7. dniu dla próbki A, natomiast dla próbki B dopiero po 14 dniach. W trakcie pomiarów temperatura wahała się pomiędzy 21 a 22,5°C, natomiast zanotowana wilgotność względna oscylowała w granicach  $70 \pm 5\%$ . Dzięki zastosowaniu wysokiej klasy sprzętu pomiarowego wyniki obciążone są niedokładnością pomiarową nie przekraczającą 5%.

Obecnie przy budowie tam wentylacyjnych przebadany rodzaj tkaniny jest coraz częściej zastępowany przez tkaniny bardziej nowoczesne tkaniny, w których zastosowano domieszkowanie stałym środkiem antyelektrostatycznym już na etapie produkcji wątku i osnowy. Autorzy wykonali pomiary kontrolne tkaniny STRADOFRAS [7]. Uzyskane wyniki potwierdzają dane zamieszczone w karcie katalogowej produktu, jednakże wartość zmierzona przez autorów rezystancji powierzchniowej  $R_s$  znajduje się blisko zakładanej przez producenta górnej granicy antystatyzacji  $R_s < 1 \times 10^9 \Omega$  i wynosi  $(9,34 \pm 0,29) \times 10^8 \Omega$ .

### 4. WNIOSKI

Zaprezentowane wyniki pomiarów pokazują, że producenci tkanin podsadzkowych poważnie podchodzą do kwestii zgodności deklarowanej jakości swoich wyrobów z ich rzeczywistymi parametrami.

Zazwyczaj jakość ta jest wyższa od deklarowanej, co stanowi pewien zapas dla okresu użytkowania, a przez to możliwe jest dłuższe stosowanie danego produktu.

Niektóre materiały, ze względu na potrzebę kompromisu pomiędzy trudnopalnością (klasa VTM-0) a zdolnością odprowadzania ładunku antyelektrostatycznego, zdecydowanie za bardzo zbliżają się swoimi parametrami do wartości granicznej. Parametry te, jak zapewnia producent, mogą być modyfikowane zarówno w kierunku trudnopalności, jak i antystatyzacji oraz dostosowane do potrzeb konkretnego odbiorcy.

#### Literatura

- Borowik L., Jakubas A.: *Metody kontroli właściwości materiałów służących zabezpieczeniu przed elektrycznością statyczną*. Śląskie Wiadomości Elektryczne, 2010 nr 4.
- Grabarczyk J. Z., Kurczewska A.: *Zagrożenia elektrostatyczne w strefach zagrożonych wybuchem*, Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa 2008.
- Sikora R.: *Przetwórstwo tworzyw wielkocząsteczkowych*, Wydawnictwo Edukacyjne Zofii Dobkowskiej, Warszawa 1993.
- Świerżewski M.: *Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem*, Wydawnictwo SEP, Warszawa 2008.
- Ziółkowski A., Pyrzyńska P.: *Antystatyzowana tkanina techniczna w klasie VTM-0*. MM Magazyn Przemysłowy, 2011 nr 12.
- Witryna internetowa firmy STRADOM S.A. [online]: [http://www.stradom.com.pl/oferta/3/Wyroby\\_dla\\_gornictwa.html](http://www.stradom.com.pl/oferta/3/Wyroby_dla_gornictwa.html) (dostęp 14 X 2012).
- Informacje i materiały pozyskane od firmy STRADOM S.A. z siedzibą w Częstochowie.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia pożarowego w podziemnych zakładach górniczych. Dz. U. 2002 Nr 139 poz. 1169 i Dz. U. 2006 Nr 124 poz. 863.
- PN-EN 61340-2-3:2002 *Elektryczność statyczna. Cz. 2-3: Metody badań stosowane do wyznaczania rezystancji i rezystywności płaskich materiałów stałych, używanych do zapobiegania gromadzeniu się ładunku elektrostatycznego*.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów