

Kompozycja elektroizolacyjna o podwyższonej odporności na łuk elektryczny

Abstract. *The paper presents requirements for electroinsulating repair mass. There was examined the influence of a quartz and alumina filler on the resistance to electric arc. The composition was proposed with optimal contents of polyurethane resin and mineral filler keeping its fluidity regardless of high filler amount..*

Keywords: polyurethane resin, electric arc, electroinsulating repair mass

Wprowadzenie

Celem niniejszej pracy jest dobranie optymalnego składu mieszaniny polimerowo-mineralnej mogącej znaleźć zastosowanie przy wykonywaniu odlewów elektroizolacyjnych oraz w naprawach uszkodzonych fragmentów izolacji.

O ile większość stosowanych żywic chemoutwardzalnych posiada bardzo wysoką wytrzymałość elektryczną o tyle w przypadku wystąpienia łuku elektrycznego zniszczenie izolacji występuje bardzo szybko. Jedynym sposobem na usunięcie powyższego zjawiska wydaje się być wprowadzenie jak największej ilości wypełniacza mineralnego co ostatecznie prowadzi do otrzymania tak zwanych polimerobetonów [1,2] zawierających zaledwie 5% wagowych składnika polimerowego w postaci żywicy epoksydowej, poliestrowej lub akrylowej. Jednak takie mieszanki z uwagi na znikomą płynność wymagają formowania pod ciśnieniem i nie nadają się do prostego odlewania w formie lub stosowania jako kity naprawcze.

W przedstawionej pracy wybrano nowoczesną żywicę poliuretanową (PU) o bardzo niskiej lepkości co umożliwiło wykonanie wysokonapełnionych wyrobów o wystarczającej do celów praktycznych płynności.

Materiał badawczy

Przy użyciu żywicy poliuretanowej, mączki kwarcowej o wielkości ziarn 2 μ m, oraz krystalicznego tlenku glinu (ziarna 20 μ m) sporządzono mieszanki zawierające od 0 do 75 % wagowych napełniaczy. Próbki w postaci krążków średnicy 100 i grubości 5 mm utwardzano 30 minut w temperaturze pokojowej po czym poddano przyspieszonej stabilizacji przez wygrzewanie w temperaturze 60°C w czasie 90 minut. Następnie zmierzono odporność na działanie łuku elektrycznego zgodnie z normą [3].

Stopnie odporności na działanie łuku elektrycznego

Według powyższej normy próby prowadzi się aż do momentu pełnego zniszczenia objawiającego się zapaleniem, utworzeniem zwęglonej ścieżki przewodzącej, silną erozją lub stopieniem materiału.

Ostatecznie jako rezultat badania przyjmuje się łączny czas wszystkich stopni które próbka wytrzymała plus czas trwania stopnia na którym nastąpiła pełna utrata właściwości izolacyjnych.

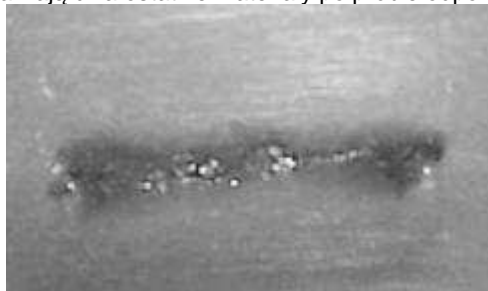
Tab. 1. Stopnie próby w badaniu odporności na działanie łuku elektrycznego [3]

Stopień próby	Czas działania łuku [s]	Czas trwania przerwy [s]	Prąd łuku [mA]	Czas trwania próby	Czas łączny prób [s]
I	0,25	1,75	10	60	60
II	0,25	0,75	10	60	120
III	0,25	0,25	10	60	180
IV	ciągły	-	10	60	240
V	ciągły	-	20	60	300
VI	ciągły	-	30	60	360

Porównanie odporności epoksydowego materiału konstrukcyjnego z nienapełnioną żywicą PU

Dla celów porównawczych określono również odporność typowych materiałów konstrukcyjnych stosowanych w elektrotechnice: żywicy epoksydowej Epidian 5 utwardzonej na gorąco bezwodnikami oraz płyty laminatu szkłoepoksydowego. W pierwszym przypadku uzyskano rezultat 165 s (ścieżka przewodząca po 45 sekundach próby na stopniu III), a w drugim 185 sekund (wypalenie ścieżki przewodzącej na laminacie po 5 sekundach działania ciągłego łuku na stopniu IV).

Rysunki 1 i 2 przedstawiają dwa ostatnie materiały po próbie odporności.



Rys.1. Ścieżka przewodząca na żywicy epoksydowej



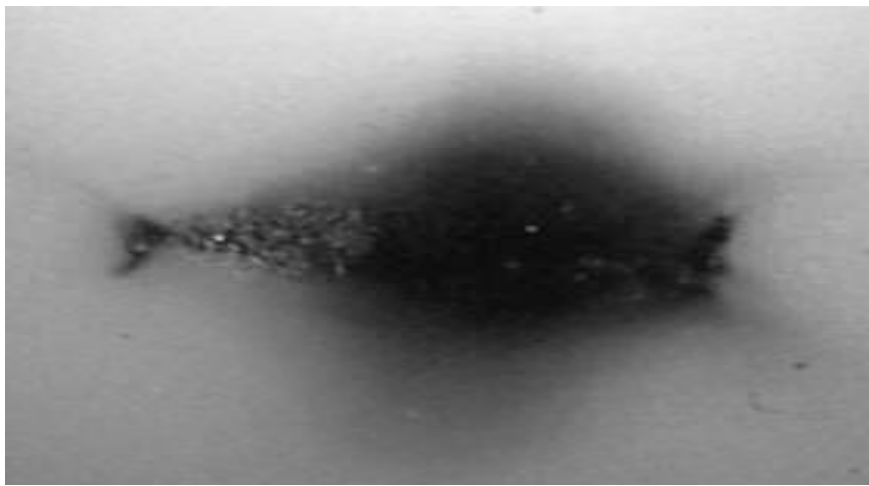
Rys. 2. Ścieżka przewodząca na laminacie szkłoepoksydowym

W obydwu przypadkach zniszczenie miało charakter wąskiej, przewodzącej ścieżki utworzonej w rezultacie zwęglenia żywicy.

Żywice epoksydowe utwardzane w temperaturze pokojowej mają jednak jeszcze niższą odporność, a wykonanie na ich podstawie mas naprawczych lub wyrobów elektroizolacyjnych zawierających ponad 50% składnika mineralnego jest utrudnione z powodu wysokiej lepkości żywicy [4].

VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

Inny mechanizm destrukcji wystąpił przy badaniu czystej żywicy PU. Ścieżka przewodząca nie utworzyła się, natomiast rozkład gazowych produktów spalania prowadził do wydzielenia znacznej ilości sadzy (rys. 3). Odporność nienapełnionej żywicy PU na działanie łuku jest niższa niż żywic epoksydowych utwardzanych na gorąco. Próbka wytrzymuje bez uszkodzeń I i II stopień pomiaru, lecz zapala się po 7 sekundach trwania stopnia III.



Rys.3. Materiał z żywicy PU bez napełniaczy po 7s próby na stopniu III

Omówienie wyników badań kompozytów poliuretanowych zawierających napełniacze

Wprowadzenie wypełniaczy w ilości równej 33% podwyższa odporność na działanie łuku elektrycznego, i w przypadku obydwu wypełniaczy próbki wytrzymują bez istotnych zmian powierzchniowych dwa pierwsze stopnie próby odporności (rys. 4,5), przy czym szczególnie niskie uszkodzenie występuje w próbce zawierającej kwarc.



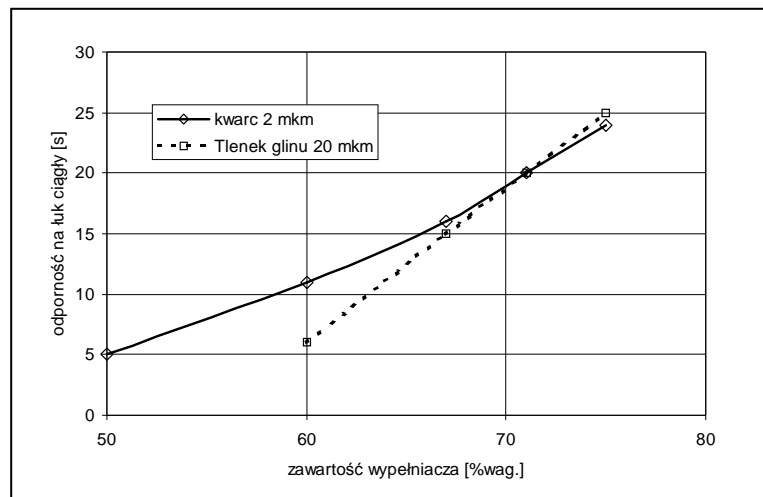
Rys. 4. Kompozyt PU zawierający 33% tlenku glinu po drugim stopniu próby odporności na łuk



Rys. 5. Kompozyt PU zawierający 33% mączki kwarcowej po drugim stopniu próby odporności na łuk

Na trzecim stopniu próby zniszczenie izolacji następuje po 10 –15 sekundach działania łuku na próbkę zawierającą tlenek glinu, oraz po 30 sekundach w przypadku kompozytu z dodatkiem kwarcu, a zatem odporność materiałów zawierających 33% składnika mineralnego na działanie łuku wynosi odpowiednio 130 – 135 sekund oraz 150 sekund.

Wyniki pomiarów kompozytów o odporności sięgających czwartego stopnia, czyli uszkodzanych dopiero pod wpływem łuku ciągłego przedstawiono na rys 1.



Rys. 6. Zależność odporności na działanie ciągłego łuku elektrycznego na IV stopniu pomiaru od zawartości napełniacza w kompozycie poliuretanowym

Aby na podstawie rysunku 6 obliczyć zgodnie z normą odporność na działanie łuku należy do odczytanych wielkości dodać czasy trwania stopnia I, II i III, czyli łącznie 180s.

VII Lubuska Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2012

Przy wyciąganiu wniosków ilościowych względem odporności na łuk należy zwrócić uwagę na to, że materiał wytrzymujący 20 sekund czwartego stopnia próby jest dwukrotnie odporniejszy niż materiał uszkodzający się po 10 sekundach, mimo iż zgodnie z normą odporność pierwszego wynosi 200, a drugiego 190.

Wnioski

1. Osiągnięcie odporności kompozytu poliuretanowo-mineralnego na działanie łuku elektrycznego równej odporności laminatu szklanoepoksydowego występuje już przy wprowadzeniu do żywicy poliuretanowej 50% wag. napełniacza w postaci mączki kwarcowej 2 μm .
2. Powyższy stopień wytrzymałości przy zastosowaniu wypełniacza składającego się z tlenku glinu o uziarnieniu 20 μm wymaga zwiększenia jego zawartości do 60% wagowych.
3. Wpływ rodzaju napełniacza maleje ze wzrostem jego zawartości. Przy wypełnieniu przekraczającym 68% wagowych obydwie badane napełniacze dają wyroby elektroizolacyjne o zbliżonej odporności na działanie łuku elektrycznego osiągającej wielkość 205 sekund w kompozytach zawierających 75 % wagowych składnika mineralnego.

Literatura

1. Fleszyński J. Elektroenergetyczne izolatory kompozytowe. Przegląd Elektrotechniczny 2001, nr 2, 29-33
2. Świerzyńska Z., Paściak G., Mazurek B., Olejnik J. Modification of the composition and technology of the processing of ceramic-polymer insulators. Materials Science-Poland, Vol. 27, No. 4/2, 2009
3. PN – EN 61621 : 2002 (U) – Materiały elektroizolacyjne stałe suche – Odporność na wyładowania łukowe wysokonapięciowe, niskoprądowe.
4. Bursa J., Pomianowski J., Modyfikowane żywice chemoutwardzalne w elektroizolacji. NEET 2011, Zakopane 28.06 – 1.07. 2011

Autorzy: dr inż. Jerzy Pomianowski; Katedra Elektrotechnologii i Diagnostyki Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, ul. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, e-mail: jpomianowski@zut.edu.pl