

Jacek GOSPODARCZYK*, Ryszard MARCZAK*

KOMPOZYTY NA BAZIE ŻYWICY FENOLOWO-FORMALDEHYDOWEJ O ZADANYCH WŁAŚCIWOŚCIACH TRIBOELEKTRYCZNYCH

PHENOL FORMALDEHYDE BASED COMPOSITES WITH PARTICULAR TRIBOELECTRICAL PROPERTIES

Słowa kluczowe:

triboelektryzacja, elektryzacja, zużycie tribologiczne, kompozyty ślizgowe

Key-words

triboelektrization, elektrification, tribological wear, composite materials

Streszczenie:

W pracy przeprowadzono badania dotyczące wpływu procesu trioelektryzacji na właściwości tarciovo-zużyciowe kompozytów na bazie żywicy fenolowo-formaldehydowej oraz wysokodispersyjnego PTFE. Dla zmodyfikowania właściwości trioelektrycznych kompozytu wykorzystano związki kompleksowe pochodnych salicylidenoaniliny z dwuwartościowymi jonami metalami przejściowych cynku i miedzi.

* Politechnika Radomska, Chrobrego 27, 26-600 Radom

Charakterystyki tribologiczne otrzymanych kompozytów wyznaczono na testerze tribologicznym T-05. Pomiary triboelektryczne składników kompozytu oraz utwardzonej żywicy fenolowo-formaldehydowej modyfikowanej wyżej wymienionymi związkami kompleksowymi wykonano na triboelektrometrze (patent RP nr 177210).

W celu doboru związków kompleksowych o optymalnych właściwościach triboelektrycznych wykorzystano symulacje komputerowe. Przy pomocy programu HyperChem 5.0, wyznaczono dla badanych cząsteczek związków kompleksowych, rozkład potencjału elektrostatycznego, który jest wyznacznikiem ich właściwości triboelektrycznych.

Wyniki badań wskazują na istnienie zależności pomiędzy właściwościami tarciovo-zużyciowymi badanych kompozytów, a ich właściwościami triboelektrycznymi.

WPROWADZENIE

Interesującymi materiałami, pod względem występowania zjawisk triboelektrycznych, są kompozyty. Materiały kompozytowe, stosowane w skojarzeniach ślizgowych (zarówno suchych, nie wymagających smarowania, jak również ze środkiem smarnym) oraz ciernych to w większości kompozyty polimerowe, których osnowę stanowi polimer, a jako wypełniacze stosowane są różne materiały zarówno włókniste, jak i proszkowe. Większość wypełniaczy oraz polimerów używanych przy wytwarzaniu kompozytów to dielektryki – materiały nie przewodzące prądu elektrycznego. Sprzyja to powstawaniu na ich powierzchni ładunku elektrycznego, zarówno w przypadku kontaktu statycznego (podwójna warstwa elektryczna) jak również podczas tarcia z innym dielektrykiem, metalem lub półprzewodnikiem.

W kompozycie, jako układzie wieloskładnikowym, występuje niejednorodność składu chemicznego na powierzchni tarcia, co sprzyja powstawaniu miejscowych mikro i makro wieloelektrodowych układów elektrycznych i elektrochemicznych. Stanowią one źródła energii elektrycznej związane z ukierunkowanym transferem elektronów na granicy faz i w jednej fazie. Powstają mikroprądy o bardzo małym natężeniu, jednak ze względu na bardzo małe powierzchnie, na których występują, gęstości prądowe mogą być dostatecznie duże, aby indukować i wpływać na kierunek i szybkość reakcji tribochemicznych.

Powstająca w procesie tarcia energia elektryczna, związana z przemieszczaniem się elektronów (energia elektryczna układu tribologicznego) powoduje, iż elementy układu tribologicznego w mniejszym lub większym stopniu są spolaryzowane.

Ze względu na szybkość przepływu energii elektrycznej ten typ energii może odgrywać znaczącą rolę w formowaniu warstwy wierzchniej oraz w formowaniu przeciwтарыowych warstw granicznych w procesach tribologicznych.

CEL BADAŃ

Celem badań było wyznaczenie wpływu triboelektryzacji na tribologiczne właściwości skojarzenia stal – kompozyt polimerowy. Głównym problemem badawczym był sposób modyfikacji triboelektrycznych właściwości kompozytu polimerowego, który pozwoliłby otrzymać kompozyty o zadanych (z góry określonych) właściwościach triboelektrycznych. Bardzo istotne było, aby otrzymane kompozyty różniły się znacząco indukowanym w procesie tarcia ładunkiem elektrycznym, natomiast nie różniły się w istotny sposób pozostałymi właściwościami (mechanicznymi, wytrzymałością cieplną itp.).

DOBÓR SKŁADNIKÓW KOMPOZYTU

Bardzo istotnym zagadnieniem, z punktu widzenia rozpatrywanego problemu badawczego, było opracowanie składu kompozytu bazowego, charakteryzującego się stabilnymi właściwościami triboelektrycznymi oraz zawierającego typowe dla kompozytów polimerowych składniki tj.: osnowę polimerową, napelniacze, smar stały. Dodatkowo kompozyt ten powinien indukować w procesie tarcia sumaryczny ładunek elektryczny bliski zeru.

Za podstawowe kryterium doboru składników kompozytu przyjęto kryterium w zakresie właściwości elektrycznych tj.:

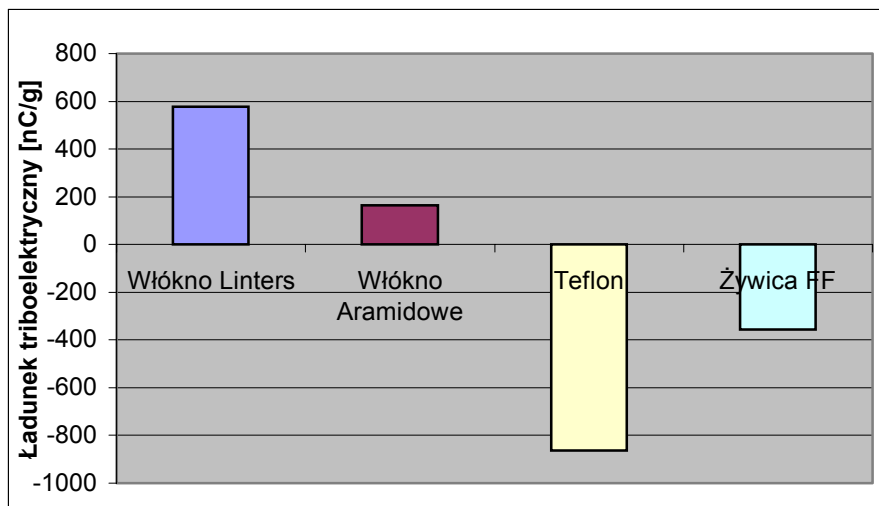
wysoka stała dielektryczna (składniki nie przewodzące prądu elektrycznego - dielektryki); kryterium to przyjęto w celu uzyskania dokładniejszych wyników podczas pomiarów właściwości triboelektrycznych,

wysoka powtarzalność pomiarów właściwości triboelektrycznych. Kryterium to jest miarą jednorodności materiału.

Napełniacze o dużym rozrzucie wyników pomiarów elektryzacji uznano za nieprzydatne.

W wyniku przeprowadzenia badań triboelektryzacji różnych składników oraz biorąc pod uwagę powyższe kryteria określono skład kompozytu bazowego. Jako osnowę polimerową zastosowano żywicę fenolowo-formaldehydową (nowolak). Jako napełniacz zmniejszający współczynnik tarcia zastosowano teflon w postaci dyspersji wodnej. Dodatkowo zastosowano dwa napełniacze włókniste – włókno aramidowe oraz włókno Linters. Przebadano pod kątem triboelektryzacji sześć kompozytów o różnych proporcjach powyższych składników i jako kompozyt bazowy wybrano kompozyt o najniższym indukowanym względem stali ładunku triboelektrycznym.

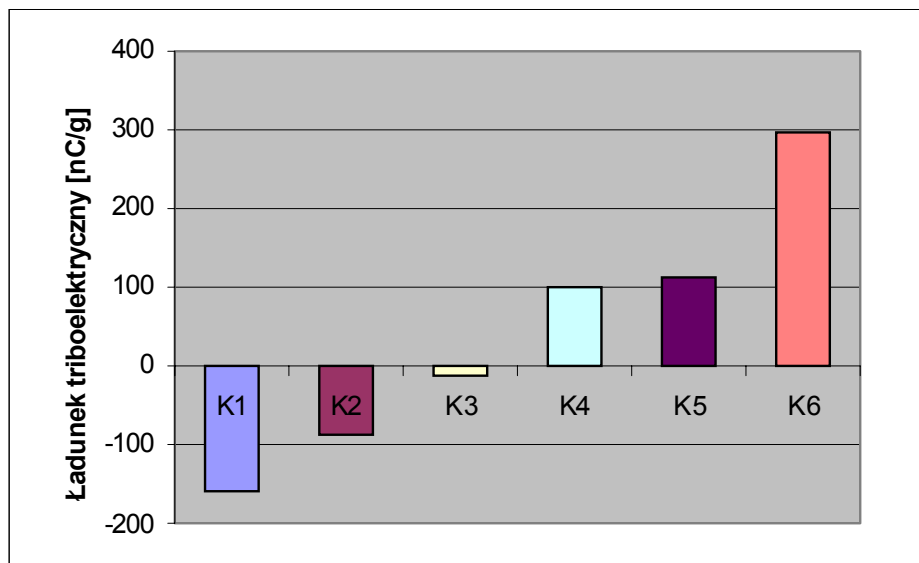
Wyniki pomiarów triboelektrycznych przedstawiają rysunki:



Wykres 1. Wyniki pomiarów triboelektrycznych poszczególnych składników kompozytu bazowego

Diagram 1. Values of triboelectrical charge for composites components

Pomiary ładunku triboelektrycznego wykonano przy pomocy triboelektrometru dla substancji sproszkowanych - patent RP nr 177210 (1999r). Jako przeciwpróbkę zastosowano stal identyczną do stosowanej następnie w eksperymencie tribologicznym.

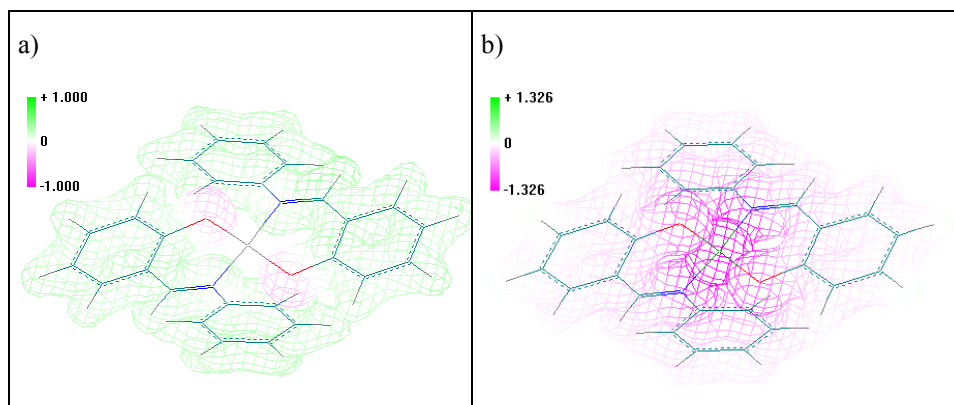


Wykres 2. Wyniki pomiarów ładunku triboelektrycznego kompozytów o różnych proporcjach składników

Diagram 2. Values of triboelectrical charge for composites with different composition

Do ciekawszych związków chemicznych służących do modyfikacji triboelektrycznych właściwości materiałów polimerowych należą związki kompleksowe metali przejściowych oraz pochodnych salicylidenoaniliny. Wyniki obliczeń potencjału elektrostatycznego badanych cząsteczek, uzyskane na drodze symulacji komputerowej, jak również wyniki pomiarów ładunku triboelektrycznego zsyntezowanych związków kompleksowych świadczą, że o ich właściwościach elektrycznych decyduje przede wszystkim rodzaj zastosowanego metalu.

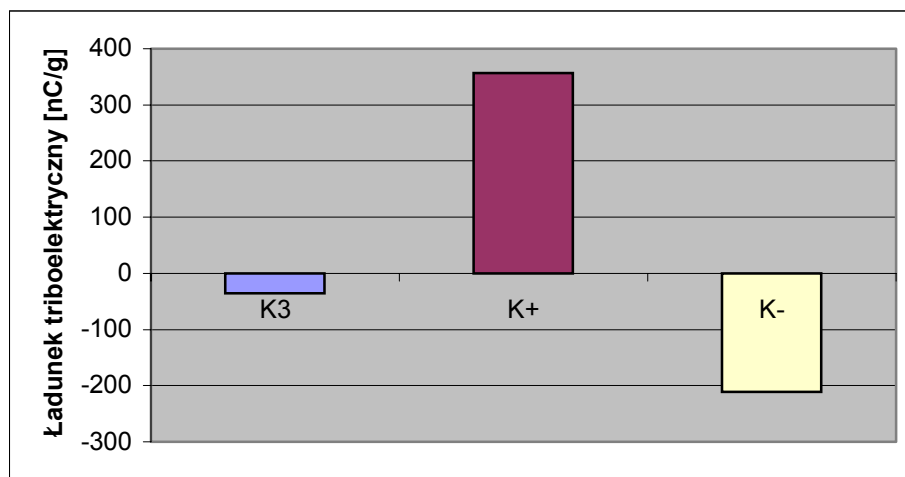
Dla zmodyfikowania właściwości triboelektrycznych kompozytów wybrano dwa związki kompleksowe: kompleks salicylideno-p fenylendiaminy z cynkiem jako dodatek zmieniający elektryzację kompozytu w kierunku dodatnich wartości oraz kompleks salicylideno-p fenylendiaminy z miedzią jako dodatek zmieniający elektryzację w kierunku ujemnych wartości. Odznaczają się one identyczną strukturą chemiczną, pomijalnie małą różnicą mas cząsteczkowych, dużą odpornością termiczną, natomiast zdecydowanie różnią się właściwościami elektrycznymi.



Rys. 1. Symulacja komputerowa potencjału elektrostatycznego cząsteczek kompleksów a) cynku, b) miedzi

Fig. 1. Computer simulation of electrostatic potential for complex compounds a) zinc, b) copper

Kompozyty o dodatniej i ujemnej elektryzacji uzyskałem poprzez dodanie do składu kompozytu bazowego 4% dodatku kompleksu salicylideno-p-fenylendiaminy z cynkiem (dodatnia elektryzacja) i kompleksu salicylideno-p-fenylendiaminy z miedzią (ujemna elektryzacja). Wyniki pomiarów triboelektrycznych ilustruje wykres:



Wykres 3. Wyniki pomiarów ładunku triboelektrycznego badanych kompozytów

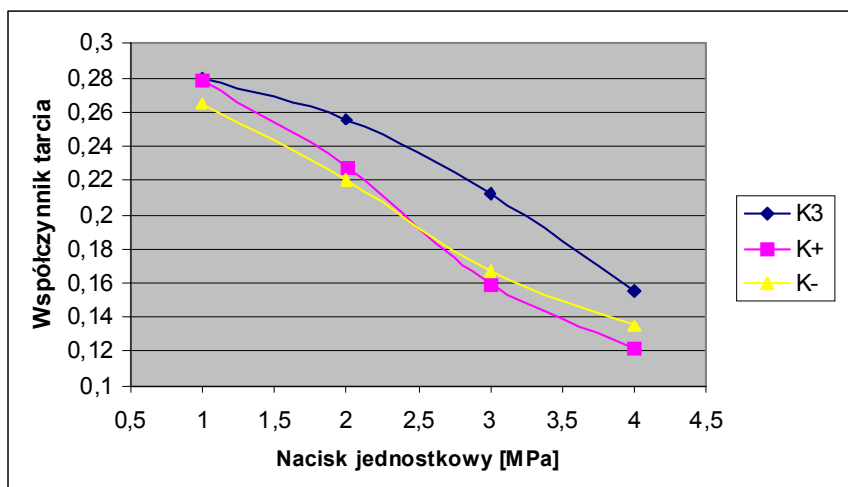
Diagram 3. Values of triboelectrical charge for composites modified with complex compounds

WYNIKI EKSPERYMENTU TRIBOLOGICZNEGO

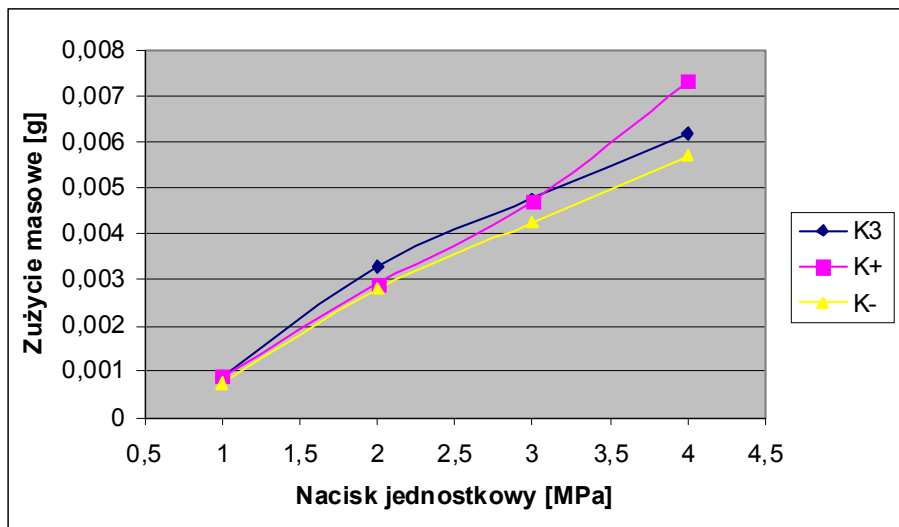
Eksperyment tribologiczny przeprowadzono dla układu: stal – kompozyt polimerowy. Wykorzystano do tego celu tester tribologiczny T-05 typu rolka – klocek.

Parametry eksperymentu były następujące:

- Docieranie próbki
 - a) Droga tarcia – 5000 m;
 - b) Prędkość obrotowa pierścienia 300 obr/min (0,5 m/s);
 - c) Siła nacisku próbki na pierścień – 100N;
- Parametry pomiaru
 - d) Droga tarcia przy stałej wartości nacisku – 5000 m;
 - e) Prędkość obrotowa pierścienia 300 obr/min (0,5 m/s);
 - f) Siła nacisku próbki na pierścień – 100N, 200N, 300N, 400N;
 - g) Rejestrowane wielkości (co 1 sekundę) – siła tarcia [N], temperatura próbki [°C] w odległości 3 mm* od węzła tarcia, zużycie liniowe [μm] próbki i przeciwpróbki. Rejestracja dokonywała się automatycznie przez sprzężony z testerem zestaw komputerowy;
 - h) Oznaczenie zużycia masowego próbki i przeciwpróbki – różnica mas próbki i przeciwpróbki przed testem tribologicznym oraz po wykonaniu testu.

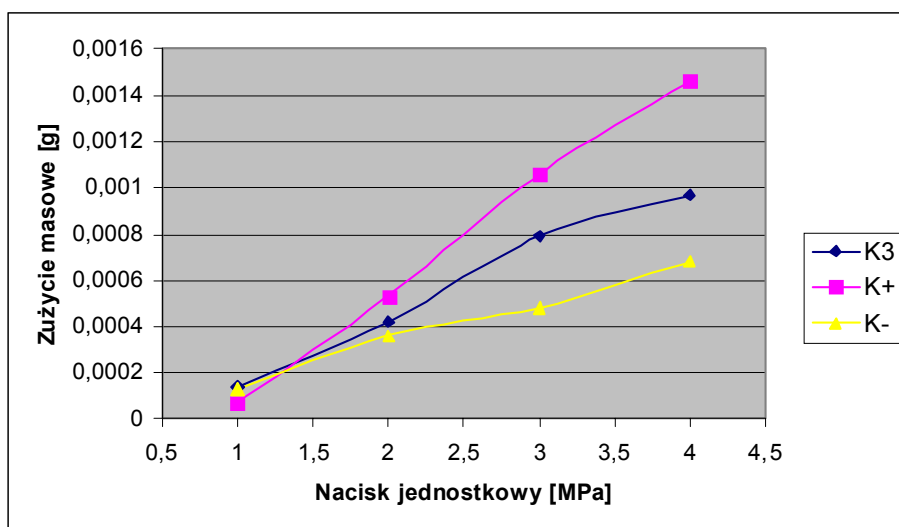


Wykres 4. Zależność współczynnika tarcia od nacisku jednostkowego – zestawienie
Diagram 4. Dependence of the friction factor on the pressure per unit area



Wykres 5. Zależność zużycia masowego kompozytu od nacisku jednostkowego – zestawienie

Diagram 5. Dependence of the mass abrasive wearing on the pressure per unit area



Wykres 6. Zależność zużycia masowego przeciwpróbki stalowej od nacisku jednostkowego – zestawienie

Diagram 6. Dependence of the mass abrasive wearing of the backward sample on the pressure per unit area

WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań możemy wyciągnąć następujące wnioski:

Dobierając składniki kompozytu pod kątem ich zdolności do triboelektryzacji możliwe jest uzyskanie kompozytu o określonych właściwościach triboelektrycznych.

Przy pomocy związków kompleksowych salicylideno-p-fenylenodiaminy oraz metali przejściowych możemy w dużym zakresie zmieniać triboelektryczne właściwości kompozytów na bazie żywicy fenolowo-formaldehydowej.

Związki kompleksowe salicylideno-p-fenylenodiaminy z miedzią powodują zwiększenie elektryzacji kompozytu w kierunku ujemnych wartości względem stali jako przeciwpróbki. Bilans elektryczny kompozytu z dodatkiem tegoż kompleksu zostanie przesunięty w kierunku ujemnych wartości.

Związki kompleksowe salicylideno-p-fenylenodiaminy z cynkiem powodują zmianę elektryzacji kompozytu w kierunku dodatnich wartości względem stali jako przeciwpróbki. Bilans elektryczny kompozytu z dodatkiem tegoż kompleksu zostanie przesunięty w kierunku wartości dodatnich.

Ujemna elektryzacja kompozytu korzystnie wpłynęła na tribologiczne właściwości układu stal- kompozyt polimerowy, powodując zwiększenie stabilności współczynnika tarcia oraz zmniejszenie zużycia przeciwpróbki o ok. 30% względem kompozytu bazowego.

Dodatnia elektryzacja kompozytu niekorzystnie wpłynęła na tribologiczne właściwości układu stal – kompozyt polimerowy, powodując zwiększenie zużycia przeciwpróbki o ok. 40% względem kompozytu bazowego.

LITERATURA

1. Płaza S.: Fizykochemia procesów tribologicznych. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 1997, Łódź.
2. Gospodarczyk J., Szczerba J., Prot T., Góralski Z.: Patent Nr 177210 (1999r.) „Urządzenie do badania właściwości triboelektrycznych polimerów proszkowych”

**Recenzent:
Janusz JANECKI**

Summary

This work presents preliminary tests related to the effect of triboelectrization process on the frictional and wear properties of phenol formaldehyde based composites. The composites triboelektrization modification properties includes the use of salicylidene aniline complexe compounds with transition metals such as zinc and copper. The friction and wear characteristic of the obtained composites were estimated using T05 apparatus. The triboelectric measurements were carried out by means of triboelectrometer (patent RP nr 177210) for the above mentioned composites and their components.

The obtained results showed that there is a relationship between the friction and wear properties of the tested composites and their triboelectric properties.