

Jan WULCZYŃSKI*, Jacek PRZEPIÓRKA**, Maciej Wlazło***

WPLYW WODY NA WŁAŚCIWOŚCI TARCIOWE POWŁOK DO REGENERACJI PODESZEW

THE INFLUENCE OF WATER ON THE TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF SOLE REGENERATIVE COVERINGS

Słowa kluczowe:

współczynnik tarcia, powłoka regeneracyjna, kompozyt, napełniacz

Key words:

friction coefficient, regenerative covering, composite, functional additives

Streszczenie

W pracy przedstawiono metodykę oraz wyniki badań tarciovych kompozytów przeznaczonych do regeneracji spodów obuwia, wykonanych z żywicy poliuretanowej napełnianej i sadzą, granulatem szklanym, miałem węglowym, garnetem oraz elektrokorundem. Kompozyty podczas testów współpracowały z próbką wykonaną z Al_2O_3 , która zastępowała materiał posadzkowy. Badania przeprowadzono w warunkach tarcia technicznie suchego oraz w obecności wody.

* Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Zakład Tribologii, ul. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom.

** Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. K. Pułaskiego w Radomiu, Wydział Materiałoznawstwa, Technologii i Wzornictwa, ul. Chrobrego, 26-600 Radom, CT-Service Sp. z o.o. ul. Jedności 9, 05-506 Lesznowola, Polska.

*** CT-Service Sp. z o.o., ul. Jedności 9, 05-506 Lesznowola, Polska.

Analiza wyników badań pozwoliła na stwierdzenie, że najodpowiedniejszym kompozytem do regeneracji warstw podeszew obuwia jest kompozyt z dodatkiem sadzy, który posiada najwyższy współczynnik tarcia zarówno w warunkach tarcia technicznie suchego, jak i obecności wody.

WPROWADZENIE

Spodowe elementy obuwia wykonane z tworzyw sztucznych, ulegając zużyciu podczas eksploatacji, wpływają w istotny sposób na bezpieczeństwo i komfort użytkownika obuwia. Zużywanie się podeszew jest naturalnym zjawiskiem związanym z chodzeniem, lecz intensywność tego procesu zależy od wielu czynników. Duży wpływ wywiera rodzaj użytego surowca, sposób chodzenia, płeć, waga, podłoże i wiele innych [L. 1–2]. Tworzywa sztuczne wykorzystywane do produkcji materiałów spodowych obuwia, a w szczególności poliuretany, charakteryzują się zmienioną w stosunku do pozostałej objętości warstwą naskórkową, posiadające odmienne właściwości mechaniczne i fizyczne związane z parametrami procesu wtrysku. Warstwa naskórkowa poliuretanowej podeszwy ma większą odporność na ścieranie w stosunku do tworzywa podeszwy i z punktu widzenia długości eksploatacji obuwia jest to bardzo korzystna właściwość. Po starciu się wierzchniej warstwy podeszwy głębiej położone tworzywo ulega szybkiemu zużyciu, co jest wyraźnie dostrzegalne w obuwiu posiadającym cienkie spody. Podobne zjawisko występuje w eleganckim obuwiu ze spodami ze skóry naturalnej, która oprócz bardzo dobrych właściwości użytkowych charakteryzuje się szybkim zużyciem ściernym. Obecnie w przypadku wystąpienia starcia się podeszwy można obuwiu podzelać, ale jest to dość drogi zabieg lub wymienić całe spody na nowe, co jest jeszcze bardziej kosztowne [L. 3–4].

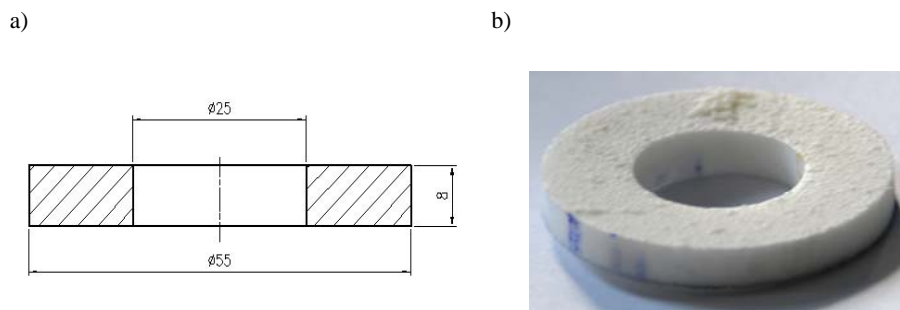
Innym rozwiązaniem tego problemu jest nałożenie cienkiej powłoki regeneracyjnej, we wczesnych fazach starcia spodu lub zanim rozpocznie się jego eksploatację, w miejsca narażone na intensywne ścieranie. Powłoka taka musi charakteryzować się odpowiednią przyczepnością do materiału, z którego wykonano podeszwę, dostatecznie dużą odpornością na ścieranie oraz wysokim współczynnikiem tarcia [L. 3–5]. Dodatkowo powłoka powinna być cienka, aby nie powodować dyskomfortu podczas chodzenia oraz, co jest najważniejsze, powinna się charakteryzować podobnym, lub najlepiej większym, współczynnikiem tarcia niż oryginalny materiał podeszwy w skojarzeniu z materiałami podłożowymi. Zapewnienie tego warunku związane jest z bezpieczeństwem eksploatacji obuwia szczególnie w przypadku kontaktu obuwia z podłożami mokrymi. Nakładanie cienkiej powłoki regeneracyjnej powinno być stosunkowo proste a sam proces pozbawiony emisji substancji szkodliwych (np. niebezpieczne rozpuszczalniki, nieprzyjemny zapach itp.) [L. 6–7].

PRZEDMIOT I METODYKA BADAŃ

Przedmiotem badań były próbki (**Rys. 1**) z kompozytu wykonane z liniowej (alifatycznej) żywicy poliuretanowej napełnianej napełniaczami stałymi w ilości 30% wagowo w stosunku do suchej pozostałości. Poszczególne kompozyty wykonano poprzez wprowadzenie do matrycy polimerowej odpowiednio:

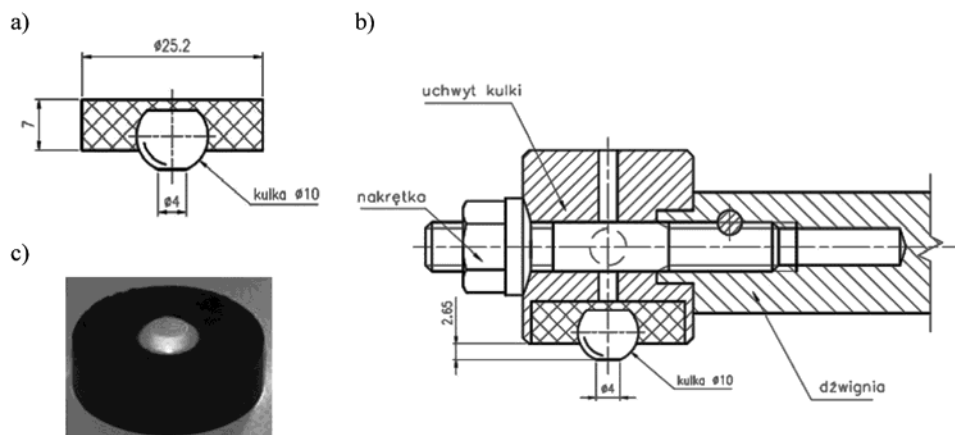
1. PU-1_cz – sadzy,
2. PU-1_gs – granulatu szklanego 0,3 mm,
3. PU-1_mg – miazgi gumowego,
4. PU-1_gar – garnetu (materiał handlowy),
5. PU-1_el – elektrokorundu o granulacji 80.

Podczas badań próbki te współpracowały z przeciwpóbką (**Rys. 2**) w postaci, zainkcludowanej w żywicy, ściętej kulki Al_2O_3 .



Rys. 1. Próbką: a) rysunek wykonawczy, b) widok przykładowej próbki

Fig. 1. Sample: a) executive drawing, b) view of an exemplary sample



Rys. 2. Przeciwpóbką: a) rysunek wykonawczy, b) mocowanie przeciwpóbką w uchwycie, c) widok zainkcludowanej w żywicy przeciwpóbką

Fig. 2. Antisample: a) executive drawing, b) scheme of antisample, c) view of antisample

Badania tribologiczne przeprowadzono za pomocą testera T-25 (**Rys. 3**), który posiada skojarzenie badawcze typu trzpień/kula–tarcza.

Badania prowadzono w warunkach tarcia technicznie suchego oraz w obecności wody (smarowanie zanurzeniowe). Polegało ono na przeprowadzeniu przy określonych parametrach (obciążenia, prędkości poślizgu i droga tarcia) biegów badawczych pary trącej składającej się z nieruchomej przeciwpróbki i obracającej się tarczy z badanego materiału oraz na określeniu współczynnika tarcia badanego skojarzenia.

Prędkość poślizgu przeciwpróbki w stosunku do próbki zależna jest od prędkości obrotowej próbki oraz od promienia drogi tarcia. Zależność ta była wyliczona w oparciu o zależność:

$$V = \frac{\pi R n}{30} \quad [m/s],$$

w której: V – prędkość poślizgu [m/s], R – odległość przeciwpróbki od osi obrotu próbki (promień tarcia) [m], n – prędkość obrotowa próbki [obr./min].

a)



b)



Rys. 3. Stanowisko badawcze: a) widok ogólny T-25, b) widok komory badawczej
 Fig. 3. Testing rig: a) T-25 view, b) view of the test chamber

Przy założonej prędkości poślizgu prędkość obrotowa n próbki wynosi:

$$n = \frac{30V}{\pi R} \quad [obr/min].$$

Parametry, przy jakich prowadzono badania, były następujące:

- prędkość poślizgu – 0,1 m/s,
- czas/droga tarcia – 10 000 s/1000 m,
- obciążenie węzła tarcia – 10 N,
- wilgotność – 50 ±10%,
- temperatura otoczenia – 23 ±1°C.

Podczas biegu badawczego rejestrowane były następujące wielkości:

- siła tarcia,
- droga tarcia (czas).

W czasie biegu badawczym dane pomiarowe rejestrowane były w pamięci masowej komputera obsługującego system pomiarowy. Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono charakterystyki tarciove (współczynnik tarcia) badanych skojarzeń materiałowych.

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

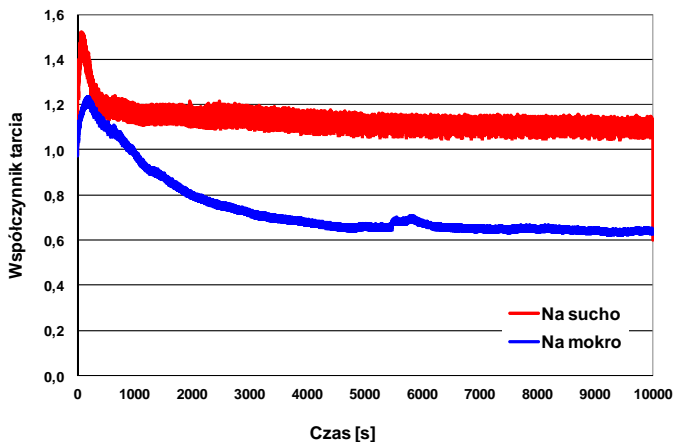
Przykładowe wyniki dla badanych skojarzeń przedstawiono na wykresach **Rys. 4-8**. Z wykresów tych wynika, że najwyższy współczynnik tarcia odnotowano dla skojarzenia, w którym próbka wykonana była z materiału oznaczonego symbolem PU-1_cz. Należy również zaznaczyć, że to skojarzenie posiadało najkorzystniejszy współczynnik tarcia (najwyższy) również w warunkach smarowania styku wodą. Pozostałe badane skojarzenia posiadały współczynniki tarcia zdecydowanie niższe (**Tabela 1, Rys. 9**). Spadek ten potęgował się w przypadku smarowania styku wodą. Należy jednak zauważyć, że w przypadku skojarzenia, w którym próbka była wykonana z kompozytu oznaczonego PU-1_gar (żywica poliuretanowa napełniana garnetem), chociaż współczynnik tarcia należał do najniższych przy tarcii technicznie suchym, to jego spadek w przypadku styku smarowanego wodą był najmniejszy. Nieco odmiennie przedstawiała się zmiana współczynników tarcia w przypadku skojarzeń, w których próbki wykonane były z kompozytu napełniane granulatem szklanym, miałem gumowym i elektrokorundem.

Tabela 1. Średnie wartości współczynnika tarcia badanych skojarzeń

Table 1. Average values of friction coefficient of investigations

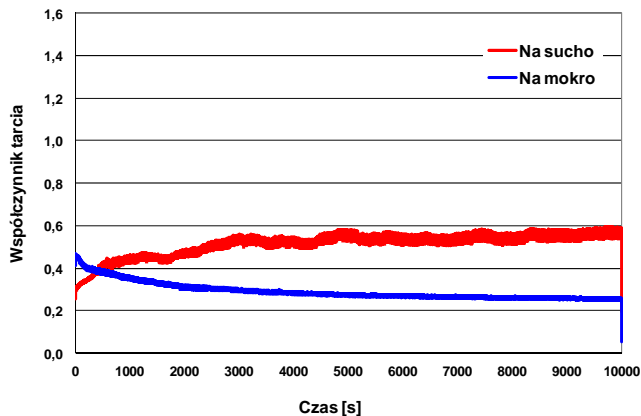
Materiał próbki	Tarcie technicznie suche		W obecności wody	
	μ	Odch. std	μ	Odch. std.
PU-1_cz	1.125642	0.032795	0.716315	0.109250
PU-1_gs	0.522440	0.042216	0.287317	0.030809
PU-1_mg	0.748235	0.052564	0.271584	0.044620
PU-1_gar	0.557199	0.038434	0.455148	0.018520
PU-1_el	0.803174	0.043009	0.210241	0.025189

W przypadku kompozytu z granulatem szklanym współczynnika tarcia skojarzenia nawilżanego w odniesieniu do tarcia suchego jest prawie dwukrotnie mniejszy. Większy, bo ponad 2-krotny spadek odnotowano dla skojarzenia, w którym próbka była wykonana z kompozytu z dodatkiem miazgi gumowego natomiast w przypadku skojarzenia kompozytu z elektrokorundem był prawie 3-krotny. Średnie wartości współczynników tarcia dla badanych skojarzeń w przypadku tarcia technicznego suchego przedstawiono na **Rys. 9**, natomiast dla styku smarowanego wodą na **Rys. 10**.



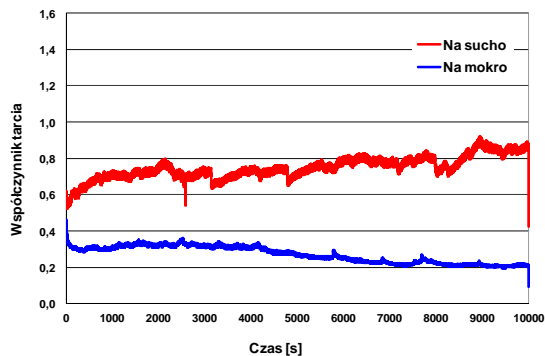
Rys. 4. Przebieg współczynnika tarcia dla skojarzenia PU-1_cz w warunkach tarcia technicznie suchego i w obecności wody

Fig. 4. Changes of friction force for sample PU-1_cz for dry and wet



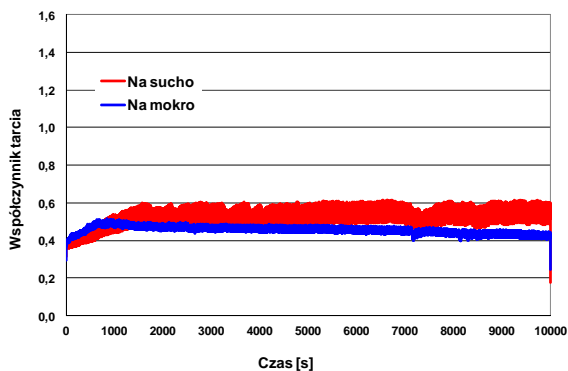
Rys. 5. Przebieg współczynnika tarcia dla skojarzenia PU-1_gs w warunkach tarcia technicznie suchego i w obecności wody

Fig. 5. Changes of friction force for sample PU-1_gs for dry and wet



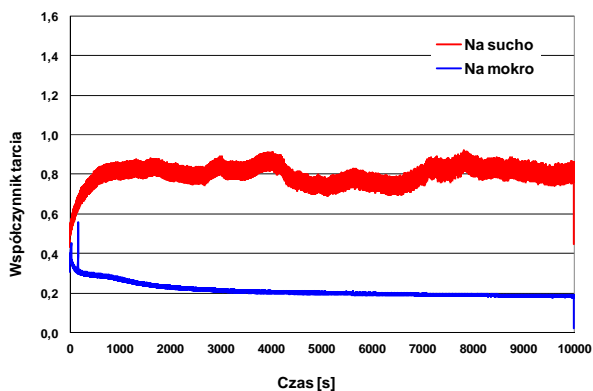
Rys. 6. Przebieg współczynnika tarcia dla skojarzenia PU-1_mg w warunkach tarcia technicznie suchego i w obecności wody

Fig. 6. Changes of friction force for sample PU-1_mg for dry and wet



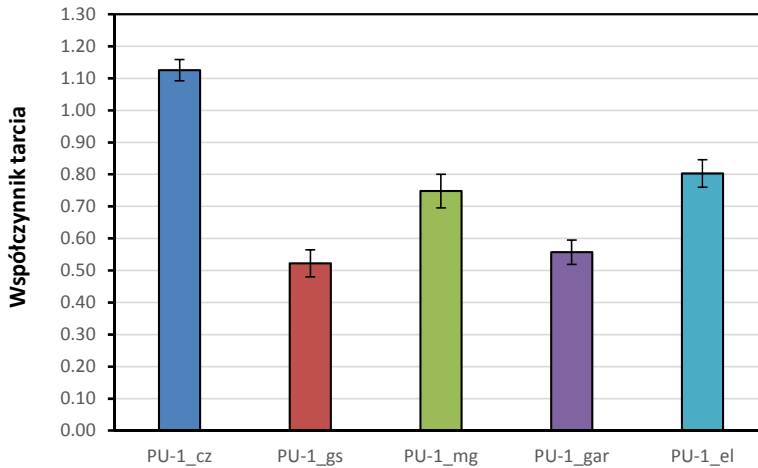
Rys. 7. Przebieg współczynnika tarcia dla skojarzenia PU-1_gar w warunkach tarcia technicznie suchego i w obecności wody

Fig. 7. Changes of friction force for sample PU-1_gar for dry and wet



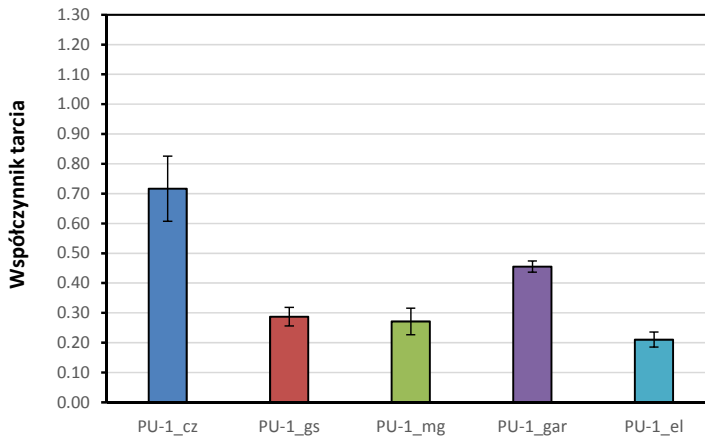
Rys. 8. Przebieg współczynnika tarcia dla skojarzenia PU-1_el w warunkach tarcia technicznie suchego i w obecności wody

Fig. 8. Changes of friction force for sample PU-1_el for dry and wet



Rys. 9. Średnie wartości współczynnika tarcia badanych skojarzeń uzyskane w warunkach tarcia technicznie suchego

Fig. 9. Average values of friction force for dry tested pairs



Rys. 10. Średnie wartości współczynnika tarcia badanych skojarzeń uzyskany przy smarowaniu styku wodą

Fig. 10. Average values of friction force for wet tested pairs

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań wyznaczono średnie wartości współczynników tarcia kompozytów wykonanych z żywicy poliuretanowej napełnianej i sadzą, granulatem szklanym, miałem węglowym, garnetem oraz elektrokondem skojarzonymi z Al_2O_3 . Badania przeprowadzono w warunkach tarcia technicznie suchego oraz w przypadku smarowania styku wodą. Analizując wyniki badań stwierdzono, że najodpowiedniejszym kompozytem do regeneracji

podeszew obuwia jest kompozyt z dodatkiem sadzy, który posiada najwyższy współczynnik tarcia w skojarzeniu z Al_2O_3 zarówno w warunkach tarcia technicznie suchego, jak i obecności wody.

Publikacja została wykonana w ramach projektu pt. „Nowa, polska marka preparatów do antypoślizgowego zabezpieczenia zółówek w różnych warunkach atmosferycznych”, w ramach działania 1.4 Wsparcie projektów celowych Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka na lata 2007–2013”

LITERATURA

1. Mileszczak A., Woźniak E., Szmytke A.: Badanie poślizgu obuwia, Technologia i Jakość Wytrobów 59/2014.
2. Grönqvist R., Walking on the Level: Footwear and the Walking Surface rozdział w „Understanding and preventing falls”, CRC Taylor & Francis, 2006.
3. Wilson M.: Safety critical testing of slip resistance properties of footwear, Konferencja „Research and standardization in the field of development and use of personal protective devices”, Kraków 2005.
4. Abbott S., George M.: Investigating slip resistance, World Footwear 2002, 16(5).
5. Pawelec Z., Kowalewski P.: Statyczno-kinetyczne charakterystyki tarcia kompozytów polimerowych przeznaczonych do regeneracji prowadnic obrabiarek, Tribologia 1/2014.
6. Molenda J., Pawelec Z.: Niskotemperaturowe charakterystyki tribologiczne kompozytów metalo-polimerowych, Tribologia 6/1023.
7. Pawelec Z., Kowalewski P.: Właściwości mechaniczne i współczynnik tarcia statycznego kompozytów metalo-polimerowych przeznaczonych do regeneracji układów prowadnicowych obrabiarek skrawających, Tribologia 3/2013.

Summary

The methodology and the results of frictional composites destined for the regeneration of bottom of the shoes made of filled polyurethane resins and soot, glass granulate, culm, garnet, and aloxite were presented. During the test, composites worked with a sample made of Al_2O_3 , which replaced flooring. The tests were performed in the conditions of technically dry friction and with the presence of water. The analysis of the test results led to a conclusion that the most appropriate composite to regenerate the layers of the bottom of a shoe is a composite with a soot, which has the highest coefficient of friction in the conditions of technically dry friction and in the presence of water.