

Alicja LABER*, Krzysztof ADAMCZUK*

BADANIA WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNYCH POLIAMIDU PA6 I MODARU

THE STUDY OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF POLYAMIDE PA6 AND MODAR

Słowa kluczowe:

Właściwości tribologiczne, preparaty eksploatacyjne, poliamid, Modar, warstwa wierzchnia, warstwa graniczna

Key-words:

Tribological properties, eksploational preparation, polyamide, modar, boundary layer, surface layer

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań właściwości tribologicznych skojarzeń trących poliamid PA6/ stal C45 i Modar/ stal C45 w warunkach tarcia suchego oraz w obecności smarów plastycznych M11, M16 oraz ŁT4-S3. Badania właściwości tribologicznych wykonano za pomocą maszyny tarciovo-zużyciowej typu Amsler. Wyznaczono wpływ rodzaju skojarzenia trącego i rodzaju środka smarowego na właściwości tribologiczne.

* Uniwersytet Zielonogórski – Zakład Obróbki Ubytkowej i Eksploatacji Maszyn.

WPROWADZENIE

Konstruując węzeł tarcia należy wziąć pod uwagę rodzaj współpracujących materiałów na skojarzenie trące, środek smarowy oraz warunki pracy węzła tarcia. Tworzywa sztuczne są coraz częściej stosowane w budowie maszyn przede wszystkim ze względu na łatwość formowania, niskie koszty materiału, możliwość tłumienia drgań oraz możliwość pracy bez smarowania. Najszersze zastosowanie w budowie maszyn znalazł poliamid PA6. Tworzywo to stosowane jest na wykładziny kół i bębnow linowych, na wkładki do prowadnic obrabiarek, koszyczków łożysk tocznych. Tworzywa sztuczne stosowane na węzły tarcia mają różne zadanie do spełnienia: obniżyć zużycie węzła tarcia, zmniejszać lub zwiększać wartość współczynnika tarcia. Przykładem może być Modar, który ma zastosowanie w wyciągach z kołem pędym w kopalni miedzi KGHM. Wyciąg taki składa się z koła pędnego, kół kierujących oraz lin (nośnej i wyrównawczej) zaczepionych do naczynia za pomocą zawiesznień. W tym przypadku lina nie jest przytwierdzona na stałe, jak ma to miejsce w wyciągach bębnowych, lecz opasa koło pędne na długości około 180 stopni. Ruch prostoliniowy naczyń powstaje więc w wyniku ruchu obrotowego koła pędnego. W przypadku zastosowania kół pędnych ważnym zjawiskiem, które może mieć miejsce przy zastosowaniu tego typu rozwiązań, jest poślizg liny. Jest to zdarzenie bardzo niebezpieczne i niepożądane. Z tego powodu na kole pędym stosuje się specjalne wykładziny, które zapobiegają poślizgowi liny podczas pracy wyciągu. Wykładziny te posiadają duży współczynnik tarcia. W praktyce jako materiał na wykładzinę stosuje się Modar.

CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było wyznaczenie wpływu obciążenia i rodzaju skojarzenia trącego PA6/stal C45 i Modar/stal C45 bez obecności środka smarowego na właściwości tribologiczne oraz wyznaczenie wpływu obciążenia i rodzaju skojarzenia trącego PA6/stal C45 i Modar/stal C45 w obecności środka smarowego – smarów plastycznych M11, M16 oraz ŁT4-S3 na właściwości tribologiczne.

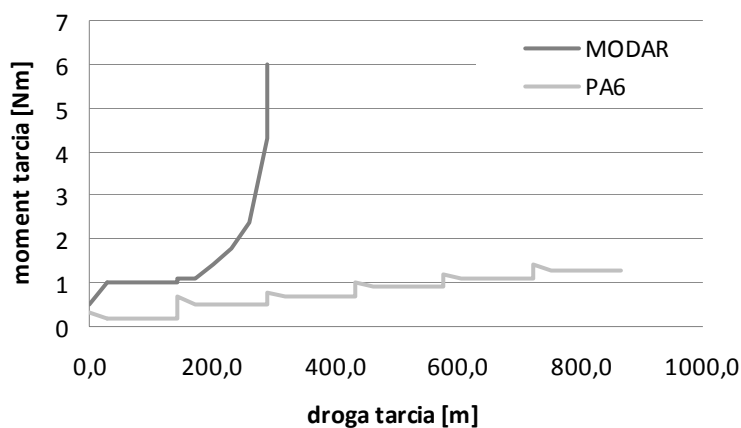
Zakres badań obejmował pomiar momentu tarcia, pracy tarcia i temperatury obszaru tarcia oraz obliczenia średniego współczynnika tarcia.

WARUNKI BADAŃ

Badania tribologiczne przeprowadzono za pomocą maszyny tarciovo-zużyciowej typu Amsler dla skojarzenia trącego: poliamid PA6/stal C45 i Modar/stal C45 w warunkach tarcia suchego oraz w obecności smarów plastycznych M11, M16 oraz ŁT4-S3. Pomiary wykonywane były przy prędkości obrotowej przeciwpróbki (C45) 0,46 m/s. Węzeł tarcia składał się z przeciwpróbki stal C45 (krążek) oraz próbki (klocek) poliamid PA6/Modar. Moment tarcia oraz temperaturę odczytywano co 200 obrotów przeciwpróbki. Praca tarcia była odczytywana po 1000 obrotów przeciwpróbki, po której następowało zwiększanie obciążenia węzła tarcia o 100 N. Próbę prowadzono do momentu zniekształcenia próbki dla Modaru, a dla poliamidu do 800 N.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

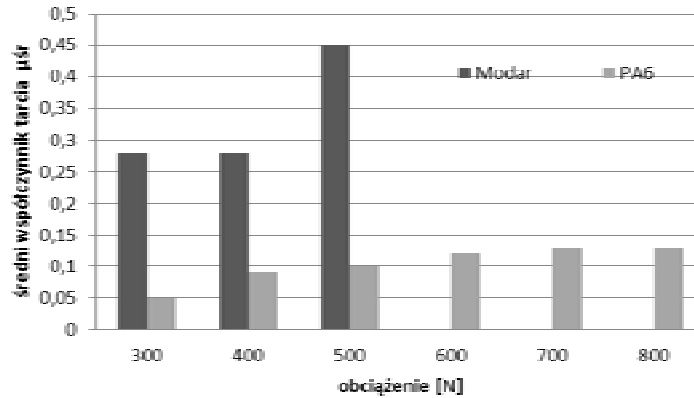
Na **Rys. 1÷4** przedstawiono wyniki badań tribologicznych dla skojarzeń trących Modar/C45 i PA6/C45 bez obecności środka smarowego. Moment tarcia (**Rys. 1**) dla skojarzenia Modar/C45 gwałtownie wzrasta po przebytej drodze 200 metrów. Związane to jest z procesem odkształcania tego tworzywa. Przebieg momentu tarcia dla skojarzenia PA6/C45 jest w całym zakresie przebytej drogi nieznaczny. Wzrost momentu tarcia następuje po każdorazowej zmianie obciążenia węzła tarcia. Najmniejsze wartości momentu tarcia uzyskano dla skojarzenia PA6/C45.



Rys. 1. Wpływ skojarzenia trącego Modar/C45 i PA6/C45 na moment tarcia

Fig. 1. The influence of friction association Modar / C45 and PA6 / C45 on the moment of the friction

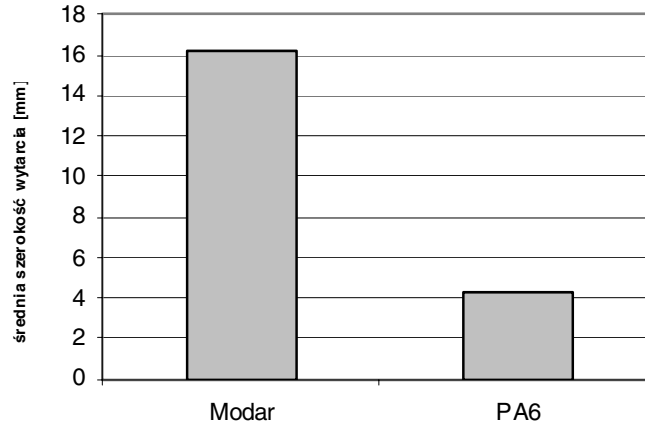
Wartość średniego współczynnika tarcia (**Rys. 2**) wzrasta dla obu skojarzeń trących wraz ze wzrostem obciążenia, przy czym największe wartości średniego współczynnika tarcia μ_{sr} uzyskano dla skojarzenia Modar/C45. Wartości współczynnika μ_{sr} dla skojarzenia PA6/C45 były zdecydowanie mniejsze w całym badanym zakresie.



Rys. 2. Wpływ obciążenia i rodzaju skojarzenia trącego na średni współczynnik tarcia μ_{sr}

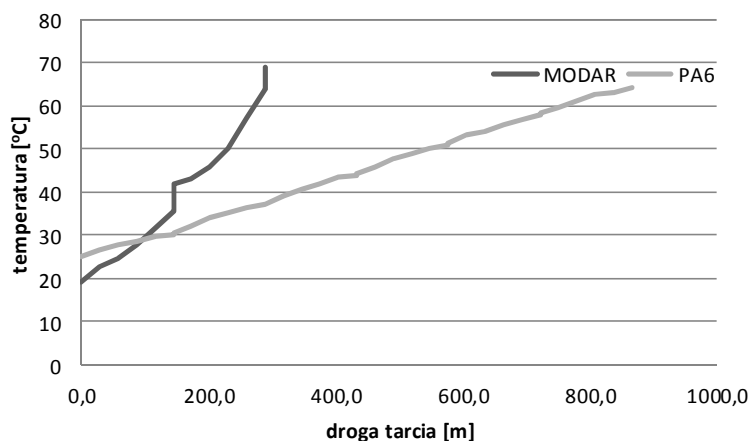
Fig. 2. The influence of load and kind of friction association on the average coefficient of the friction

Z **Rys. 3** wynika, że największe zużycie uzyskano dla Modaru.



Rys. 3. Wpływ rodzaju skojarzenia trącego na zużycie

Fig. 3. The influence of the kind of friction association on wear



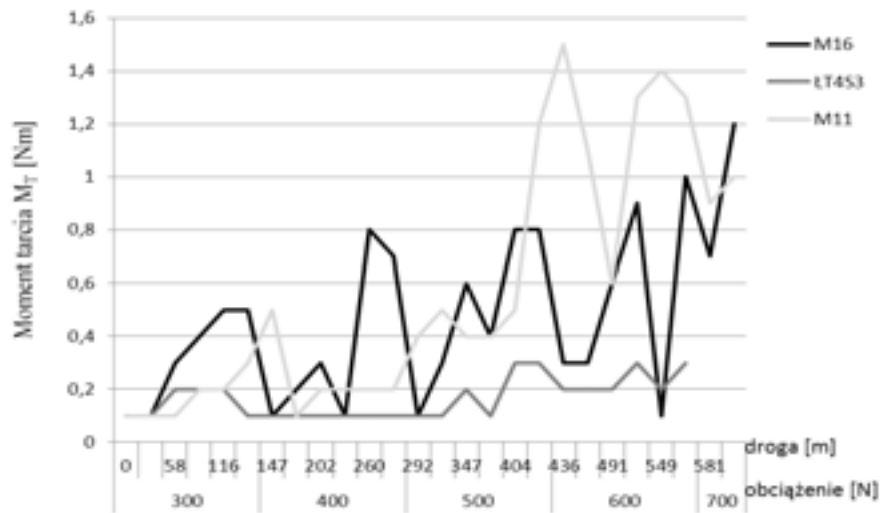
Rys. 4. Wpływ rodzaju skojarzenia na temperaturę węzła tarcia

Fig. 4. The influence of the kind of friction association on temperature the knot of the friction

Temperatura węzła tarcia odzwierciedla opory ruchu powstające w węźle tarcia, czego efektem są jej przebiegi – **Rys. 4**. Temperatura dla skojarzenia Modar/C45 gwałtownie rośnie wraz ze wzrostem drogi tarcia. Dla skojarzenia PA6/C45 rośnie proporcjonalnie wraz ze wzrostem drogi tarcia.

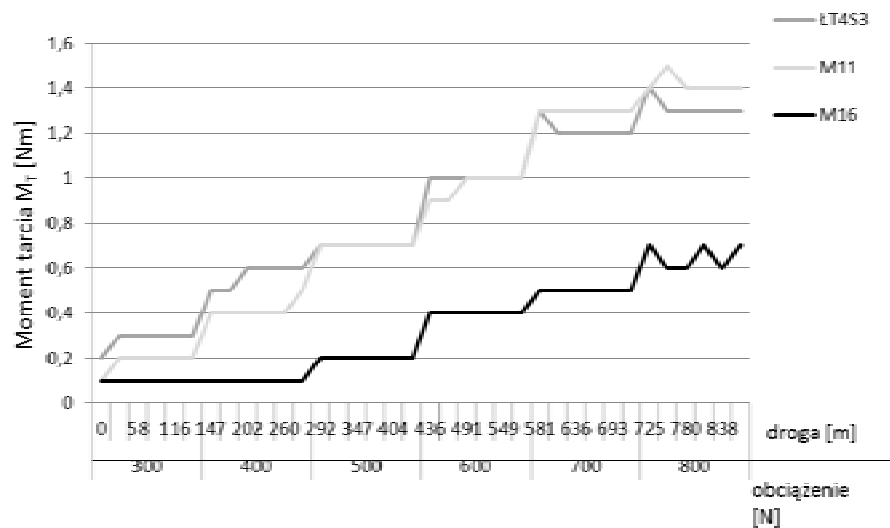
Stosowanie smarów plastycznych M11, M16 i ŁT4S3 do węzła tarcia skojarzeń trących Modar/C45 i PA6/C45 ma różny wpływ na ich właściwości tribologiczne. Dla skojarzenia trącego Modar/C45 (**Rys. 5**) moment tarcia jest niestabilny i największy wzrost momentu tarcia uzyskano przy zastosowaniu smaru M11. Natomiast najmniejsze wzrosty momentu tarcia i jej stabilny przebieg uzyskano przy zastosowaniu smaru ŁT4S3. Dla skojarzenia trącego PA6/C45 – **Rys. 6** – uzyskano inny wpływ środków smarowych na wartość momentu tarcia. Największe wartości uzyskano przy zastosowaniu smaru M11 i ŁT4S3, a najmniejsze przy zastosowaniu smaru M16.

Wartości średniego współczynnika tarcia **Rys. 7** dla skojarzenia Modar/C45 zależy od obciążenia i rodzaju środka smarowego, przy czym największe wartości współczynnika tarcia uzyskano przy zastosowaniu smaru M16 a najmniejsze przy zastosowaniu M11 i ŁT4S3. Dla węzła tarcia PA6/C45 (**Rys. 8**) wraz ze wzrostem obciążenia rośnie współczynnik tarcia. Przy zastosowaniu smaru M11 osiągnięto największą wartość μ_{sr} przy obciążeniu węzła tarcia 700 N. Najmniejsze wartości współczynnika tarcia uzyskano przy zastosowaniu smaru M16.



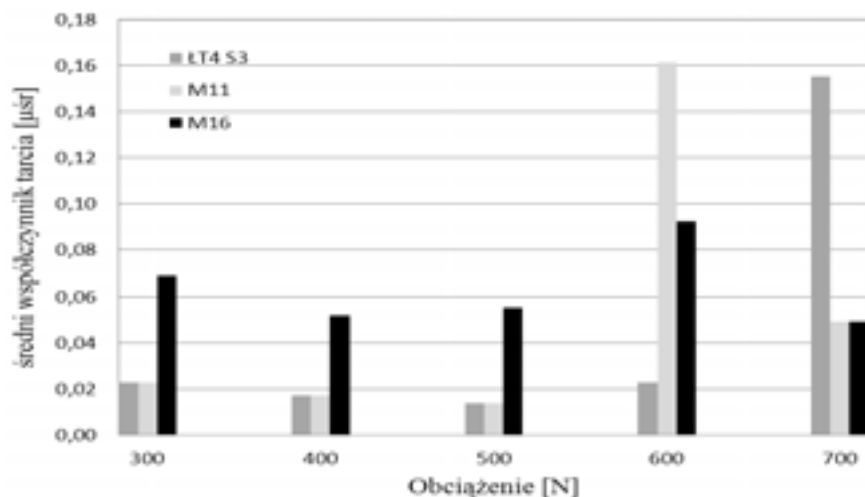
Rys. 5. Wpływ środka smarowego, obciążenia i drogi tarcia na moment tarcia M_T dla skojarzenia Modar/C45

Fig. 5. Influence of the lubricant, load and the road of friction on the moment of the friction M_T for Modar/C45



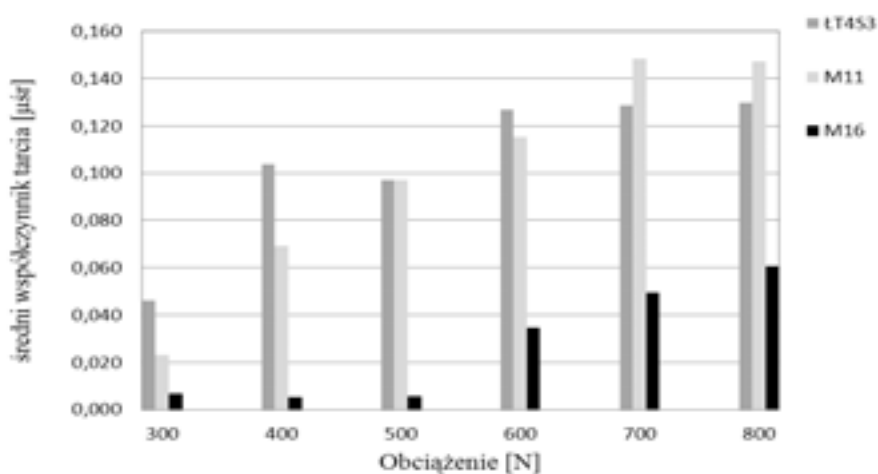
Rys. 6. Wpływ środka smarowego, obciążenia i drogi tarcia na moment tarcia M_T dla skojarzenia PA6/C45

Fig. 6. Influence of the lubricant, load and the road of friction on the moment of the friction M_T for PA6/C45



Rys. 7. Wpływ obciążenia i rodzaju środka smarowego na średni współczynnik tarcia μ_{sr} dla skojarzenia trącego Modar/C45

Fig. 7. The influence of load and the kind of the lubricant on the average coefficient of the friction μ_{sr} for Modar / C45

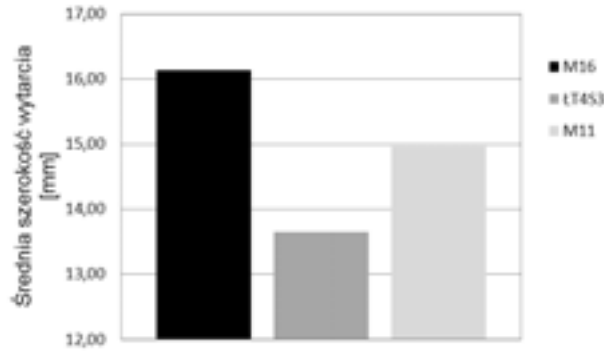


Rys. 8. Wpływ obciążenia i rodzaju środka smarowego na średni współczynnik tarcia μ_{sr} dla skojarzenia trącego PA6/C45

Fig. 8. The influence of load and the kind of the lubricant on the average coefficient of the friction μ_{sr} for PA6/C45

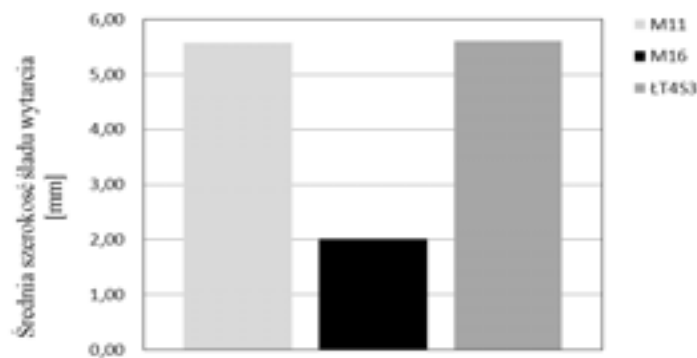
Po procesie tribologicznym zmierzono średnią szerokość wytarcia badanych próbek Modaru i PA6. Największe zużycie dla Modaru było przy zastosowaniu w procesie tarcia smaru M16, natomiast największe zużycie dla PA6 było w obecności smaru M11.

Najmniejsze zużycie dla Modaru było przy zastosowaniu w procesie tarcia smaru ŁT4S3, natomiast dla PA6 najmniejsze zużycie było w obecności smaru M16.



Rys. 9. Szerokość śladu wytarcia w zależności od rodzaju środka smarowego dla skojarzenia Modar/C45

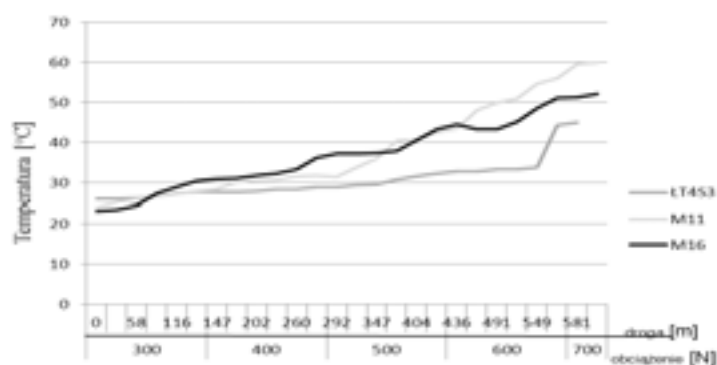
Fig. 9. The width of the trace of wipe in dependence from the kind of the lubricant for Modar/C45



Rys. 10. Szerokość śladu wytarcia w zależności od rodzaju środka smarowego dla skojarzenia PA6/C45

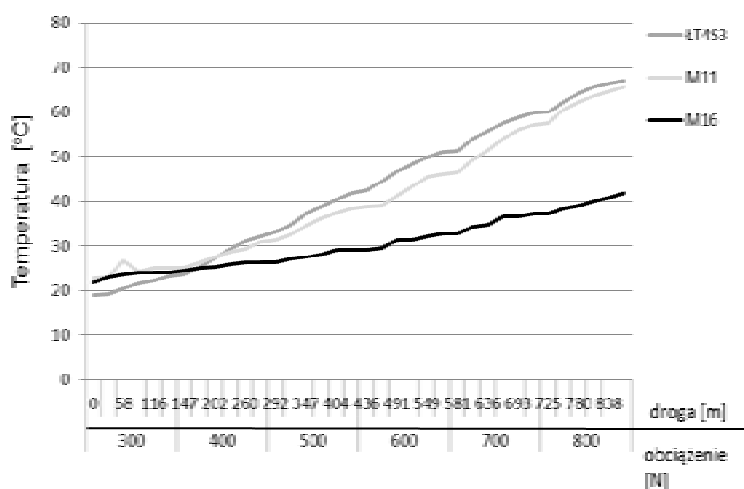
Fig. 10. The width of the trace of wipe in dependence from the kind of the lubricant for PA6/C45

Różny jest wpływ smarów przyjętych do badań na temperaturę węzła tarcia badanych skojarzeń. Dla skojarzenia Modar/C45 (**Rys. 11**) najniższą temperaturę węzła tarcia uzyskano przy zastosowaniu smaru ŁT4S3 a największą dla smaru M11. Inny jest wpływ tych samych środków smarowych na temperaturę węzła tarcia skojarzenia PA6/C45. Najwyższą temperaturę uzyskano przy zastosowaniu smaru ŁT4S3 i M11 a najniższą temperaturę uzyskano w obecności smaru M16.



Rys. 11. Wpływ obciążenia, drogi oraz środka smarowego na temperaturę w węźle tarcia dla skojarzenia Modar/C45

Fig. 11. The influence of load, road and lubricant on temperature in the knot of the friction for Modar/C45



Rys. 12. Wpływ obciążenia, drogi oraz środka smarowego na temperaturę w węźle tarcia dla skojarzenia PA6/C45

Fig. 12. The influence of load, road and lubricant on temperature in the knot of the friction for PA6/C45

PODSUMOWANIE

Rodzaj skojarzenia pary trącej bez środka smarowego ma wpływ na jej właściwości tribologiczne. Dla skojarzenia Modar/C45 uzyskano większe wartości momentu tarcia, współczynnika tarcia średniego, zużycia i temperatury obszaru tarcia w porównaniu do skojarzenia PA6/C45. Zdecydowanie większy współczynnik tarcia dla skojarzenia Modar/C45 jest korzystny ze względu na jego zastosowanie w linach wyciągowych (KGHiM Polska Miedź), którego zadaniem jest zapobieganie ślizganiu się liny.

Przyjęte do badań środki smarowe ŁT4S3, M11 i M16 różnie wpływały na właściwości tribologiczne skojarzeń trących Modar/C45 i PA6/C45, np. najniższy moment tarcia dla skojarzenia Modar/C45 uzyskano przy zastosowaniu smaru plastycznego ŁT4S3, natomiast dla skojarzenia PA6/C45 przy zastosowaniu smaru M16.

Ten sam smar ŁT4S3 w węźle tarcia Modar/C45 obniżał zdecydowanie temperaturę węzła tarcia, natomiast dla skojarzenia PA6/C45 uzyskiwano przy zastosowaniu tego samego smaru najwyższe wartości temperatury węzła tarcia.

Na podstawie uzyskanych wyników badań można wnioskować o różnym wpływie tych samych środków smarowych na właściwości tribologiczne różnych węzłów tarcia.

LITERATURA

1. Lawrowski Z.: Tribologia. Tarcie, zużywanie i smarowanie, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2008.
2. Burakowski T.: Inżynieria powierzchni metali, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa 1995.
3. Badania wytrzymałościowe metali. Próba odporności na zatarcie na maszynie Amslera PN-88/H-04337.
4. Mazurkiewicz S.: Tworzywa niemetalowe. Skrypt Politechniki Krakowskiej, Kraków 1993.
5. Czarny R.: Smary plastyczne, WNT, 2006.
6. Hebda M.: Trybologia, WNT 1980.
7. Sarnecki A.: Oleje i smary. Otrzymywanie i zastosowanie, KaBe, 2000.
8. PN/C-04146 – Pomiar lepkości strukturalnej smarów stałych.
9. Saechtling H.: Tworzywa sztuczne Poradnik, WNT, 2007.

10. Dobrzański L.: Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo, WNT, 2002.
11. Żuchowska D.: Polimery konstrukcyjne. WNT, 2000.

Recenzent:
Ryszard MARCZAK

Summary

This paper presents the results of the associations of tribological properties on the friction of polyamide PA6 / steel and Modar C45 / C45 steel in dry friction conditions, and greases in the presence of M11, M16 and ŁT4-S3. Studies of tribological properties were performed using the friction-wear machine Amsler type. The study determined the impact of such associations between friction and the choice of lubricant on tribological properties.