

Piotr Kowalewski, Wojciech Wieleba, Janusz Woźniak
Politechnika Wroclawska, Wroclaw

WPLYW UKSZTAŁTOWANIA ŚLADÓW OBRÓBKI ELEMENTU STALOWEGO NA WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNE MATERIAŁÓW POLIMEROWYCH W OKRESIE DOCIERANIA

THE INFLUENCE OF THE MACHINING TRACK DIRECTION OF THE STEEL ELEMENT SURFACE ON THE POLYMERS TRYBOLOGY PROPERTIES DURING A RUNNING-IN PROCESS

Abstract: Dynamic development of polymeric production in last few years, makes application of this materials in machine construction very common. Very good tribology properties of polymeric materials, cause that they are very often apply as an sliding elements, specially in the sliding bearings.

The essential advantages these polymers are suppression of tremblings, considerable durability in corrosive and special (aggressive environment, lack of lubrication etc.) conditions. The main requirements of the slide polymeric bearings, are good stability of position of bearing elements. The bearings should be characterized stable work parameters after a running-in process.

The most often apply sliding couples in sliding bearings construction including shaft and bush is couple metal – polymer. In couples metal – polymer, the bush is usually made from polymer. This paper shows results of tribological investigation of influence the machining track direction in the steel element surface on the selected polymers tribology properties during a running-in process sliding couple. In addition analysis of investigation results prove that the circuital direction track of the mashing on the toe surface ist most advantageous.

1. Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój produkcji polimerów w ostatnich latach spowodował, że są one coraz częściej wykorzystywane jako tworzywa konstrukcyjne w budowie maszyn. Ze względu na dobre właściwości tribologiczne polimery wykorzystywane są często jako materiały na elementy ślizgowe, przede wszystkim na łożyska.

Do istotnych zalet tych polimerów można zaliczyć dobre właściwości tłumienia drgań, znaczną trwałość przy pracy w warunkach korozyjnych jak i specjalnych (środowisko agresywne, braku smarowania itp.). Polimerowym łożyskom ślizgowym stawia się przede wszystkim wymagania dotyczące stabilności położenia elementów łożyskowych. Łożyska powinny charakteryzować się stabilnymi parametrami pracy uzyskiwanymi po okresie docierania.

Na właściwości tribologiczne par ślizgowych metal–polimer wpływa wiele czynników. Obok parametrów ruchowych takich jak prędkość poślizgu, nacisk jednostkowy czy temperatura materiału polimerowego również struktura geometryczna powierzchni elementu metalowego wpływa w istotny sposób na procesy tarcia i zużywania współpracujących ze sobą materiałów.

2. Cel badań

Najczęściej stosowanymi skojarzeniami materiałów w łożyskach ślizgowych pracujących w warunkach tarcia technicznie suchego są pary ślizgowe metal–polimer [5]. W tego typu elementach elementem wykonanym z polimeru jest zwykle panewka. Przeprowadzone badania miały na celu określenie wpływu kierunkowości śladów obróbki elementu stalowego (czopa wału) współpracującego z elementem wykonanym z materiału polimerowego.

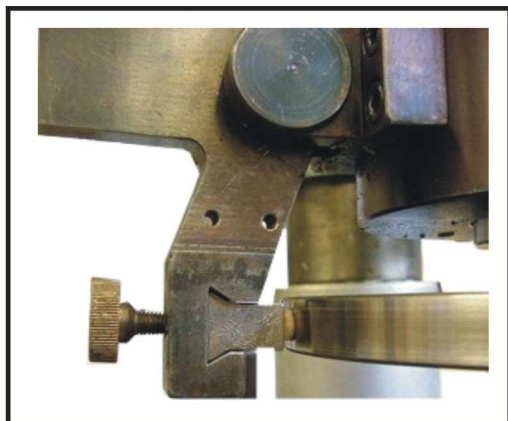
Do badań tribologicznych wybrano materiał kompozytowy na osnowie politetrafluoroetyleny (PTFE) z dodatkiem 40% wagowo proszku białego. Materiał ten posiada dobre właściwości tribologiczne [3] i jest stosowany między innymi jako materiał na panewki bezobsługowych łożysk ślizgowych [2].

3. Badania właściwości tribologicznych

3.1 Stanowisko badawcze

Badania tribologiczne zostały przeprowadzone na stanowisku „Tribotester”, w którym obracająca się tarcza stalowa (przeciwelement) współpracowała powierzchnią walcową z próbką polimerową (rys. 1). Zamontowana w odpowiednim uchwycie próbka polimerowa była doci-

skana do powierzchni przeciwelementu przy pomocy odpowiedniej dźwigni i obciążników.



Rys. 1- Układ współpracy powierzchni stalowej z polimerową próbką.

3.2 Para ślizgowa

Uzyskane wyniki badań kompozytu PTFE + 40% brązu pozwoliły na określenie okresu docierania skojarzenia metal – polimer oraz na wyznaczenie zmian intensywności zużywania próbki polimerowej oraz współczynnika tarcia w tym okresie badań. W badaniach stosowano próbki polimerowe o wymiarach $\phi 8 \times 4$ mm współpracujące ze stalowymi przeciwelementami wykonanymi ze stali C45 o twardości 45 HRC. Powierzchnie walcowe przeciwelementów były szlifowane tak, aby wartość parametru chropowatości wynosiła $R_a \approx 0,39 \mu\text{m}$. Jednocześnie proces szlifowania prowadzono tak, aby uzyskać różne kąty ukierunkowania śladów obróbki (0° , 18° , 45° , 72° , 90°) w stosunku do tworzącej powierzchni walcowej przeciwelementu. Kąt 0° odpowiadał kierunkowi równoległemu do tworzącej (ślady obróbki prostopadłe do kierunku tarcia) natomiast kąt 90° odpowiadał kierunkowi prostopadłemu do tworzącej (ślady obróbki równoległe do kierunku tarcia).

Badania tribologiczne prowadzone były przy ustalonych wartościach parametrów ruchowych procesu tarcia (nacisk jednostkowy $p = 2,25 \text{ MPa}$, prędkość ślizgania $v = 3 \text{ m/s}$).

3.3 Wielkości mierzone

Wielkościami mierzonymi podczas badań tribologicznych była wartość siły tarcia pomiędzy polimerową próbką a stalowym przeciwelementem rejestrowana podczas doświadczenia co 5 sekund oraz zużycie liniowe polimerowej próbki po przebyciu od początku pomiaru drogi tarcia 6 km, 16 km i 26 km.

Na podstawie wyników pomiarów wyznaczono współczynnik tarcia μ oraz intensywność zużycia liniowego $I_z \mu\text{m/km}$. Uzyskane wartości tych wielkości przedstawiono w tab. 1 wraz z wartością niepewności pomiaru [1] wyniku surowego obliczoną na poziomie ufności $P = 0,95$.

4. Wyniki badań

Analiza uzyskanych wyników badań wykazała regresywną zmianę wielkości mierzonych w kolejnych etapach badań. Powodem tego zjawiska jest przenoszenie produktów zużycia polimerowej próbki na stalowy przeciwelement i tym samym tworzenie się na powierzchni przeciwelementu powłoki (filmu) polimerowej [4]. Powłoka ta chroni materiał polimerowy przed bezpośrednim kontaktem z powierzchnią współpracującego elementu stalowego przyczyniając się do zmniejszenia tempa zużywania materiału polimerowego oraz mniejszej wartości współczynnika tarcia.

		Droga tarcia [km]					
		6		10		10	
		μ [-]	I_z [$\mu\text{m}/\text{km}$]	μ [-]	I_z [$\mu\text{m}/\text{km}$]	μ [-]	I_z [$\mu\text{m}/\text{km}$]
Niepewność pomiaru		+/- 0,004	+/- 0,021	+/- 0,004	+/- 0,021	+/- 0,004	+/- 0,021
	Kąt śladów obróbki [°]	0	0,232	17,564	0,207	0,910	0,186
	18	0,262	22,474	0,203	3,131	0,180	0,477
	45	0,197	7,910	0,181	0,400	0,177	0,292
	72	0,192	12,003	0,184	5,975	0,166	0,808
	90	0,193	23,782	0,191	14,113	0,174	6,331

Tab. 1- Wpływ ukształtowania śladów obróbki elementu stalowego w okresie docierania.

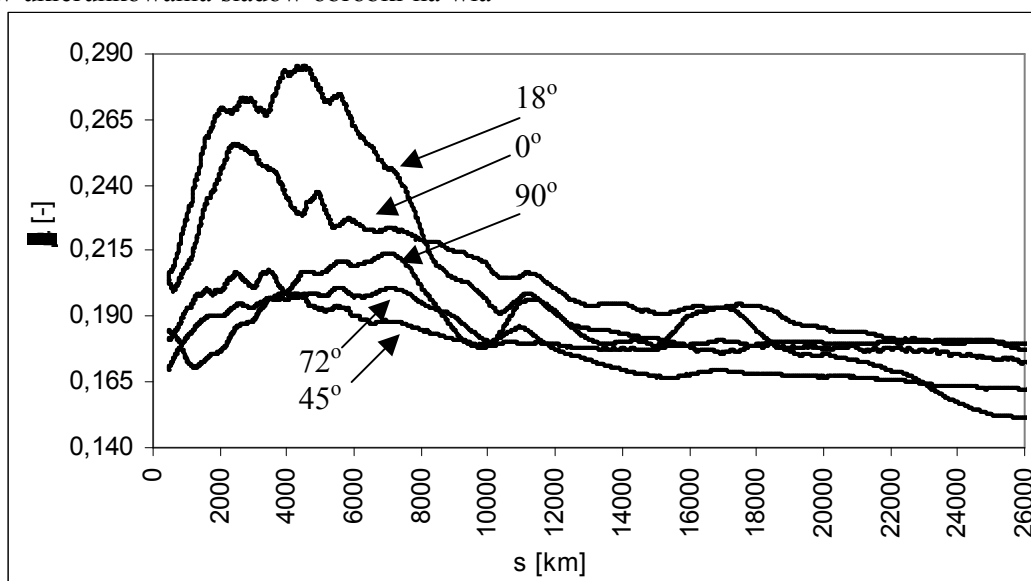
Największe wartości współczynnika tarcia oraz intensywności zużywania liniowego próbki polimerowej występują w pierwszym etapie badań na odcinku drogi 6 km. W etapie tym następuje docieranie pary trącej oraz rozgrzewanie współpracujących elementów. Występujący proces zużywania ściernego próbki polimerowej powoduje wysokie tempo zużywania materiału polimerowego. Proces ten zachodzi w szczególności, gdy na powierzchni elementu metalowego nie utworzył się jeszcze film poli-

merowy. Wówczas mikronierówności twardszego materiału odgrywają rolę mikroostrzy. W tym przypadku znaczny ubytek materiału polimerowego spowodowany jest procesami mikroskrawania, rysowania lub bruzdowania, charakterystycznymi dla zużywania ściernego.

W kolejnych etapach badań podczas tworzenia się filmu polimerowego zarejestrowano nie tylko zmniejszenie wartości współczynnika tarcia, ale również intensywności zużywania liniowego próbek. Wyraźnie widoczny jest także wpływ ukierunkowania śladów obróbki na wła-

ściwości tribologiczne badanych materiałów. Okres tworzenia polimerowej warstewki (filmu) na powierzchni elementu stalowego do chwili ustabilizowania warunków pracy nazywany jest okresem docierania.

Wyniki badań tribologicznych uzyskanych podczas okresu docierania na odcinku drogi 26 km (rys.1) wyjaśniają wpływ ukierunkowania śladów obróbki przeciwelementu stalowego na właściwości tribologiczne współpracujących materiałów.



Rys. 1. Wpływ ukształtowania śladów obróbki elementu stalowego w okresie docierania na wartość współczynnika tarcia (μ - współczynnik tarcia, s - droga tarcia).

Wartości współczynnika tarcia oraz intensywności zużycia liniowego podczas docierania przedstawiono w tab. 2. Najmniejszą wartość współczynnika tarcia μ uzyskano dla struktury obróbki o kącie 72° , jednakże intensywność zużycia liniowego I_z dla tej struktury jest znaczna. Największą wartość intensywności zużycia liniowego uzyskano dla śladów obwodowych obróbki wykańczającej o kącie 90° (równoległych do kierunku tarcia). Najkorzystniejszym ukształtowaniem śladów obróbki elementu stalowego współpracującego z polimerową próbką pod względem największej odporności na zużycie jest kąt 45° .

Ukształtowanie to zapewnia wymaganą stabilność położenia elementów łożyskowych użytkowaną po okresie docierania dla polimerowych łożysk ślizgowych.

		Droga tarcia [km]	
		26	
		μ [-]	I_z [$\mu\text{m}/\text{km}$]
Niepewność pomiaru		+/- 0,004	+/- 0,021
Kąt śladów obróbki [°]	0	0,208	6,335
	18	0,215	8,694
	45	0,185	2,868
	72	0,181	6,262
	90	0,186	14,742

Tab. 2- Wpływ ukształtowania śladów obróbki elementu stalowego w okresie docierania.

5. Wnioski

Badania tribologiczne materiału kompozytowego PTFE + 40% brązu pozwoliły na wyznaczenie okresu docierania współpracującej pary trącej metal – polimer. Badania wyjaśniły także zmianę wartości współczynnika tarcia oraz in-

tensywności zużywania liniowego w kolejnych etapach badań, która miała istotny związek z tworzeniem się filmu polimerowego na stalowym przeciwelemencie współpracującym z polimerową próbką.

Badania wpływu ukierunkowania śladów obróbki elementu stalowego na właściwości tribologiczne badanej pary ślizgowej w okresie docierania pozwoliły na określenie optymalnej wartości kąta śladów obróbki spośród badanych skojarzeń par trących. Ma to istotny związek z trwałością na zużycie najczęściej kojarzonych par w budowie łożysk ślizgowych z tworzyw sztucznych pracujących w warunkach tarcia technicznie suchego.

Wyznaczenie charakteru korelacji intensywności zużywania liniowego materiału polimerowego, a także współczynnika tarcia od śladów obróbki elementu stalowego pozwoli na racjonalne podejmowanie decyzji o doborze pary trącej. W przyszłości pomoże to konstruktorom w podjęciu decyzji o rodzaju obróbki elementu stalowego czopa, który ma istotny wpływ na trwałość zużywania polimerowej panewki w okresie docierania jak i w okresie ustabilizowanej pracy łożysk ślizgowych.

6. Literatura

- [1]. Arendalski J.: „Niepewność pomiarów”, Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2003.
- [2]. Lawrowski Z.: „Bezobsługowe łożyska ślizgowe”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001.
- [3]. Wieleba W., Ziemiański K.: „Tribologiczne aspekty wykorzystania wieloskładnikowych kompozytów polimerowych na osnowie PTFE”, VII Seminarium Tworzywa Sztuczne w Budowie Maszyn, Kraków 1994.
- [4]. Wieleba W.: „Analiza procesów tribologicznych zachodzących podczas współpracy kompozytów PTFE ze stalą”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002.
- [5]. Rymuza Z.: „Trybologia polimerów ślizgowych”, Warszawa 1986.

Autorzy

Mgr inż. Piotr Kowalewski
Politechnika Wroclawska
Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn
Ul. I. Łukasiewicza 7/9
50-371 Wrocław
Tel.: (71) 320 2072
E-mail: Piotr.Kowalewski@pwr.wroc.pl

Dr hab. inż. Wojciech Wieleba
Politechnika Wroclawska
Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn
Ul. I. Łukasiewicza 7/9
50-371 Wrocław
Tel.: (71) 320 2774
E-mail: Wojciech.Wieleba@pwr.wroc.pl

Mgr inż. Janusz Woźniak
Politechnika Wroclawska
Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn
Ul. I. Łukasiewicza 7/9
50-371 Wrocław
Tel.: (71) 320 2072
E-mail: Janusz.Wozniak@pwr.wroc.pl