

PROBLEMY NIEKONWENCJONALNYCH UKŁADÓW ŁOŻYSKOWYCH

Łódź 09-10 maja 1995 roku

Andrzej Bator, Witold Piekoszewski,
Marian Szczerek, Waldemar Tuszyński, Marek Wiśniewski
(Instytut Technologii Eksploatacji Radom/Łódź)

BADANIA PORÓWNAWCZE WŁASNOŚCI TRIBOLOGICZNYCH MATERIAŁÓW CERAMICZNYCH

SŁOWA KLUCZOWE

materiały ceramiczne, badania eksperymentalne, zużycie objętościowe, liniowe, opory tarcia

STRESZCZENIE

Przedstawiono wyniki badań tarcia i zużycia dwu korundowych spieków ceramicznych przewidzianych do pracy w niesmarowanych skojarzeniach ślizgowych oraz materiałów konwencjonalnych (brąz i stal łożyskowa). Badania eksperymentalne intensywności zużywania i oporów ruchu przeprowadzono w skojarzeniu testowym, w którym prostopadłościenna próbka z testowanego materiału współpracowała z rolką ze stali narzędziowej. Oba badane materiały ceramiczne wykazały wielokrotnie niższą intensywność zużywania niż materiały konwencjonalne

WPROWADZENIE

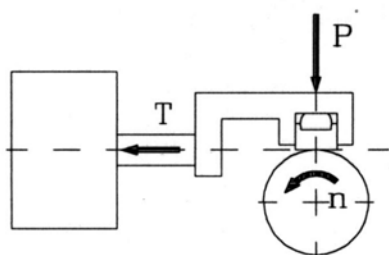
Niekonwencjonalne łożyskowania elementów maszyn obejmują nie stosowane dotychczas konstrukcje węzłów tarcia, aplikacje w nietypowych dziedzinach oraz nowe materiały łożyskowe. Materiały ceramiczne, szeroko stosowane obecnie na narzędzia obróbkowe, w budowie węzłów tarcia nie są typowymi materiałami konstrukcyjnymi.

Własności materiałów ceramicznych [1] pozwalają oczekiwać wysokich osiągnięć w niesmarowanych ślizgowych węzłach tarcia. W ramach tej pracy przeprowadzono badania porównawcze własności zużyciowych i tarciovych dwu korundowych spieków ceramicznych oraz dwu materiałów konwencjonalnych - brązu i stali łożyskowej - współpracujących tych w niesmarowanym styku ślizgowym ze stalą narzędziową [2].

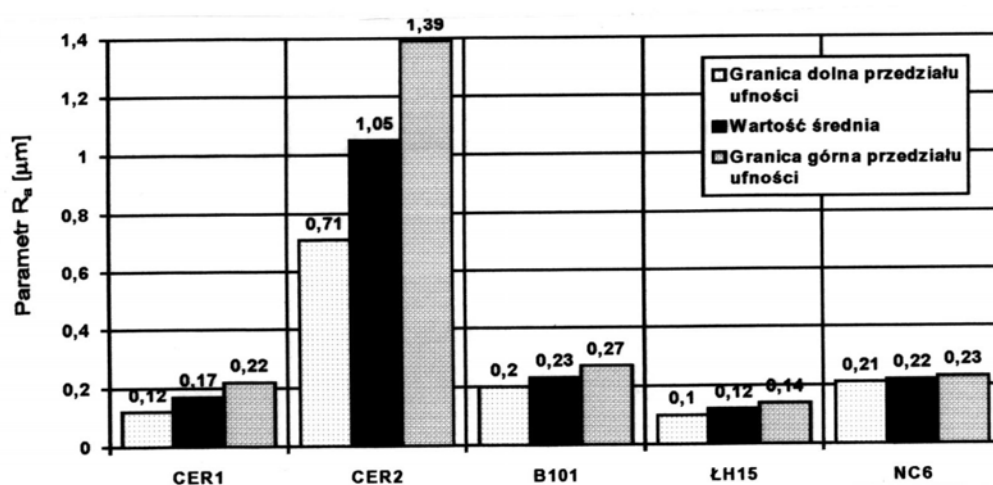
METODYKA BADAŃ

Badania eksperymentalne przeprowadzono na stanowisku badawczym T-OS [3]. Styk testowy tego urządzenia przedstawiono na rysunku 1. Siła normalna P przyłożona do prostopadłościennej próbki (klocka), siła tarcia T w styku i prędkość obrotowa n walcowej przeciwpróbki były wyznaczane z dokładnością 1%. Ponadto mierzone były temperatura masowa próbki i przemieszczenie normalne.

Poddane badaniom tlenkowe materiały ceramiczne (spieki korundowe), oznaczone dalej symbolami CER1 i CER2, miały wg producentów taką samą zawartość Al₂O₃ (96%) i zbliżoną gęstość pozorną ($3,7 = 3,75 \text{ g/cm}^3$). Porównywanymi materiałami konwencjonalnymi były brąz B101 i stal łożyskowa ŁH15. Przeciwp próbki w każdym wypadku wykonane były ze stali narzędziowej NC6. Wyniki pomiarów chropowatości powierzchni próbek i przeciwp próbek przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 1. Zasada działania testera T-OS



Rys. 2. Parametry chropowatości powierzchni próbek i przeciwp próbek

Jak widać dla obydwu materiałów ceramicznych uzyskano większy rozrzut parametrów chropowatości niż dla metali. Ponadto dla materiału CER2 parametr Ra był znacznie większy niż dla CER1, mimo identycznych parametrów obróbki. Związane jest to ze strukturą materiału spiekane go i z wielkością ziaren.

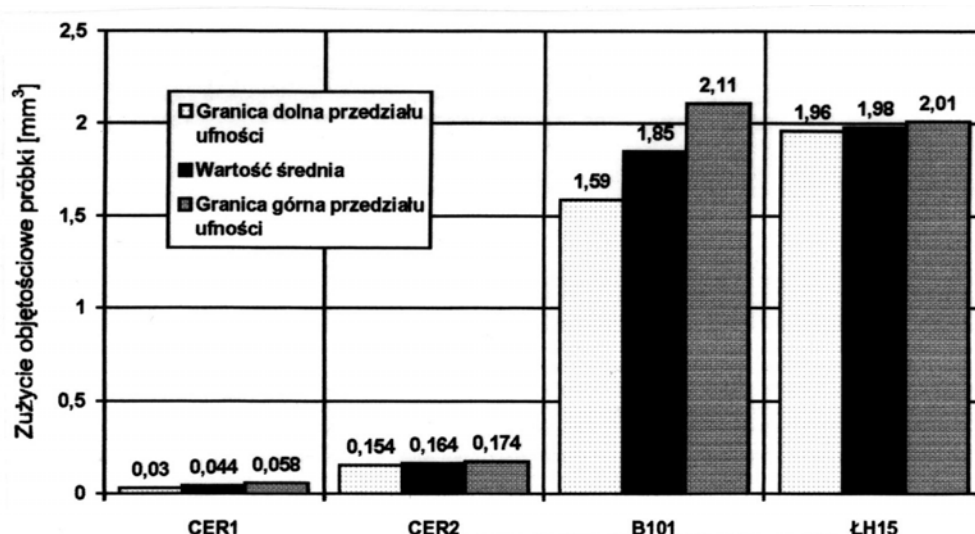
Biegi badawcze (pięć dla każdego skojarzenia materiałów) przeprowadzono dla obciążenia węzła tarcia $P=150\text{N}$ przy prędkości poślizgu $X0,27 \text{ m/s}$. Czas trwania biegu badawczego wynosił 1 h. Z uwagi na brak smarowania testowanego styku podczas badania utrzymywano stałe warunki otoczenia: temperaturę $23\pm 1^\circ\text{C}$ i wilgotność $50\pm 5\%$.

Wyniki wszystkich pomiarów relizowanych w sposób ciągły rejestrowano za pomocą sterownika MST-2 w pamięci mikrokomputera [3]. Po każdym biegu wyznaczano trzema metodami wartości zużycia. Były to: a) zużycie objętościowe próbki określane metodą optyczną (lupa Brinella) - z pomiaru szerokości śladu zużycia na klocek, b) zużycie liniowe próbki wyznaczone metodą profilografowania (Hommel T2000), c) zużycie liniowe badanego węzła tarcia określane na podstawie pomiaru przemieszczeń (czujnik indukcyjny) - po kompensacji w celu wyeliminowania dyatacji cieplnej.

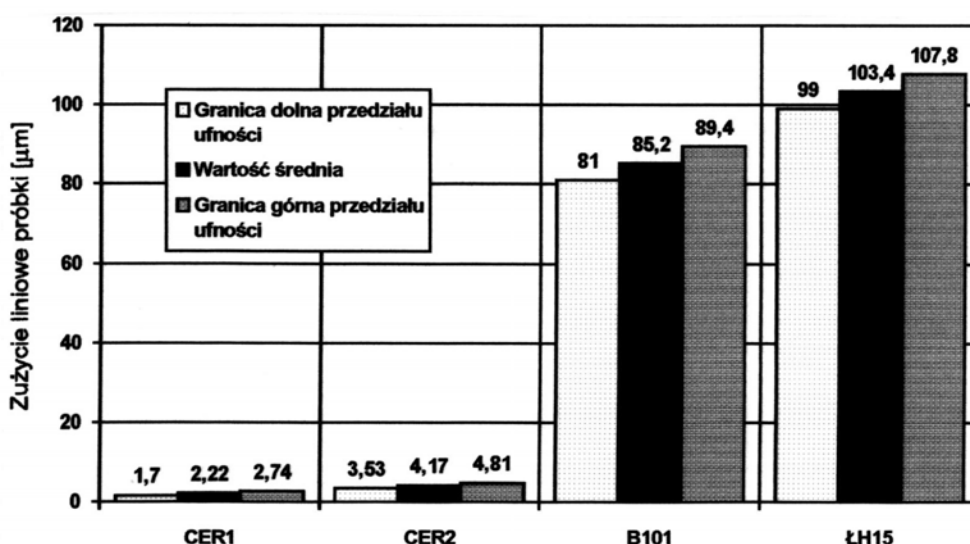
WYNIKI BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH

Dla każdego skojarzenia materiałowego przeprowadzono po pięć biegów badawczych, a po ich zakończeniu mierzono głębokość i szerokość śladu zużycia. Wyniki podlegały następnie obróbce statystycznej z wyznaczeniem przedziału ufności dla jego poziomu

1- $\alpha = 0,95$. Uzyskane trzema metodami wartości zużycia testowanych materiałów zestawiono na rysunkach 3, 4 i 5.



Rys. 3. Wyniki badań zużycia objętościowego dla poszczególnych próbek

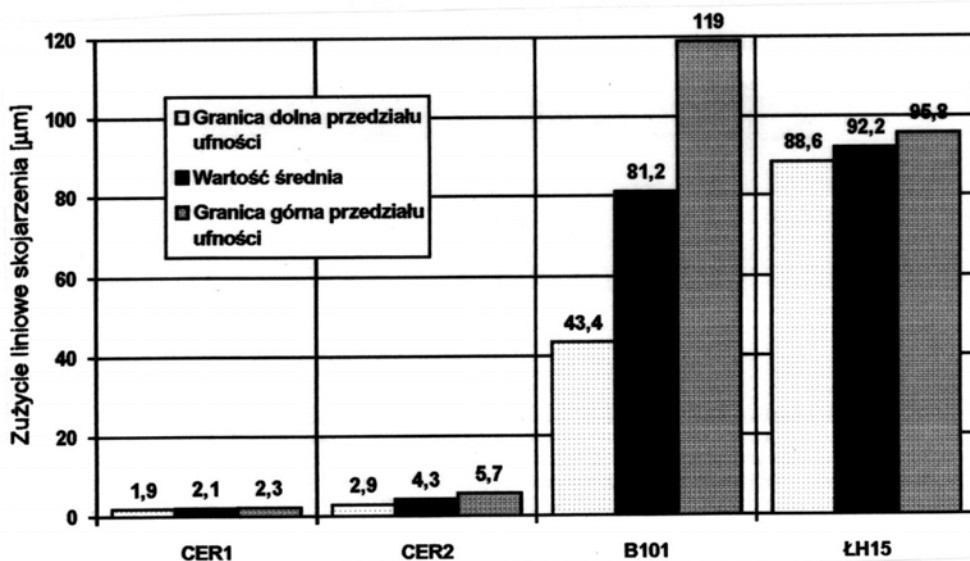


Rys. 4. Wyniki badań zużycia liniowego dla poszczególnych próbek

Wyniki pomiarów zużycia przeprowadzonych trzema metodami wykazują dobrą zgodność; porównanie zużycia liniowego skojarzenia, tj. sumarycznego zużycia próbki i przeciwpróbki, ze zużyciem samej próbki wskazuje na poprawność procedury kompensowania dylatacji cieplnej. Stwierdzono także pomijalnie małe zużycie przeciwpróbki (rolki), co należy przypisać nie tyle własnościom materiału NC6, co zbliżonemu do zera stopniowi przekrycia przeciwpróbki [4].

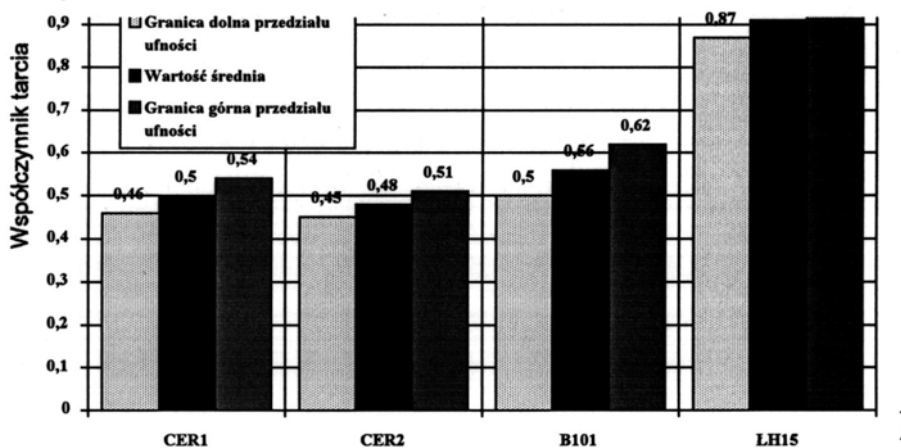
Przedział ufności pomiarów zużycia objętościowego i liniowego zawarty był w zadowalających granicach; większy rozrzut dla materiałów ceramicznych należy przypisać małym wartościom mierzonym, natomiast w przypadku brązu B 101 - prawdopodobnie niejednorodności jego struktury.

Oba materiały ceramiczne wykazały wielokrotnie mniejsze wartości zużycia niż metale, przy czym pomimo zbliżonego składu wyraźnie lepszy okazał się materiał CER1 (produkcji krajowej). Dla brązu B101 i stali łożyskowej ŁH15 stwierdzono zbliżone, kilkadziesiąt razy większe niż dla materiałów ceramicznych wartości zużycia.



Rys. 5. Wyniki badań zużycia liniowego dla poszczególnych skojarzeń

Reprezentujące straty energetyczne w testowanym styku wartości współczynnika tarcia i temperatury masowej próbki wraz z odpowiednimi przedziałami ufności dla $1-\alpha = 0,95$ zestawiono na rysunkach 6 i 7. Współczynnik tarcia wyznaczony został na podstawie zarejestrowanych przebiegów siły tarcia - po uśrednieniu jej wartości w okresie ustalonym. Jako temperaturę masową przyjęto jej maksymalną zarejestrowaną wartość.



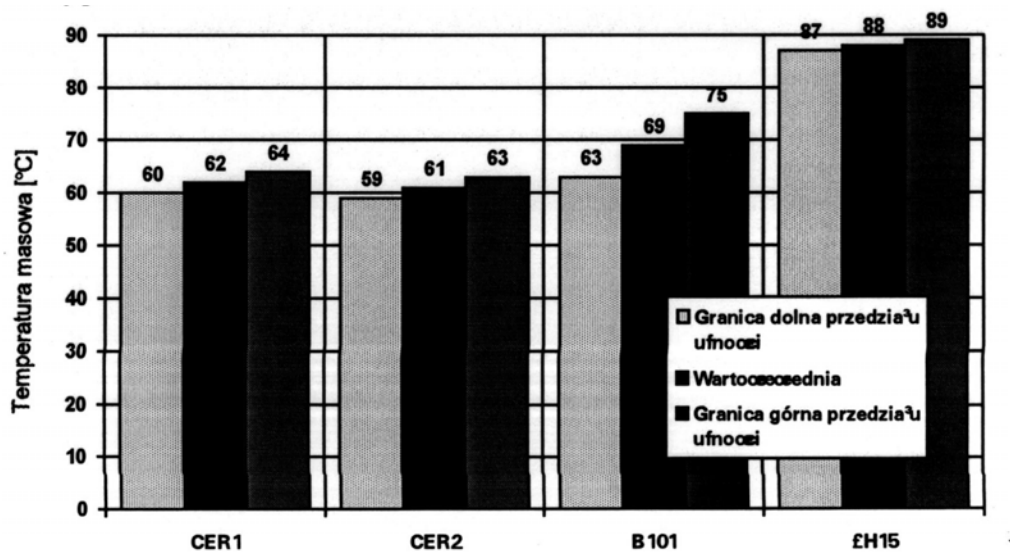
Rys. 6. Wyniki badań współczynnika tarcia dla poszczególnych skojarzeń

Również te badania wykazują umiarkowany rozrzut wartości i dobrą zgodność ze sobą wyników pomiarów oporów ruchu i temperatury w styku. Wyniki pomiarów tych wielkości dla materiałów ceramicznych oraz brązu były zbliżone. Stal ŁH15 wykazała gorsze własności tarcia i wyższe temperatury tarcia, przy czym różnice nie były jednak tak istotne jak w przypadku intensywności zużywania.

PODSUMOWANIE

Porównawcze badania zużycia dwu spieków korundowych, brązu i stali łożyskowej we współpracy ze stalą narzędziową przeprowadzono w niesmarowanym styku liniowym przy tarcia ślizgowym. Wyznaczane trzema metodami wartości zużycia wykazały dobrą zgodność i powtarzalność. Podobnie zadowalające wyniki stwierdzono dla parametrów

charakteryzujących straty energetyczne w styku - współczynnika tarcia i temperatury masowej próbki.



Rys. 7. Wyniki badań temperatury masowej poszczególnych próbek

Materiały ceramiczne wykazały intensywność zużycia przynajmniej o rząd mniejszą niż materiały konwencjonalne. Różnice zachowań zużyciowych stwierdzone dla badanych spieków korundowych były prawdopodobnie uwarunkowane wyższą gładkością powierzchni roboczej próbek uzyskaną dla materiału produkcji krajowej, a nie zróżnicowaniem ich składu chemicznego.

Pod względem strat energetycznych w styku materiały ceramiczne również wykazały swoją przewagę nad materiałami konwencjonalnymi, ale różnice wartości współczynnika tarcia i temperatury masowej nie były tak znaczne jak w przypadku zużycia.

Spiek korundowy CER1, dla którego w zaprezentowanych badaniach stwierdzono najlepsze własności tribologiczne, został zastosowany jako materiał łożyskowy w ślizgowych węzłach tarcia bezsmarowych zaworów pneumatycznych opracowanych przez CPP PREMA w Kielcach i Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu.

LITERATURA

1. Olszewski O., Zastosowanie materiałów ceramicznych w budowie maszyn. Tribologia, nr 1 (139) 1995, s. 30-47.
2. Piekoszewski W. (red.), Raport LBT-04/94. MCNEMT Radom, 1994.
3. Szczerek M. (red.), Sprawozdanie ZW 09-332. ITE Radom, 1995.
4. Wiśniewski M., Analiza systemowa zjawisk tribologicznych. Tribologia, nr 1 (115) 1991, Poradnik tribologii i tribotechniki (1), s. 1-4.

EVALUATION OF THE TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF CERAMICS

SUMMARY

Results of the investigations to the friction and wear of two sintered alumina ceramics used for unlubricated sliding pairs and two conventional materials (bronze and bearing steel) are presented. Experiments have been carried out on the test rig with roller sliding on the prism made of the material to be tested. Both ceramics showed the intensity of wear less several times than the figures for conventional materials.

Recenzja: prof. dr hab. inż. Jan Burcan