

Janusz LUBAS  
Instytut Techniki  
Uniwersytet Rzeszowski

## WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNE WARSTWY POWIERZCHNIOWEJ CRN W WARUNKACH TARCIA MIESZANEGO

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu ukształtowanej warstwy wierzchniej jednoskładnikowej CrN oraz dwuskładnikowej CrN–stal czopa na warunki tarcia w parze ślizgowej. Badania wykonano dla par ciernych próbka pierścieniowa–wycinek panwi ze stopu CuPb30 i AlSn20. Pary tribologiczne w czasie prób smarowano olejem silnikowym lotos syntetic 5W/40. Badania przeprowadzono na testerze trybologicznym T-05. Wyniki badań potwierdziły możliwość zastosowania warstwy powierzchniowych zawierających CrN w parach ślizgowych, które pracują w warunkach tarcia mieszanego. Badania wykazały że siła tarcia i zużycie materiału łożyskowego zależy od warunków tarcia i kompozycji współpracujących warstw powierzchniowych par ślizgowej. Zaobserwowano korzystne parametry tarcia w parach ciernych z czopami z warstwą powierzchniową zawierającą CrN, szczególnie podczas współpracy z panwią ze stopu AlSn20. Niemniej jednak występuje duże zużycie liniowe stopu łożyskowego.

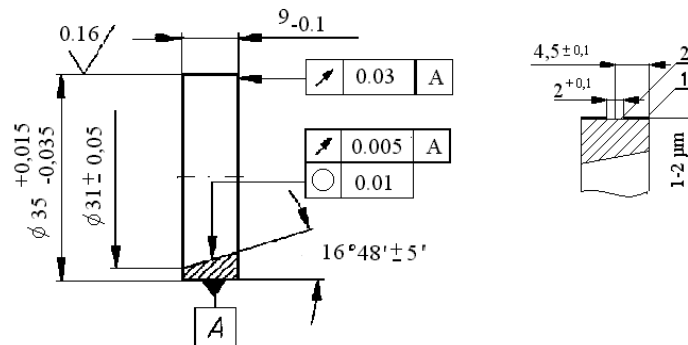
### WSTĘP

Ślizgowe węzły tarcia jako struktury tribologiczne są funkcją materiałów konstrukcyjnych i zastosowanych w procesie wytwarzania technologii. Właściwości tribologiczne węzła trącego są wypadkową konstrukcji węzła i właściwości współpracujących powierzchni, a pośrednio stanu warstwy wierzchniej elementów węzła ciernego. Stan warstwy wierzchniej można konstituować w procesach technologicznych poprzez programowanie odpowiednio materiałów na te elementy i technologii ich obróbki powierzchniowej. Prawidłowo ukształtowana warstwa wierzchnia zapewnia optymalne tribologiczne właściwości w czasie eksploatacji, a tym samym trwałość i niezawodność konstrukcji. Ze względu na różnorodność warunków pracy i obciążenia węzłów ślizgowych, rodzaju trącego elementu i funkcji jaką spełnia w maszynie lub urządzeniu, a także rodzaju występującego zużycia istotny jest wybór materiału i rodzaju obróbki powierzchniowej. Obecnie znanych jest wiele metod wytwarzania warstw powierzchniowych chroniących przed zużyciem tribologicznym [1, 2, 3].

### OPIS BADAŃ

Celem pracy jest określenie wpływu technologicznie ukształtowanych warstw powierzchniowych czopa na parametry tarcia w węźle ślizgowym w warunkach tarcia mieszanego. Badania tribologiczne przeprowadzono na testerze produkcji MCNEMT w Radomiu typu T-05. Dla realizacji programu badań wykonano próbki pierścieniowe ze stali 45, które poddano obróbce powierzchniowej w celu wytworzenia warstw powierzchniowych: jednoskładnikowych CrN oraz dwuskładnikowych CrN–stal (rys. 1). Wykonano również próbki ze stali 38HMJ, które poddano azotowaniu jonizacyjnemu. Próbki te podczas prób współpracowały z wycinkiem panwi

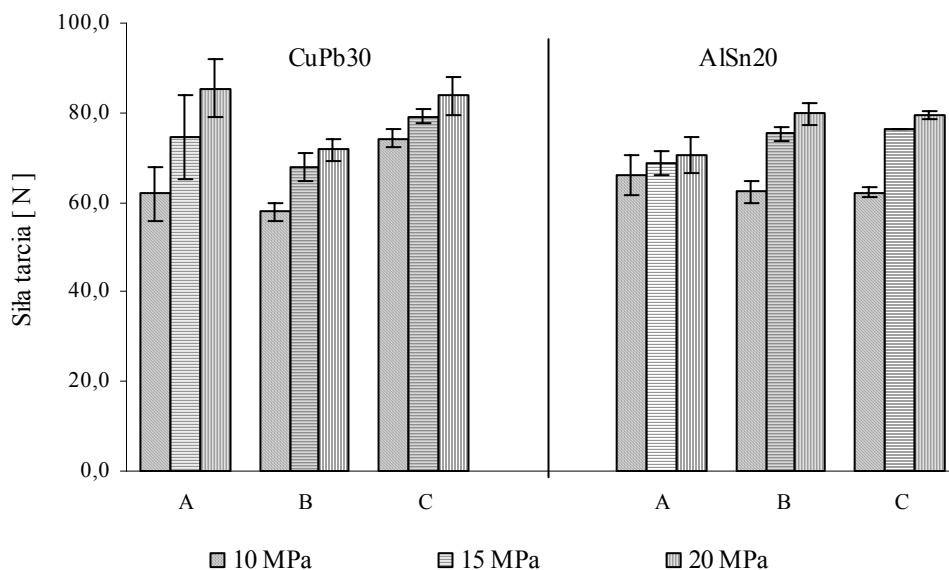
wykonanych ze stopów łożyskowych CuPb30 i AlSn20. A badane pary kinematyczne smarowano podczas testu olejem silnikowym lotos syntetic 5W/40.



Rys.1. Kształt i wymiary próbek pierścieniowych dwuskładnikowych: 1–powłoka, 2–materiał pierścienia

## WYNIKI BADAŃ

W warunkach tarcia mieszanego współpracy czopa i panwi charakteryzuje duża dynamika zmian wartości mierzonych parametrów w funkcji wymuszeń zewnętrznych działających na węzeł tarcia. Określenie tendencji tych zmian jest szczególnie istotne w czasie rozruchu pary ciernej. Rejestrowane maksymalne wartości siły tarcia wykazały, że dla badanych są one indywidualne i nie można określić ogólnych zależności między badanymi wielkościami (rys. 2).

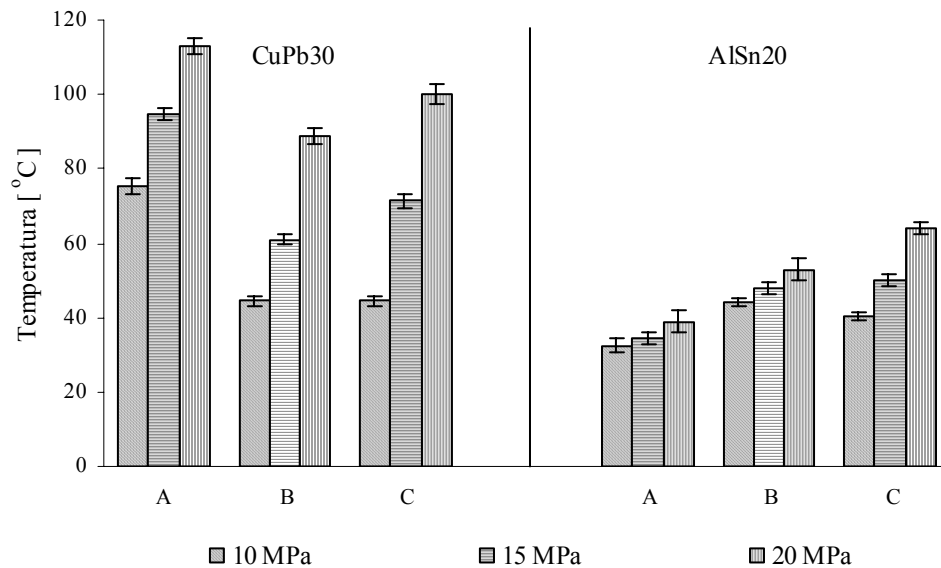


Rys.2. Siła tarcia w momencie rozruchu pary ciernej; A) CrN, B) CrN–stal, C) azotowanie jonizacyjne

Zarejestrowane wartości siły tarcia potwierdziły, że jej wartość wzrasta wraz ze wzrostem obciążenia pary ciernej. Natomiast najniższe wartości siły tarcia są charakterystyczne dla par kinematycznych z czopami z warstwą powierzchniową azotek chromu-stal przy współpracy z stopem łożyskowym CuPb30 i azotek chromu z stopem łożyskowym AlSn20. Dla pozostałych skojarzeń rejestrowane wartości siły tarcia w momencie rozruchu są zbliżone.

W celu określenia wpływu technologicznych warstw powierzchniowych na warunki tarcia w parze kinematycznej czop–panew, przeprowadzono badania przy założonych parametrach obciążenia; stała prędkość obrotowa czopa  $n = 100$  obr/min i zmienne

naciski jednostkowe  $p = 10\text{--}20\text{MPa}$ . Uzyskane wyniki umożliwiły opracowanie wykresów zmian temperatury w obszarze styku i siły tarcia w funkcji obciążenia pary kinematycznej czop–panew (rys. 3 i 4).



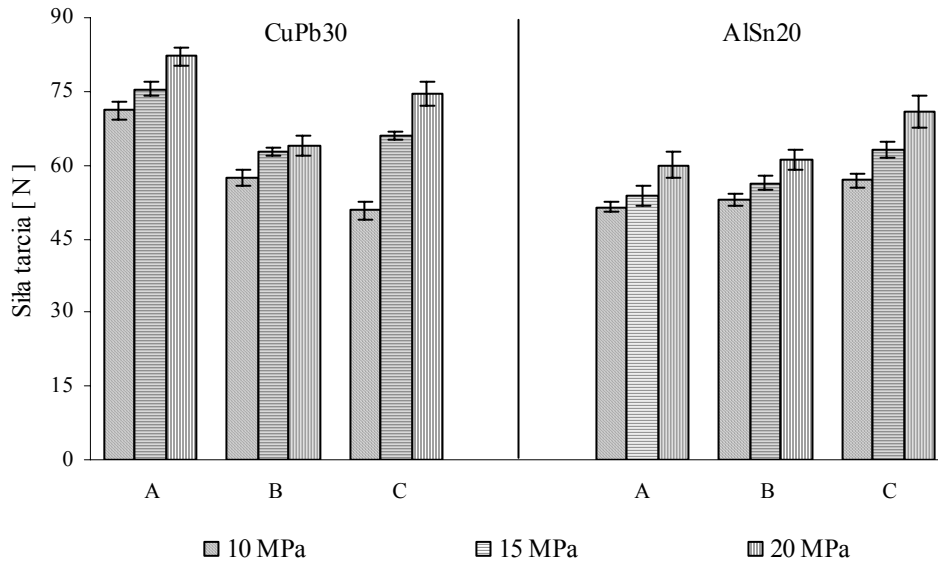
Rys.3. Temperatura panwi w funkcji obciążenia pary ślizgowej; A) CrN, B) CrN–stal, C) azotowanie jonizacyjne

Analiza zmian temperatury w obszarze styku wykazała, że zastosowanie panwi ze stopu łożyskowego AlSn20 powoduje obniżenie temperatury w obszarze tarcia w stosunku do stopu CuPb30 (rys. 3) Istotne dla badanych par z modyfikowanymi warstwami powierzchniowymi jest obniżenie temperatury w obszarze tarcia w parach z panwią ze stopu AlSn20 poniżej temperatury rejestrowanej dla prób z czopem azotowanym. W parach ciernych z panwią ze stopu CuPb30 zaobserwowano zbliżony poziom temperatury dla badanych par ślizgowych, z wyjątkiem skojarzeniu z czopem z warstwą powierzchniową azotek chromu. W tym skojarzeniu zarejestrowano najwyższe temperatury w obszarze tarcia pary ślizgowej.

Uzyskane w czasie prób wyniki pomiarów siły tarcia wykazały podobny charakter zmian jaki rejestrowano dla temperatury w obszarze tarcia (rys. 4). Siła tarcia w parach ślizgowych z materiałem panwi ze stopu AlSn20 jest niższa niż dla par z stopem łożyskowym CuPb30. Również dla skojarzenia ślizgowego warstwa powierzchniowa zawierająca azotek chromu stop łożyskowy AlSn20 uzyskano niższe wartości siły tarcia niż w przypadku zastosowania azotowania jonizacyjnego. W przypadku zastosowania stopu łożyskowego CuPb30 zmiany siły tarcia uzależnione są od warstwy powierzchniowej. Najwyższe wartości siły tarcia rejestruje się dla pary ślizgowej z warstwą powierzchniową azotek chromu. Natomiast dla pary z warstwą powierzchniową CrN-stal charakterystyczny jest mały rozrzut wartości siły tarcia ze zmianą obciążenia pary ślizgowej.

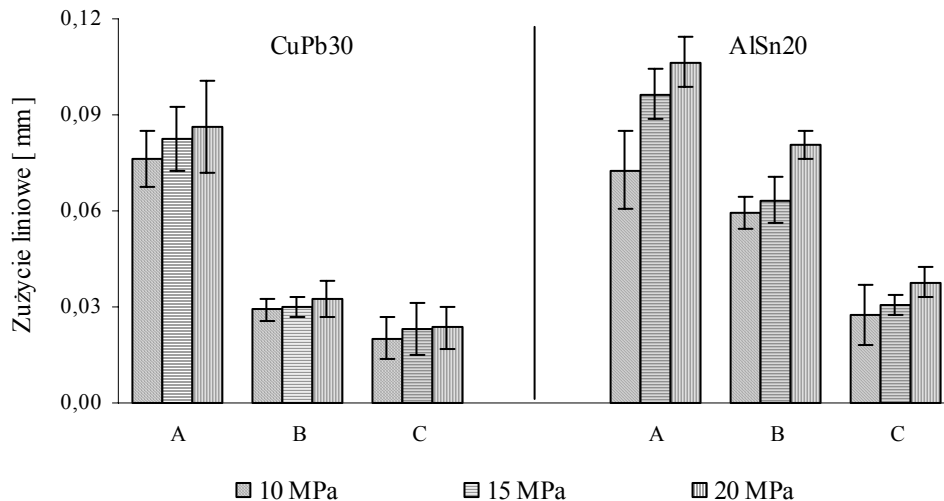
Podczas badań rejestrowano zużycie liniowe stopów łożyskowych CuPb30 i AlSn20 (rys. 5). Wyniki pomiarów zużycia wykazały, że stop łożyskowy AlSn20 uległy większemu zużyciu niż stop łożyskowy CuPb30, niezależnie od zastosowanej obróbki powierzchniowej czop. Charakterystyczne jest uzyskanie w para ślizgowych z materiałem panwi CuPb30 zbliżonej wartości zużycia liniowego dla par, w których zastosowano czopy z warstwą powierzchniową CrN-stal i azotowaną jonizacyjnie.

Największe zużycie wykazuje w tych warunkach współpracy para z warstwą CrN, gdzie wartość zużycia jest około 3-krotnie większa. W parach ślizgowych z materiałem panwi



Rys.4. Siła tarcia w warunkach obciążenia pary ślizgowej ( $n=100\text{obr/min}$ ); A) CrN, B) CrN–stal, C) azotowanie jonizacyjne

AlSn20 dla par zawierających CrN w warstwie wierzchniej uzyskano wyższe wartości zużycia w stosunku do warstwy powierzchniowej po azotowaniu jonizacyjnym. Ostatecznie warstwa powierzchniowa CrN-stal pomimo większego zużycia stopu łożyskowego AlSn20 w stosunku do obróbki azotowanie jarzeniowe (około dwukrotny wzrost), wywołuje prawie dwukrotnie mniejsze zużycie stopu łożyskowego w stosunku do warstwy powierzchniowej składającej się tylko z CrN.



Rys.5. Zużycie liniowe stopu łożyskowego podczas współpracy z warstwami powierzchniowymi; A) CrN, B) CrN–stal, C) azotowanie jonizacyjne

Występujące zmiany można tłumaczyć wzajemnym oddziaływaniem współpracujących warstw wierzchnich czopa i stopów łożyskowych, występowaniem zjawisk fizykochemicznych na ich powierzchniach w wyniku wymuszeń zewnętrznych. Istotne znaczenie odgrywa tutaj oddziaływanie czynnika smarnego, który ulegając przemianom może tworzyć korzystne lub niekorzystne warunki tarcia.

W wyniku procesu tarcia mogły zachodzić zjawiska przenoszenia materiału panwi na powierzchnie czopa lub wbijania się twardych cząstek zużycia materiału czopa w stop łożyskowy. Wyjaśnienie zachodzących zjawisk wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań zmierzających do określenia produktów zużycia, określenia składu chemicznego powierzchni i struktury warstw powierzchniowych, zmian składu chemicznego oleju, niejednorodności warstw powierzchniowych oraz ich ciągłości, wyznaczenia własności fizykochemicznych wytworzonych powłok.

#### **4. WNIOSKI**

Na podstawie przeprowadzonych badań eksperymentalnych i analizy ich wyników można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Zastosowane technologie umożliwiają wytworzenie czopów z trwałymi warstwami powierzchniowymi jedno i dwuskładnikowymi o określonych właściwościach tribologicznych wymaganych dla elementów węzła ślizgowego pracującego w warunkach tarcia mieszanego.
2. Wykazano, że przy współpracy czopów z warstwą powierzchniową z azotkiem chromu–stal i azotowanej występuje najmniejsze zużycie liniowe stopów łożyskowych. Natomiast największe zużycie zarejestrowano dla par z czopami z warstwą powierzchniową z azotkiem chromu.
3. Modyfikacja warstwy wierzchniej czopa azotkiem chromu wpływa korzystnie na zmniejszenie oporów tarcia, obniżenie temperatury w obszarze tarcia i redukcję zużycia stopu łożyskowego, zmiany te zależą od kompozycji węzła ślizgowego.

#### **Literatura**

- [1] Nakoneczny A.: Powierzchniowe obróbki wyrobów metalowych. IMP, Warszawa 2000.
- [2] Kula P.: Inżynieria warstwy wierzchniej. Politechnika Łódzka, Łódź, 2000.
- [3] Sep J., Zielecki W.: Preliminary evaluation of the application possibility of bearing journal with two component surface layer. Tribologia, nr 3, 1995.

### **TRIBOLOGICAL PROPERTIES CRN SURFACE LAYER UNDER CONDITIONS OF MIXED FRICTION**

Summary: The study has determined influence formed one component surface layers (CrN) and two components surface layers (CrN and steel) of journal on parameters of friction in slide pairs. During the research ring samples worked with segment of slide bearing made of CuPb30 alloy or AlSn20 alloy. The kinematic pairs lubricated motor oil lotos syntetic 5W–40. The research performed on test machine T–05. Results of researches confirmed possibilities of use two components surface layers in sliding pairs, which work under conditions of mixed friction. Friction force and wear of bearing material were individual for composition of surface layer and conditions of work slide pairs. The research showed favourable conditions friction in pairs with surface layer CrN. It was important during the work with bearing material AlSn20, but the linear wear bearing material was large.