

MADEJ Monika<sup>1</sup>  
OZIMINA Dariusz<sup>2</sup>  
MILEWSKI Krystian<sup>3</sup>

## Ocena właściwości tribologicznych i korozyjnych powłok przeciwzużyciowych

### WSTĘP

Rozwój współczesnej nauki i techniki stawia ciągle rosnące wymagania stosowanym materiałom. Duże obciążenia: temperatury, ciśnienia, prędkości oraz eksploatacja elementów części maszyn w warunkach agresywnego środowiska stwarzają konieczność poprawiania właściwości już istniejących i/lub opracowywania nowych materiałów odznaczających się dobrymi właściwościami fizykochemicznymi i eksploatacyjnymi.

Eksploatacja w warunkach zmiennych wymuszeń tribologicznych i korozyjnych powoduje niekorzystne zmiany struktury materiałów, które mogą być przyczyną utraty ważnych właściwości użytkowych, a nawet całkowitej destrukcji elementów konstrukcyjnych maszyn i urządzeń [7]. Właściwości użytkowe wielu elementów części maszyn zależą nie tylko od możliwości przenoszenia obciążeń mechanicznych przez cały przekrój materiału, ale głównie od struktury i właściwości warstw powierzchniowych [3].

Aby powłoka spełniała stawiane jej wymagania musi wykazywać odpowiednie kombinacje właściwości m.in.: wysoką twardość, odporność na ścinanie, zginanie, pękanie, zużycie i korozję oraz dobrą adhezję do podłoża [12, 14]. W projektowaniu powłok podstawowy problem stanowi wytworzenie materiału łączącego w sobie wymienione właściwości. Jednym ze sposobów poprawy właściwości materiałów jest stosowanie powłok natryskiwanych cieplnie. Powłoki tego typu pozwalają na znaczne podwyższenie trwałości i niezawodności części maszyn przy jednoczesnym obniżeniu kosztów produkcji oraz oszczędności energii i materiałów. Na powłoki stosuje się następujące materiały:

- metale i ich stopy,
- ceramikę: węgliki, azotki, borki,
- związki metaliczne: siarczki, krzemki, związki międzymetaliczne,
- cermetale,
- materiały polimerowe: epoksydowe, nylon, teflon i inne.

<sup>1</sup>Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn; 25-314 Kielce; al. 1000-lecia P.P. 7. Tel: +48 41 342-45-16, mmadej@tu.kielce.pl

<sup>2</sup>Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn; 25-314 Kielce; al. 1000-lecia P.P. 7. Tel: +48 41 342-45-05, ozimina@tu.kielce.pl

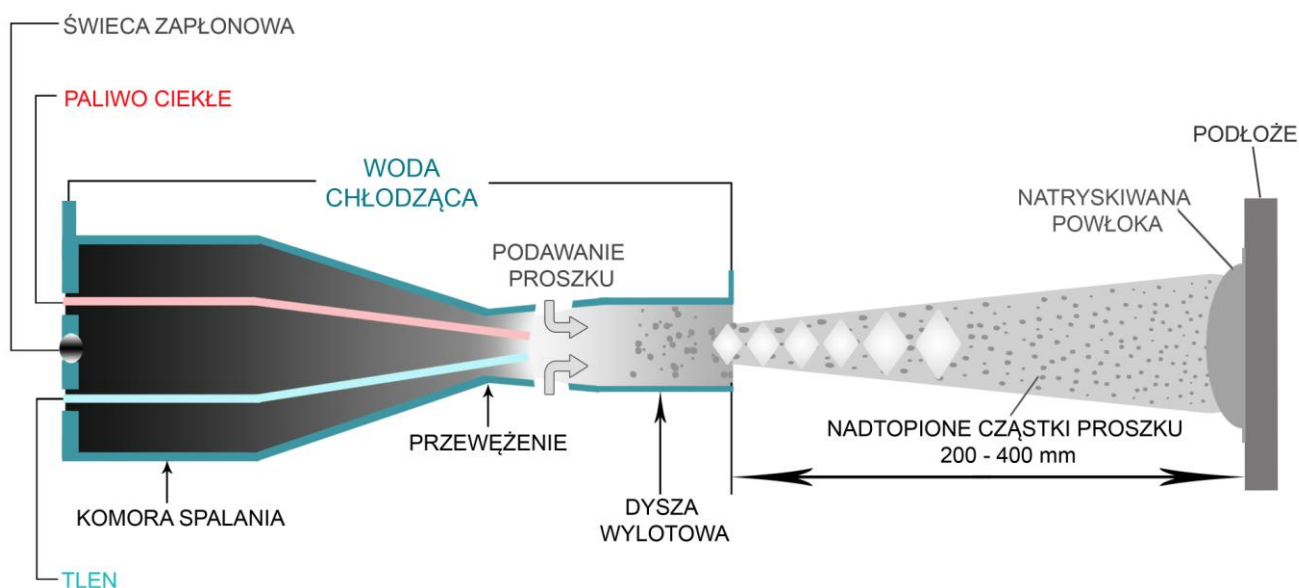
<sup>3</sup>Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn; 25-314 Kielce; al. 1000-lecia P.P. 7. Tel: +48 41 342-43-44, krys.milewski@gmail.com

## 1. TECHNOLOGIA NATRYSKIWANIA NADDŹWIĘKOWEGO

Historia natryskiwania cieplnego sięga początków XX w., kiedy Dr. Max Schoop przeprowadził eksperyment, w którym wykorzystano tlen i acetylen oraz sprężone powietrze do osadzenia przetopionego materiału w formie metalicznej powłoki ochronnej [1].

Technologie natryskiwania cieplnego są stale modyfikowane i rozwijane. System natryskiwania naddźwiękowego z dużymi prędkościami HVOF (*High Velocity OxyFuel*) zaproponowany przez firmę METCO w 1988 roku pod nazwą Diamond Jet [2], dał początek rozwojowi nowej generacji technologii płomieniowej z naddźwiękowym strumieniem metalizacyjnym, powstającym podczas spalania propylenu, wodoru lub propanu w tlenie lub powietrzu. Mieszanka gazów podawana jest do chłodzonej wodą komory spalania pod dużym ciśnieniem, gdzie ulega spalaniu sposób ciągły. Płomień gazowy o temperaturze powyżej 3200°C z charakterystycznymi „udarami romboidalnymi” nagrzewa do temperatury topnienia podawanego pod ciśnieniem proszku i przyspiesza go do prędkości 1000 m/s. Tą metodą uzyskuje się powłoki z aluminium, miedzi, stopów żelaza, niklu, kobaltu, cermetali: np.: Co-WC.

Systemy natryskiwania proszkowego naddźwiękowego z dużymi prędkościami i pod dużym ciśnieniem m HP/HVOF (*High Pressure HVOF*) wyróżnia to, że stosuje się w nich palniki zasilane paliwem płynnym, najczęściej naftą lotniczą. Zasadniczymi parametrami pracy palnika są: ciśnienie w komorze spalania, rodzaj dyszy, skład mieszanki palnej. Schemat procesu natryskiwania metodą naddźwiękową przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat procesu natryskiwania metodą naddźwiękową

Osiąga się jeszcze większe wartości prędkości nadtopionych cząstek proszku (do 1200 m/s) przy niższej temperaturze płomienia, rzędu 2700°C. Skutkuje to większą energią kinetyczną cząstek, a uzyskane powłoki charakteryzują się większą jednorodnością struktury, małą porowatością oraz lepszym przyleganiem cząstek do siebie i do podłoża. Proces natryskiwania naddźwiękowego z dużymi prędkościami i pod dużym ciśnieniem przy relatywnie niskiej temperaturze strumienia natryskowego oraz krótkim czasie ekspozycji proszku w strumieniu natryskowym znacznie ogranicza utlenianie powierzchni natryśniętej.

Tą techniką uzyskuje się powłoki z czystych metali: Mo, Ni, Co, Ti, Ta, Fe i ich stopów, materiałów ceramicznych oraz ich kombinacji z metalami, np. węglików wolframu lub węglików chromu w osnowie kobaltu, niklu lub stopu Ni-Cr. Powłoki natryskiwane proszkami na bazie miedzi charakteryzują się dobrą przewodnością cieplną i elektryczną, proszki na bazie niklu wysoką przyczepnością do podłoża, żaroodpornością oraz odpornością na korozję, natomiast proszki na bazie

węglika wolframu zapewniają odporność na zużycie przez tarcie w temperaturach do 500 °C oraz odporność na działanie kwasów i zasad.

Ze względu na szeroki zakres możliwości kombinacji materiałów proszkowych stosowanych w technologii natryskiwania naddźwiękowego można ją z powodzeniem do pokrywania następujących elementów: czopy wałów, powierzchnie robocze wałów maszyn papierniczych, elementy pomp, korpusy, łożyska ślizgowe, tuleje, rolki transportowe, wymienniki ciepła, prowadnice, nurniki, siłowniki, tłoczyska, zawory, itp.

Celem pracy było określenie odporności korozyjnej i przeciwzużyciowej powłok nanoszonych metodą HP/HVOF w warunkach tarcia technicznie suchego oraz tarcia ze smarowaniem mineralną bazą olejową oraz mineralną bazą modelowej olejową z 1% dodatkiem ZDTP.

## 2. MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

### 2.1. Wytwarzanie powłok przeciwzużyciowych

W pracy powłoki kompozytowe WC-Ni uzyskano poprzez natryskiwanie proszkowe naddźwiękowe z dużymi prędkościami i pod dużym ciśnieniem – HP/HVOF, *High Pressure / High Velocity Oxy Fuel*. Do natryskiwania cieplnego użyte zostały materiały proszkowe dostępne na rynku. Zastosowane materiały powłokowe stanowił proszek niklu oraz proszek niklu z węglikiem wolframu. Powłoki natryskiwano na próbki ze stali C45. W celu zwiększenia adhezji do podłoża - usunięcia tlenków powierzchnię poddano obróbce strumieniowo-ściernej elektrokorundem [5]. Do natryskiwania powłok zastosowano pistolet JP5000 HV-50-JP HVOF Mobile System. Powłoki wytwarzano przy następujących parametrach:

przepływy/ciśnienie

- tlen  $O_2 = 849$  l/min, ciśnienie 11,2 bar,
- nafta lotnicza- kerozyna – 24,1l/min, ciśnienie 8,4 bar,
- azot  $N_2 = 15,1$  l/min,
- ciśnienie w komorze Combustion Chamber – 8,0 bar,
- przepływ wody chłodzącej 24,4 l/min, ciśnienie 9,5 bar,
- odległość dyszy palnika od próbki 350 mm.

Miernikiem eXacto firmy Elektro-Physik GmbH zmierzono grubość powłok – wynoszącą  $150 \pm 5$   $\mu\text{m}$ .

### 2.2. Badania adsorpcyjne

Badania adsorpcji realizowano metodą absorpcyjnej spektrofotometrii w podczerwieni z transformacją Fouriera – FTIR. Właściwości adsorpcyjne dialkiloditiofosforanów cynku określano na podstawie badań przeprowadzonych przy użyciu spektrofotometru z transformacją fourierowską typu FTS - 175C firmy BIO – RAD. Do badań adsorpcyjnych użyto n-dekanowe roztwory dibutyloдитiofosforanu cynku i didodecyloдитiofosforanu cynku. Wyniki pomiarów izoterm adsorpcji zostały przedstawione w układzie współrzędnych, ilość zaadsorbowana wyrażona w mikromolach na metr kwadratowy powierzchni właściwej stali 100Cr6, powłoki Ni oraz kompozytowej WC-Ni od stężenia równowagowego wyrażonego w mikromolach na gram. Za stężenie równowagowe przyjęto stężenie dodatku w roztworze po ustaleniu się równowagi adsorpcyjnej. Powierzchnia specyficzna dla stali 100Cr6 wynosi  $0,3$   $\text{m}^2/\text{g}$ , a dla powłoki kompozytowej WC-Ni wynosi  $0,61$   $\text{m}^2/\text{g}$ , a.

### 2.3. Badania tribologiczne powłok przeciwzużyciowych

Badania tribologiczne przeprowadzono na aparacie T-01M pracującym w skojarzeniu kula-tarcza. Układ trący stanowiła kulka ze stali 100 Cr6 zaś tarcze ze stali C45 pokryte powłokami Ni oraz WC-Ni. Badania tribologiczne przy użyciu testera T-01M, prowadzono przy następujących parametrach:

- obciążenie  $P = 10$  N,
- prędkość ślizgania  $v = 0,1$  m/s,
- droga tarcia  $s = 1000$  m

- środek smarowy: brak/ mineralna baza olejowa/ mineralna bazaolejowa z 1% ZDTP.

## 2.4. Badania korozyjne powłok przeciwzuzyciowych

Pomiary polaryzacji elektrod wykonano przy zastosowaniu zestawu do badań elektrochemicznych ATLAS 0531. Elektrochemiczne badania korozyjne realizowano w temperaturze 20°C w 3% wodnym roztworze NaCl. W pomiarach zastosowano układ trójelektrodowy. Elektrody pracujące o powierzchni  $s = 0,390 \text{ cm}^2$  stanowiły badane powłoki lub stal. Przeciwelektrodę o powierzchni  $s = 1,5 \text{ cm}^2$  wykonano z blachy platynowej. Jako elektrodę odniesienia zastosowano nasyconą elektrodę kalomelową NEK. W badaniach zastosowano naczynie z otworem w ścianie bocznej. Charakterystyki woltamperometryczne sporządzono w zakresie od  $-800 \text{ mV}$  do  $+1600 \text{ mV}$ , przy częstotliwości próbkowania  $1 \text{ mV}$  i szybkości zmian potencjału  $100 \text{ mV/min}$ . Potencjał stacjonarny  $E_{kor}$  mierzono po upływie 20 minut od momentu zanurzenia próbki w 3% roztworze NaCl. Wartości  $j_{kor}$  i  $b_a$ ,  $b_k$  wyznaczano metodą iteracyjną przez dopasowanie do zarejestrowanych danych prądowo-napięciowych parametrów równania Butlera-Volmera (1):

$$j = j_{kor} \left\{ \exp \left[ \frac{2,303(E - E_{kor})}{b_a} \right] - \exp \left[ \frac{-2,303(E - E_{kor})}{b_k} \right] \right\} \quad (1)$$

gdzie:

$b_a$ ,  $b_k$  – współczynniki Tafela dla reakcji anodowej i katodowej,

$j_{kor}$  – gęstość prądu korozyjnego.

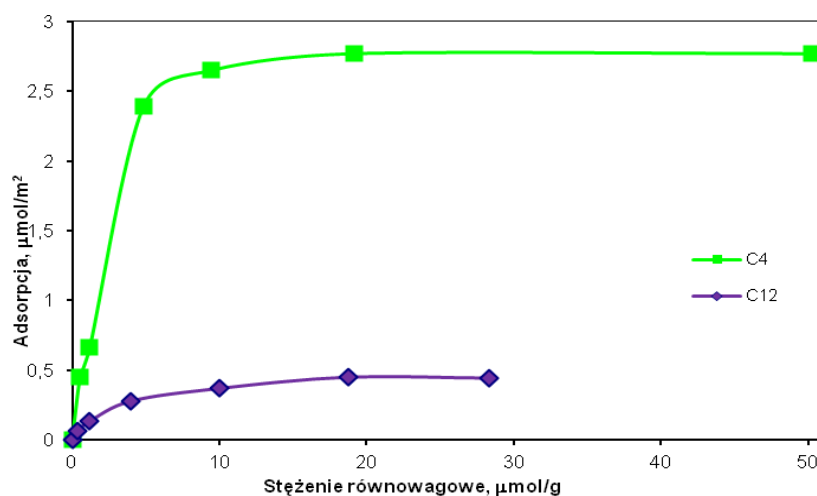
Wartości rezystancji polaryzacyjnej  $R_p$  obliczano wykorzystując równanie Sterna-Geary'go:

$$j_{kor} = \frac{b_a b_k}{2,303(b_a + b_k) R_p} \quad (2)$$

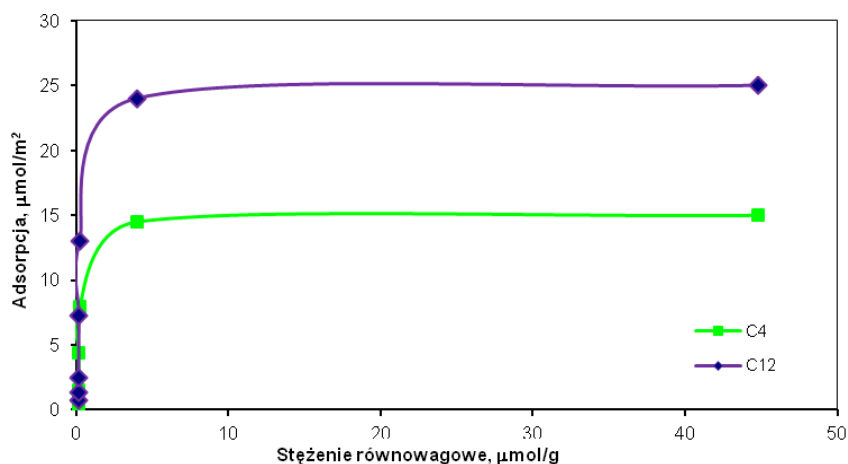
## 3. WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

### 3.1. Pomiary adsorpcyjne

Z rysunku jednoznacznie wynika, że wartość adsorpcji dla badanych dialkyloditiofosforanów cynku zmienia się wraz ze wzrostem długości łańcucha alifatycznego. Obserwuje się zmniejszenie wartości adsorpcji dla C12 ZDTP w przypadku stali 100Cr6 oraz zwiększenie wartości adsorpcji dla powłoki WC-Ni. Kształt izoterm znacznie odbiega od izoterm Langmuira i jest związany z ułożeniem cząsteczek adsorbentu na powierzchni adsorbentu, w fazie nasycenia świadczy o tworzeniu się monowarstwy. Rysunek 2 przedstawia krzywą adsorpcji dla stali 100Cr6 i stanowi odniesienie dla materiałów kompozytowych WC-Ni przedstawionych na rysunku 3.



Rys. 2. Adsorpcja ZDTP o długości łańcucha alkilowego C4 i C12 dla stali 100Cr6

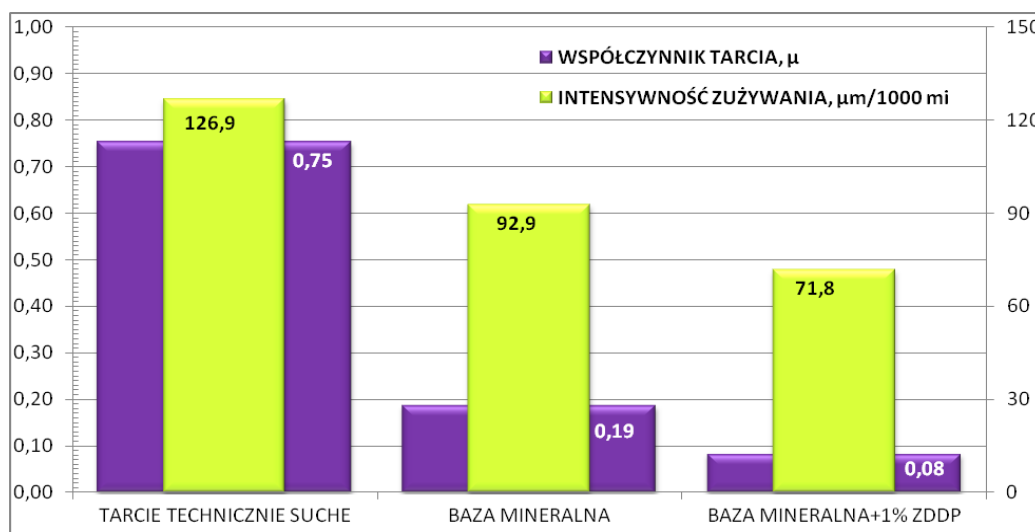


**Rys. 3.** Adsorpcja ZDTP o długości łańcucha alkiłowego C4 i C12 dla WC-Ni

Na rysunkach 2 i 3 wyraźnie widać różnicę pomiędzy adsorpcją dla materiału metalicznego i kompozytowego. Badania adsorpcji na tych materiałach pokazują odmienny charakter ich właściwości. Przedstawione wykresy obrazują, jak duży wpływ na właściwości eksploatacyjne ma zastosowany w procesie wytwarzania powłok węglík wolframu. Wartość adsorpcji na proszku WC-Ni zwiększa się wraz ze wzrostem długości łańcucha węglowodorowego w cząsteczce ZDDP. Węglík wolframu powoduje wzrost wartości adsorpcji zarówno dla C4 ZDDP jak i C12 ZDDP w porównaniu ze stalą. Ponadto izoterm adsorpcji dla badanych dialkilotiofosforanów cynku różniących się długością łańcucha alifatycznego C4 i C12 charakteryzują się posiadaniem przy bardzo niewielkich stężeniach równowagowych, mniejszych od  $2 \mu\text{mol/g}$  dla WC-Ni i  $4 \mu\text{mol/g}$  dla stali, prawie identycznej pionowej części izoterm. Przy tych małych stężeniach równowagowych osiągnany jest stan całkowitego pokrycia powierzchni, co odzwierciedla horyzontalna część powierzchni plateau.

### 3.2. Badania tribologiczne

Wyniki badań przedstawiono w formie zestawienia zbiorczego zmian współczynnika tarcia oraz intensywności zużywania elementów węzła tarcia przy stałych parametrach mikroklimatu otoczenia. Badania w warunkach tarcia technicznie suchego oraz smarowania mineralną bazą olejową stanowią układ odniesienia dla oddziaływań dodatków przeciwzużyciowych – AW w postaci ZDDP. Na rysunku 4 zestawiono współczynniki tarcia intensywności zużywania w zależności od zastosowanego środka smarowego. Jako przeciwpróbki stosowano kulki ze stalin100 Cr6.

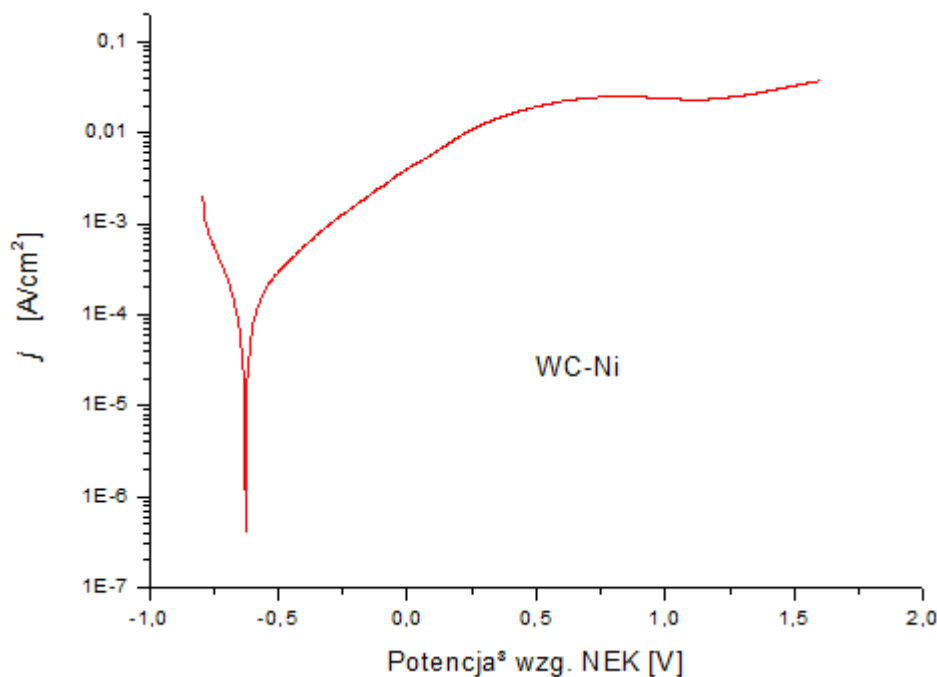


**Rys. 4.** Współczynnik tarcia oraz współczynnik intensywności zużywania,  $\mu\text{m}/1000 \text{ m}$  w zależności od środka smarowego

Na podstawie przeprowadzonych badań tribologicznych stwierdzono, że największe opory tarcia i zużycie zarejestrowano podczas tarcia technicznie suchego. Z kolei podczas badań z zastosowaniem środków smarowych: mineralnej bazy olejowej oraz mineralnej bazy olejowej zawierającej ZDDP, zarejestrowano zmniejszenie współczynnika tarcia oraz współczynnika intensywności zużywania. Zastosowana w badaniach baza olejowa zawiera 0,3 % siarki, która wpłynęła na oddziaływania tribochemiczne podczas tarcia. Wartości współczynnika tarcia oraz współczynnika intensywności zużywania dla powłoki WC-Ni podczas tarcia technicznie suchego wyniosły odpowiednio 0,75 i 126,9  $\mu\text{m}$ , podczas gdy po zastosowaniu modelowej substancji smarowej zmniejszyły się do poziomu 0,19 i 92,9. Również efektywność działania ZDDP jest dobrze udokumentowana, zdecydowana skuteczność działania ZDDP przejawiała się zarówno w funkcji zmniejszenia oporów ruchu jak i przeciwzużyciowej. Nastąpiło zmniejszenie współczynnika intensywności zużywania do poziomu 71,8 oraz zmniejszenie oporów tarcia - współczynnika tarcia do poziomu 0,08. Wynikało to bezpośrednio z tribochemicznych procesów towarzyszących tarcu.

### 3.3. Badania korozyjne

Odporność korozyjna badanych powierzchni elementów z powłokami kompozytowymi WC-Ni w 3 % roztworze NaCl została przedstawiona na rysunku 5, a wyniki pomiarów polaryzacyjnych zestawiono w tabeli 1.



**Rys. 5.** Charakterystyki voltamperometryczne otrzymane w roztworze 3 proc. NaCl w temp. 20°C dla: a powłok kompozytowych WC-Ni.

**Tab. 1.** Wyniki analizy krzywych polaryzacji

Material próbki	Gęstość prądu korozyjnego $j_{kor}$ , A/cm <sup>2</sup>	Współczynnik Tafela dla reakcji anodowej $b_a$ , mV	Współczynnik Tafela dla reakcji katodowej $b_k$ , mV	Potencjał korozyjny $E_{kor}$ , mV	Opór polaryzacji $R_p$ , $\Omega \cdot \text{cm}^2$
Powłoka WC-Ni	$73,6 \cdot 10^{-6}$	491	171	-616	750,6

Wartości współczynników Tafela  $b_a$  i  $b_k$  świadczą o kontroli katodowej procesu korozji. Charakterystyki prądowo-napięciowe powłok kompozytowych wskazują na aktywno-pasywne zachowanie powłok. Z rysunku 5 oraz zestawienia w tabeli 1 wynika, że uzyskano dość małą wartość gęstości prądu korozyjnego, potencjału korozyjnego oraz wysoką wartość rezystancji polaryzacyjnej.



Modyfikacja powłok węglikiem wolframu wpłynęła niekorzystnie na zmianę stopnia rozwinięcia powierzchni powłoki i jej właściwości korozyjne.

## WNIOSKI

Przeprowadzona analiza wpływu oddziaływań fizykochemicznych ZDDP na właściwości tribologiczne wybranych przeciwzużyciowych powłok kompozytowych natryskiwanuch naddźwiękowo WC-Ni pokazała, że:

1. Testy tribologiczne przeprowadzone na kompozytowych powłokach metalowo-ceramicznych w warunkach tarcia technicznie suchego umożliwiły wykazanie podstawowych różnic w ich właściwościach oraz stanowiły układ odniesienia dla badań z zastosowaniem substancji smarowych.
2. Adsorpcja ZDDP na materiałach metalicznych i kompozytowych przebiega w odmienny sposób i jest związana z budową i aktywnością warstw wierzchnich.
3. ZDDP w modelowych substancjach smarowych wpływa na zmniejszenie oporów tarcia badanych systemów tribologicznych dla powłok kompozytowych WC-Ni.
4. Zastosowanie substancji smarowych w badaniach tribologicznych wpływa na zmniejszenie zużycia elementów trących. Wyniki przeprowadzonych badań tribologicznych wykazały wzrost trwałości elementów trących pokrytych powłokami przeciwzużyciowymi WC-Ni, który dodatkowo wspomagany oddziaływaniem ZDDP spowodował ograniczenie intensywności zużywania.

## Streszczenie

Celem badań było określenie odporności na zużycie powłok natrykiwanych techniką naddźwiękową z dużymi prędkościami i pod dużym ciśnieniem (High Velocity Oxy Fuel HVOF). Powłoki HVOF są szeroko stosowane w różnych gałęziach przemysłu, ze względu na ich odporność na wysokie temperatury, korozję chemiczną i odporność na zużycie przez tarcie, erozję i kawitację. Zaletą tej technologii jest to, że powłoki są łatwe do wytwarzania, a ich właściwościami w zależności od zastosowanych komponentów można łatwo sterować. Analizie poddano odporność korozyjną i tribologiczną powłok kompozytowych podczas tarcia technicznie suchego i smarowania dialkilditiofosforanem cynku (ZDDP). Elektrochemiczne badania korozyjne wykonano poprzez pomiary polaryzacyjne. Badania tribologiczne przeprowadzono na za pomocą tribometru typu kula-tarcza stosując jako środki smarowe: olej mineralny, olej mineralny o 1% i ZDTP

**Słowa kluczowe:** powłoki przeciwzużyciowe, natrykiwanie naddźwiękowe, adsorpcja, korozja, tarcie, zużycie

## Assessment of the tribological and corrosion properties of the anti-wear coatings

### Abstract

The purpose of the study was to determine the wear resistance of WC-Ni composite coatings sprayed by High Pressure/High Velocity Oxy Fuel (HP/HVOF) technique. HVOF coatings are widely used in various industrial applications because of their resistance to high-temperature chemical corrosion and frictional, erosive or cavitation-wear, etc. The main advantage of this technology is that the coatings are easy to produce and their properties can be modelled by appropriately changing the ingredients. The analysis involved assessing the wear resistance of HVOF coatings under dry friction and boundary lubrication conditions, with the latter related to the tribochemical interactions between the coatings and the lubricant additives. It was important to establish the character of the tribological effects of the anti-wear lubricants. The lubricant used in the tests was zinc-dialkylidithiophosphate (ZDDP). Electrochemical corrosion analysis involved polarization measurement. The tribological examinations were performed under dry friction and boundary lubrication conditions using a ball-on-disc tribometer. The lubricants tested were mineral oil, mineral oil with 1% ZDTP.

**Keywords:** anti-wear coating, thermal spraying, adsorption, corrosion, friction, wear

## BIBLIOGRAFIA

1. Burakowski T., Areologia. Powstanie i rozwój. Wyd. ITE, Radom 2007.
2. Brandt O.C., Mechanical Properties of HVOF Coatings. Journal of Thermal Spray Technology 1995, nr 2.

3. Klimpel A., Napawanie i natryskiwanie cieplne. WNT, Warszawa 2000.
4. Kondo Y., Koyama T., Tsuboi R., Nakano M., Sasaki S., Tribological performance of halogen – free ionic liquids as lubricants of hard coatings and ceramics. Tribol. Lett. 2013, nr 51.
5. Madej M., Właściwości systemów tribologicznych z powłokami diamentopodobnymi. Wyd. Pol. Świętokrzyskiej, Kielce, 2013.
6. Ozimina D., Madej M., Kałdoński T., The Wear Resistance of HVOF Sprayed Composite Coatings. Tribol. Lett. 2011, nr 41.
7. Ozimina D., Eksploatacja Systemów Tribologicznych. Wyd. Pol. Świętokrzyskiej, Kielce 2013.
8. Madej M., Ozimina D., Piwoński I., The influence of tribochemical reactions of antiwear additives on heterogeneous surface layers in boundary lubrication. Tribol. Lett. 2006, nr 22/2.
9. Shamimi Nouri A., Liu Y., Lewandowski J., Effects of thermal exposure and test temperature on structure evolution and hardness/viscosity of an iron-based metallic glass. Metallurgical and Materials Transactions A 2008, nr. 40/6.
10. Bolelli G., Lusvardi L., Barletta M., HVOF-sprayed WC–CoCr coatings on Al alloy: effect of the coating thickness on the tribological properties. Wear 2009, nr 267/5–8.
11. Barletta M., [Bolelli G.](#), [B. Bonferroni](#) B. and Lusvardi L., Wear and Corrosion Behavior of HVOF-Sprayed WC-CoCr Coatings on Al Alloys, J. Thermal Spray Technology, 9, 2010, 358–367
12. Wang Y. and Chen W., Microstructures, properties and high-temperature carburization resistances of HVOF thermal sprayed NiAl intermetallic-based alloy coatings, Surface and Coatings Technology 183, 2004, 18–28

**Wyniki przedstawione w publikacji zostały uzyskane w trakcie badań sfinansowanych w ramach Projektu "Perspektywy RSI Świętokrzyskie – IV etap" nr: WND – POKL.08.02.02 – 26 – 001/12 - Program Operacyjny Kapitał Ludzki, Priorytet VIII, Działanie 8.2 Transfer wiedzy, Poddziałanie 8.2.2 Regionalne Strategie Innowacji.**