

Stanisław LABER*

OCENA WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNYCH POWŁOK UZYSKANYCH DROGĄ METALIZACJI NATRYSKOWEJ

EVALUATION OF TRIBOLOGICAL COATINGS OBTAINED BY METAL SPRAYING

Słowa kluczowe:

powłoki metalowe, współczynnik tarcia, zużycie

Key words:

metallic coatings, friction faktor, wear

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań właściwości tribologicznych, tj. zużycia i współczynnika siły tarcia powłok uzyskanych na drodze metalizacji natryskowej. Badaniom poddano powłoki na bazie niklu, chromu, chromo-niklu, węglików spiekanych oraz kompozytu ceramicznego. Badania przeprowadzono w funkcji zmienności parametrów F , v , jak również przy stałej prędkości i obciążeniu. Wykazano, że najkorzystniejszymi właściwościami tribologicznymi spośród badanych powłok charakteryzuje się powłoka na bazie węglików spiekanych, a najgorszymi powłoka ceramiczna.

* Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Mechaniczny, Instytut Budowy i Eksploatacji Maszyn,
ul. prof. Z. Szafrana 2, 65-016 Zielona Góra.

WPROWADZENIE

Powłoki metalowe wykonywane z różnych metali i nakładane różnymi metodami znajdują szerokie zastosowanie w procesach regeneracji zużytych elementów maszyn. Powłoki metalowe posiadają zróżnicowane własności fizyczne i użytkowe. Jedną z metod wytwarzania powłok metalowych jest między innymi metalizacja natryskowa [L. 7, 9].

W chwili obecnej metalizacja natryskowa jest stosowana do różnych celów, z których najważniejszymi są [L. 5]:

- naprawa zużytych elementów maszyn w celu przywrócenia im pierwotnych kształtów i wymiarów;
- naprawa wad odlewniczych i braków powstałych przy obróbce mechanicznej;
- wytworzenie łożysk i powierzchni ślizgowych oraz powłok odpornych na ścieranie;
- wytwarzanie powłok antykorozyjnych lub powłok stosowanych przy wytwarzaniu elementów maszyn, na które stosowano uprzednio metale deficytowe;
- inne.

W Instytucie Budowy i Eksploatacji Maszyn Uniwersytetu Zielonogórskiego prowadzone są między innymi badania związane z regeneracją zużytych elementów maszyn poprzez nakładanie powłok przeciwzużyciowych. Zamieszczone wyniki badań dotyczą regeneracji elementów maszyn poprzez nakładanie warstw regeneracyjnych metodą metalizacji natryskowej.

WARUNKI BADAŃ

Rozpatrując potrzebę poszukiwania nowych materiałów i technologii na uzyskanie powłok o jak najkorzystniejszych właściwościach tribologicznych, przeprowadzono badania powłok nałożonych na próbkę metodą metalizacji cieplnej. Badania miały na celu określenie właściwości tribologicznych warstw natryskanych. W badaniach określono opory ruchu, temperatury skojarzenie trącego i środka smarnego oraz zużycie. Do badań zastosowano powłoki nałożone na stal 45 metodą metalizacji natryskowej, stosując następujące materiały: WC – powłoka na bazie węglików spiekanych, powłoka na bazie niklu Ni, kompozyt ceramiczny C – powłoka na bazie chromu Cr (Cr-52%, Ni 28%, Co12% i inne) oraz powłoka chromowo-węglowa Cr_3C_2 , 20Ni 5Cr. Powłoki nakładano głowicą plazmową MIM40 oraz głowicą łukową OSU 30G/2F-LD/U2. Próbki szlifowano w zakresie chropowatości powierzchni $R_a = 0,45-0,52 \mu$. Przeciwpróbki wykonane ze stali 45 o twardości 27HRC obrobione toczeniem posiadały chropowatość powierzchni $R_a = 1,5-1,8 \mu$. Badania przeprowadzone zostały na tribometrze (Tester T-05 typu rolka-kłosek) produkcji Instytutu Technologii i Eksploatacji w Radomiu. Tester T-05 ma zastosowanie do oceny właściwości tribologicznych smarów plastycznych, olejów i smarów stałych oraz odporności na zużycie podczas tarcia metali i tworzyw sztucznych. Służy także do badania odporności na zacieranie

powłok niskotarciowych nanoszonych na wysokoobciążone elementy maszyn. Schemat skojarzenia trącego przedstawiono na **Rys. 1**. Jako środka smarnego użyto oleju maszynowego AN-68 (smarowanie zanurzeniowe). Badania właściwości tribologicznych przeprowadzono na dwóch etapach. Etap pierwszy, docieranie, przeprowadzono przy zmiennym obciążeniu i zmiennej prędkości obrotowej przeciwpółki o średnicy $d = 35$ mm, tj.:

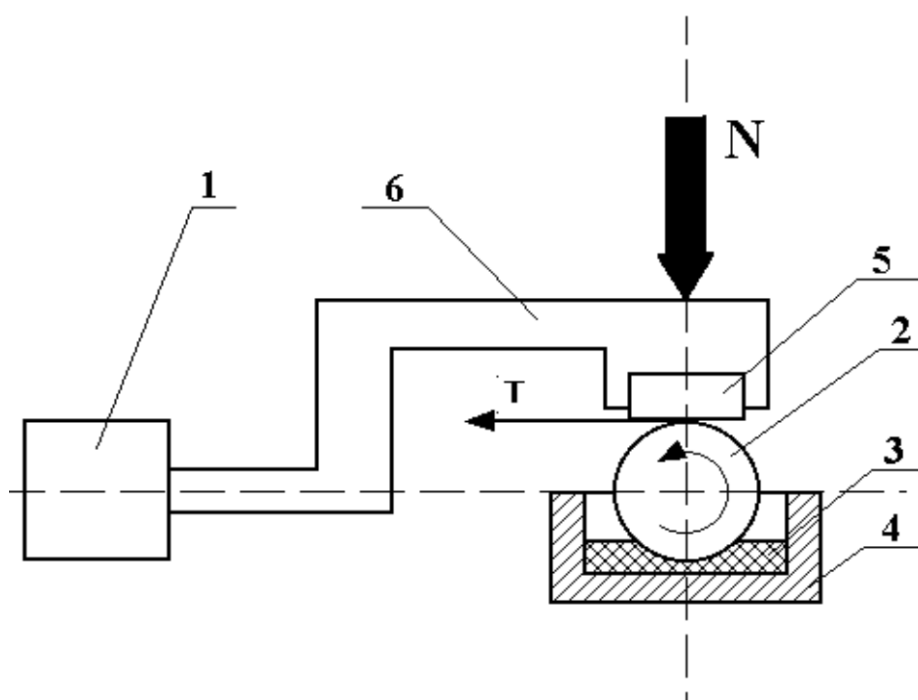
$F_1 = 30$ N – czas 30 s na każdą prędkość obrotową: 60–120–180–240 obr./min,

$F_2 = 60$ N – czas 30 s na każdą prędkość obrotową: 60–120–180–240 obr./min,

$F_3 = 90$ N – czas 30 s na każdą prędkość obrotową: 60–120–180–240 obr./min,

$F_4 = 120$ N – czas 30 s na każdą prędkość obrotową: 60–120–180–240 obr./min,

Etap II, zasadniczy, przeprowadzono przy obciążeniu 90 N, prędkości obrotowej $n = 180$ obr./min w czasie 1 godziny.

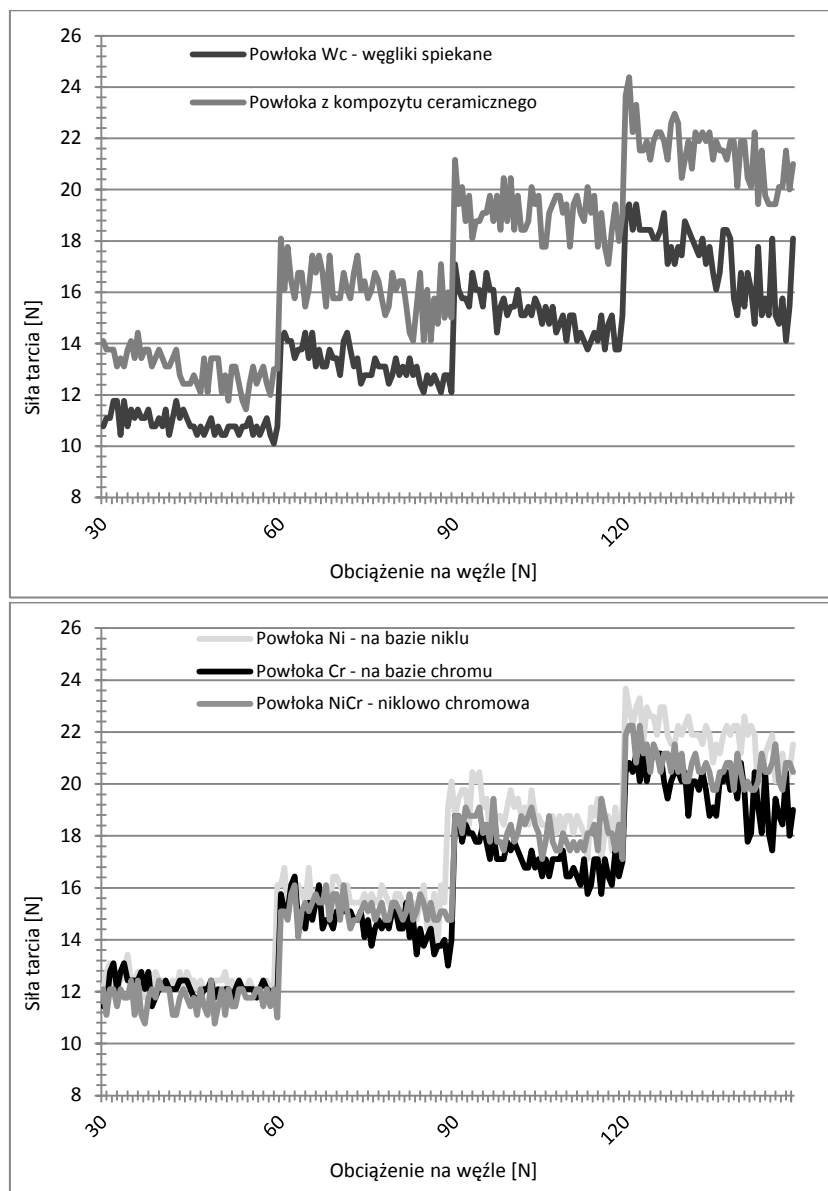


Rys. 1. Schemat działania tribometru T-05 typu rolka-kłodek: 1 – tensometryczny czujnik siły, 2 – przeciwpółka (stal 45), 3 – środek smarny (AN-68), 4 – zbiornik z środkiem smarnym, 5 – badana próbka z naniesioną powłoką, 6 – ramię przenoszące siłę

Fig. 1. Diagram of the tribometer T-05 type roll-block: 1 – strain gauge force sensor, 2 – counterspecimen (steel 45), 3 – lubricant (AN-68), 4 – reservoir of lubricant, a 5 – test sample of coated, 6 – arm power transfer

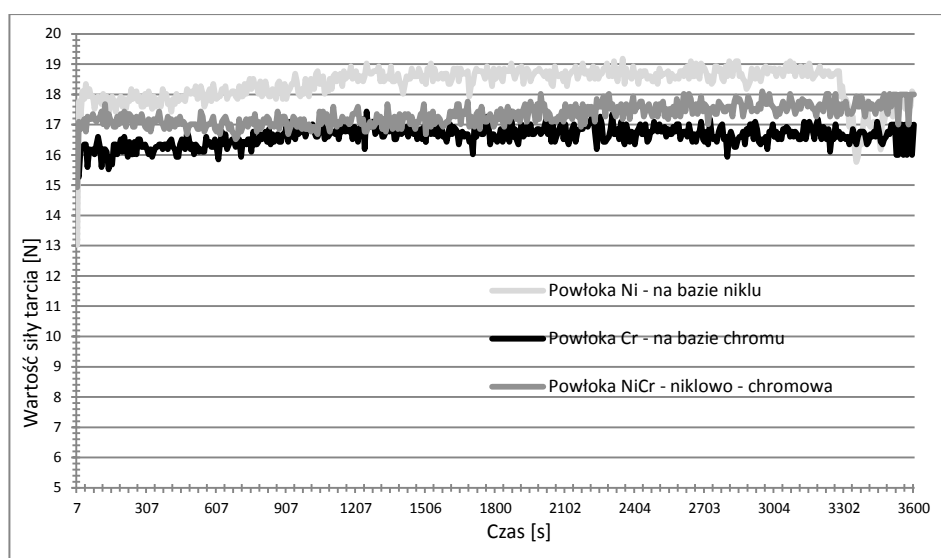
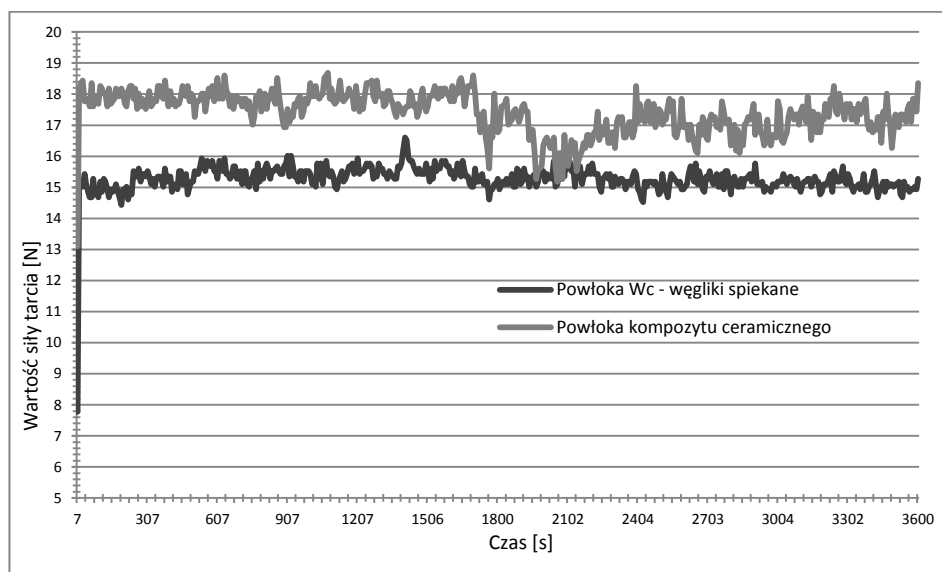
WYNIKI BADAŃ I WNIOSKI

Wyniki z przeprowadzonych badań przedstawiono na Rys. 2–5.

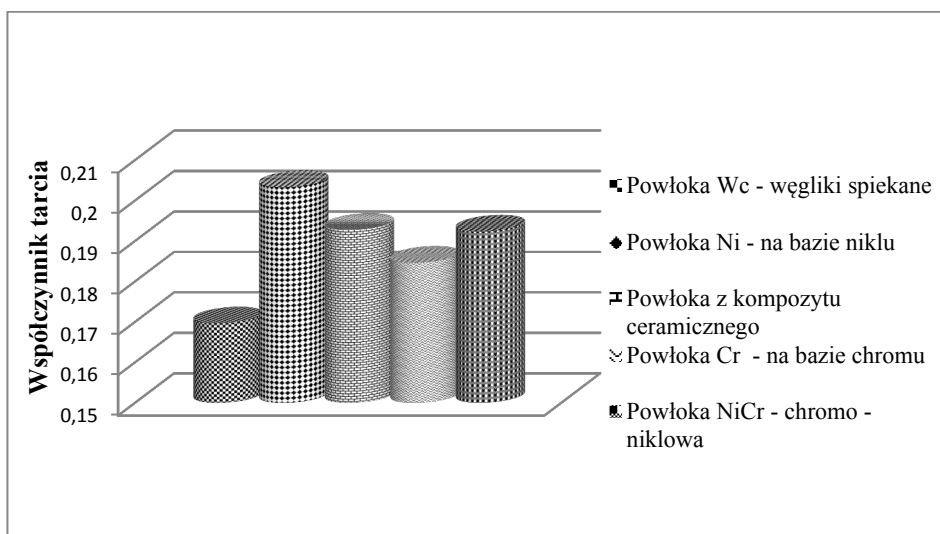


Rys. 2. Przebieg zmienności siły tarcia w funkcji zmian prędkości i obciążenia węzła tarcia stal 45/badany kompozyt

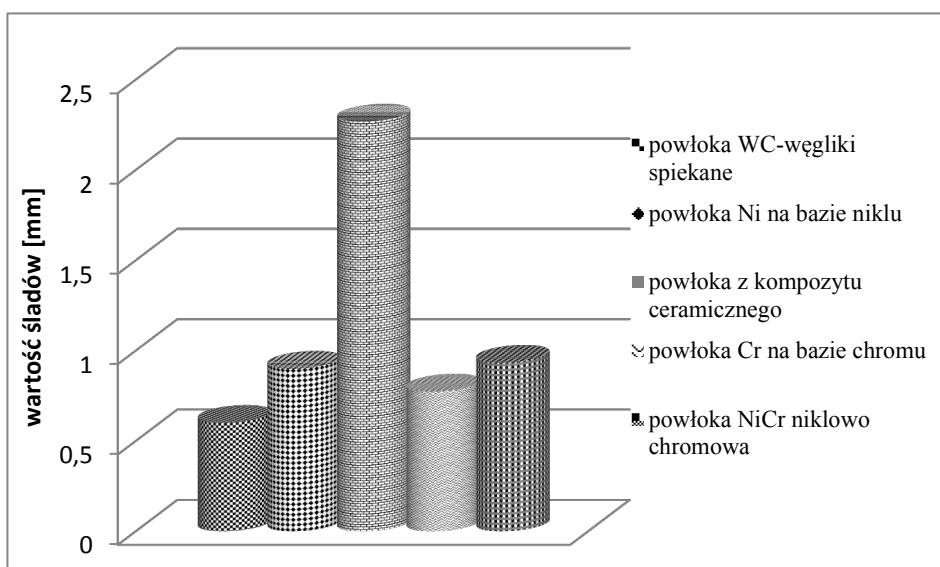
Fig. 2. The course of variation of friction force as a function of changes in speed and load of the friction steel 45/composite test



Rys. 3. Siła tarcia w funkcji czasu dla skojarzenia stal C45/badany kompozyt
Fig. 3. Friction force as a function of time for the couple C45 steel/tested composite



Rys. 4. Wartości współczynnika tarcia skojarzeń trących stal 45/badany kompozyt
 Fig. 4. Friction coefficient of friction associations steel 45/composite test



Rys. 5. Wyniki badań zużycia skojarzeń trących stal 45/badany kompozyt
 Fig. 5. The results of associations of rubbing wear steel 45/composite test

Po przeanalizowaniu wyników badań stwierdzono:

- powłoki, które zostały naniesione na próbki, posiadają różnice we właściwościach tribologicznych i tak powłoka Wc – na bazie węglików spiekanych jest zdecydowanie najlepsza we wszystkich parametrach. Posiada ona

najmniejszy współczynnik tarcia – **0,1696**, najmniejszy ślad wytarcia powstały podczas badania w miejscu styku z przeciwpóbką – **0,6 mm** – ubytek masowy – **0,000051 g**, – objętościowy – **0,006522 mm³**. Powłoka ta ma najlepsze właściwości tribologiczne i może z powodzeniem znaleźć zastosowanie przy regeneracji części maszyn, które pracują w trudnych warunkach i wymaga się od nich dużej odporności na zużycie;

- na drugim miejscu usytuowano powłokę na bazie chromu, gdzie współczynnik tarcia wyniósł – **0,1846**, ślad wytarcia w próbce **0,773 mm** – ubytek masowy – **0,000094 g**, ubytek objętości – **0,011927 mm³**. Trzeba zauważyć, że powłoka ta nie odbiega właściwościami i parametrami określającymi zużycie zbyt mocno od powłoki z węglików spiekanych;
- powłoki niklowe i niklowo-chromowe mają widoczne różnice w osiągniętych wynikach w porównaniu z poprzednimi materiałami. Współczynnik tarcia: powłoka Ni – **0,2033**, NiCr – **0,1923**, ślad wytarcia: Ni – **0,9 mm**, NiCr – **0,933 mm**, ubytek objętości: Ni – **0,022048 mm³**, NiCr – **0,02459 mm³**, ubytek masy: Ni – **0,000173 g**, NiCr – **0,000193 g**. Ich właściwości spełniają wymogi przy regeneracji;
- najgorzej wypadła powłoka na bazie kompozytu ceramicznego. Jej charakterystyka i właściwości eliminują ją z możliwości zastosowania przy regeneracji maszyn i urządzeń. Wyniki tej próby: współczynnik tarcia – **0,1927**, ślad wytarcia – **2,267 mm**, ubytek objętości – **0,352586 mm³**, ubytek masy – **0,002771 g**, nawet nie są zbliżone do wyników uzyskanych przy innych powłokach. Jedynie współczynnik tarcia mieści się w granicach zadowalającego wyniku. Nie daje to jednak możliwości jej wykorzystania tak jak pozostałych kompozytów.

W związku z powyższym stwierdzono, że metalizacja natryskowa ma możliwość zastosowania i racjonalnego wykorzystania, gdyż jako jedna z nielicznych metod umożliwia nanoszenie i wykonanie powierzchni niejednorodnej, tzn. składającej się z dwu lub więcej metali lub innych substytutów. Powierzchnia uszlachetniona poprzez dodanie niewielkiej ilości metali (chrom, nikiel, wanad, molibden itp.) o bardzo wysokich właściwościach tworzy powierzchnie o zbliżonych cechach jednorodnego metalu, a niejednokrotnie lepszą.

LITERATURA

1. Brennek J., Brodzki Z., Drązkiewicz T., Gębalski S., Kowalski Z.: Poradnik metalizacji natryskowej. Państwowe Wydawnictwo Techniczne, Warszawa 1959.
2. Nadasi E.: Nowoczesne metody metalizacji natryskowej, (tłum. z j. węg. E. Liszewski). Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1975.
3. Topulos A. (red.): Mały leksykon techniczny. Technologia mechaniczna. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1977.

4. Naczelna Organizacja Techniczna, Rada Wojewódzka w Częstochowie – „Regeneracja odpowiedzialnych części maszyn i urządzeń metodą metalizacji natryskowej”. Częstochowa, wrzesień 1983.
5. Grabiec A., Markiewicz E.: Metalizacja natryskowa. Państwowe Wydawnictwa Techniczne, Warszawa 1954.
6. Biestek T., Sękowski St.: Metody badań powłok metalowych. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1973.
7. Zdankiewicz A.: Technologia powłok galwanicznych, PWSZ.
8. Reksć W. Galwanotechnika. Politechnika Poznańska, 1992.

Summary

This paper presents the results of tribological properties such as wear and the coefficient of friction forces obtained by coating by metal spraying. The research was based on coatings of nickel, chromium, chromium-nickel, tungsten carbide, and ceramic composites. The study was conducted as a function of variation of parameters P , v , as well as at constant speed and load. It was shown that the most favourable tribological properties of the investigated coatings are characterised by a shell-based cemented carbide, and a ceramic coating was the least favourable.