

**POWIERZCHNIOWE WARSTWY KOMPOZYTOWE JAKO METODA  
MODYFIKOWANIA WŁAŚCIWOŚCI TRIBOLOGICZNYCH**

JAROSŁAW SEŃ

Politechnika Rzeszowska

35-959 Rzeszów, Al. Powstańców W-wy 6

**SŁOWA KLUCZOWE**

Powierzchniowe warstwy kompozytowe, właściwości tribologiczne, odporność na zatarcie, odporność na zużycie, warstwa wierzchnia.

**STRESZCZENIE**

W pracy przedstawiono rezultaty badań właściwości tribologicznych powierzchniowych warstw kompozytowych. Stwierdzono wzrost odporności na zatarcie i obniżenie zużycia tribologicznego próbek ze stali 45 z mosiężnymi, miedzianymi i srebrnymi warstwami kompozytowymi w porównaniu z próbkami szlifowanymi i nagniatanymi.

**WPROWADZENIE**

W celu zapewnienia elementom maszyn i urządzeń odpowiednich właściwości użytkowych (w tym także odporności na zużycie tribologiczne), podczas ich wytwarzania, stosowanych jest wiele różnorodnych metod obróbki umacniającej. Część z nich polega na zmianie właściwości materiału wskutek modyfikacji jego składu chemicznego (metody obróbki cieplno-chemicznej, implantacja jonowa), lub poprzez nałożenie powłoki materiału (napawanie, natryskiwanie cieplne, powlekanie galwaniczne, tarciove nanoszenie stopów miedzi itp.) [1].

Niedogodnościami tych metod są: wysoki koszt realizacji, duża pracochłonność i niejednokrotnie szkodliwość dla środowiska naturalnego.

Stwarza to konieczność tworzenia nowych metod obróbki umacniającej, które byłyby pozbawione w/w wad. Jedną z takich metod, mogącą stanowić w pewnych wypadkach alternatywę dla dotychczas stosowanych, może być technologia wytwarzania

powierzchniowych warstw kompozytowych [2]. Umożliwia ona wytworzenie na powierzchni obrabianego przedmiotu warstwy kompozytowej, składającej się z materiału podstawowego i pasm ułożonego w nim materiału modyfikującego [3, 4, 5]. Odpowiedni dobór materiału modyfikującego powinien zapewnić wzrost odporności wytworzonej warstwy na zużycie tribologiczne w odniesieniu do materiału podstawowego.

## BADANIA WŁASNE

Celem prowadzonych badań było sprawdzenie możliwości modyfikowania właściwości tribologicznych, polegających na podwyższeniu odporności na zatarcie i zmniejszeniu zużycia elementów stalowych przez wytworzenie na ich powierzchni warstw kompozytowych. Tworzenie powierzchniowej warstwy kompozytowej składa się z trzech etapów:

1. wykonania na obrabianej powierzchni śrubowego rowka o odpowiednio dobranym kształcie przekroju poprzecznego,
2. ułożenia w rowku drutu z materiału modyfikującego,
3. nagniecia powierzchni z określoną siłą.

Badaniom poddano próbki ze stali 45 obrobione wg następujących wariantów :

- wariant 1: - toczenie + szlifowanie,
- wariant 2: - toczenie + szlifowanie + krążkowanie naporowe toczne,
- wariant 3: - toczenie + szlifowanie + ukonstytuowanie warstwy mosiężnej,
- wariant 4: - toczenie + szlifowanie + ukonstytuowanie miedzianej warstwy,
- wariant 5: - toczenie + szlifowanie + nałożenie srebrnej warstwy kompozytowej.

We wszystkich warstwach kompozytowych skok linii śrubowej rowka wynosił 3 mm, średnica drutu 0,8 mm, a siła nagniatania 900 N. Badania zostały przeprowadzone na próbkach walcowych o średnicy 35 mm i szerokości 9mm.

### Wyniki badań odporności na zatarcie

Badania odporności na zatarcie zostały przeprowadzone na testerze T-05 o testowym węźle tarcia: rolka-klocek. Próbkę stanowiła rolka (powierzchnie próbek nie były utwardzane), natomiast przeciwpróbce stanowił klocek wykonany ze stali 55 hartowanej do twardości  $56^{+2}$  HRC.

Siła docisku próbki do przeciwpróbki wynosiła 2400 N, prędkość poślizgu próbki po przeciwpróbce 0,45 m/s. Podczas prób stosowano smarowanie zanurzeniowe przy wykorzystaniu oleju Selektol Specjal SD SAE 20W/40.

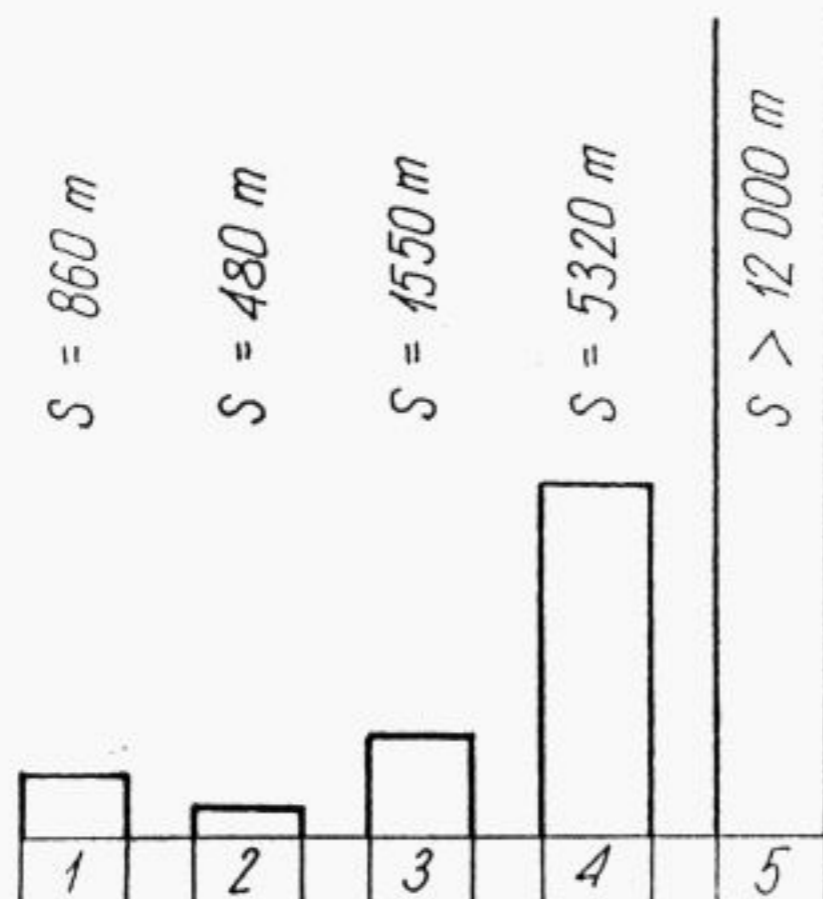
W trakcie badań prowadzono ciągłą rejestrację siły tarcia. Przyjęto, że po przekroczeniu przez siłę tarcia założonej wartości 500 N następuje zatarcie (tester samoczynnie przerywał wówczas próbę. Jako parametr służący do porównania odporności na zatarcie badanych wariantów obróbkowych przyjęto drogę tarcia do zatarcia S. Wyniki przeprowadzonych badań zamieszczono na rys. 1. Zamieszczone wyniki są średnią arytmetyczną z trzech pomiarów.

Przy przyjętych w badaniach warunkach tarcia próbki szlifowane i nagniatane ulegały szybkiemu zatarciu. Mosiężna, srebrna i miedziana warstwa kompozytowa zwiększyła odporność próbek na zatarcie będące jedną z awaryjnych form uszkodzenia węzłów kinematycznych. Mosiężna warstwa kompozytowa spowodowała wzrost drogi tarcia do zatarcia o 80% w odniesieniu do szlifowania i o 223% w odniesieniu do nagniatania.

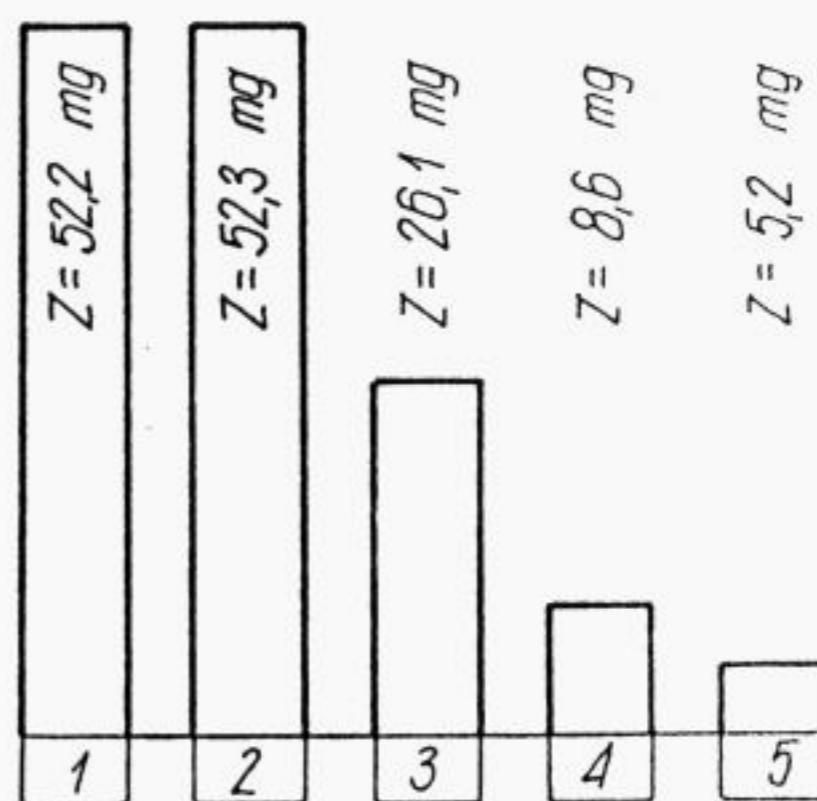
Miedziana warstwa kompozytowa spowodowała wzrost drogi tarcia do zatarcia o 519% w odniesieniu do szlifowania i o 1008% w odniesieniu do nagniatania. Największy przyrost odporności na zatarcie uzyskano przy srebrnej warstwie kompozytowej. Dla



przyjętych warunków badań próbki ze srebrnymi warstwami kompozytowymi nie uległy zatarciu do uzyskania drogi tarcia równej 12000 m (po przekroczeniu tej granicy ze względów ekonomicznych próby przerywano). Wzrost drogi tarcia do zatarcia wynosił więc ponad 1295% w odniesieniu do szlifowania i 2400% w odniesieniu do nagniatania.



Rys. 1. Wyniki pomiarów drogi tarcia do zatarcia próbek: 1-szlifowanej, 2-nagniatanej, 3-z mosiężną w-wą komp., 4- z miedzianą w-wą komp., 5-ze srebrną w-wą komp.



Rys. 2. Wyniki pomiarów zużycia tribologicznego próbek 1-szlifowanej, 2-nagniatanej, 3-z mosiężną warstwą kompozytową, 4-z miedzianą warstwą kompozytową, 5-ze srebrną warstwą kompozytową.

### Wyniki badań zużycia tribologicznego

Badania zużycia tribologicznego przeprowadzono na testerze T-05 przy takiej samej próbce i przeciwpróbce jak w przypadku badań odporności na zatarcie.

Siła docisku próbki do przeciwpróbki wynosiła 1800 N, prędkość poślizgu próbki po przeciwpróbce 0,45 m/s, droga tarcia 2250 m. Podczas prób stosowano smarowanie zanurzeniowe przy wykorzystaniu oleju Selektol Specjal SD SAE 20W/40.

Wielkość zużycia określano metodą wagową, tzn. próbki były ważone przed próbą i po próbie na wadze laboratoryjnej z dokładnością 0,2 mg. Wyniki przeprowadzonych badań zamieszczono na rys. 2. Zamieszczone wyniki są średnią arytmetyczną z trzech pomiarów.

Próbki szlifowane i nagniatane charakteryzują się jednakowym zużyciem tribologicznym. Mosiężna warstwa kompozytowa zmniejszyła zużycie tribologiczne próbek o 50%. Zdecydowanie lepsze efekty uzyskano w przypadku zastosowania miedzianej i srebrnej warstwy kompozytowej. Przy miedzianej warstwie kompozytowej obniżenie zużycia tribologicznego wynosiło 83,5%, a przy srebrnej 90%.

### Analiza wyników badań

Przedstawione wyniki potwierdzają możliwość wydatnego obniżenia zużycia tribologicznego poprzez wytworzenie na powierzchni badanych elementów warstw kompozytowych. Wprowadzenie w strefę tarcia materiału o odpowiednich właściwościach (miedź, srebro) daje w efekcie wydatne podniesienie odporności na zatarcie oraz zmniejszenie



zużycia tribologicznego. Jest to spowodowane najprawdopodobniej wytworzeniem w procesie tarcia tribologicznej warstwy wierzchniej o korzystnych właściwościach. Utworzona zostaje warstewka o niskiej odporności na ścinanie, rozdzielająca współpracujące powierzchnie. Podczas tarcia może zachodzić ścinanie i deformacja w tej warstwie, zmniejszając zużycie materiału podstawowego.

Pełniejsze wyjaśnienie przyczyn zwiększania odporności na zużycie tribologiczne polegającego na wytworzeniu na powierzchni rozpatrywanego elementu odpowiedniej warstwy kompozytowej będzie tematem dalszych badań.

## WNIOSKI

1. Technologia konstytuowania powierzchniowych warstw kompozytowych może stanowić efektywny i ekonomiczny sposób modyfikowania właściwości tribologicznych.
2. Miedziana warstwa kompozytowa o skoku linii śrubowej rowka 3,0 mm wytworzona na stali 45 powoduje wzrost drogi tarcia do zatarcia o 519% w odniesieniu do szlifowania i o 1008% w odniesieniu do nagniatania oraz obniżenie zużycia tribologicznego o 83,6% w odniesieniu do szlifowania i nagniatania.
3. Srebrna warstwa kompozytowa o skoku linii śrubowej rowka 3,0 mm wytworzona na stali 45 powoduje wzrost drogi tarcia do zatarcia o ponad 1295% w odniesieniu do szlifowania i o ponad 2400% w odniesieniu do nagniatania (przy przyjętych warunkach badań próbki nie uległy zatarciu) oraz obniżenie zużycia tribologicznego o 90% w odniesieniu do szlifowania i nagniatania.

*recenzował: Prof. dr hab. inż. Jan Burcan*

## BIBLIOGRAFIA

1. Wybrane zagadnienia zużywania się materiałów w ślizgowych węzłach maszyn. Praca zbiorowa pod red. W. Zwierzyckiego. PWN, Warszawa-Poznań 1990.
2. Zielecki W.: Sposób wytwarzania powierzchniowych warstw kompozytowych. Zgłoszenie patentowe P-290726.
3. Sęp J., Zielecki W.: Modyfikowanie właściwości warstwy wierzchniej i zużycia tribologicznego metodą wytwarzania powierzchniowych warstw kompozytowych. Mat. XVII Szkoły Tribologicznej, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, nr 82, Mechanika z. 28, Rzeszów 1991.
4. Sęp J.: Modyfikowanie zużycia tribologicznego poprzez wytwarzanie powierzchniowych warstw kompozytowych. Materiały 14-tego Międzynarodowego Sympozjum Studentów i Młodych Pracowników Nauki, Zielona Góra 1992.
5. Sęp J., Łunarski J.: Powierzchniowe warstwy kompozytowe - właściwości tribologiczne. Mat. XVIII Szkoły Tribologicznej, Kołobrzeg 1992.

## COMPOSITE SURFACE LAYERS AS A METHOD OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES MODIFICATION

### Summary

The paper presents results of investigations concerning tribological properties of the composite surface layer. It has been stated that there is a possibility to get increase in seizure resistance and decrease in wear of specimens made of 45 steel with brass, copper or silver composite surface layer as compared to ground and burnished specimens.