

Mykhaylo Pashechko¹⁾, Mirosław Kindraczuk²⁾

ODPORNE NA ZUŻYCIE POWŁOKI EUTEKTYCZNE UKŁADU Fe-Mn-C-B-Si-Ni-Cr OTRZYMANE METODĄ NAPAWANIA Z WYKORZYSTANIEM DRUTÓW PROSZKOWYCH

Streszczenie. W artykule omówiono właściwości tribologiczne powłoki eutektycznej na bazie układu Fe-Mn-C-B-Si-Ni-Cr otrzymanej metodą napawania łukowego w osłonie gazowej GMA z użyciem drutu proszkowego. Badanie przeprowadzono dla próbek z powłoką eutektyczną w układzie trzpień-tarcza podczas ruchu ślizgowego na sucho dla prędkości 0,4 m/s przy przyłożonych obciążeniach 3, 7 i 10 MPa. Materiał przeciwpróbki stal C 45. Po tarcu strukturę i rozkład atomów na powierzchni powłoki eutektycznej badano z użyciem skaningowego mikroskopu elektronowego SEM. Na podstawie uzyskanych wyników badań zaproponowano mechanizm zużycia opracowanych materiałów kompozytowych eutektycznych. W procesie tarcia występuje segregacja atomów C, B i Si na powierzchni tarcia, spowodowana termodyfuzją, aktywizowana cyklicznym rozgrzewaniem powierzchni tarcia. Wskutek tribosyntezy powstają fazy nanokrystaliczne, które powodują zwiększenie odporności na zużycie kompozytów eutektycznych. Mechanizm tarcia jest utleniający.

WSTĘP

Podwyższenie odporności na zużycie warstw wierzchnich materiałów konstrukcyjnych w istotny sposób zwiększa trwałość elementów maszyn. Najczęściej wykorzystywane powłoki odporne na zużycie na osnowie Co, Ni, Fe, Ti: Ti-Cr-Si [1], Ni-Fe-C-MoS₂ [2], Fe-C-Cr-Si [3], TiC/FeCrBS [4], Ni-Cr-Mo-V [5], Fe-Ti-V-Mo-C [6]. Dla wyjaśnienia mechanizmu zużycia różnego rodzaju materiałów istotne jest określenie intensywności ich zużycia i badania zjawisk fizyko-chemicznych zachodzących na powierzchni tarcia [7–10].

Kształtowanie eutektycznego pokrycia zachodzi wskutek dyfuzyjnego oddziaływania manganu, boru i krzemu, a także innych pierwiastków stopowych w fazie ciekłej. W zależności od zawartości żelaza, manganu, węgla i boru zachodzi reakcja eutektyczna w układzie Fe-Mn-C, albo Fe-B-C. Przy nagrzewaniu stopu w postaci proszku do 1473 K zachodzi nadtopienie powierzchni i dyfuzja węgla i boru w stal. Podczas ochładzania w pierwszej kolejności zachodzi krystalizacja stopowanego austenitu (ferrytu),

¹⁾ Katedra Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.

²⁾ Katedra Maszynoznawstwa, Państwowy Uniwersytet Lotniczy, Kijów.

który rośnie w postaci dendrytów od podłoża, a następnie krystalizuje się w obszarach między dendrytami eutektyka układu Fe-Mn-C.

Zawartość pierwiastków stopowych takich jak Si, Ni, Cr i innych dobiera się uwzględniając możliwość otrzymania stopów ze strukturą eutektyczną oraz podwyższoną odpornością na zużycie biorąc pod uwagę jednocześnie aspekt ekonomiczny.

Własności napawanych warstw wierzchnich zależą nie tylko od składu stopiwa eutektycznego, lecz również od technologii napawania, która może w istotny sposób wpłynąć na zmianę struktury materiału napawanego.

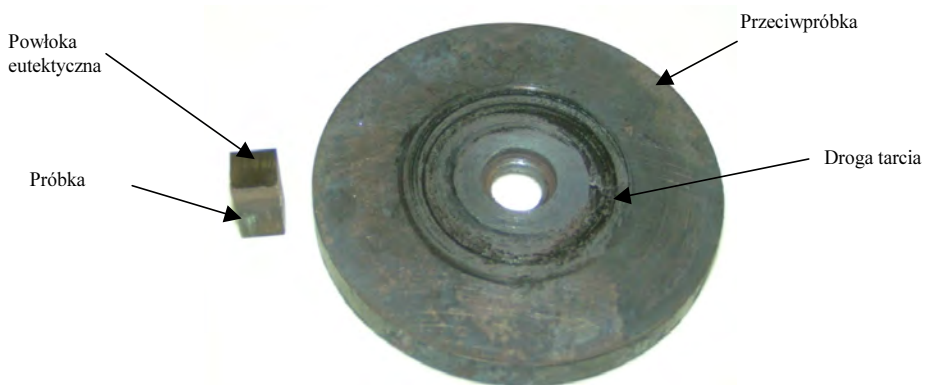
Strukturę i własności eutektycznych warstw wierzchnich można regulować zawartością i wzajemnym stosunkiem pierwiastków w materiale proszkowym oraz technologicznymi parametrami procesu napawania. Właściwości powłok określa skład chemiczny, struktura i skład fazowy. Poprzez ich zmianę można optymalizować własności tribologiczne.

METODYKA BADAŃ

Powłoki otrzymywano z drutu proszkowego o stopiwie eutektycznych układu Fe-Mn-C-B-Si-Ni-Cr metodą napawania GMA (MAG osłona CO₂). Jako materiał próbek przyjęto stal SJ 355. Skład pierwiastków wieloskładnikowego stopu eutektycznego (w % masowych) wynosi: Fe 85,1–92,5; Mn 1,6–7,6; C 2,6–7,0; B 0,2–3,5.

Badania odporności na zużycie przeprowadzono na zmodernizowanym triboteście typu Amslera przy uwzględnieniu PN-79/H-04329. Przyjęte podstawowe parametry tarcia: układ trzpień – tarcza (kształt próbki – kwadrat o boku 10 mm, średnica tarczy – 90 mm, materiał stal C 45, twardość 52–54 HRC, rys. 1), prędkość 0,4 m/s, czas tarcia 6 godzin. Ubytek masy mierzono metodą wagową z dokładnością 1 mg.

Badania rozkładu pierwiastków na powierzchni przed i po tarcu były prowadzone przy użyciu skaningowego mikroskopu elektronowego SEM z przystawką EDS.

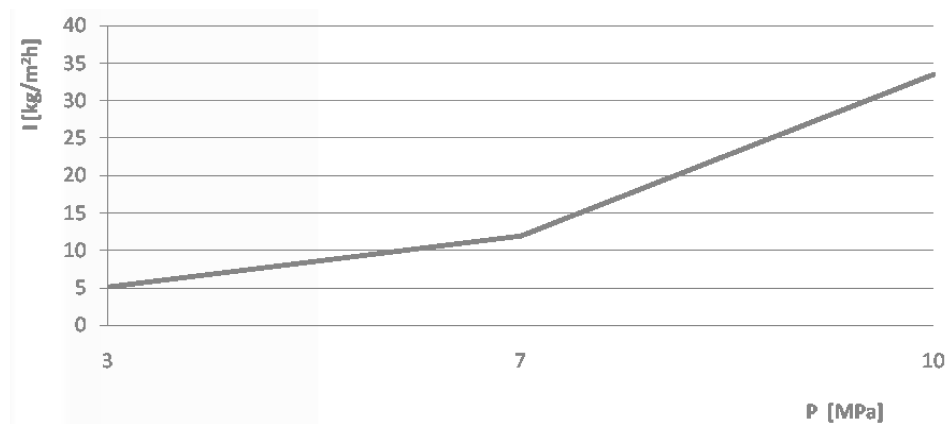


Rys. 1. Widok próbki i przeciwpróbki

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Ubytek masy próbki po tarcu przy obciążeniu 3 MPa wyniósł 5, przy 7 MPa – 11, natomiast przy 10 MPa – 33 kg/m² h (rys. 2). Współczynnik tarcia przy obciążeniu 3 MPa wyniósł 0,48, przy 7 MPa – 0,67 natomiast przy 10 MPa – 0,94.

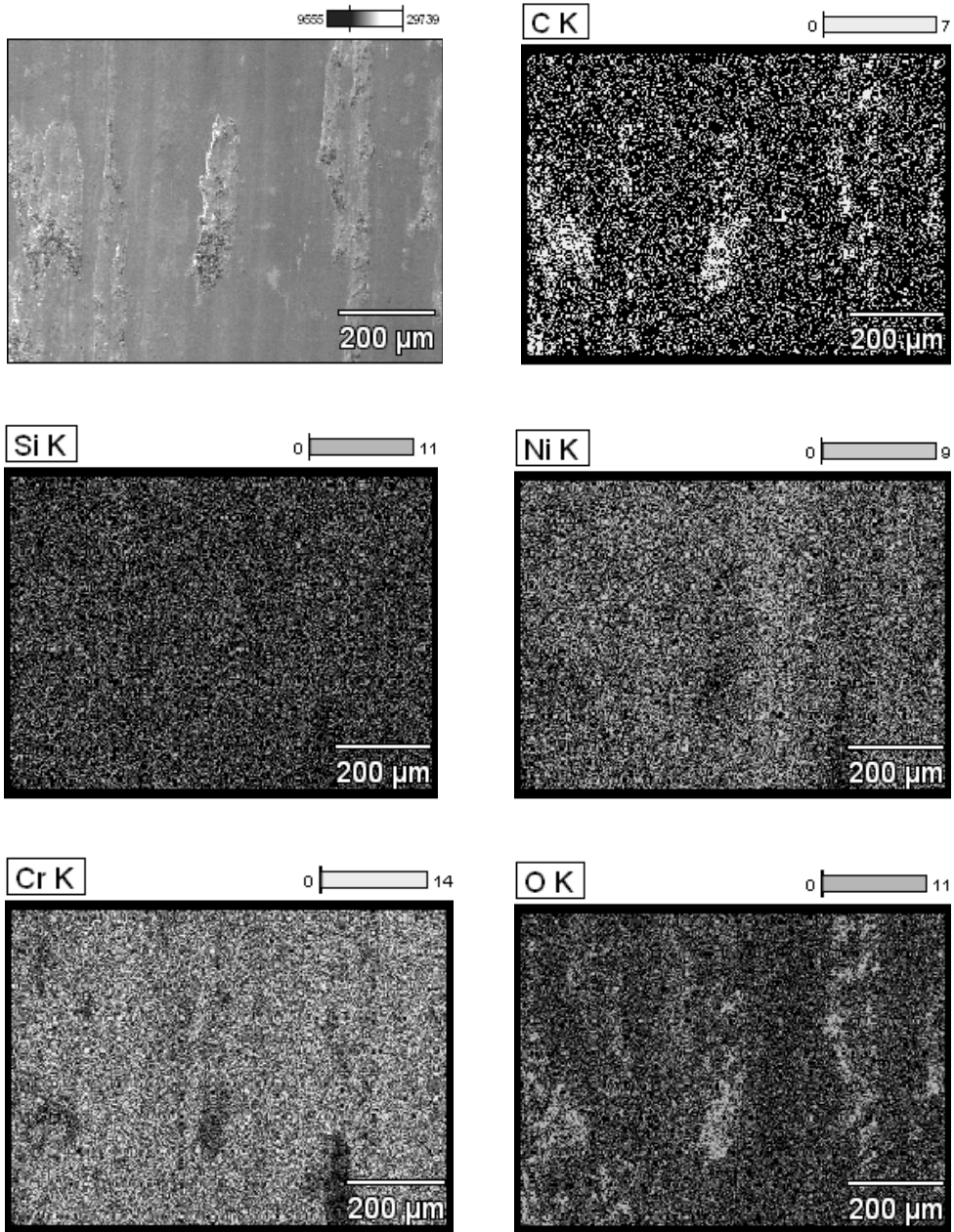
Powłoka eutektyczna składa się z stopowanego austenitu (faza miękka), manganowego węglika żelaza Fe_{0,4}Mn_{3,6}C (faza umacniająca) oraz dyspersyjnych wtrąceń boru żelaza Fe₂B i węglika chromu Cr₇C₃. Zawartość pierwiastków stopowych Si, Cr, Ni w powłoce wynosi: Si – 2,46%, Cr – 16,24%, Ni – 17,68. Twardość powłoki 49 HRC. Mikrotwardość zmienia się od 473 do 522 HV. Strefa przejściowa ma mikrotwardość 421 HV, a rdzeń 299 HV.



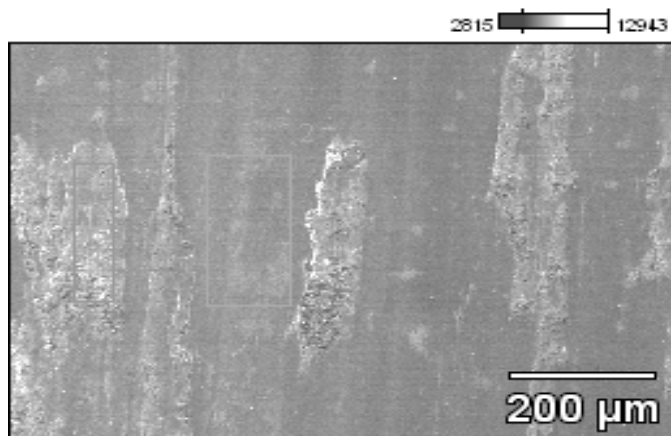
Rys. 2. Intensywność zużycia powłoki eutektycznej układu Fe-Mn-B-C-Si-Ni-Cr przy obciążeniach 3, 7 i 10 MPa

Otrzymano nierównomierny rozkład atomów węgla, krzemu oraz tlenu na powierzchni tarcia (rys. 3). Obecność tlenu może świadczyć o kształtowaniu się tlenków, czyli zużyciu utleniającym. Przebadano skład chemiczny powierzchni przed i po tarcu (rys. 4) przy obciążeniu 3 MPa dla obszarów 1, 2.

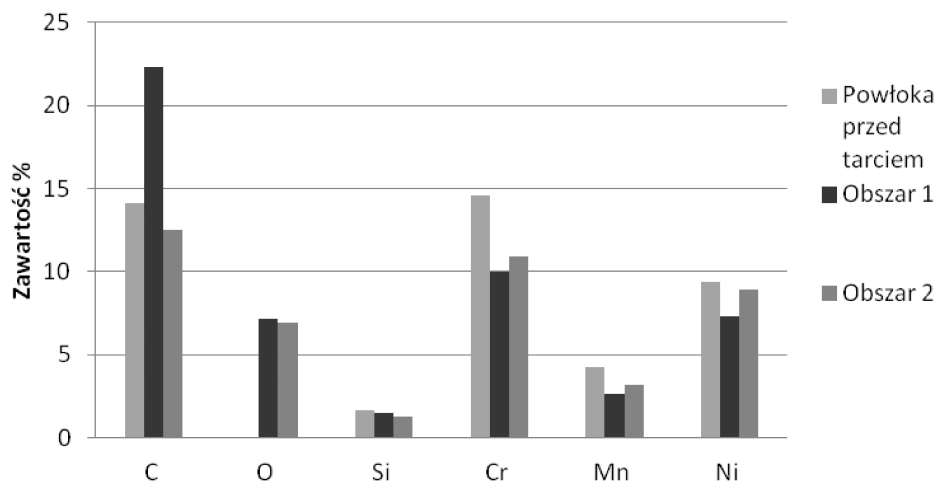
Na powierzchni tarcia (rys. 5) ujawniono wzrost zawartości atomów O oraz C dla obszaru 1 w porównaniu do powierzchni powłoki przed tarcem. Zawartość węgla wzrasta z 14,11 do 22,31 w obszarze 1 i spada do 12,51 w obszarze 2. Zawartość tlenu wzrasta do 7,17 w obszarze 1 i 6,19 w obszarze 2. Natomiast dla Si, Cr, Mn, Ni widoczny jest spadek zawartości tych pierwiastków na powierzchni w porównaniu z próbką przed tarcem.



Rys 3. Rozkład atomów C, Si, Ni, Cr, O na powierzchni tarcia stopu eutektycznego przy obciążeniu 3 MPa



Rys. 4. Powierzchnia tarcia



Rys. 5. Rozkład pierwiastków na powierzchni powłoki Fe-Mn-C-B-Si-Ni-Cr przed i po tarcia przy obciążeniu 3 MPa

PODSUMOWANIE

Stopy eutektyczne układu Fe-Mn-C-B-Si-Cr-Ni dają możliwość otrzymywania na powierzchni stali SJ 355 odpornych na zużycie powłok eutektycznych metodą napawiania MAG z wykorzystaniem drutów proszkowych.

Badania mikrostrukturalne pokazały, że są one materiałem kompozytowym dyspersyjnie wzmocnionym borkami oraz węglnikami żelaza i chromu. Stwierdzono wzrost zawartości pierwiastków C, O, na powierzchni tarcia powłoki eutektycznej w porównaniu z próbką przed tarcie.

Na podstawie uzyskanych wyników badań zaproponowano mechanizm zużycia opracowanych materiałów kompozytowych eutektycznych. W procesie tarcia występuje segregacja atomów C, B i Si na powierzchni tarcia, spowodowana termodyfuzją, aktywizowana cyklicznym rozgrzewaniem powierzchni tarcia. Wskutek tribosyntezy powstają fazy nanokrystaliczne, które powodują zwiększenie odporności na zużycie kompozytów eutektycznych. Mechanizm tarcia jest utleniający.

PIŚMIENNICTWO

1. Hadad M., Bandyopadhyay P.P., Michler J., Lesage J.: Tribological behaviour of thermal-sprayed Ti-Cr-Si coatings. *Wear* 267, 2009: 1002–1008.
2. Jianliang L., Dangsheng X.: Tribological behavior of graphite-containing nickel-based composite as function of temperature, load and counterface, *Wear* 266, 2009: 360–367.
3. Granat K.: Wieloskładnikowe stopy Fe-C-Cr-Si odporne na zużycie przeznaczone na odlewy i warstwy napawane. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005.
4. Xinhong W., Zengda Z., Sili S., Shiyao Q.: Microstructure and wear properties of in situ TiC/FeCrBSi composite coating prepared by gas tungsten arc welding. *Wear* 260, 2006: 705–710.
5. Rai D., Singh B., Singh J.: Characterisation of wear behavior of different microstructures in Ni-Cr-Mo-V steel. *Wear* 263, 2007: 821–829.
6. Xinhong W., Fang H., Xuemei L., Shiyao Q., Zengda Z.: Microstructure and wear properties of the Fe-Ti-V-Mo-C hardfacing alloy. *Wear* 265, 2008: 583–589.
7. Garza-Montes-de-Oca N.F., Rainforth W.M.: Wear mechanisms experienced by a work roll grade high speed steel under different environmental conditions. *Wear* 267, 2009: 441–448.
8. Chengxin L., Guixin W., Yandong W., Jingang W., Jianjun Z.: Analysis of wear resistance and its mechanism in an Fe-Mn-Si-Cr-Ni shape memory alloy. *Materials Science and Engineering*, 2006: 804–807.
9. Khonsari M.M., Booser E.R.: *Applied Tribology*. Jon Wiley & Sons, Ltd., Chichester 2008.
10. Pashechko M., Lenik K.: Segregation of atoms of the eutectic alloy Fe-Mn-C-B-Si-Ni-Cr at friction wear. *Wear* 267, 2009: 1301–1304.

WEAR RESISTANCE OF EUTECTIC COATING OF SYSTEM Fe-Mn-C-B-Si-Ni-Cr OBTAINED BY WELDING METHOD WITH USE WIRE POWDER

Summary

Wear resistance of eutectic coating of system Fe-Mn-C-B-Si-Ni-Cr obtained by welding method with use wire powder was studied. The coating were obtained by gas metal arc welding GMA with use of wire powder. Pin-on-disk dry sliding wear tests at sliding speeds 0,4 m/s and under loads 3, 7, 10 MPa were conducted for pin specimens with eutectic coatings. Material of counter-sample was steel C 45.

After friction structure and distribution of atoms in the eutectic coatings due to wear was studied by scanning electron microscopy (SEM). Segregation of the C, B and Si caused of the thermal diffusion, activated by of the friction heating of the friction surface. Tribosyntese arise as a result of nanocrystalline phase, which increase the wear resistance of composites eutectic. The mechanism of friction is oxidizing.