

Jerzy NAPIÓRKOWSKI*, Grzegorz PEKALSKI**, Karol KOŁAKOWSKI*

BADANIE STRUKTUR I ZUŻYWANIA POWŁOK NAPAWANYCH W GLEBOWEJ MASIE ŚCIERNEJ

RESEARCH ON STRUCTURES AND WEAR PROCESSES OF HARD SURFACE LAYERS IN A SOIL ABRASIVE MASS

Słowa kluczowe:

warstwa napawana, mikrostruktura warstwy, glebowa masa ścierna, proces zużywania, intensywność zużycia

Key words:

hardfacing layers, microstructures of hardfacing layers, abrasive soil mass, wear process, intensity of wear

Streszczenie

W pracy przeanalizowano przebieg zużycia warstw napawanych o zróżnicowanych mikrostrukturach oraz budowie na zużycie jednostkowe w żwirowej i ilastej glebowej masie ścierniej w dwóch ich stanach wilgotnościowych (suchym i mokrym). Do badań wybrano warstwy uzyskane poprzez napawanie materiałów na bazie stopów Fe-C-Cr zawierających pierwiastki węglcotwórcze B, V, Nb, Mn,

* Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydział Nauk Technicznych, Katedra Budowy Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, ul. M. Oczapowskiego 11, 10-736 Olsztyn.

** Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, Instytut Materiałoznawstwa i Mechaniki Technicznej, ul. M. Smoluchowskiego 25, 50-372 Wrocław.

Mo i W. Badania w warunkach laboratoryjnych realizowano na maszynie zużyciowej typu „wirującej masy” na drodze tarcia 10 km. Badania mikroskopowe wykonano za pomocą mikroskopu Neophot 52. Do obserwacji mikrostruktur wykorzystano mikroskopy skaningowe TESLA BS340 sprzężony z mikroanalizatorem TESLA NL-2001A oraz STEREOSCAN 180 z przystawkami do mikroanalizy Link System oraz Philips EM 515. Uzyskane wyniki wskazują, że wraz ze zmianą składu granulometrycznego masy ściernej zmieniają się wartości zużycia napoin. Zużycie w glebie żwirowej jest do 5× intensywniejsze niż w glebie ilastej w zależności od napawanej warstwy i stanu wilgotnościowego gleby. Zwiększenie wilgotności gleby powoduje zmniejszenie nawet 10× intensywności zużywania. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zmniejszenie intensywności zużywania w glebowej masie ściernej wymaga wytworzenia warstw wierzchnich zawierających węgliki pierwotne (Fe, Cr)₇ C₃, węgliki typu Mo₂C, VC, TiC oraz eutektyki [α + (Fe, Cr)₇ C₃].

WPROWADZENIE

Zjawiskiem towarzyszącym użytkowaniu elementów roboczych w glebowej masie ściernej jest ich intensywne zużywanie [L. 1, 6]. Jednym ze sposobów zwiększania trwałości elementów roboczych jest nanoszenie warstw o specjalnie ukonstruowanych właściwościach. Szczególne znaczenie mają warstwy nanoszone napawaniem, podczas którego istnieje możliwość doboru materiału dodatkowego zapewniającego uzyskanie wielofazowych warstw o szerokich właściwościach [L. 5]. Ocena właściwości napoiny była przedmiotem wielu badań z zakresu uzyskiwanych makro- i mikrostruktur oraz ich twardości w zależności od składu chemicznego materiału dodatkowego [L. 2, 3]. Niewiele jest publikacji, w których analizuje się cechy użytkowe napoin w aspekcie różnicowanego rodzaju masy glebowej i jej właściwości, udziału objętościowego węglików w strukturze napoiny oraz ich wielkości, kształtu i sposobu rozmieszczenia w objętości napoiny [L. 4, 7].

Celem pracy jest ocena wpływu struktury napawanych warstw powłok na intensywność zużywania w glebowej masie ściernej w różnych jej stanach wilgotnościowych.

METODYKA BADAŃ

Badania realizowano na maszynie zużyciowej typu „wirującej masy”. Próbki stanowiły prostopadłościanny o wymiarach 30×25×10 mm uzyskane poprzez napawanie następującymi materiałami dodatkowymi na stal 38GSA poddaną obróbce cieplnej:

- EStelMn60 – seria A;
- ENSW2Mo-B – seria B;

- EStelMoNb60- seria C;
- PMFe60P – seria D;
- PMFeCr65P – seria E.

Skład chemiczny stali, wyznaczony metodą grawimetryczną, przedstawiał się następująco – C – 0,38%, Mn – 1,07%, Si – 1,17%, P – 0,028%, S – 0,02%, Cr – 0,18%, Cu – 0,16%, Al – 0,022%. Mikrostruktura stali martenzyt z bainitem i trostytem. Próby tarcia realizowano przy obciążeniu 53 kPa, prędkości skrawania 2 m/s i drodze tarcia 10000 m, w sześciu powtórzeniach, w dwóch stanach wilgotnościowych masy ścierniej, glebie suchej i mokrej. Pomiar ubytku masy dokonywano przy użyciu wagi laboratoryjnej z dokładnością do $\pm 10^{-4}$ g. Twardość warstw mierzono metodą Vickersa zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 6507-1:1999. Badania mikroskopowe wykonano na mikroskopie Neophot 52 przy powiększeniach od 50 do 2000 razy z zastosowaniem obiektywów zwykłych i imersyjnych. Do obserwacji struktur wykorzystano mikroskop skaningowy TESLA BS340 sprzężony z mikroanalizatorem TESLA NL-2001A oraz STEREOSCAN 180 z przystawkami do mikroanalizy Link System oraz Philips EM 515.

Charakterystykę glebowej masy ścierniej przedstawiono w **Tabeli 1**. Oceny składu granulometrycznego przeprowadzono przy użyciu laserowego miernika wielkości cząstek Mastersizer 2000 + Hydro, zaś wilgotność gleby wyznaczono za pomocą pomiaru masy fazy stałej wysuszonej w temperaturze 105°C.

Tabela 1. Charakterystyka glebowej masy ścierniej

Table 1. Characteristics of abrasive soil mass

Nazwa	Żwir >1 mm	Piasek 1–0,1 mm	Pył 0,1–0,02 mm	Części spławiane < 0,02 mm	Wilgotność wagowa [%]	
					gleba sucha	gleba mokra
Gleba żwirowa	56,6	25,4	9,4	8,6	8	13
Gleba ilasta	0,0	9,0	23,6	67,4	14	25


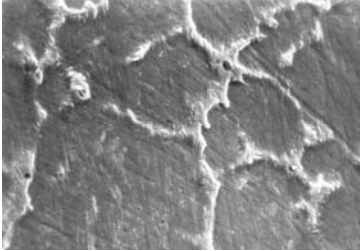
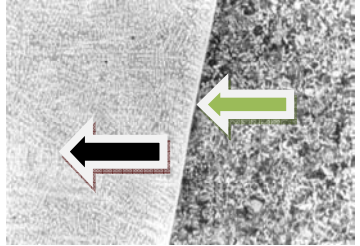
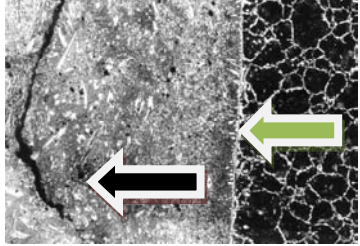

Do oceny ilościowej zużycia przyjęto jednostkowe zużycie wagowe odniesione do jednego cm^2 ścierniej powierzchni i drogi tarcia.

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

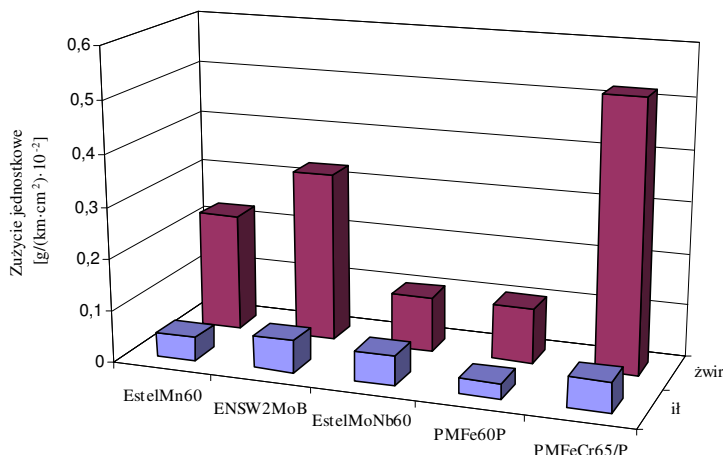
Badane warstwy uzyskane w wyniku napawania charakteryzowały się dużą zmiennością struktur wynikającą ze zróżnicowanej zawartości węgla, chromu oraz pierwiastków węglotwórczych takich jak bor, molibden, tytan i wanad (**Tab. 2**). Uzyskane wyniki wskazują, że wraz ze zmianą składu granulometrycznego masy ścierniej zmieniają się wartości zużycia jednostkowego badanych warstw. Zużycie w glebie żwirowej jest do 5× intensywniejsze niż w glebie

Tabela 2. Charakterystyka struktury warstw wierzchnich napoin

Table 2. Characteristics of the structure of welded layers surface

Seria	Opis mikrostruktury	Struktura
A	<p>Napoina: feryt stopowy, eutektyka [$\alpha + (\text{Fe}, \text{Cr})_7 \text{C}_3$] głównie o budowie płytkowej + austenit szczątkowy. Twardość HV10 620÷726</p>	
B	<p>Napoina: feryt stopowy z drobnymi węglkami molibdenu na granicach ziaren oraz w ich wnętrzu. Twardość HV10 720÷762</p>	
C	<p>Strefa wtopienia: feryt stopowy (strzałka jasna) Napoina: feryt stopowy z licznymi węgli- kami typu Mo_2C, VC, TiC oraz z eutekty- ka [$\alpha + (\text{Fe}, \text{Cr})_7 \text{C}_3$] (strzałka ciemna) Twardość HV10 707÷824</p>	
D	<p>Strefa wtopienia: feryt stopowy (strzałka jasna) Napoina z widocznym mikropęknięciem: węgliki pierwotne $(\text{Fe}, \text{Cr})_7 \text{C}_3$ o budowie listwowej w osnowie eutektyki [$\alpha + (\text{Fe}, \text{Cr})_7 \text{C}_3$] oraz borki i węgliko- borki (strzałka ciemna). Twardość HV10 650÷862</p>	
E	<p>Napoina: feryt stopowy + węgliki pier- wotne $(\text{Fe}, \text{Cr})_7 \text{C}_3$ na tle eutektyki wielo- składnikowej. Twardość HV10 790÷820</p>	

ilastej w zależności od właściwości warstwy i stanu wilgotnościowego gleby (**Rys. 1 i 2**). Tylko w przypadku napoiny zawierającej ferryt stopowy z drobnymi węglnikami molibdenu na granicach ziaren oraz w ich wnętrzu (ENSW2Mo-B) uzyskano w porównywanych suchych masach ściernych zużycie na jednakowym poziomie wartości. Najwyższą odporność spośród badanych warstw na zużywanie stwierdzono dla napoin z serii C (EStelMoNb60) i D (PMFe60P). W pierwszej z nich stwierdzono budowę dendrytyczną (ferryt stopowy) z licznymi węglnikami typu Mo_2C , VC, TiC i eutektyki. Druga natomiast zawierała duże węgliki pierwotne $(\text{Fe}, \text{Cr})_7\text{C}_3$ w osnowie eutektyki o budowie fazowej $[\alpha + (\text{Fe}, \text{Cr})_7\text{C}_3]$ oraz borki i węglkoborki. Zwiększenie udziału eutektyki występuje w kierunku powierzchni czołowej napoiny. Jest to bardzo istotne przy zużywaniu przez bruzdowanie i mikroskrabanie, które występują w mineralnych glebowych masach ściernych.

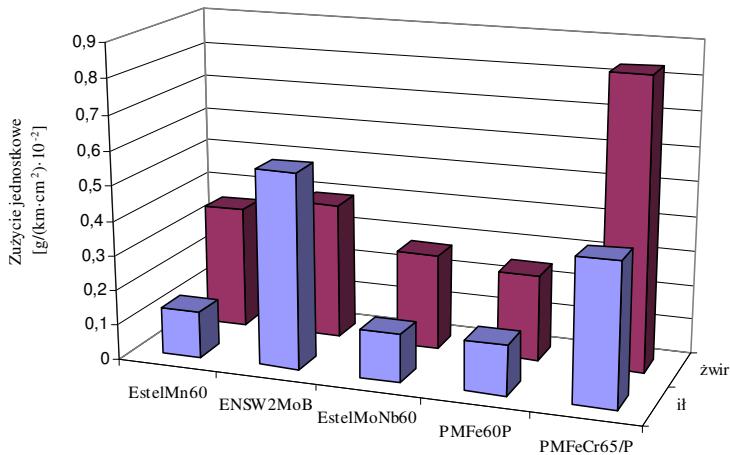


Rys. 1. Zestawienie jednostkowego zużycia warstw w mokrych masach ściernych

Fig. 1. Statement of the unit wear rate of welded layers in wet abrasive masses

Ciągła powierzchnia czołowa uniemożliwia penetrowanie i wykruszanie twardej eutektyki przez luźne lub umocowane ziarna twardego piasku. Kolejnym materiałem charakteryzującym się dość wysoką odpornością na zużycie jest napoina nałożona elektrodą EStelMn60 (seria A). Duża zawartość manganu (4,32%) przyczynia się do powstania węglików pierwotnych, eutektyki $[\alpha + (\text{Fe}, \text{Cr})_7\text{C}_3]$ głównie o budowie płytkowej i także niewielkiej ilości austenitu. Mangan nie tworzy odrębnych węglików w stopiwie. Podstawowe jego zadanie sprowadza się do powiększenia ilości austenitu w stopiwie. Stopiwo mające w składzie austenit szczątkowy cechuje się podwyższoną odpornością na zużycie ściernie. Zjawisko to wyjaśnia się mechanizmem przeobrażania w mikroobjętościach

austenitu przy obciążeniach tarciovych w martenzyt. Wzrost stanu wilgotnościowego glebowej masy ścierniej powoduje nawet dziewięciokrotne obniżenie intensywności zużywania.



Rys. 2. Zestawienie jednostkowego zużycia warstw napawanych w suchych masach ściernych

Fig. 2. Statement of the unit wear rate of welded layers in dry abrasive masses

PODSUMOWANIE

Opisanie mikrostruktur napoin w kontekście zależności struktura–odporność na zużycie w glebie stwarza trudności. Są one spowodowane zmiennością tych struktur na ich przekroju, dużą ilością faz oraz trudnościami związanymi z opisem wpływu dodatków stopowych na ich budowę i zachodzące przemiany fazowe. Przeprowadzone badania wykazały znaczne zróżnicowanie w zużyciu napoin o odmiennych strukturach i zróżnicowanych warunkach glebowych. Zwiększenie wilgotności gleby powoduje zmniejszenie wymagań odnośnie właściwości warstwy wierzchniej. Zużywanie w glebie żwirowej przebiega znacznie intensywniej niż w glebie ilastej. O intensywności zużywania w glebowej masie ścierniej decyduje przede wszystkim udział i rozmieszczenie na przekroju węglików pierwotnych (Fe, Cr)₇C₃, typu Mo₂C, VC, TiC oraz eutektyki [α + (Fe, Cr)₇C₃].

LITERATURA

1. Bayhan Y.: Reduction of wear via hardfacing of chisel polughshare. Tribology Int 2006; 39(6), s. 570–574.

2. Buchely M.F., Gutierrez J.C., Le´on L.M., Toro A.: The effect of microstructure on abrasive wear of hardfacing alloys. *Wear*, 2005, 259, s. 52–61.
3. Choteborsky R., Fries J., Hrabe P., Muller M.: Abrasive wear of hardfacing deposits, 2008, 1(LIV), 1590, s. 99–105.
4. Napiórkowski J. Analiza właściwości glebowej masy ściernej w aspekcie oddziaływania zużyciowego. *Tribologia* 2010, 5, s. 53–62.
5. Napiórkowski J., Kołakowski K.: The Effect of the Surface Layer of a Plowshare Chisel on Plowshare Wear in Medium Loam, *Technical Sciences*, 14(1), 2011, s. 119–127.
6. Natsis A., Petropoulos G., Piandazaras C.: Influence of local soil conditions on mouldboard ploughshare abrasive wear. *Tribology Int* 2008; 41:151–157.
7. Pękalska L., Pękalski G.: Budowa fazowa i struktury napoin stosowanych w górnictwie węgla brunatnego. 2006, IV Konserwatorium BDM, s. 86–91.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2010–2013 jako projekt badawczy Nr N N504 0827238.

Summary

The paper presents the analysis of the process of the wear, using the unit wear rate, of hard surface layers with different structures in a gravel and loamy abrasive soil mass in two states of moisture, dry and wet. Test materials based on Fe-Cr-C containing carbides with elements B, V, Nb, Mn, Mo and W layers obtained by welding were selected. The laboratory research was conducted on a "spinning bowl" type wear machine with a sliding distance of 10 km. Microscopic research was performed using a Neophot 52 microscope with ordinary and inversion lenses. Scanning microscopy, TESLA BS340, connected with microanalysis TESLA NL-2001A and STEREOSCAN 180 with microanalysis Link System and a Philips EM 515 were used to observe the structures. The results show that changes in the granulometric composition of the wear mass also change the wear values of hard surface layers. The wear rate in the gravel is 5 times more intense than in the loamy soil, depending on the surfaced layer and soil moistures. Increasing soil moisture reduces the intensity of wear up to 10 times. Based on the studies, it was found that reducing the intensity of wear in abrasive soil mass requires the surface layers containing primary carbides (Fe, Cr)₇ C₃, carbides types Mo₂C, VC, TiC, and eutectic [α + (Fe, Cr)₇ C₃].