

**Jerzy NAPIÓRKOWSKI\***, **Arkadiusz RYCHLIK\***

## **ANALIZA PROCESU ZUŻYWANIA WARSTW NAPAWANYCH W GLINIASTO-PIASZCZYSTEJ MASIE ŚCIERNEJ**

### **ANALYSIS OF THE WEAR PROCESS OF HARDFACING LAYERS IN SANDY CLAY ABRASIVE MASS**

#### **Słowa kluczowe:**

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

#### **Key words:**

hardfacing layer, abrasive soil mass, wear process, intensity of wear

#### **Streszczenie**

W pracy przeanalizowano procesy zużywania zachodzące w warstwach uzyskanych poprzez napawanie materiałów na bazie FeC i Cr, zawierających pierwiastki przejściowe V, Nb, Mn i W oraz węgliki wolframu pod-

---

\* Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie Katedra Budowy, Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, 10-756 Olsztyn, ul. Oczapowskiego 11, tel. 895-233-845, e-mail: napj@uwm.edu.pl

czas tarcia w gliniasto-piaszczystej masie ścierniej. Badania realizowano na maszynie zużyciowej typu „wirującej miski”. Stwierdzono, że najlepszymi właściwościami przeciwzużyciowymi w gliniasto-piaszczystej masie ścierniej charakteryzują się materiały o mikrostrukturze ferrytu stopowego z licznymi drobnymi węglnikami typu  $\text{Mo}_2\text{C}$ ,  $\text{WC}$  i  $\text{NbC}$ . O przebiegu procesu zużywania decydują skład chemiczny i mikrostruktura warstwy oraz udział frakcji piaszczystej w składzie granulometrycznym masy ścierniej.

## WPROWADZENIE

Zużywanie w glebowej masie ścierniej jest naturalnym procesem destrukcyjnym, przez to trudnym do identyfikacji i prognozowania [L. 2, 4]. Znamienne jest tu występowanie zróżnicowanych elementarnych zjawisk zużywania w zależności od losowej zmiany stanu gleby, parametrów procesu roboczego oraz właściwości materiałów stosowanych na elementy robocze, w tym napawanych. Dobór materiału o optymalnych właściwościach dla konkretnych warunków środowiskowych użytkowania elementów roboczych winien być poprzedzony analizą charakteru i rodzaju zużywania na powierzchni jak i w warstwie napoiny [L. 1]. Kryterium doboru materiału wybiera się na podstawie uzyskania odpowiedniej twardości oraz wytworzenia ściśle określonego kierunku składu fazowego heterogenicznej struktury napoiny [L. 3]. Stwierdzono, że odporność na zużywanie ściernie jest sumą odporności poszczególnych składników [L. 5]. W przypadku stopów żelaza chodzi tu głównie o fazy węglikowe. Dobór węglików o określonych właściwościach musi uwzględniać wzajemne relacje pomiędzy Fe, Cr, C oraz pierwiastkami węglilotwórczymi. Celem pracy jest ocena procesów zużywania wieloskładnikowych warstw napawanych podczas tarcia w gliniasto-piaszczystej masie ścierniej.

## METODYKA BADAŃ

Badania realizowano na maszynie zużyciowej typu „wirującej miski”. Próbkę stanowił prostopadłościan o wymiarach 30 x 25 x 10 mm wycięty z napoiny uzyskanej poprzez napawanie materiałami dodatkowymi na stal 38GSA. Skład chemiczny, wyznaczony metodami chemii klasycznej, 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. Pomiar ubytku masy dokonywano z użyciem wagi laboratoryjnej z dokładnością do  $\pm 10^{-4}$  g. Twardość warstw mierzono z użyciem twardościomierza Vickers typu HM010u zgodnie z PN-EN ISO 6507-1:1999. Do oceny powierzchni (po przebiegu całkowitej drogi tarcia) stosowano mikroskop skaningowy JOEL typu JAM 5200, zaś do badań metalograficznych mikroskop skaningowy TESLA BS340. Charakterystykę glebowej masy ścierniej przedstawiono w **Tabeli 1**. Oceny składu granulometrycznego przeprowadzono z użyciem laserowego miernika wielkości cząstek Mastersizer 2000 + Hydro, odczyn gleby mierzono metodą elektromotoryczną przyrządem EpH-117/118, 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

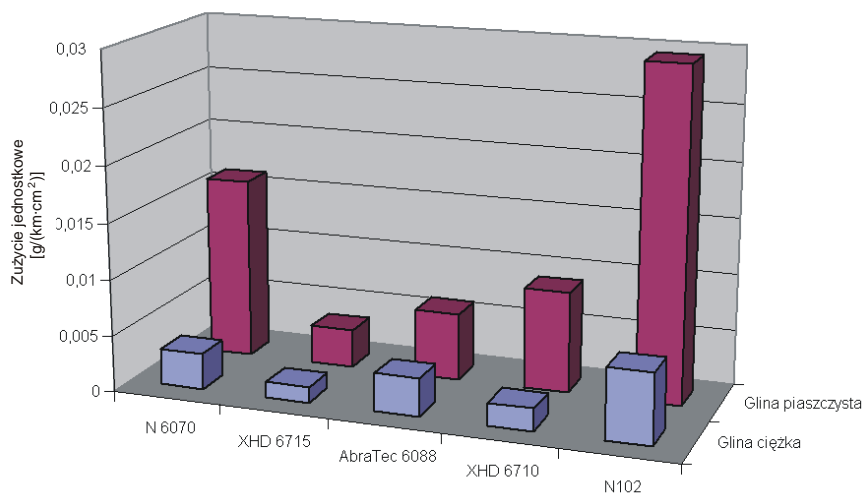
| Nazwa             | Piasek<br>1– 0,1 mm | Pył<br>0,1–0,02 mm | Części<br>spławiane<br>< 0,02 mm | Wilgotność<br>wagowa<br>[%] | Odczyn<br>pH |
|-------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------|--------------|
| Gлина piaszczysta | 43,65               | 31,00              | 23,35                            | 12                          | 6,5          |
| Gлина ciężka      | 19,12               | 29,50              | 51,38                            | 14                          | 6,9          |

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

## ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Charakterystykę warstw napawnych podano w **Tabeli 2**. Uzyskane z badań wyniki wskazują, że wraz ze zmianą składu granulometrycznego masy ścierniej zmieniają się wartości zużycia jednostkowego badanych warstw. Zużycie w glebie zawierającej ponaddwukrotnie więcej piasku, a tym samym mniej części spławialnych (iłu) w składzie granulometrycznym, jest intensywniejsze do 5 razy w zależności od właściwości warstwy (**Rys. 1**).

Spośród badanych warstw napawanych najwyższą odpornością na zużycie charakteryzuje się warstwa zawierająca w składzie chemicznym niob i wolfram, które są metalami przejściowymi z grupy VB układu okresowego.



**Rys. 1. Zestawienie zużycia jednostkowego warstw napawanych**

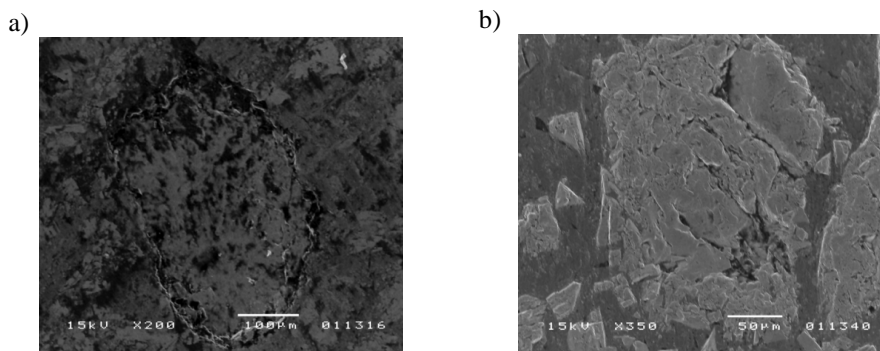
Fig. 1. Statement of individual wear of the hardfacing layers

W obrębie węglików metali przejściowych występują znaczne zróżnicowania strukturalne, co daje możliwość wytworzenia kompozytów z osnową ceramiczną CMC. Zróżnicowanie strukturalne wśród węglika niobu NbC (twardość 1 800 HV) prowadzi do ograniczonej rozpuszczalności węglika chromu w węgliku wewnątrzsieciowym, a zatem sprzyja powstawaniu tworzyw kompozytowych  $\text{NbC}_{0,95}\text{-Cr}_{23}\text{C}_6$  i  $\text{WC-Cr}_{23}\text{C}_6$  [L. 6]. Struktura taka powoduje znaczne umocnienie powierzchni, wzrastające wraz z zawartością C i Cr. Odzwierciedleniem uzyskanych zależności jest obraz powierzchni tarcia (Rys. 2–4). Na Rys. 2a uwidocznione jest oddziaływanie cząstek frakcji piaszczystej (twardość ok. 1270 HV) masy ścierniej na osnowę węglików, w postaci obluzowania węglika, co w dalszej kolejności prowadzi do jego wykruszenia z warstwy napawanej. Zjawisko to w przypadku tarcia w glinie ciężkiej występuje ze znacznie mniejszą intensywnością. Dla pozostałych warstw, w przypadku zużywania w glinie piaszczystej dominuje zużywanie poprzez bruzdowanie oraz lokalne wyrwania węglików. W przypadku zużywania w glinie ciężkiej widoczne są lokalne wyrwania powierzchni, które są efektem zarówno zużywania wielocyklowego, na które kolejno składają się odkształcenia sprężyste, odkształcenia plastyczne, powstawanie zgniotów mikroobjętości oraz ich ścinanie, jak i zużywanie mechanochemiczne.

**Tabela 2. Charakterystyka badanych warstw napawanych**

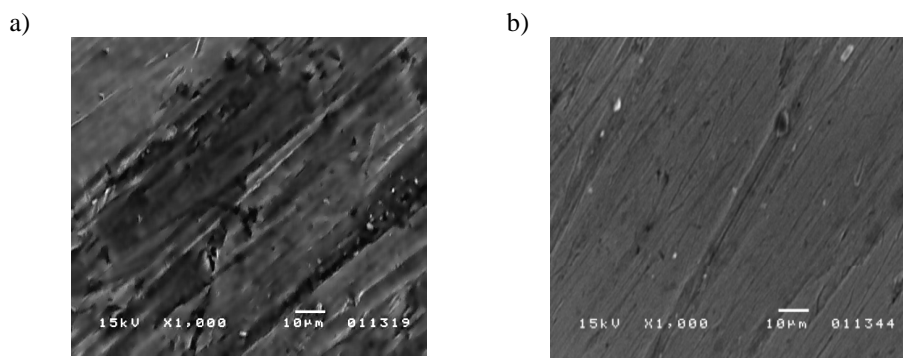
Table 2. Characteristics of the tested hardfacing layers

| Wyszczególnienie       | Zawartość pierwiastków [%] i mikrostruktura                          |  |  |   |   |
|------------------------|--|--|--|---|---|
|                        | AbraTec 6088   | XHD 6715   | XHD 6710   | N102  | N 6070  |
| C                      | 0,30   | 5,00   | 1,15   | 0,94  | 5,00  |
| Mn                     | 0,73   | -  | 13,2   | 1,63  | 2,99  |
| Si                     | 0,98   | -  | 0,56   | 1,06  | 1,68  |
| Cr                     | 5,34   | 21,00  | 37,00  | 5,40  | 31,60   |
| Mo                     | 0,01   | 8,50   | 0,01   | 6,83  | -   |
| Ni                     | 0,16   | -  | 1,00   | 0,01  | 0,30  |
| V                      | 0,01   | -  | 0,04   | 2,21  | -   |
| Nb                     | -  | 7,00   | -  | -   | -   |
| W                      | -  | 6,00   | -  | ---   | -   |
| Twardość osnowy [HV10] | 573 / węglík 2300  | 867  | 823  | 653   | 971   |
| Mikrostruktura         | Równomiernie rozłożone $W_2C$ o średnicy 0,5–1 mm w osnowie niklowej | Ferryt stopowy z licznymi drobnymi węglíkami typu $Mo_2C$ , $WC$ i $NbC$ . | Węglíki pierwotne eutektyka [ $\alpha + (Fe, Cr)_7C_3$ ], o budowie płytkowej z austenitem szczątkowym | Stopiwo bainityczno-martenzytyczne z drobnymi węglíkami typu $Mo_2C$ i $VC$ | Ferryt stopowy + rozłożone z dużą gęstością węglíki $(Fe, Cr)C$ |



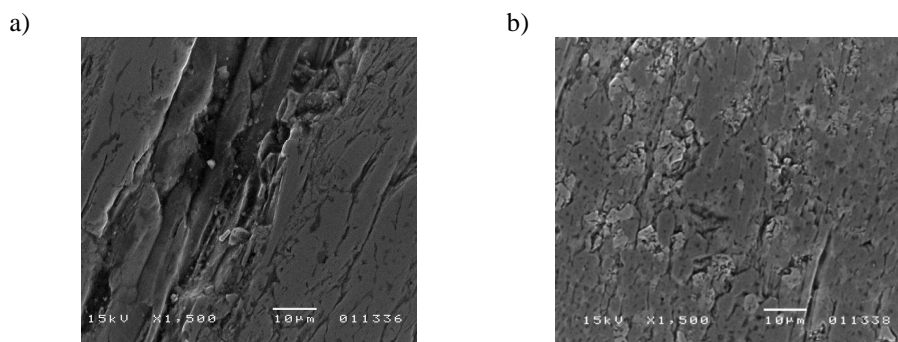
**Rys. 2. Obraz powierzchni napoiwy AbraTec 6088 zużywanej: a) w glinie piaszczystej, b) w glinie ciężkiej**

Fig. 2. Image of surface of the layer AbraTec 6088 wear: a) in sandy clay, b) in heavy clay



**Rys. 3. Obraz powierzchni napoiwy N102 zużywanej: a) w glinie piaszczystej, b) w glinie ciężkiej**

Fig. 3. Image of surface of the layer N102 wear: a) in sandy clay, b) in heavy clay



**Rys. 4. Obraz powierzchni napoiwy XHD 6715 zużywanej: a) w glinie piaszczystej, b) w glinie ciężkiej**

Fig. 4. Image of surface of the layer XHD 6715 wear: a) in sandy clay b) in heavy clay

## PODSUMOWANIE

O przebiegu zużywania wieloskładnikowych warstw napawanych w glebowej masie ścierniej decyduje ich skład chemiczny i mikrostruktura oraz zawartość poszczególnych frakcji w składzie granulometrycznym masy ścierniej. Nie można wskazać jednoznacznie na jeden sposób zużywania, a jedynie określić jego dominującą formę. Uwarunkowane to jest losowym ułożeniem i stopniem swobody ściernych cząstek glebowych w stosunku do powierzchni tarcia. Podstawowe znaczenie dla zmniejszenia intensywności zużycia wieloskładnikowych warstw ma ograniczenie występowania zużywania poprzez bruzdowanie i żłobienie. Dotyczy to nie tylko pierwotnej warstwy wierzchniej napoiny, ale także zmienionej w wyniku oddziaływań naprężeń deformacyjnych oraz środowiska chemicznego gleby. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że w gliniasto-piaszczystych masach ściernych należy stosować warstwy wieloskładnikowe zawierające drobne węgliki typu  $\text{Mo}_2\text{C}$ ,  $\text{WC}$  i  $\text{NbC}$  osadzone w twardej osnowie. Znaczenie twardości osnowy w procesie zużywania wzrasta wraz z zawartością frakcji piaszczystej w składzie masy ścierniej, gdyż zapobiega ona intensywnemu wykruszaniu węglików.

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

## LITERATURA

1. Bayhan Y., Reduction of wear via hardfacing of chisel ploughshare. *Tribology Int* 2006; 39(6), s. 570–574.
2. Napiórkowski J. Analiza właściwości glebowej masy ścierniej w aspekcie oddziaływania zużyciowego. *Tribologia* 2010, 5, s. 53–62.
3. Napiórkowski J., Pękalska L., Pękalski G. 1998. Structure of material and its wear resistance in the soil. *Tribologia* 1998; 6, s. 871–879.
4. Natsis A, Petropoulos G, Piandazaras C. Influence of local soil conditions on mouldboard ploughshare abarsive wear. *Tribology Int* 2008; 41, s. 151–157.
5. Pękalska L., Pękalski G., Budowa fazowa i struktury napoin stosowanych w górnictwie węgla brunatnego. 2006, IV Konserwatorium BDM, s. 86–91.
6. Rutkowski P., Stobierski L., Ewolucja mikrostruktury tworzyw kompozytowych z węglików metali przejściowych. *Materiały Ceramiczne* 2009, 61(2), s. 140–145.

**Recenzent:**  
**Tadeusz BURAKOWSKI**

### Summary

**The paper examines the processes of wear occurring in the layers obtained by the welding of materials based on Fe-Cr-C, containing the transitional elements V, Nb, Mn, and W and tungsten carbide during friction in sandy clay abrasive mass. The study was conducted on the “rotating mass” wear machine. It was found that the best antiwear properties in sandy clay mass of abrasive materials are characterised by a microstructure of alloy ferrite with many fine carbides of types Mo<sub>2</sub>C, WC, and NbC. The chemical composition and microstructure of the layers and content of sand fraction in the granulometric composition of abrasive soil mass determines the process of wear.**