

Własności napoin na narzędziach rolniczych

The properties of welds on agricultural implements

Streszczenie

Przedmiotem badań były napawane ostrza narzędzi maszyn rolniczych do uprawy gleby. W metodzie napawania płomieniowego użyto proszku stopowego na osnowie niklu w mieszaninie z różną zawartością proszku węgla wolframu. Badania polegały na wykonaniu pomiarów twardości, makro i mikrostruktury, analizy chemicznej napoiny i podłoża. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że podczas napawania zachodzi częściowe rozpuszczanie się ziaren węgla wolframu w osnowie, co powoduje wzrost twardości warstwy. Ponadto, nie stwierdzono niekorzystnych zmian obniżenia twardości w stali w wyniku oddziaływania ciepła napawania. Twardość stali przed napawaniem wynosiła 36 HRC, a w strefie SWC 38-56 HRC.

Badania metalograficzne ujawniły, że materiał proszku do napawania bardzo dobrze zwilża powierzchnie stali bez jej nadtopienia, w wyniku czego tworzy się z podłożem wyraźnie widoczna strefa dyfuzji.

Słowa kluczowe: napawanie, modyfikacja powierzchni, napawanie narzędzi

Abstract

The subject of the study were surfaced blade tools of agricultural machinery for soil preparation. In the flame surfacing method was used alloy powder matrix of nickel in a mixture with different contents of tungsten carbide powder. The research involved making a measurement of hardness, macro and microstructure, chemical analysis of the deposit and the substrate. The results showed that while surfacing, partial dissolution of tungsten carbide grains in the matrix, which increases the hardness of the layer. In addition, no adverse changes to reduce the hardness of the steel by the heat surfacing. The hardness of the steel before hardfacing was 36 HRC, while in the zone SWC 38-56 HRC.

Metallographic examination revealed that the powder during surfacing well wets the surfaces without melting the steel, thereby forming a substrate diffusion zone clearly visible.

Keywords: pad welding, surface modification, hardfacing of tools

Wstęp

Produkcja maszyn rolniczych należy obecnie do jednej z najszybciej i najbardziej dynamicznie rozwijających się branż w Polsce. Wiąże się to ze znacznym podniesieniem jakości i innowacyjności krajowych maszyn rolniczych [12].

Nowoczesne maszyny rolnicze stawiają wysokie wymagania narzędziom służącym do uprawy gleby celem zapewnienia niezawodnej i długotrwałej pracy. Redliczki, stopki, noże, lemiesz itp. podlegają bardzo intensywnemu zużyciu w kontakcie z różnym materiałem ściernym zawartym w uprawianej glebie.

Obecnie często stosowanym materiałem na te narzędzia są trudnościeralne stale niskostopowe typu HARDOX 400 [8,9], HARDOX 500 [7,10], które wykazują wysokie właściwości wytrzymałościowe i ścierne, szczególnie w trudnych warunkach eksploatacji erozyjno-tribologicznej. Stosując te stale należy zwrócić uwagę na oddziaływanie ciepła spawania/napawania tych stali [6], powodujące rozpuszczanie się wydzielen węglikowych [9] i powodujące istotne obniżenie twardości stali nawet do 23 HRC [7]. Efektem tych niekorzystnych zmian jest zmniejszenie odporności na zużycie ściernie stali HARDOX do poziomu, jaki w tych samych warunkach wykazuje stal S700MC [8], która jest zalecana jako wariant bardziej ekonomicznego

rozwiązania. Na narzędzia rolnicze stosowana jest też stal węglowa z dodatkiem boru gat. B27 [7], zaliczana do grupy stali odpornych na ścieranie, a której właściwości istotnie zależą od struktury po obróbce cieplnej [11].

Celem zwiększenia odporności na ścieranie ostrzy narzędzi urabiających glebę proponuje się zabiegi cieplnochemiczne, np. borowanie [1] lub różne metody spawalnicze napawania twardymi spoiwami [2,3,4,5,9]. Warstwa borków na powierzchni ostrza zwiększyła trwałość narzędzia ponad trzykrotnie w porównaniu do części oryginalnej [1]. Podobny, trzy- czterokrotny wzrost trwałości narzędzi uzyskano również znacznie tańszymi niż borowanie spawalniczymi metodami napawania zarówno metodami łukowymi jak i gazowymi, w przypadku napawania laserowego nawet pięciokrotnie [4]. Narzędzia rolnicze z napawanymi ostrzami można znaleźć już w ofertach handlowych firm [13].

W przedstawionej pracy zaprezentowano wyniki badań właściwości napoin wykonanych metodą gazową z proszków stopowych na osnowie niklu zmieszanych z proszkiem węgla wolframu.

Warstwy napawano na podłożu stalowe, którego skład chemiczny przedstawiono w tabeli I.

Prof. dr hab. inż. Andrzej Ambroziak; dr inż. Piotr Białucki; dr inż. Artur Lange; dr inż. Adam Kurzawa; dr inż. Marcin Kaszuba – Politechnika Wrocławska; **mgr inż. Dominik Janicki** – Agro//Selnet.

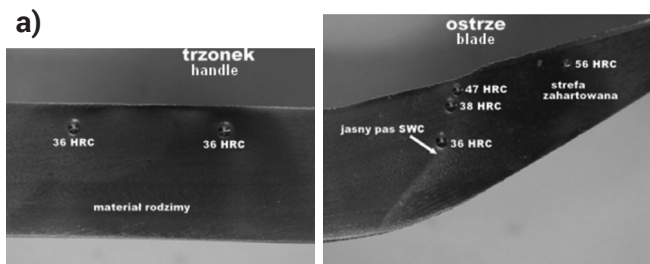
Autor korespondencyjny/Corresponding author: artur.lange@pwr.edu.pl

Tablica I. Wyniki spektralnej analizy chemicznej stali napawanego narzędzia
Table I. Chemical composition of modified steel tool

Zawartość pierwiastków stopowych w %												
C	Mn	Si	P	Si	Cr	Ni	Mo	V	W	Cu	Al	Co
0,41	0,74	0,27	0,014	0,006	0,82	0,16	0,15	0,016	0,016	0,18	0,026	0,005

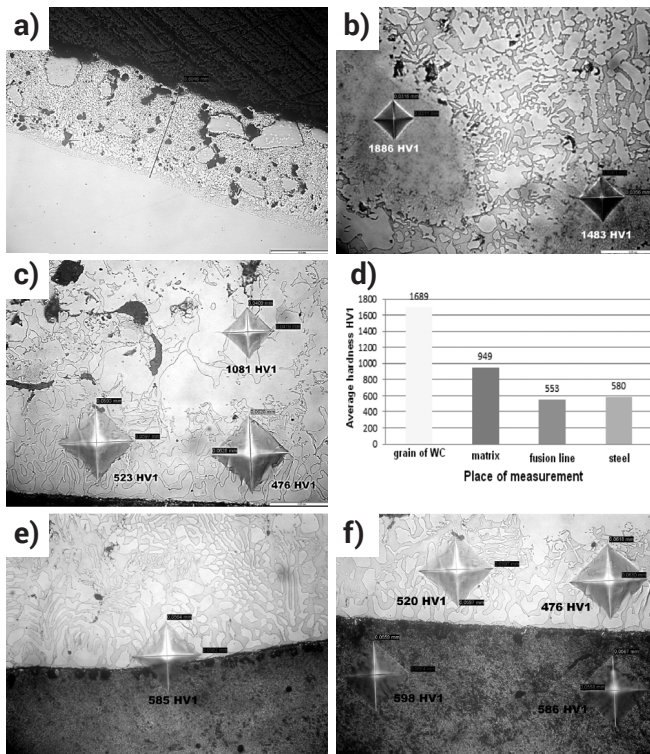
Napawanie wykonano na stali w stanie ulepszonym cieplnie do twardości 36 HRC. Na rysunku 1a przedstawiono wyniki pomiaru twardości napawanego narzędzia, na którym widać, że w części stali pod warstwą nie tylko nie nastąpiło zmiękczenie materiału od ciepła procesu napawania, lecz nastąpił wzrost twardości do ok. 56 HRC. Daje to korzystny układ współpracy twardej warstwy na sztywnym twardym podłożu stalowym pod działaniem obciążeń podczas urabiania gleby.

Do napawania zastosowano mieszaninę proszku stopowego na osnowie niklu z różną ilością proszku węgla wolframu i różną wielkością cząstek węgla.



Rys. 1. Struktura ostrza narzędzia agregatu rolniczego z napoiną - rozkład twardości w materiale stali. Traw. 2% nital, pow. 5x.

Fig. 1. Structure of the tool tip agricultural unit of welds - the distribution of hardness in the steel material. Etched 2% nital, Magn. 5x.

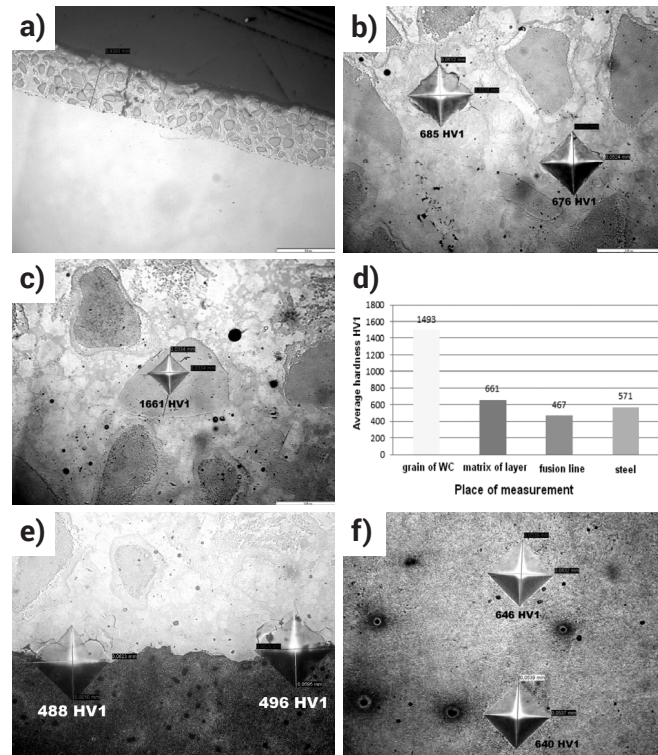


Rys. 2. Struktura i twardość materiałów w obszarze ostrza napawanego płomieniowo proszkiem stopowym na osnowie niklu z dodatkiem ziaren węgla wolframu; a) makrostruktura, b) ziarna WC, c) osnowa napoiny, d) rozkład twardości, e) linia wtopienia, f) warstwa i stal. Traw. 2% nital. Pow. 50x i 500x

Fig. 2. The structure and hardness of the material of the blade hard surfaced with the flame using the alloy nickel based powder containing tungsten carbide grains; a) macrostructure, b) WC particle, c) matrix of layer, d) hardness distribution, e) fusion line, f) layer and steel. Etch. 2% nital. Magn. 50x and 500x

Na rysunku 2 przedstawiono warstwę o grubości 0,8 mm zawierającą cząstki węgla o wielkości ok. 0,25 mm. Warstwa wykazuje wyraźną porowatość, a ponadto tuż przy podłożu widoczny jest pas metalu osnowy będący strefą reakcji (rozpuszczania, dyfuzji) stali i osnowy warstwy. Średnią twardość w poszczególnych obszarach próbki przedstawiono na rysunku 2d.

Na rysunku 3 przedstawiono warstwę o grubości 0,4 mm zawierającą cząstki węgla o wielkości 0,06 mm z większą ilością węgla niż w warstwie poprzedniej.



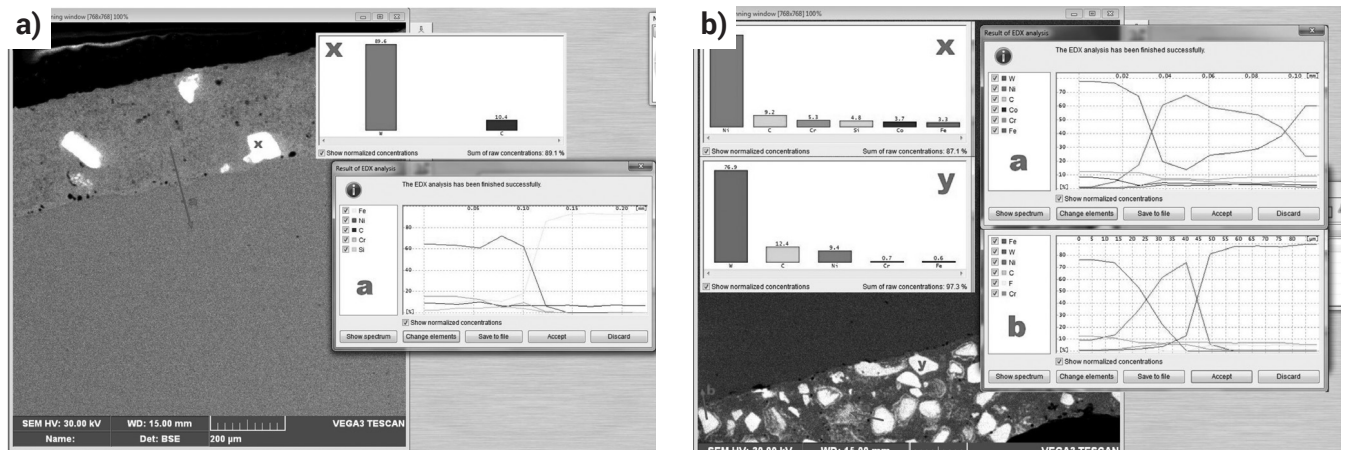
Rys. 3. Struktura i twardość materiałów w obszarze ostrza napawanego płomieniowo proszkiem stopowym na osnowie niklu z dodatkiem ziaren węgla wolframu; a) makrostruktura, b) osnowa napoiny, c) ziarno WC, d) rozkład twardości, e) linia wtopienia, f) stal. Traw. 2% nital. Pow. 50 i 500x

Fig. 3. The structure and hardness of the material of the blade hard surfaced with the flame using the alloy nickel based powder containing tungsten carbide grains; a) macrostructure, b) matrix of layer, c) WC particle, d) hardness distribution, e) fusion line, f) steel. Etch. 2% nital. Magn. 50x and 500x

W warstwie występują drobne pory oraz lokalnie pęknięcia poprzeczne (rys. 3 b). Osnowę warstwy stanowi stop o właściwościach wskazujących na podatność do przetapiania. Wartości średnie zmierzonych twardości poszczególnych obszarów próbki przedstawiono na rysunku 3d. Twardość podłoża stalowego wynosi ok. 571 HV1, twardość osnowy warstwy wynosi ok. 661 HV1, a cząstki węgla mają twardość ok. 1493 HV1. Wygląd odcisków z pomiarów twardości pokazano na rysunku 3b,c,e,f. Jak można zauważyć z tych rysunków, wokół odcisków materiał warstwy uległ spękaniu, co może świadczyć o tym, że warstwa nie została całkowicie przetopiona. Natomiast w poprzedniej warstwie pokazanej na rysunku 2 takich pęknięć nie stwierdzono.

Wyniki analizy metalograficznej z mikroskopu elektronowego przedstawione na rysunku 4 pokazują rozkład poszczególnych pierwiastków i udział ich w poszczególnych obszarach analizowanej warstwy napawanej. Rysunek 4a przedstawia linowy rozkład pierwiastków od osnowy niklowej aż do materiału podłoża oraz punktową analizę węgla

warstwy przedstawionej na rysunku 2. Wynika z niej obecność niewielkiej grubości (około 20µm) strefy dyfuzyjnej na granicy warstwa podłoże. Natomiast rysunek 4b przedstawia analizę linową oraz punktową warstwy przedstawionej na rysunku 3. Analiza ta wskazuje na częściowe rozpuszczenie węgla w osnowie.



Rys. 4. Mikrofotografia SEM i analiza XRD napoin
Fig. 4. Microphotography SEM and XRD analysis of layers

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań próbek stalowych z nałożonymi twardymi warstwami można wyciągnąć następujące wnioski:

- Napawanie gazowe stali niskostopowej w stanie ulepszonym cieplnie nie tylko nie spowodowało obniżenia twardości w materiale rodzimym, ale częściowo nawet doszło do podhartowania materiału w obszarze pod warstwą. Twardość stali pod warstwami wynosi od 571 HV1 do 672 HV1, co stanowi dobre podłoże dla twardej kruchej warstwy podczas pracy narzędzia w warunkach eksploatacyjnych.
- Materiał osnowy warstwy dobrze zwiłża cząstki węgla tworząc zwartą napinę odporną na wykruszanie się twardych cząstek podczas zużycia ściernego, jakie występuje przy uprawie gleby.
- W warstwach napawanych zawierających duże ziarna węgla zaobserwowano większą porowatość niż w warstwach z mniejszymi ziarnami. W warstwach zawierających drobne cząstki węgla zaobserwowano nieliczne pęknięcia, które nie powinny mieć negatywnego wpływu na pracy narzędzia przy uprawie gleby.
- Mikroanaliza rentgenowska XRD wykazała obecność warstwy dyfuzyjnej pomiędzy napoiną a podłożem co świadczy o silnym metalicznym połączeniu obu materiałów istotnym dla zapewnienia dużej trwałości narzędzi.

Literatura

- [1] Bartkowski D., A. Młynarczak, M. Gościński, The effect of diffusion bonding on durability of the agricultural tools used in the soil. *Archiwum Technologii Maszyn i Automatykacji*, 2012, Vol. 32, nr 4.
- [2] Rybacki P., Wzmocnić lemiesz i redlicę. <http://agro-technika.pl/archiwa/wzmocnic-lemiesz-i-redlice/>. 2015-08-26.
- [3] Rybacki P., Redlice i lemiesz. Czterokrotnie trwalsze po napawaniu. <http://www.agropolska.pl/technika-rolnicza/transport/redlice-i-lemiesz-czterokrotnie-trwalsze-po-napawaniu,16,3.html> 2015-08-26.
- [4] Selech J., M. Paczkowska, G. Kinal, B. Baran, W. Chruscinski, The comparison of effects of thermal spraying eutalloy 10112 and laser alloying with silicon nitride of cast iron outmost Disk Coulter. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 2015, Vol. 60(1)
- [5] Dudziak B., M. Gościński, Wpływ wybranych parametrów laserowego napawania proszku stopów metali na stal typu c45 w aspekcie zmian twardości napoiny. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2012, Vol. 57(1).
- [6] Dudziński W., Ł. Konat, G. Pękalski. Structural and strength characteristics of wear-resistant martensitic steels. *Archives of Foundry Engineering*. 2008, Vol. 8 (2) pp. 21 - 26.
- [7] Kostencki P., B. Łętkowska, R. Nowowiejski. Polowe badania odporności na zużycie ściernie lemieszów płuznych wykonanych ze stali z dodatkiem boru. *Tribologia*, 2013, nr 3. s. 49-79.
- [8] Zdravecká E., Tkáčová J., Ondáč M., Effect of microstructure factors on abrasion resistance of highstrength steels. *Res. Agr. Eng.*, 2014, Vol. 60, s. 115–120.
- [9] Adamiak M., J. Górka, T. Kik. Comparison of abrasion resistance of selected constructional materials. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*. 2009, Vol. 37 (2). pp. 375-380.
- [10] Dorota KAPCIŃSKA-POPOWSKA. Porównawcze badania zużycia ściernego nowej generacji stali hardox 500 i materiałów powszechnie stosowanych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 2011, Vol. 56(1).
- [11] Frydman, S., Łętkowska, B. Odporność na kruche pęknięcie współczesnych stali niskowęglowych z borem. *Górnictwo Odkrywkowe*. 2011 | R. 52, nr 3-4 | 17-24.
- [12] <http://automatykaonline.pl/>. 2015-10-07.
- [13] <http://www.agroselnet.pl/>. 2015-10-07.