

Piotr KOSTENCKI*, **Beata BIAŁOBRZESKA****

ZASTOSOWANIE LINIOWEGO WSKAŹNIKA ZUŻYCIA DO OCENY ODPORNOŚCI ŚCIERNEJ LEMIESZY PŁUŻNYCH

APPLICATION OF A LINEAR WEAR INDICATOR IN THE ASSESSMENT OF RESISTANCE TO ABRASIVE WEAR OF PLOUGHSHARES AND CHISELS

Słowa kluczowe:

lemiesz płużny, zużycie ścierne, liniowy wskaźnik zużycia

Key words:

ploughshares, abrasive wear, linear wear indicator

Streszczenie:

Celem pracy jest zaprezentowanie metody oceny odporności na zużywanie ścierne lemiesz płużnych z zastosowaniem liniowego wskaźnika zużycia, któ-

* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, Katedra Inżynierii Systemów Agrotechnicznych, ul. Papieża Pawła VI nr 1, 71-459 Szczecin, Polska, e-mail: piotr.kostencki@zut.edu.pl.

** Politechnika Wroclawska, Wydział Mechaniczny, Katedra Materiałoznawstwa, Wytrzymałości i Spawalnictwa, ul. Smoluchowskiego 25, 50-370 Wrocław, Polska, e-mail: beata.letkowska@pwr.edu.pl.

ry nazwano miejscową jednostkową zmianą obrysu. Wskaźnik ten opracowano na bazie bezwzględnej zmiany obrysu elementów i uprawionego przez nie areału lub wykonanej drogi tarcia. Wykorzystując powyższy wskaźnik, oceniono podano części dziobowe i części trapezowe dzielonych lemiesz, wykonane z trzech gatunków stali z dodatkiem boru, tj. stali borowej do obróbki cieplnej B27, stali Hardox 500 i stali stosowanej przez przedsiębiorstwo Lemken. Elementy użytkowano w warunkach gleb piaszczystych. Intensywność ścierania dziobów wynosiła $9,92 \div 12,09 \text{ mm} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($0,47 \div 0,57 \text{ mm} \cdot \text{km}^{-1}$), a części trapezowych $2,09 \div 2,48 \text{ mm} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($0,10 \div 0,12 \text{ mm} \cdot \text{km}^{-1}$). Największą intensywnością ścierania cechowały się lemiesz wykonane z hartowanej objętościowo stali B27, a najmniejszą – elementy wykonane ze stali stosowanej przez firmę Lemken.

WPROWADZENIE

Obecnie w polskim rolnictwie wykorzystywanych jest wiele pługów pochodzących od różnych krajowych i zagranicznych producentów. W narzędziach tych stosowane są lemiesz różniące się rozwiązaniem konstrukcyjnym, zarówno w zakresie typu, geometrii i zastosowanego materiału. Obok oryginalnych elementów na rynku dostępne są też ich zamienniki wykonywane przez różnych wytwórców. Lemiesz produkowane są też często w dwóch wariantach, tj. jako elementy nienapawane i napawane. W tych ostatnich, w dolnym obszarze części dziobowej i trapezowej lemiesz, nałożona jest warstwa odpornej na ścieranie napoiny, której zadaniem jest zwiększenie trwałości elementów.

Przy tak dużej różnorodności rozwiązań konstrukcyjnych lemiesz pojawia się problem doboru wskaźników umożliwiających porównywanie tych elementów pod względem odporności na zużywanie [L. 1]. Należy dodać, że nowoczesne pługi powszechnie wyposażone są w mechanizmy zabezpieczające korpusy przed przeciążeniem (np. kołki ulegające ścięciu przy przeciążeniu korpusów płużnych, automatyczne zabezpieczenia sprężynowe i hydrauliczne). Mechanizmy te zazwyczaj skutecznie chronią lemiesz przed uszkodzeniem awaryjnym, tj. wygięciem lub złamaniem. Stąd podstawową przyczyną granicznego zużycia tych elementów jest zmiana geometrii spowodowana ubytkiem materiału w wyniku oddziaływania twardych cząstek gleby [L. 2–5].

Stan granicznego zużycia lemiesz wynikający ze zmiany obrysu jest najczęstszą przyczyną wymiany elementów na nowe i występuje w szerokim zakresie glebowych warunków orki. Jest on podyktowany taką zmianą obrysu lemiesz, przy której na ścieranie narażone są elementy ich obsady, co zgodnie z zasadami eksploatacji pługów jest niedopuszczalne. Przy wystąpieniu tego kryterium ubytek masy i zmiana grubości elementów ma jedynie znaczenie pośrednie, wpływające co najwyżej na intensywność procesu zmiany ich obrysu.

Natomiast wytworzenie na ostrzu elementów pasma zużycia o dużej szerokości utrudnia zagłębianie pługa (następuje wydłużenie drogi zagłębiania) lub powoduje wypłykanie zadanej głębokości orki przy uprawie fragmentów pól cechujących się zwiększoną zwięzłością gleby. Wpływa to na niedotrzymanie wymogów agrotechnicznych, jakie stawiane są orce. Należy zaznaczyć, że ten stan granicznego zużycia lemieszki ujawnia się w specyficznych warunkach orki, a mianowicie przy orce gleb (w szczególności ciężkich) o zmniejszonej wilgotności, a tym samym o dużej zwięzłości. Czynnikiem związanym z wystąpieniem opisywanego kryterium jest masa wykorzystywanego pługa oraz grubość dziobu i części trapezowej w zastosowanych lemieszach.

Sporadycznie, w szczególnie specyficznych warunkach orki, tj. przy uprawie mocno nawilgoconych gleb, dodatkowo stan granicznego zużycia lemieszki może wynikać z dużego ubytku ich grubości, a tym samym ścierania się stożkowych odcinków śrub montażowych, co może spowodować osłabienie zamocowania elementów.

Zatem wskaźniki służące do oceny odporności lemieszki na zużywanie ściernie powinny uwzględniać zmianę ich obrysu jako najczęstszy powód wymiany elementów na nowe.

Celem pracy jest zaprezentowanie metody oceny odporności na zużywanie ściernie lemieszki płużnych z wykorzystaniem liniowego wskaźnika zużycia uwzględniającego zmianę obrysu elementów.

OBIEKTY I METODYKA BADAŃ

Niniejszą pracę częściowo oparto na wynikach badań przedstawionych w opracowaniu pt. *Polowe badania odporności na zużycie ściernie lemieszki płużnych wykonanych ze stali z dodatkiem boru* [L. 6] i stanowi ona rozszerzenie tego opracowania. Wykorzystując dane dotyczące trwałości lemieszki przedstawione w powyższym opracowaniu [L. 6] i ustalając zmianę obrysu badanych elementów w wybranych liniach pomiarowych, przeprowadzono ocenę ich odporności na zużywanie ściernie z zastosowaniem liniowego wskaźnika zużycia, w którym uwzględniono wymienione wielkości.

W badaniach zastosowano lemieszki składające się z oddzielnych części: dziobu i części trapezowej, wykonane ze stali B27 [L. 7], Hardox 500 [L. 8] oraz stali stosowanej przez przedsiębiorstwo Lemken [L. 9]. Wymienione materiały to niskostopowe i niskowęglowe stale z dodatkiem boru określane jako stale odporne na ścieranie. Stal B27 produkowana jest przez fińskie przedsiębiorstwo Rautaruukki i przeznaczona jest do obróbki cieplnej. W badaniach zastosowano wykonane z tej stali dwa hartowane lemieszki oraz jeden hartowany i niskoodpuszczany. Stale typu Hardox wytwarzane są natomiast przez szwedzkie przedsiębiorstwo hutnicze SSAB Oxelösund, w postaci blach o różnej grubości i obrabianych cieplnie przez producenta [L. 8]. Badaniom poddano

dwa lemiesz wykonane ze stali Hardox 500. Natomiast w ramach oferty firmy Lemken w badaniach zastosowano dwa warianty lemiesz, których części trapezowe różniły się geometrią, szczególnie pod względem grubości (**Tab. 1**). Części trapezowe o odmiennej geometrii zastosowano w celu oceny wpływu grubości elementów na ich trwałość i zużycie.

Tabela 1. Zestawienie stosowanych lemiesz firmy Lemken

Table 1. Ploughsares used by Lemken Company

Nazwa elementu, nr katalogowy wyrobu (n – liczba zastosowanych elementów)	Dane konstrukcyjne
część dziobowa lemiesz, 336 4050 (n = 2) i 336 4051 (n = 1)	elementy odkuwane o zmiennej grubości, geometria obu wariantów dziobów jest taka sama, elementy 336 4050 są elementami „prawymi”, a 336 4051 – „lewymi”
część trapezowa lemiesz, 335 2030 (n = 2)	elementy „prawe”, grubość – 10 mm, szerokość – 145 mm, szerokości strefy ostrzenia – około 75 mm, grubość ostrza – około 3 mm
część trapezowa lemiesz, 335 2131 (n = 1)	elementy „lewe”, grubość – 11 mm, szerokość – 150 mm, szerokości strefy ostrzenia – około 40 mm, grubość ostrza – około 4 mm

W wyniku obróbki cieplnej wymienione stale uzyskują strukturę typu martenzytycznego (stal Hardox 500 – martenzyt wysokoodpuszczany, hartowana stal B27 – listwowy martenzyt z obszarami o budowie bainitycznej, hartowana i odpuszczana stal B27 – listwowy martenzyt odpuszczania, stal stosowana przez firmę Lemken – listwowy martenzyt). Twardość materiału badanych lemiesz była również zbliżona – wynosiła około 47 HRC w przypadku stali Hardox 500 (przy częściach trapezowych lemiesz) i hartowanej oraz hartowanej i odpuszczanej stali B27 oraz około 50 HRC przy stali wykorzystywanej w przedsiębiorstwie Lemken. Należy tu wyraźnie zaznaczyć, że przy pomiarach twardości materiału lemiesz wykonywanych po użytkowaniu elementów stwierdzono odpuszczenie materiału dziobów wykonanych ze stali Hardox 500, które nastąpiło najprawdopodobniej przy termicznym wycinaniu tych elementów z blachy Hardox 500. Konsekwencją odpuszczenia materiału dziobów było między innymi zmniejszenie ich twardości do około 37 HRC. W analizie wyników nie uwzględniano wartości zużycia stwierdzonego dla dziobów wykonanych ze stali Hardox 500 – zamieszczone wartości zużycia dla tych elementów należy traktować jako podane dla celów informacyjnych.

Szczegółowe dane dotyczące składu chemicznego stosowanych stali, ich parametrów wytrzymałościowych, mikrostruktury i twardości (wraz z opisem wykorzystywanych metod pomiaru) oraz informacje o sposobie wykonania lemiesz, ich masie i wymiarach podano w wymienionej publikacji [**L. 6**]. Przedstawiono w niej też sposób rozmieszczenia lemiesz na korpusach zasto-

sowanego podczas badań pługa, którym był półzawieszany obracalny siedmio-skibowy pług EuroDiamant firmy Lemken, wyposażony w korpusy o pełnych odkładnicach i zabezpieczone przed przeciążeniem.

W trakcie badań uprawiano gleby piaszczyste z przewagą piasku gliniastego mocnego pylastego, piasku gliniastego lekkiego i piasku gliniastego mocnego (wg danych zawartych na mapach glebowo-rolniczych obejmujących obszar badań). Na podstawie wykonanej analizy uziarnienia gleby i zgodnie z systematyką przyjętą przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze w 2008 r. uprawiane gleby należy obecnie zaliczyć do piasku gliniastego drobnoziarnistego lub gliny drobnopiaszczystej. W uprawianej glebie zawartość żwiru była mała, a pod względem zakamieniania były to gleby mało kamieniste [PN-90/R-55003]. Gęstość objętościowa, zwięzłość i naprężenia ścinające były typowe dla stanu gleby po uprawie zbóż, przy obniżonej jej wilgotności w okresie letnim (13,5% w warstwie pracy lemieszy). Podczas badań wykonywana była orka na głębokość 23,4 cm przy szerokości roboczej poszczególnych korpusów wynoszącej 46,9 cm [L. 6].

Do oceny odporności na zużywanie ścierne lemieszy wykorzystano liniowy wskaźnik, który nazwano miejscową jednostkową zmianą obrysu. Wskaźnik ten stanowi odniesienie bezwzględnej zmiany obrysu elementów do wykonanej przez nie pracy, przy czym zmiana obrysu mierzona jest w ściśle określonych liniach pomiarowych, a wykonana praca przez elementy może być wyrażona areałem uprawy lub drogą tarcia zgodnie z zależnościami (1) i (2) oraz (3) i (4):

$$J_{I(i)} = \frac{L_{I(i)}}{A_{(i)}} \quad (1)$$

$$J_{II(i)} = \frac{L_{II(i)}}{A_{(i)}} \quad (2)$$

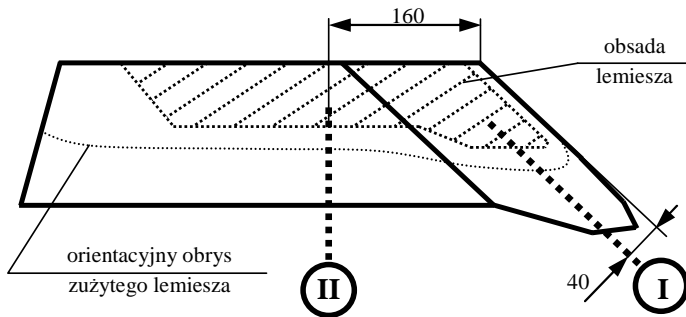
gdzie: $L_{I(i)}$, $L_{II(i)}$ – zmiana obrysu elementu występująca w określonej linii pomiarowej [mm], $A_{(i)}$ – uprawiona powierzchnia przez element [ha],

$$J_{IS(i)} = \frac{L_{I(i)}}{s_{(i)}} \quad (3)$$

$$J_{IIS(i)} = \frac{L_{II(i)}}{s_{(i)}} \quad (4)$$

gdzie: $s_{(i)}$ – droga tarcia elementu (droga przejazdu pługa) [km].

Przedstawiony wskaźnik jest miarą intensywności zużywania się lemieszki wyrażoną w $\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}$ lub $\text{mm}\cdot\text{km}^{-1}$ i został w sposób szczegółowy omówiony wraz z uzasadnieniem doboru miejsc pomiaru zmiany obrysu lemieszki, które przedstawiono na **Rysunku 1** (linie *I* i *II*), w publikacjach [L. 10–12]. Bezwzględne zużycie liniowe lemieszki występujące w wyznaczonych liniach pomiarowych ustalono na podstawie wykonanych obrysów elementów nowych i po ich użytkowaniu.



Rys. 1. Położenie linii pomiarowych zmiany obrysu elementów – linie *I* i *II*

Fig. 1. The position of the contour line of the ploughshare change – lines *I* and *II*

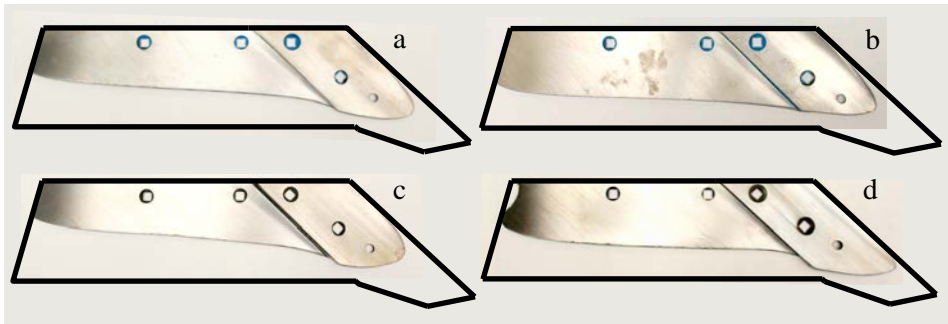
W przypadku wykonanych badań szerokość robocza wszystkich lemieszki była taka sama (konstrukcyjnie przewidziane były one do orki o maksymalnej szerokości wynoszącej 45 cm). Należy również dodać, że lemieszki eksploatowano do stanu granicznego zużycia, co nie jest koniecznością przy wyznaczaniu ich intensywności zużywania się z zastosowaniem wskaźników wyrażonych zależnościami (1) i (2) lub (3) i (4) [L. 12]. Niemniej przy użytkowaniu elementów do tego stanu uzyskuje się dokładniejsze wyniki badań.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Elementy użytkowano do stanu granicznego zużycia, tj. do zmiany obrysu, przy której na ścieranie narażona była ich obsada. Jedynie sposób zużycia dziobów wykonanych ze stali Hardox 500 był odmienny. Jak już wspomniano wcześniej, dzioby wykonane ze stali Hardox 500 podczas termicznego wycinania elementów z blachy uległy odpuszczeniu. Spowodowało to zmniejszenie wytrzymałości mechanicznej materiału dziobów. W konsekwencji uległy one wygięciu w czasie eksploatacji, a tym samym ich sposób oddziaływania na glebę uległ zmianie.

Na **Rysunku 2** przedstawiono przykładowy stan lemieszów po ich użytkowaniu. Zauważalne jest mniejsze starcie dziobów wykonanych ze stali Hardox 500. Spowodowane to było wcześniejszym demontażem tych elementów niż pozostałych ze względu na ich wygięcie, o czym pisano powyżej. Natomiast w **Tabeli 2** podano wyniki pomiarów trwałości (określonej powierzchnią uprawy i drogą tarcia) oraz bezwzględnej zmiany obrysu elementów ustalonej w przyjętych liniach pomiarowych. Wartości bezwzględnej zmiany obrysu elementów wykonanych z różnych stali wskazują na porównywalny stan ich zużycia. W linii pomiarowej **I**, pomijając dzioby wykonane ze stali Hardox 500, zużycie wahało się w zakresie od 73,0 do 89,0 mm, a w linii **II** – od 50,0 do 59,5 mm (**Tab. 2**). Trwałość dziobów, poza elementami wykonanymi ze stali Hardox 500, była taka sama. Również części trapezowe wykonane z wszystkich badanych gatunków stali cechowały się taką samą trwałością (**Tab. 2**).

Przy podobnej wartości bezwzględnego zużycia elementów i takiej samej trwałości, wartości miejscowej jednostkowej zmiany obrysu w ramach badanych dziobów i części trapezowych były porównywalne (**Tab. 3**). Należy zwrócić uwagę na od około 4,8 do 5,7 razy większą intensywność ścierania dziobów w stosunku do intensywności stwierdzonej przy częściach trapezowych, co świadczy o zdecydowanie cięższych warunkach pracy dziobów niż części trapezowych.



Rys. 2. Przykładowy stan lemieszów po eksploatacji: a – lemiesz firmy Lemken, część trapezowa o grubości 10 mm, b – lemiesz firmy Lemken, część trapezowa o grubości 11 mm (lemiesz „lewy” – zdjęcie po obrocie), c – lemiesz wykonany ze stali B27, hartowany, d – lemiesz wykonany ze stali Hardox 500

Fig. 2. Example state of the ploughshares after operation: a – ploughshare Lemken, trapezoidal section with a thickness of 10 mm, b – ploughshare Lemken, trapezoidal section with a thickness of 11 mm (ploughshare "left" – image after rotation), c – ploughshare made of steel B27, hardened, d – ploughshare made of steel Hardox 500

Na **Rysunku 3** przedstawiono wyniki porównania miejscowej jednostkowej zmiany obrysu badanych elementów w odniesieniu do jednostkowej intensywności zużywania się elementów wykonanych ze stali B27 poddanej jedynie hartowaniu. Hartowaną stal B27 wybrano jako stal, do której odnoszono pozostałe materiały, ze względu na jej nieznacznie większą intensywność ścierania się w porównaniu z innymi materiałami (**Tab. 3**). Przy sporządzaniu **Rysunku 3** zastosowano wartości miejscowej jednostkowej zmiany obrysu, w których wykonana przez elementy praca wyrażona została areałem uprawy ($J_{I(i)}$, $J_{II(i)}$). W przypadku porównywania intensywności ścierania się lemieszki o takiej samej szerokości roboczej relacje między wskaźnikami $J_{I(i)}$, $J_{II(i)}$ oraz $J_{IS(i)}$, $J_{IIS(i)}$ są takie same, a ewentualne różnice mogą wynikać jedynie z zaokrągleń poszczególnych wartości. Wyniki porównania przedstawiono na **Rysunku 3** wskazują na podobną intensywność ścierania się badanych lemieszki, która wynosiła

Tabela 2. Trwałość i bezwzględna zmiana obrysu badanych elementów w liniach pomiarowych I i II

Table 2. Durability and the absolute change in the contour of the tested elements in the measurement lines I and II

Materiał elementu, obróbka cieplna	Dzioby		Części trapezowe	
	Trwałość T (ha/element), <i>droga tarcia</i> s (km)	Zmiana obrysu w linii pomiarowej $I L_{I(i)}$ (mm)	Trwałość T (ha/element), <i>droga tarcia</i> s (km)	Zmiana obrysu w linii pomiarowej II $L_{II(i)}$ (mm)
stal Hardox 500, objętościowa obróbka cieplna producenta stali (n = 2)	(5,57)* (118,8)*	(55,8)* R = 2,5	24,00 511,7	56,8 R = 1,5
stal B27, hartowanie objętościowe (n = 2)	7,36 156,9	87,5 R = 5,0		59,5 R = 1,0
stal B27, hartowanie objętościowe i odpuszczanie (n = 1)		82,5		56,5
stal stosowana przez przedsiębiorstwo Lemken, objętościowa obróbka cieplna producenta lemieszki (n = 3)		73,0 R = 8,0	część trapezowa o grubości 10 mm (n = 2) 24,00 50,0 511,7 R = 8,0	
		89,0	część trapezowa o grubości 11 mm (n = 1) 24,00 51,0 511,7	

n – liczba zastosowanych elementów, R – rozstęp, * dzioby wadliwe – uległy odpuszczeniu w procesie wytwórczym.

od 0,83 do 1,02 intensywności ścierania się elementów wykonanych z hartowanej stali B27. Najmniejszą intensywnością zużywania cechowały się elementy wykonane ze stali stosowanej w przedsiębiorstwie Lemken (przeciętnie o około 13% mniejszą w odniesieniu do elementów wykonanych z pozostałych stali). Należy zaznaczyć, że stal Lemken charakteryzowała się o około 3 HRC większą twardością w stosunku do twardości pozostałych stali, co jednak niecałkowicie może wyjaśniać jej większą odporność na zużywanie ścierne. Jedyne dziób wykonany ze stali stosowanej w przedsiębiorstwie Lemken i współpracujący z częścią trapezową o grubości 11 mm uległ z nieznanymi przyczyni intensywnemu zużyciu.

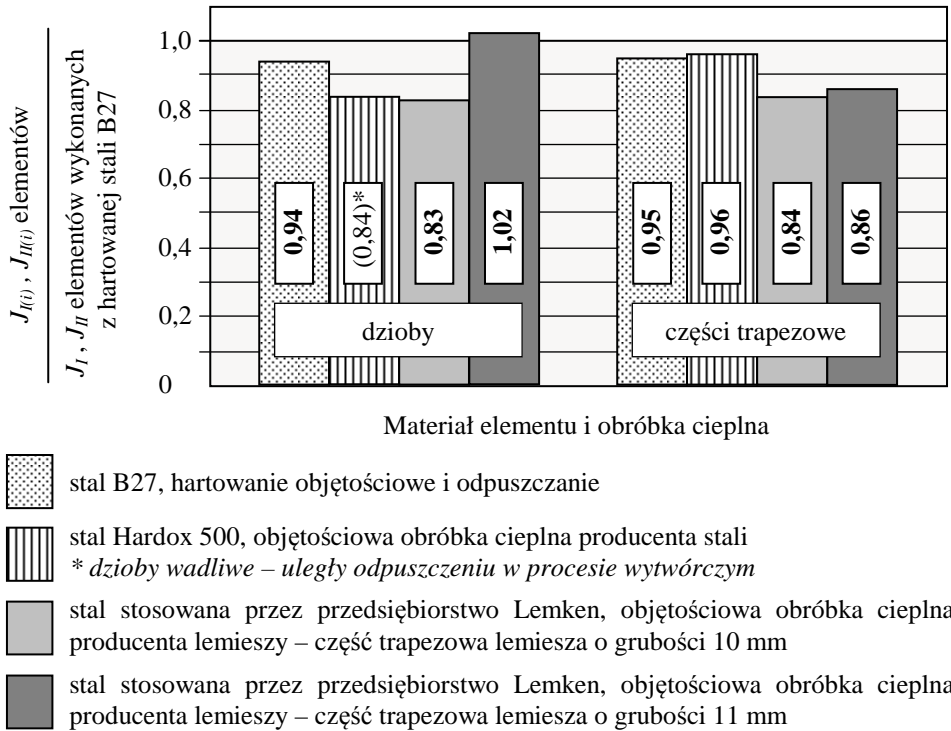
Tabela 3. Miejscowa jednostkowa zmiana obrysu badanych elementów

Table 3. The local unit change the contour of the tested elements

Materiał elementu, obróbka cieplna	Miejscowa jednostkowa zmiana obrysu			
	dzioby, linia pomiarowa <i>I</i>		części trapezowe, linia pomiarowa <i>II</i>	
	$J_{II(i)}$ (mm·ha ⁻¹)	$J_{I S(i)}$ (mm·km ⁻¹)	$J_{II(i)}$ (mm·ha ⁻¹)	$J_{II S(i)}$ (mm·km ⁻¹)
stal Hardox 500, objętościowa obróbka cieplna producenta stali	(10,01)* R = 0,45	(0,47)* R = 0,02	2,37 R = 0,07	0,11 R = 0,00
stal B27, hartowanie objętościowe	11,89 R = 0,68	0,56 R = 0,03	2,48 R = 0,04	0,12 R = 0,00
stal B27, hartowanie objętościowe i odpuszczanie	11,21	0,53	2,35	0,11
stal stosowana przez przedsiębiorstwo Lemken, objętościowa obróbka cieplna producenta lemieszki	9,92 R = 1,08	0,47 R = 0,05	część trapezowa o grubości 10 mm	
			2,09 R = 0,33	0,10 R = 0,02
	12,09	0,57	część trapezowa o grubości 11 mm	
			2,13	0,10

R – rozstęp, * dzioby wadliwe – uległy odpuszczeniu w procesie wytórczym.

Na uwagę zasługuje fakt, że intensywność ścierania się części trapezowej firmy Lemken o grubości 11 mm, grubości ostrza 4 mm i fazowanej na szerokości wynoszącej 40 mm była praktycznie taka sama jak części trapezowych o grubości 10 mm, grubości ostrza 3 mm i ostrzonych na szerokości 75 mm (**Tab. 3** i **Rys. 3**). Stosunek wartości parametru $J_{II(i)}$ dla tych elementów wynosił około 1,02. Wskazuje to na niewielki wpływ grubości lemieszki na intensywność ich ścierania się, przynajmniej w zakresie różnicy grubości występującej w badanych elementach. Należy zwrócić uwagę na to, że blachy zastosowane na części trapezowe różniły się pod względem grubości tylko o 1 mm, jednak ze względu na odmienny sposób zaostrenia części trapezowych różnice w grubość elementów były na znacznej szerokości większe.



Rys. 3. Zestawienie wartości miejscowej jednostkowej zmiany obrysu badanych elementów w odniesieniu do intensywności zużywania się elementów wykonanych ze stali B27 i poddanych hartowaniu

Fig. 3. The presentation of the values of the unit of local changes in the contour of the tested components with respect to the wear's intensity of components made of quenched B27 steel

Należy również zaznaczyć, że elementy wykonane z hartowanej i odpuszczonej stali B27 cechowały się o około 5,5% mniejszą intensywnością zużywania niż elementy wykonane z tej stali, ale poddane jedynie hartowaniu. Może to wynikać z mechanizmu zużywania ściernego w warunkach obciążeń dynamicznych. Stal po hartowaniu i niskim odpuszczaniu jest bardziej plastyczna niż po samym hartowaniu, a zatem bardziej odporna na pęknięcia czy wykruszanie spowodowane oddziaływaniem cząstek ściernych.

PODSUMOWANIE

Elementy lemieszy płużnych poddane ocenie – wykonane z hartowanej oraz hartowanej i odpuszczonej stali B27, stali Hardox 500 (nie uwzględniając dziobów wykonanych z tej stali) i stali wykorzystywanej w przedsiębiorstwie Lemken – charakteryzowały się zbliżoną odpornością na zużywanie ściernie.

Powiązać to można z podobną mikrostrukturą i twardością tych materiałów. Najmniejszą intensywność ścierania stwierdzono dla elementów wykonanych ze stali stosowanej w przedsiębiorstwie Lemken (przeciętnie około 13% mniejszą niż dla pozostałych elementów), przy czym twardość tej stali była o około 3 HRC większa w stosunku do twardości pozostałych materiałów. Niemniej sama twardość tych elementów nie do końca może wyjaśniać ich większą odporność na zużywanie ściernie. Największą intensywność ścierania wykazały natomiast hartowane elementy wykonane ze stali B27.

Pomimo zbliżonej odporności badanych lemieszki na zużywanie ściernie, zastosowany do oceny elementów wskaźnik (miejscowa jednostkowa zmiana obrysu) precyzyjnie uszeregowuje je pod względem wytrzymałości ścierniej. Otrzymane wyniki z zastosowaniem tego sposobu oceny lemieszki pokrywają się z wynikami przedstawionymi w cytowanym wcześniej opracowaniu [L. 6].

W celu porównywania lemieszki (o tej samej szerokości roboczej) pod względem odporności na zużywanie ściernie szczególnie dogodny wydaje się wskaźnik wyrażony w $\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}$, ponieważ różnice w wartości współczynnika występują już na drugim miejscu po przecinku w tych przypadkach, gdy wskaźnik wyrażony w $\text{mm}\cdot\text{km}^{-1}$ wyliczony z tą dokładnością przyjmuje taką samą wartość. Należy zaznaczyć, że przedstawiony w pracy wskaźnik umożliwia, co ważne, wykonywanie badań z zastosowaniem lemieszki różniących się masą i kształtem. Istotne jest też to, że wskaźnik ten, uwzględniający zmianę obrysu lemieszki, powiązany jest z powszechnie stosowanym i najczęściej występującym kryterium stanu granicznego zużycia lemieszki, co omówiono we wstępie.

Wskaźnik wyrażony za pomocą wzorów (3) i (4) w szczególności może być stosowany do porównywania odporności na zużywanie ściernie lemieszki o różnej szerokości roboczej, gdyż w tym przypadku zmiana obrysu elementów odnoszona jest do ich drogi tarcia.

LITERATURA

1. Owsiak Z., Analiza zużycia lemieszki pługów. Inżynieria Rolnicza, 2000, 6 (17), s. 205–211.
2. Hebda M., Wachal A., Trybologia. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1980.
3. Napiórkowski J., Zużyciowe oddziaływanie gleby na elementy robocze narzędzi rolniczych (rozprawa habilitacyjna). Inżynieria Rolnicza, 2005, 12 (72). Rozprawy habilitacyjne nr 17.
4. Owsiak Z., Mechanizm zużycia elementów maszyn rolniczych pracujących w glebie. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, 1985, 156, s. 115–122.
5. Owsiak Z., Narzędzia skrawające glebę. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu nr 348. Monografie XV. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław 1998.

6. Kostencki P., Łętkowska B., Nowowiejski R., Polowe badania odporności na zużycie ścierne lemieszki płużnych wykonanych ze stali z dodatkiem boru. *Tribologia*, 2013, 3 (249), s. 49–79.
7. <http://www.ruukki.com> – Stal borowa do obróbki cieplnej, aktualizacja – 31.08.2014.
8. <http://www.hardox.com> – Hardox 500, wersja z 14.10.2014 (<http://www.stal-hurt.com> - Hardox 500, wersja z dnia 14.10.2014).
9. <http://www.lemken.com> – Mounted reversible ploughs EurOpal and VariOpal – LEMKEN 04/14 . 175 0355/en, Semi-Mounted Reversible Ploughs EuroTitan and VariTitan - LEMKEN 04/14 . 175 0184/en.
10. Kostencki P., Zastosowanie liniowego wskaźnika w ocenie odporności lemieszki płużnych na zużycie. *Acta Scientiarum Polonorum, Technica Agraria*, 2006, 5 (2), s. 51–66.
11. Kostencki P., Wskaźnik liniowy alternatywą dla masowego wskaźnika przy ocenie zużycia lemieszki płużnych *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2008. Vol. 53 (1), s. 35–39.
12. Kostencki P., The assesment method of intensity of wearing off of ploughshares. *Rossijskaâ Akademiâ Sel'skhozâjstvennyh Nauk. Severo-Vostočnyj Naučno-Metodičeskij Centr. Zonal'nyj Naučno-Issledovatel'skij Institut Sel'skogo Hozâjstva Severo-Vostoka imeni N.V. Rudinckogo. Agrotehnologičeskie I ekologičeskie aspekty razvitâ rastenievodstva na Evro-Cevero-Vostoke Rossijskoj Federacii. Sbornik naučnyh trudov, Tom 13, 2008, s. 320–327, Kirov 2008.*

Normy

1. PN-90/R-55003 Maszyny rolnicze. Metody badań. Charakterystyka warunków pracy maszyn do prac polowych.

Summary

The aim of this work is to present a method of assessing resistance to abrasive wear of ploughshares and chisels using a linear wear indicator that is called “a unit of local changes in the contour.” This indicator is created based on the absolute change in the contour of elements and area or friction path made by them. Using this indicator, chisels and ploughshares made of three steel grades with a boron alloy were evaluated, i.e. boron steel intended for heat treatment B27, Hardox 500, and steel used by the company Lemken. Elements were used in the conditions of sandy soils. The wear intensity of chisels was in range from 9.92 – 12.09 mm·ha⁻¹ (0.47 – 0.57 mm·km⁻¹) and of ploughshares was in range 2.09 – 2.48 mm·ha⁻¹ (0,10÷0,12 mm·km⁻¹). The highest intensity of wear was achieved by the components made of quenched B27 steel; however, the lowest intensity of wear was achieved by the components made of steel used by Lemken.