

Jerzy NAPIÓRKOWSKI*

ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI GLEBOWEJ MASY ŚCIERNEJ W ASPEKCIE ODDZIAŁYWANIA ZUŻYCIOWEGO

ABRASIVE SOIL PULP PROPERTIES ANALYSIS IN WEAR IMPACT ASPECT

Słowa kluczowe:

warstwa wierzchnia, gleba, zużycie, wilgotność, zwięzłość, skład granulometryczny

Key words:

surface layer, soil, wear, moisture, consistency, granulometric composition

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badania wpływu właściwości glebowej masy ścierniej na zużycie stali 38 GSA, powszechnie stosowanej na elementy robocze obrabiające glebę. Właściwości masy ścierniej scharakteryzowano składem granulometrycznym, wilgotnością oraz zwięzłością gleby.

* Katedra Budowy, Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, 10-756 Olsztyn, ul. Oczapowskiego 11, tel. 89 5233845, napj@uwm.edu.pl

Badania przeprowadzono na maszynie zużyciowej metodą „wirującej misy” w trzech rodzajach masy ścierniej, tj. piasku luźnym, glinach lekkiej i ciężkiej. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono istotny wpływ charakterystyk gleby na przebieg i intensywność zużywania dla gleb. O przebiegu zużywania w masie glebowej zawierającej znaczny udział frakcji iltu i pyłu decyduje przede wszystkim jej wilgotność i zwięźłość.

WPROWADZENIE

Warunki środowiskowe, w tym klimatyczne spowodowały, że glebowa masa ścierna odznacza się swoistymi cechami morfologicznymi oraz właściwościami fizycznymi, chemicznymi i biologicznymi specyficznymi dla danego obszaru. W warunkach Polski występuje znaczne zróżnicowanie obrabianych gatunków gleb, a tym samym zmiana w szerokim zakresie warunków przebiegu procesów zużywania elementów roboczych (Napiórkowski 2005). Przebieg tych procesów w systemie biotechnicznym uwarunkowany jest wzajemnym przenikaniem właściwości elementu roboczego, losowości czynnika biologicznego, jakim jest gleba oraz oddziaływaniem wymuszeń procesu roboczego. Charakterystyki tarciove i zużyciowe nie powinny być odnoszone tylko do elementu roboczego, ale ujmować także rzeczywiste właściwości masy ścierniej oraz warunki otoczenia. Dotychczasowy stan wiedzy o oddziaływaniu zużyciowym glebowej masy ścierniej na elementy robocze jest niewystarczający do opracowania zasad doboru tworzyw konstrukcyjnych do obróbki zmienionych rodzajów gleb celem minimalizacji ich zużycia.

Celem pracy jest ocena zależności pomiędzy wybranymi właściwościami glebowej masy ścierniej a zużyciem stali 38GSA.

SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Przebieg i intensywność procesu zużycia w glebowej masie ścierniej uzależnione są od oddziaływania wymuszeń, które można scharakteryzować następująco:

$$G = \{g_{\eta}\} = G_w \cup G_L,$$

gdzie: G_w – właściwości gleby zdeterminowane w procesie glebotwórczym,

G_L – właściwości losowe gleby uzależnione od oddziaływania zbioru czynników środowiskowych w czasie.

Właściwości gleby ukształtowane w procesie glebotwórczym, w czasie rzeczywistym, można uznać za stałe i opisać za pomocą zbioru (dotyczy gleb jednorodnych):

$$G_w = \{g_{w1}, g_{w2}, g_{w3}, g_{w4}, \dots, g_{w\zeta}\},$$

gdzie: g_{w1} – skład granulometryczny gleby,
 g_{w2} – twardość ziaren ściernych,
 g_{w3} – skład chemiczny gleby,
 g_{w4} – geometria ziaren ściernych,
 $g_{w\zeta}$ – ζ -ta charakterystyka właściwości stałych gleby.

Właściwości losowe, charakteryzujące stan gleby w czasie można opisać następującą funkcją wektorową:

$$G_l(t) = \{g_{l1}(t), g_{l2}(t), g_{l3}(t), \dots, g_{l\nu}(t)\},$$

gdzie: $g_{l1}(t)$ – funkcja losowa opisująca wilgotność gleby,
 $g_{l2}(t)$ – funkcja losowa opisująca zwięzłość gleby,
 $g_{l3}(t)$ – funkcja losowa opisująca odczyn gleby,
 $g_{l\nu}(t)$ – funkcja losowa opisująca ν -tą charakterystykę losową gleby.

Tak znaczna liczba charakterystyk opisujących właściwości glebowej masy ścierniej w aspekcie oddziaływania zużyciowego ukazuje z jednej strony złożoność rozpatrywanych zjawisk, z drugiej zaś stwarza wiele trudności w analizie procesu zużywania. Istotność wpływu przedstawionych właściwości na proces zużywania elementów roboczych w masie glebowej nie budzi zastrzeżeń (Sewerniew 1972, Tenenbaum 1990). Różnice dotyczą charakteru oddziaływania oraz ilościowych charakterystyk tych zależności.

METODYKA BADAŃ

Badania zużycia przeprowadzono w maszynie zużyciowej wykorzystującej metodę „wirującej miski” (Napiórkowski 2005). Próby tarcia realizowano przy obciążeniu 53 kPa, prędkości skrawania 2 m/s i drodze tarcia 10 000 m.

Badaniom poddano próbki o wymiarach 30 × 20 × 10 mm, wykonane ze stali 38GSA. Pomiaru twardości dokonano za pomocą twardościomierza Vickersa typu HMO10u zgodnie z PN-78 /H-04360 przy obciążeniu wgłębnika 98 N. Średnia twardość stali 38GSA wynosiła 409–442 HV10. 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.

W każdym wariancie badań dokonywano pomiarów intensywności zużywania w sześciu powtórzeniach. Wartość zużycia masowego próbek wyznaczono za pomocą wagi laboratoryjnej z dokładnością do $\pm 10^{-4}$ g. Oceny powierzchni próbek dokonywano na podstawie fotografii wykonanych mikroskopem skaningowym JOEL typu JEM 5200.

Skład granulometryczny, charakterystykę procentowego udziału klas grubości frakcji granulometrycznych w masie glebowej wyznaczono metodą aerometryczną Casagrande’a (**Tab. 1**). Odczyn gleby, mierzony metodą elektromotoryczną przyrządem EpH-117/118, zawierał się w przedziale 6,22–7,03 pH. Wilgotność gleby wyznaczono za pomocą pomiaru masy fazy stałej wysuszonej w temperaturze 105°C. Zwięzłość

Tabela 1. Charakterystyka składu granulometrycznego gleb

Table 1. Characteristics of soil granulometric composition

Nazwa gleby	Piasek 1–0,1 mm	Pył 0,1–0,02 mm	Części spławiane (il) < 0,02 mm
Piasek luźny	79,5	15,3	5,2
Gлина lekka	32,5	34,3	33,2
Gлина ciężka	18,6	24,6	56,8

gleby, utożsamianą niejednokrotnie z twardością gleby, określano pomiarem siły, jaki stawia masa glebowa podczas próby jej rozcinania. Pomiar zwięzłości przeprowadzono penetrometrem glebowym. Do oceny warto-

ści zużycia przyjęto jednostkowe zużycie wagowe odniesione do jednego cm^2 ścieranej powierzchni i drogi tarcia:

$$J = \frac{Z}{S \cdot P} \quad [\text{g}/\text{km} \cdot \text{cm}^2],$$

gdzie: S – droga tarcia [km];

P – powierzchnia tarcia próbki [cm^2];

$Z = m_w - m_j$ – zużycie wagowe próbki [g];

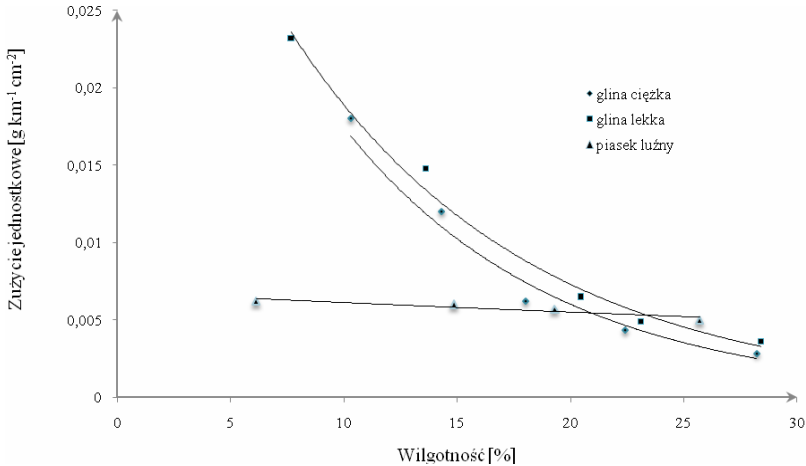
gdzie: m_w – masa wejściowa próbki [g];

m_j – masa próbki po przebyciu drogi tarcia [g].

ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

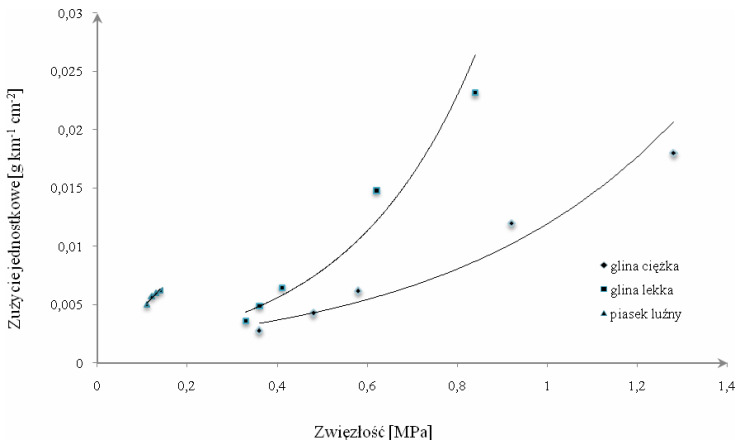
Uzyskane z badań wyniki potwierdziły istotny wpływ składu granulometrycznego, wilgotności i zwięzłości masy glebowej na zużycie jednostkowe stali 38 GSA (**Rys 1, 2**). O przebiegu zużywania decyduje przede wszystkim zawartość poszczególnych frakcji glebowych. Najniższe wartości zużycia odnotowano dla piasku luźnego, dla której to gleby wpływ wilgotności i zwięzłości gleby nie ma istotnego wpływu na wartości zużycia. Frakcja granulometryczna piasku składa się prawie wyłącznie z luźnie ze sobą związanych okruchów kwarcu. Wpływa ona rozluźniająco na układ gleby i nie jest podatna na zmiany właściwości w zależności od nasycenia jej wodą. Wzrost wartości zużycia następuje wraz ze zwiększeniem zawartości frakcji pylastych i ilastych. Frakcja granulometryczna pyłu składa się głównie z kwarcu, amorficznej krzemionki i minerałów ilastych. Frakcja pyłu powoduje polepszenie właściwości fizycznych gleby poprzez zmniejszenie przepuszczalności wody (Dobrzański, Zawadzki 1995). Frakcja granulometryczna ilów składa się głównie z krzemionki bezpostaciowej oraz drobnych cząstek kwarcu. Intensywność oddziaływania gliniastej masy glebowej uzależniona jest od wilgotności i zwięzłości, co związane jest z umocowaniem ziaren ściernych w masie glebowej. Na przykład zmniejszenie wilgotności o 4% gliny ciężkiej powoduje zmniejszenie wartości zużycia stali 38GSA do 40%. W przypadku gliniastej masy glebowej zużywanie w glebach mokrych jest od 3- (głina lekka) do 4,5 (głina ciężka) -krotnie mniejsze od wartości zużycia w glebach w stanie suchym. Gleby te zawierają znaczne ilości łu, który w stanie suchym jest bardzo twardy i zbity, tworzy ostrokrawędziaste agregaty

glebowe, natomiast w stanie wilgotnym staje się plastyczny i lepki. Zwięzłość gleby istotnie wpływa na wartości zużycia w masie glebowej



Rys. 1. Zależność zużycia jednostkowego stali 38GSA od składu granulometrycznego i wilgotności glebowej masy ścierniej

Pic. 1. The dependence of the unit wear of steel 38GSA of granulometric composition and soil pulp moisture content



Rys. 2. Zależność zużycia jednostkowego stali 38GSA od składu granulometrycznego i zwięzłości glebowej masy ścierniej

Pic. 2. The dependence of the unit wear of steel 38GSA of granulometric composition and soil pulp consistency

spoistej o dużej zawartości frakcji pyłu i ilu. Na przykład zwiększenie zwięzłości gliny lekkiej o 0,22 MPa, dla stanu suchego i wilgotnego masy glebowej, powoduje zwiększenie wartości zużycia jednostkowego o 50%. Wraz ze zwiększaniem zawartości piasku następuje zmniejszanie wpływu zwięzłości na wartości zużycia. Przebieg zużywania w zależności od wilgotności i zwięzłości glebowej masy ścierniej we wszystkich przypadkach opisano funkcjami wykładniczymi postaci:

$$Z_j = a \cdot e^{bx}$$

gdzie: a i b są współczynnikami zależnymi od rodzaju ścierniej masy glebowej (**Tab. 2**).

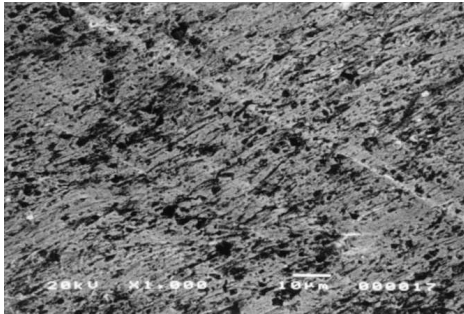
Tabela 2. Wartości współczynników równań opisujących przebieg zużycia

Table 2. Coefficients of equations describing the development of wear

Rodzaj masy ścierniej	Wilgotność			Zwięzłość		
	a	b	R ²	a	b	R ²
Piasek luźny	0,006	-0,01	0,858	0,002	6,966	0,903
Gлина lekka	0,048	-0,09	0,985	0,001	3,532	0,956
Gлина ciężka	0,050	-0,01	0,972	0,001	1,964	0,950

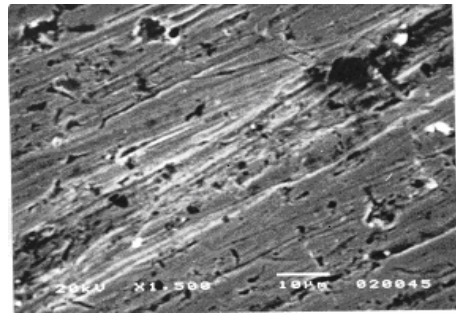
Występujące w glebowej masie ścierniej procesy zużywania różnią się od siebie cechami szczególnymi wynikającymi z przebiegu elementarnych zjawisk zużywania. Na **Rysunku 3** ukazującym użytą powierzchnię w piasku luźnym widoczne są bruzdy oraz lokalne wyrwania powierzchni. Pierwsze zjawisko wynika ze skrawającego oddziaływania ostrych krawędzi ziaren piasku, drugie zaś obrazuje oddziaływanie zaokrąglonych powierzchni piasku. To drugie zjawisko w procesie zużycia jest dominujące. Ziarna piasku charakteryzują się znacznym obtoczeniem oraz mają możliwość zmiany położenia wobec obrabiającego elementu spowodowanego oddziaływaniem sił tarcia. W gliniastej masie ścierniej rodzaj dominującego zużycia uzależniony jest od zawartości objętościowej danej frakcji w jej składzie (**Rys. 4 i 5**). Na powierzchniach tych można zauważyć mieszane procesy zużywania, w tym bruzdowanie powierzchni, jak i wyrwanie materiału. Zjawisko wyrwania materiału jest wynikiem kumulacji oddziaływania mechanicznego i chemicznego gleby.

O intensywności zjawiska decyduje zawartość takich pierwiastków, jak tlen, wodór, siarka i mangan. Ten rodzaj zużycia występuje wówczas, gdy szybkość tworzenia nowych związków chemicznych jest większa niż szybkość ubytku materiału w wyniku prostych procesów zużycia. Zużycie w tych przypadkach zachodzi w wyniku rysowania, mikro-skrawania, bruzdowania oraz wyrwań materiału. Udział poszczególnych zjawisk w procesie zużycia uzależniony jest od zawartości frakcji glebowych oraz stanu wilgotnościowego glebowej masy ścierej.



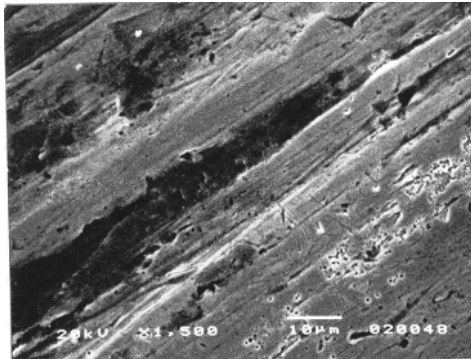
Rys. 3. Obraz powierzchni stali 38GSA zużywanej w wilgotnym piasku luźnym

Pic. 3. Picture of 38GSA steel surface wear in wet loose sand



Rys. 4. Obraz powierzchni stali 38GSA zużywanej w wilgotnej glinie średniej

Pic. 4. Picture of 38GSA steel surface wear in wet light clay



Rys. 5. Obraz powierzchni stali 38GSA zużywanej w wilgotnej glinie ciężkiej

Pic. 5. Picture of 38GSA steel surface wear in wet heavy clay

PODSUMOWANIE

Postulat powszechnie reprezentowany w literaturze dotyczący sposobu zużywania w zależności od twardości tworzywa konstrukcyjnego i ziaren ściernych (za Lawrowskim 1993) w przypadku zużywania w glebowej masie ścierniej ma ograniczone znaczenie. Intensywność zużywania uzależniona jest przede wszystkim od twardości masy glebowej jako całości, nie zaś samych ziaren mineralnych. Podczas badań wykazano, że o przebiegu zużywania decydują nie tyle właściwości pojedynczej cząstki glebowej, co całej glebowej masy ścierniej. Zawartość frakcji iłu, pyłu i piasku oraz wilgotność i zwięzłość wpływają na wartości zużycia oraz przebieg tego procesu. Znaczenie wilgotności i zwięzłości masy ścierniej istotne jest szczególnie w glebach spoistych o dużym udziale frakcji ilastych i pylastych. Należy jednak podkreślić, że nawet w przypadku frakcji jednorodnych można wskazać na wiele sposobów zużywania, w zależności od stanu masy glebowej. Uzyskane wyniki wskazują, że dla poszczególnych rodzajów gleb występują stany ich właściwości sprzyjające zmniejszeniu zużycia elementów je obrabiających.

LITERATURA

1. Dobrzański B., Zawadzki i inni, 1995, Gleboznawstwo, PWRiL Warszawa, s. 57–117.
2. Lawrowski Z., Tribologia, PWN Warszawa 1993, s. 110–116.
3. Napiórkowski J., Zużyciowe oddziaływanie gleby na elementy robocze narzędzi rolniczych, Inżynieria Rolnicza 12(72), Kraków 2005, s. 44–45, 113–145.
4. Sewerniew M.M., Iznos detaliei sielskochoziajstwiennych maszin. Kołos. 1972, s. 34–58.
5. Tenenbaum M.M., 1990. O widach, processach i mechanizmach abraziwnowo iznasziwanija. Dołgowiecznosć truszichsia detalei maszin, Moskwa, Maszinstrojenije, wypusk 5, s. 202–215.

Recenzent:
Janusz JANECKI

Summary

This paper presents the results of studying the impact of soil properties of soil pulp for the wearing of steel 38 GSA, commonly used for soil working tools. Pulp properties were characterised by granulometric composition, soil moisture, and consistency. The study was conducted on the wear machine by „rotating bowl” in the three types of abrasive pulp such as loose sand, light and heavy clay. The results found a significant effect of soil characteristics on the course and intensity of soil wear. The wear process in the soil pulp containing a significant fraction of clay and dust is determined primarily by its moisture content and consistency.