

## NACISK GLEBY NA POWIERZCHNIĘ NATARCIA LEMIESZA PŁUŻNEGO A UBYTEK MATERIAŁU Z TEJ POWIERZCHNI

Piotr Kostencki

*Katedra Inżynierii Systemów Agrotechnicznych  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

**Streszczenie.** W pracy zestawiono wyniki dwóch niezależnych badań, tj. pomiaru nacisku gleby w wybranych miejscach powierzchni natarcia nowego lemiesza płużnego i pomiaru ubytku grubości lemieszy zużytych granicznie. Nie stwierdzono powiązania między wynikami badań. Zasugerowano, że spowodowane jest to znaczną różnicą między obrysem lemieszy nowych i obrysem elementów zużytych granicznie.

**Słowa kluczowe:** lemiesze płużne, zużycie, nacisk gleby

### Wstęp

Tarcie i towarzyszące mu procesy zużycia należą do złożonych zjawisk, których przebieg determinuje szereg czynników. Powszechnie przyjmuje się, że zużycie roboczych elementów narzędzi przeznaczonych do uprawy gleby następuje w wyniku zużycia ściernego, a precyzyjniej w wyniku jego odmiany występującej podczas pracy w masie ściernej (w przypadku gleby zwykle utworzonej głównie z twardych ziaren kwarcu). Przy zużyciu ściernym elementarnymi formami niszczenia materiału są mikroskrawanie, rysowanie i brzdowanie [Hebda i Wachal 1980, Owsiak 1998]. Są to procesy związane z mechanicznym oddziaływaniem ziaren ścierniwa na wierzchnią warstwę materiału. Stąd w próbach matematycznego opisu zjawiska istotnym parametrem jest nacisk wywierany przez ścierniwo na zużywaną powierzchnię. W proponowanych modelach często intensywność ściernego zużycia jest wprost proporcjonalna do nacisku [Sevierniev 1972; Hebda i Wachal 1980], podobnie jak ma to miejsce w modelu Holma-Archarda, jednym z wczesnych modeli zużywania [Zwierzycki 2002]. Nieco inną propozycję stanowi powiązanie intensywności zużywania z naciskiem za pomocą funkcji potęgowej [Zwierzycki 1990, Zwierzycki 2002]:

$$I_h = \frac{h}{L} = K \cdot p^x \quad (1)$$

gdzie:

- $I_h$  – liniowa intensywność zużywania (wielkość bezwymiarowa),
- $h$  – ubytek grubości [m],
- $L$  – droga tarcia [m],
- $p$  – nacisk [kPa],
- $K, x$  – współczynniki wyznaczone doświadczalnie, zależne od właściwości kontaktujących się materiałów i warunków tarcia.

Przy występowaniu jedynie form ściernego zużycia zakłada się, że w zależności (1) współczynnik  $x=1$ . Natomiast w przypadku oddziaływania dodatkowych czynników modyfikujących proces tarcia współczynnik ten może przyjmować inne wartości. Ogólnie czynnikami intensyfikującymi zużycie ściernie mogą być występujące w środowisku pracy zużywanego materiału substancje nieaktywne chemicznie (uczestniczące w adsorpcji lub chemisorpcji), substancje aktywne korozyjnie (chemicznie, elektrochemicznie) i substancje absorbowane do warstwy wierzchniej materiału. Środowisko adsorpcyjne przyczynia się do obniżenia wytrzymałości mechanicznej wierzchniej warstewki materiału. Substancje aktywne korozyjnie (elektrolity, roztwory soli) mogą działać chemicznie lub elektrochemicznie, przy czym tempo zjawisk korozyjnych ulega nasileniu przy występowaniu w materiale mechanicznego stanu naprężeń (szczególnie naprężeń rozciągających), co określane jest mianem efektu mechanochemicznego. Substancją absorbowaną do warstwy wierzchniej materiału, obniżającą jego wytrzymałość, jest głównie wodór. Mechanizm wpływu wodoru na zmniejszenie wytrzymałości mechanicznej stali nie został jednoznacznie do tej pory wyjaśniony, przy czym istnieje na ten temat cały szereg teorii [Zwierzycki 1990, Zwierzycki 2002].

Innym czynnikiem, który potencjalnie może ułatwiać proces zużywania elementów pracujących w glebie, jest zmęczeniowe oddziaływanie ziaren ściernych, poprzez sprężystą deformację materiału z wierzchniej warstewki.

Na aspekt złożoności procesu zużywania elementów pracujących w glebie, w którym powiązanych może być cały szereg mechanizmów i oddziaływań, zwraca uwagę Napiórkowski [2005]. Spostrzeżenie to trafnie koreluje ze złożonością budowy i chemicznym bogactwem gleby. Spośród wymienionych czynników mogących przyczynić się do zintensyfikowania zużycia ściernego, wykazano (w warunkach laboratoryjnych) obniżenie wytrzymałości ścierniej stali pod wpływem zaabsorbowanego wodoru [Napiórkowski 1997, Stabryła i Starczewski 2006]. Jest to istotne, gdyż w Polsce przeważają gleby z natury kwaśne, a dodatkowym źródłem występowania wodoru mogą być kwasy nieorganiczne (kwaśne deszcze), kwasy organiczne pochodzenia roślinnego oraz nawozy sztuczne.

Zużycie elementów przemieszczających się w glebie następuje zatem na skutek mechanicznego oddziaływania ziaren ścierniwa. Ze względu na różnorodny kształt i wielkość ziaren, różną wartość sił normalnych wywieranych przez nie na powierzchnię elementu oraz odmienne formy oddziaływania (poślizg lub przetaczanie, wynikające z układu sił utwierdzających ziarna ścierniwa przez sąsiednie cząsteczki gleby) proces niszczenia materiału ma charakter mieszany (mikroskrawanie, rysowanie, bruzdowanie), przy dominacji określonego mechanizmu zużywania, i może być intensyfikowany przez dodatkowe czynniki wpływające ze środowiska pracy. Przy takim ujęciu intensywność zużywania materiału z powierzchni elementów będzie istotnie zależała od wartości nacisku wywieranego w danym miejscu przez glebę.

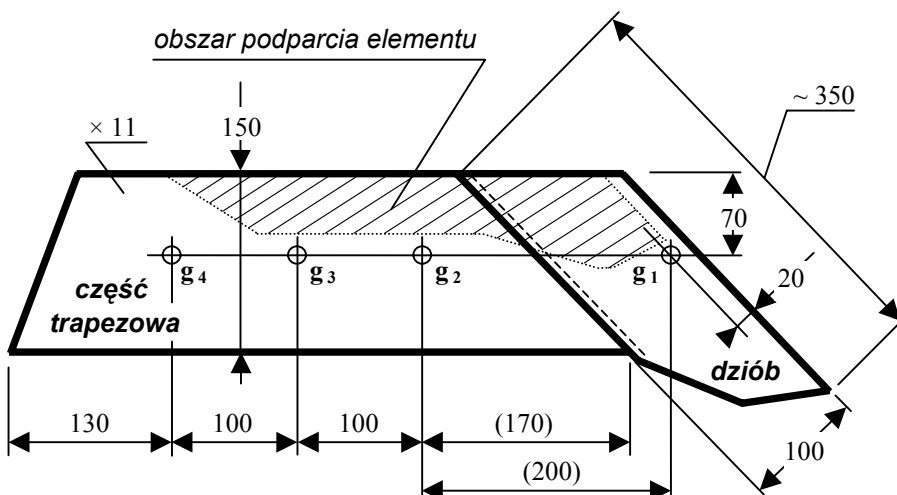
## Cel pracy

Celem pracy było ustalenie, czy rozkład nacisku gleby występujący na powierzchni natarcia nowego lemiesza płuznego powiązać można ze stanem zużycia materiału z tej powierzchni przy elementach zużytych granicznie.

## Metody, wyniki

W publikacji wykorzystano wyniki z dwóch, wykonanych niezależnie i opublikowanych już badań, a mianowicie pomiarów nacisku gleby w wybranych miejscach powierzchni natarcia nowego lemiesza płężnego i pomiarów ukierunkowanych na określenie zmiany geometrii lemieszy zużytych granicznie. Połączenie w niniejszej publikacji informacji z obu badań umożliwia szersze nieco spojrzenie na zagadnienie zużywania się lemieszy płężnych, przydatne zwłaszcza przy opracowywaniu metodyki tribologicznych badań tych elementów.

Pomiary nacisku gleby na powierzchnię natarcia nowego lemiesza płężnego omówiono w pracy Kostencki i Borowiak [2008]. Podczas pomiarów nacisk mierzono w czterech miejscach powierzchni lemiesza, przy dwóch głębokościach pracy pługa (18 i 29 cm). Miejsca pomiaru nacisku przedstawiono na rysunku 1, informacje o warunkach pomiarów podano w tabeli 1 (warunki A), a wyniki badań zilustrowano na rysunku 2a.



Rys. 1. Miejsca pomiaru nacisku gleby na powierzchnię natarcia lemiesza i pomiaru ubytku grubości elementów zużytych granicznie (punkty  $g_1 - g_4$ )

Fig. 1. Places of measurement of the pressure of soil on the rake face of the plough share and measurement of the loss of thickness of elements affected by boundary wear (points  $g_1 - g_4$ )

Natomiast w pracy Kostencki [2007] przedstawiono zmianę geometrii granicznie zużytych lemieszy w odniesieniu do kształtu elementów nowych, przy czym w niniejszej publikacji wykorzystano tylko wartości ubytku grubości elementów występujące w miejscach pomiaru nacisku gleby (rys. 1). Ustalone wartości ubytku grubości elementów przedstawiono na rysunku 2b. W omawianych badaniach stosowano wytwarzane przez dwóch producentów, nienapawane i napawane, dzielone lemiesze przeznaczone do pługów firmy Lemken. Dane o warunkach pracy lemieszy zawiera również tabela 1 (odpowiednio dla elementów nienapawanych i napawanych warunki B i C).

## Dyskusja

Przy pomiarach nacisku gleby na powierzchnię natarcia lemieszka oraz podczas oceny zmiany geometrii elementów uprawiano gleby piaszczyste (tab. 1). Dominującym gatunkiem uprawianej gleby był piasek gliniasty lekki. Między wartościami parametrów opisujących warunki poszczególnych badań występują pewne odstępstwa. W szczególności dotyczy to stosowanych głębokości i prędkości orki, a w przypadku warunków C także wilgotności i zwięzłości gleby. Zaistniałe różnice utrudniają interpretację wyników omawianych badań.

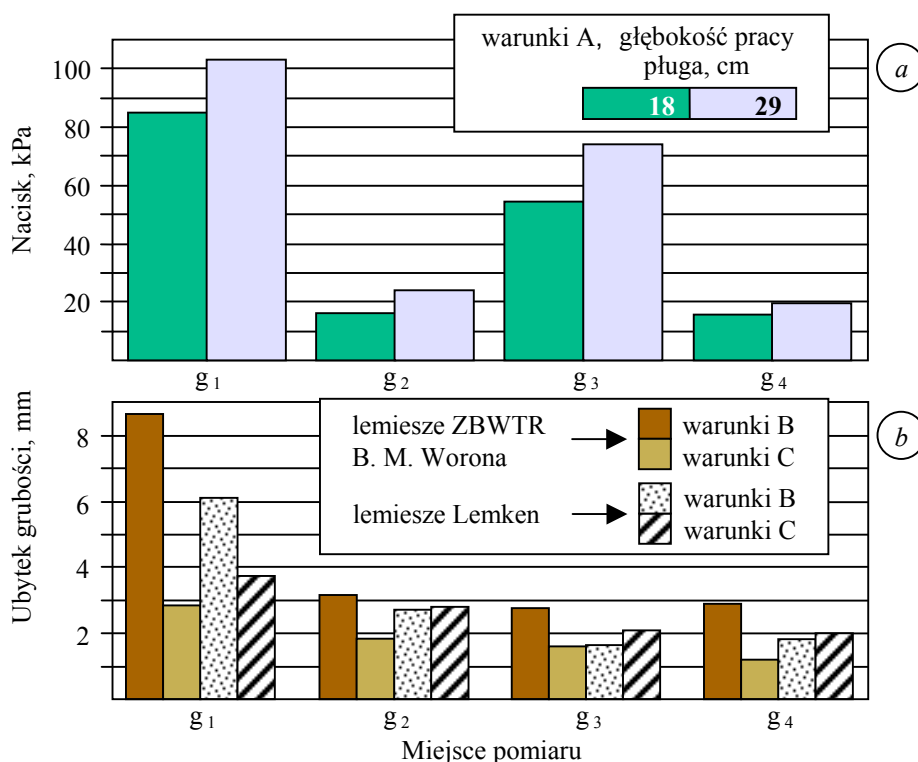
Tabela 1. Warunki pracy lemieszki  
Table 1. Working conditions of ploughshares

Wielkość	Warstwa gleby	Ustalona wartość			
		przy pomiarach nacisku, warunki A		przy pomiarach zużycia, warunki B i C	
Udział gatunków gleb na uprawianym obszarze, %	warstwa orna	pgl - 100		pgl - 34,4 pgmp - 28,0 pglp - 17,7 pgm - 9,6 inne - 10,3	pgl - 39,0 pgmp - 31,5 pglp - 19,5 ps - 4,5 inne - 5,5
Zawartość żwiru, %		6,6		5,2 s=1,5	5,2 s=2,1
Aktualna wilgotność wagowa gleby, %	0 - 30 cm	14,8 s=1,9	14,7 s=2,5	11,0 s=3,0	
Gęstość objętościowa gleby, g·cm <sup>-3</sup>		1,42 s=0,12	1,49 s=0,11	1,46 s=0,12	
Zwięzłość gleby, kPa		1543 s=371	1199 s=295	2001 s=670	
Głębokość pracy pługa, cm		wariant I - 18 s=2 wariant II - 29 s=2	25,1 s=1,6	22,8 s=1,4	
Prędkość pracy pługa, m·s <sup>-1</sup>		odpowiednio dla wariantu I i II - 2,4 i 2,3 R=0,1	2,07 s=0,08	2,11 s=0,11	

ps - piasek słabogliniasty, pgl - piasek gliniasty lekki, pglp - piasek gliniasty lekki pylasty, pgm - piasek gliniasty mocny, pgmp - piasek gliniasty mocny pylasty; s - odchylenie standardowe, R - rozstęp

Należy zwrócić uwagę na względnie dużą zmienność ubytku grubości lemieszki występującą w miejscach pomiaru parametru (rys. 2b). Jej przyczyną były różne warunki pracy i różnice w konstrukcji lemieszki, wynikające z przyjętej przez producentów technologii ich wytwarzania. Zastosowanie w warunkach C lemieszki wzmocnionej konstrukcyjnie przez napawanie dodatkowo wpłynęło na zróżnicowanie ubytku grubości elementów, przy czym gleba uprawiana w warunkach C charakteryzowała się mniejszą wilgotnością i około 1,7-krotnie większą zwięzłością niż w warunkach B, co zapewne rzutowało na przebieg procesu ścierania się lemieszki [Kostencki 2008]. Poza odpornością materiału na ścieranie, ważnym też czynnikiem wpływającym na ubytek grubości lemieszki w danych warunkach orki (przy których na powierzchni natarcia lemieszka wytworzy się określony rozkład nacisku gleby) jest ich trwałość, limitowana zwykle zmianą obrysu, a więc wynikająca z intensywności zużywania się powierzchni przyłożenia elementów. Przy trwalszych lemieszach

większa ilość gleby przemieści się po powierzchni natarcia, przyczyniając się do wzrostu ubytku ich grubości.



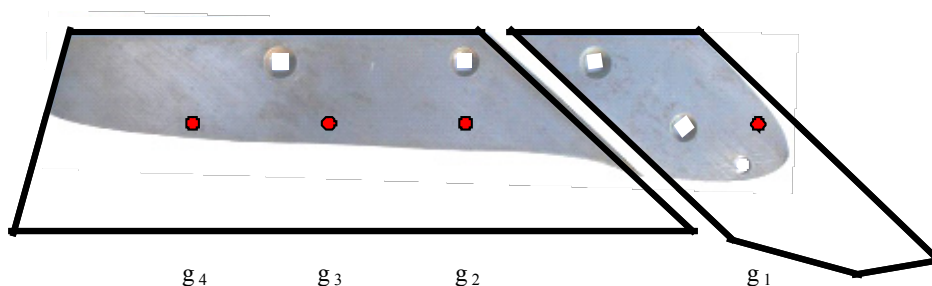
Rys. 2. Nacisk gleby na powierzchnię natarcia nowego lemieszka (a) i ubytek grubości elementów zużytych granicznie (b): warunki B - lemieszki nienapawane, warunki C - lemieszki napawane

Fig. 2. Pressure of soil on the rake face of the new plough share (a) and loss of thickness of elements affected by boundary wear (b): conditions B – unsurfaced plough shares, conditions C – surfaced plough shares

W ramach stosowanych miejsc pomiaru największy nacisk gleby wywierany na powierzchnię nowego lemieszka występował w miejscu g<sub>1</sub> (rys. 2a). W miejscu tym ubytek grubości granicznie zużytych elementów, pracujących zarówno w warunkach B jak i C, był największy (rys. 2b). Natomiast w kolejnych miejscach pomiaru (g<sub>2</sub>, g<sub>3</sub>, g<sub>4</sub>) brak jest zgodności między wartościami nacisku i zużycia. Szczególnie zauważalne jest to w miejscu g<sub>3</sub>, w którym znacznemu naciskowi gleby na powierzchnię nowego lemieszka nie odpowiada duża wartość ubytku grubości elementów. Przy poszczególnych elementach pracujących w danych warunkach ubytek grubości w miejscach g<sub>2</sub>, g<sub>3</sub> i g<sub>4</sub> był zbliżony, przy czym nieco większe wartości zużycia występowały w miejscu g<sub>2</sub> (rys. 2b), w którym z kolei przy pomiarach nacisku stwierdzono względnie małe obciążenie wywierane przez glebę. Mały

nacisk gleby w miejscu  $g_2$  mógł wynikać z odciążającego działania części dziobowej, która w nowym lemieszu (stosowanym przy pomiarach nacisku) charakteryzowała się dużą długością oraz nieco większą grubością niż część trapezowa. Należy dodać, że opracowany układ pomiarowy niestety nie mógł być zastosowany przy pomiarach wartości nacisku wywieranego przez glebę na elementy zużyte granicznie, gdyż mała przestrzeń wytwarzająca się między zużytym lemieszem a dnem bruzdy uniemożliwia właściwą pracę czujników nacisku.

Prawdopodobnie podstawową przyczyną braku zgodności (w prezentowanych badaniach) między naciskiem wywieranym przez glebę na powierzchnię natarcia a zużyciem lemieszu jest ciągła modyfikacja rozkładu wartości nacisku wywołwana zmianą obrysu elementów. W celu zobrazowania omawianego zagadnienia na rysunku 3 przedstawiono kształt elementu nowego i przykładowy jego stan przy pomiarach zmiany geometrii. W miarę zużywania się powierzchni przyłożenia lemieszu, prowadzącego do widocznej na rysunku 3 dużej zmiany obrysu, rozkład nacisku gleby ulega zmianie, co wpływa na różną, w okresie użytkowania elementów, intensywność ścierania określonych obszarów powierzchni natarcia. Efektem tego procesu jest końcowa wartość ubytku grubości lemieszu.



Rys. 3. Lokalizacja miejsc pomiaru nacisku i ubytku grubości w stosunku do obrysu nowego lemieszu oraz elementu zużytego granicznie

Fig. 3. Location of places of measurement of pressure and loss of thickness towards the contour of the new plough share and the element affected by boundary wear

## Podsumowanie

Przedstawione wyniki badań ujawniają złożoność zagadnienia tribologicznej oceny pracy lemieszu. Z ich analizy wynika, że badania mające na celu porównywanie zużycia z naciskiem gleby występującym na powierzchni natarcia lemieszu płuznego powinny być realizowane do stanu niewielkiej zmiany obrysu elementów. Wiąże się to jednak z osiągnięciem małego ubytku grubości, co może wpłynąć na zmniejszenie dokładności uzyskanych ustaleń. Z tego względu zaleca się stosowanie lemieszu napawanych, których powierzchnia przyłożenia zużywa się wolniej. Utrudnieniem w takich badaniach mogą być też duże wymiary czujników nacisku, ograniczające liczbę oraz lokalizację miejsc pomiaru, a dodatkową przeszkodę w tym zakresie stwarza strefa podparcia elementów.

## Bibliografia

- Hebda M., Wachal A.** 1980. Trybologia. WNT. Warszawa. s. 446-453, 466-467.
- Kostencki P.** 2007. Geometria zużycia lemieszki płużnych użytkowanych w glebach piaszczystych. Problemy Inżynierii Rolniczej. Nr 3 (57). s. 49-64.
- Kostencki P., Borowiak P.** 2008. Nacisk gleby na powierzchnię roboczą lemieszki płużnego pracującego w glebie piaszczystej. Tribologia. Nr 1 (217). s. 35-43.
- Kostencki P.** 2008. Wskaźnik liniowy alternatywą dla masowego wskaźnika przy ocenie zużycia lemieszki płużnych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. Vol. 53 (1). s. 35-39.
- Napiórkowski J.** 1997. Wpływ odczynu gleby na intensywność zużycia elementów roboczych. Tribologia. Nr 5-6 (155-156). s. 793-801.
- Napiórkowski J.** 2005. Zużyciowe oddziaływanie gleby na elementy robocze narzędzi rolniczych (rozprawa habilitacyjna). Inżynieria Rolnicza. Nr 12 (72).
- Owsiak Z.** 1998. Narzędzia skrawające glebę. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu nr 348. Monografie XV. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu. ISBN 83-87866-10-5.
- Sevierniev M.** (red.) 1972. Iznos detalej sel'skokożajstviennyh mašin. Kolos. Leningrad. s. 36-40, 96-103.
- Stabryła J., Starczewski L.** 2006. Oddziaływanie wodoronowych składników gleby na zużycie ścierne narzędzi rolniczych. Problemy Eksploatacji. Nr 1 (60). s. 199-206.
- Zwierzycki W.** (red.) 1990. Wybrane zagadnienia zużywania się materiałów w ślizgowych węzłach maszyn. PWN. Warszawa-Poznań. ISBN 83-01-10355-8.
- Zwierzycki W.** (red.) 2002. Modele prognostyczne korozyjno-mechanicznego zużywania się elementów maszyn. Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji. Biblioteka Problemów Eksploatacji. Radom-Poznań. ISBN 83-7204-248-9.

## PRESSURE OF SOIL ON THE RAKE FACE OF THE PLOUGH SHARE AND LOSS OF MATERIAL FROM THAT FACE

**Abstract.** The work collates results of two independent tests, i.e. measurement of the pressure of soil in selected areas of the rake face of the new plough share and the measurement of the loss of thickness of plough shares affected by boundary wear. No connection between results of tests was found. It was suggested that this might be caused by a serious difference between the contour of new plough shares and the contour of elements affected by boundary wear.

**Key words:** plough shares, wear, pressure of soil

### Adres do korespondencji:

Piotr Kostencki  
Katedra Inżynierii Systemów Agrotechnicznych  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
ul. Papieża Pawła VI nr 1  
71-459 Szczecin