

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 620.178.1:631.313.02

Борак К.В.

Житомирський агротехнічний коледж

ЗМІНА ПОВЕРХНЕВОЇ ТВЕРДОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДИСКОВИХ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН У ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

У роботі встановлено закономірності зміни поверхневої твердості робочих органів дискових ґрунтообробних машин, виготовлених зі сталі 65Г та 28МnB5. У результаті взаємодії робочих органів дискових ґрунтообробних машин із ґрунтовим середовищем твердість поверхні суттєво змінюється. На різних типах ґрунтів та для різних матеріалів закономірність зміни твердості носить відмінний характер.

Ключові слова: твердість, робочі органи, сталь, ґрунт, поверхня.

Постановка проблеми. На початок 2018 р. в Україні налічувалося понад 370 тис. ґрунтообробних машин (табл. 1). Протягом останніх років спостерігається ріст кількості даних машин у сільськогосподарських виробників (табл. 1). Машинобудівна галузь України повною мірою спроможна забезпечити виробництво ґрунтообробних машин для агропромислового комплексу України. За даними сайту Державної фіскальної служби [1], за останні три роки спостерігається зменшення імпорту ґрунтообробної техніки та збільшення її експорту (основні країни-експортери – Російська Федерація, Молдова, Німеччина, Казахстан).

Лідерами з виробництва ґрунтообробних та посівних машин в Україні є такі компанії, як: ПАТ «Ельворті», ТОВ «Завод «Оптікон», ВАТ «Лозівський ковальсько-механічний завод», ВАТ «Велес-Агро ЛТД», ТОВ «НВП «Білоцерків-МАЗ», ВАТ «Галещина, машзавод», ВАТ «Умань-ферммаш», ВАТ «Хмільниксільмаш», Корпорація «Агро-Союз», ВАТ «ВО «ВОСХОД», ВАТ «Завод «Фрегат», ТОВ «АК «Фаворит» та ін.

Незважаючи на такі позитивні дані статистики, слід відзначити, що більшість підприємств закуповує робочі органи, які взаємодіють із ґрунтовим середовищем, за кордоном або закуповує за кордоном матеріал для їх виготовлення (здебільшого боровмістку сталь). Деякі підприємства виготовляють робочі органи зі сталі вітчизняного виробництва. Найбільше для цих потреб використовують сталь 65Г.

Для вибору оптимального матеріалу робочих органів ґрунтообробних машин та його властивостей необхідно знати процеси, що відбуваються на поверхні в результаті взаємодії з ґрунтом. Це дає змогу досягати «позитивної самоорганізації» поверхні, яка взаємодіє з ґрунтом, що, своєю чергою,

призведе до можливості суттєво підвищити зносостійкість робочих органів ґрунтообробних машин.

Таблиця 1

Наявність сільськогосподарської техніки в сільськогосподарських підприємствах на кінець 2017 р. [2]

Найменування	Усього	У % до наявності на початок року
Плуги	49072	103,4
Культиватори	70100	102,0
Борони	181386	98,7
у т. ч. дискові	31707	106,5

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Дослідженням зміни властивостей поверхневих шарів за абразивного зношування займалися М.М. Хрушов [3; 4], Б.І. Костецький [5], М.М. Северньов [6], В.Н. Ткачов [7; 8], М.М. Тененбаум [9] та ін. Усі дослідники дійшли висновку, що в результаті зношування на поверхні утворюється шар, який за своїми фізико-механічними властивостями відрізняється від матеріалу основи. Цей шар може мати як більшу, так і меншу зносостійкість порівняно з матеріалом основи.

Незважаючи на велику кількість праць із вивчення фізико-механічних властивостей поверхневих шарів за абразивного зношування, багато питань залишаються не розкритим, оскільки переважна більшість досліджень зміни фізико-механічних властивостей поверхневих шарів проводилася

за зношування закріпленим абразивом. Результати даних досліджень не описують закономірності зміни фізико-механічних властивостей поверхневих шарів за зношування незакріпленим абразивом та абразивом, який знаходиться в «напівзакріпленому» стані.

Постановка завдання. Мета роботи – дослідити закономірності зміни поверхневої твердості робочих органів дискових ґрунтообробних машин за зношування на різних ґрунтах та дати рекомендації щодо застосування матеріалів для виготовлення робочих органів для різних типів ґрунтів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення впливу ґрунтового середовища на зміну поверхневої твердості дослідження проводили на трьох типах ґрунтів: супіщаному, середньому суглинку та глині легкій.

Результати вимірювання проводили за схемою, представленою на рис. 1. Кількість замірів у кожній зоні становила $n=10$. Ширина зон дорівнювала 10 мм. Для достовірності отриманої інформації вимірювання проводили на шести робочих органах.

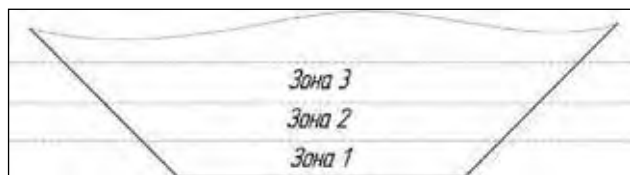


Рис. 1. Схема проведення замірів твердості на зовнішній поверхні диска (ширина зон – 10 мм)

Вимірювання твердості проводилися відповідно до ASTM A1038. Даний метод найбільше підходить для контролю твердості зміцнених поверхневих шарів, оскільки глибина проникнення індектора зазвичай знаходиться в межах 30–50 мкм.

Твердість поверхні визначали за допомогою портативного твердоміра Т-УД2 (рис. 2), заводський номер 008.119.12.16, дата виготовлення – 13.12.2016. Повірка твердоміра проходила в ДП «Дніпропетровський регіональний державний науково-технічний центр стандартизації, метрології та сертифікації», свідоцтво №10-0/6926/1 від 12.01.2017.

Дослідження зміни отвердості робочих органів дискових борін проводили на агрегатах:

- БДВП-4,2, виробник – ТОВ «Краснянське СП «Агромаш», в умовах Козятинського району Вінницької області;
- БДВП-7,2, виробник – ТОВ «Краснянське СП «Агромаш», в умовах Коростенському районі Житомирської області;
- БПД-4,2, виробник – ПАО «Завод «Фрегат», в умовах Овруцького району Житомирської області.



Рис. 2. Твердомір Т-УД2

Результати досліджень представлено в табл. 2.

Як видно з табл. 2, твердість нових вітчизняних дисків, виготовлених зі сталі 65Г, коливається в межах 35,91...40,89 HRC, а твердість дисків фірми Bellota, виготовлених зі сталі 28MnB5 – 48,75...50,69 HRC. У процесі експлуатації робочих органів дискових ґрунтообробних машин твердість поверхні суттєво змінюється. На різних типах ґрунтів закономірність зміни твердості носить відмінний характер (рис. 3 та 4).



Рис. 3. Зміна твердості поверхні дискового робочого органу виготовленого зі сталі 65Г: 1a, 11a, та 16, 116 – зовнішня та внутрішня сторона диска відповідно експлуатуються на легкій глині; 2a, 22a та 26, 226 – зовнішня та внутрішня сторона диска відповідно експлуатуються на середньому суглинку; 3a, 33a та 36, 336 – зовнішня та внутрішня сторона диска відповідно експлуатуються на супіщаному ґрунті

Зміна мікротвердості внутрішньої поверхні робочих органів дискової борони БДВП-4,2, виробник – ТОВ «Краснянське СП «Агромаш» (вимірювання проводилися в зоні 1, рис. 1)

Грунт	Матеріал	Тип робочого органу	Сторона проведення заміру	Твердість робочої поверхні елемента трибосистеми «робочий орган – ґрунт», $\bar{\sigma}$ (HRC)	
				Початкова	Після напрацювання*
глина легка	Сталь 65Г	Передній ряд (вирізні диски типу «ромашка»)	Зовнішня	37,29	39,52
			Внутрішня	37,63	40,71
		Задній ряд (суцільні диски)	Зовнішня	36,83	44,18
			Внутрішня	37,06	41,68
	28MnB5	Передній ряд (вирізні диски типу «ромашка»)	Зовнішня	50,44	54,96
			Внутрішня	49,82	54,41
		Задній ряд (суцільні диски)	Зовнішня	49,65	56,37
			Внутрішня	50,38	58,04
середній суглинок	Сталь 65Г	Передній ряд (вирізні диски типу «ромашка»)	Зовнішня	36,80	40,52
			Внутрішня	37,12	41,37
		Задній ряд (суцільні диски)	Зовнішня	36,87	30,97
			Внутрішня	35,91	31,09
	28MnB5	Передній ряд (вирізні диски типу «ромашка»)	Зовнішня	50,05	54,41
			Внутрішня	49,19	53,29
		Задній ряд (суцільні диски)	Зовнішня	49,08	57,5
			Внутрішня	49,94	54,59
супіщаний	Сталь 65Г	Передній ряд (вирізні диски типу «ромашка»)	Зовнішня	39,87	45,73
			Внутрішня	40,27	42,77
		Задній ряд (суцільні диски)	Зовнішня	39,75	32,23
			Внутрішня	40,89	33,12
	28MnB5	Передній ряд (вирізні диски типу «ромашка»)	Зовнішня	50,36	37,23
			Внутрішня	49,62	36,38
		Задній ряд (суцільні диски)	Зовнішня	48,75	39,34
			Внутрішня	50,69	41,04

* БДВП-4,2 в умовах Козятинського району Вінницької області напрацювала 1 200 га; БДВП-7,2 в умовах Коростенського району Житомирської області напрацювала 1 950 га; БПД-4,2 в умовах Овруцького району Житомирської області напрацювала 840 га.

Із представлених результатів дослідження можна зробити висновок, що твердість поверхні вирізних сферичних дисків, виготовлених зі сталі 65Г, які працюють у першому ряду, підвищується. Це явище можна пояснити явищем «наклепу» робочої поверхні, адже дані диски працюють у напівзакріпленому абразивному середовищі. Найбільше твердість поверхні підвищується у дисків, які працюють на супіщаному ґрунті.

Для суцільних дисків (задній ряд), які працюють у незакріпленій абразивній масі, для всіх типів ґрунтів, окрім легкої глини, спостерігався процес зменшення поверхневої твердості робочої поверхні.

У задніх дисків не спостерігається процес зміцнення поверхні в результаті взаємодії з абразивними частинками, оскільки вони в переважній більшості взаємодіють із вільними абразивними частинками.

Для переднього і заднього рядів дискових робочих органів ґрунтообробних машин, виготовлених зі сталі 28MnB5, спостерігається підвищення поверхневої твердості на 3–7 одиниць HRC на глинистих та суглинкових ґрунтах. На супіщаному ґрунті спостерігається процес зменшення поверхневої твердості на 11–14 одиниць HRC.

Для більш детального аналізу зміни поверхневої твердості в робочих органах ґрунтообробних машин було проведено дослідження зношених дисків за схемою, представленою на рис. 5.

Таблиця 3

Поверхнева твердість зношеного дискового робочого органу, що працював на глинистих ґрунтах у передньому ряду, виготовленого зі сталі 28MnB5 (внутрішня поверхня)

Зона	Середня твердість HRC
1	46,68
2	47,74
3	46,59
4	58,16
5	57,75
6	62,06
7	63,67
8	40,75

З табл. 3 видно, що в зонах 1, 2 та 3, де відсутнє інтенсивне абразивне зношування, не спостерігається зміни поверхневої твердості. У зонах 4, 5, 6 та 7, де протікає процес абразивного зношування, спостерігається суттєве підвищення поверхневої твердості за рахунок самоорганізації поверхневих шарів. У зоні 8 спостерігається зменшення поверхневої твердості, що пояснюється складнішими умовами протікання процесу абразивного зношування та зміною його механізму. Підтвердження даного твердження можна спостерігати візуально на рис. 6. Дана закономірність зміни поверхневої твердості по площі диску справедлива для робочих органів, виготовлених зі сталі 65Г та 28MnB5 на всіх типах ґрунтів.



Рис. 6. Загальний вигляд робочій поверхні дискової борони БДВП-7,2 (перший ряд, матеріал робочого органу – сталь 28MnB5)

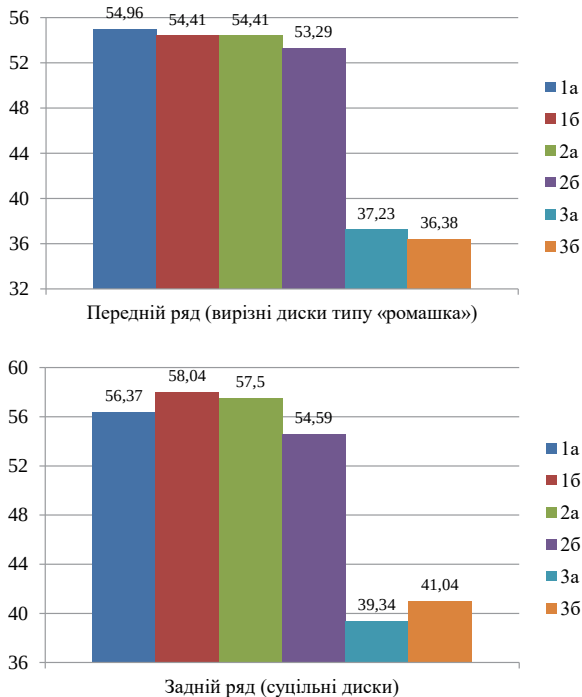


Рис. 4. Зміна твердості поверхні дискового робочого органу, виготовленого зі сталі 28MnB5: 1a, 11a, та 16, 116 – зовнішня та внутрішня сторона диска відповідно експлуатуються на легкій глині; 2a, 22a та 26, 226 – зовнішня та внутрішня сторона диска відповідно експлуатуються на середньому суглинку; 3a, 33a та 36, 336 – зовнішня та внутрішня сторона диска відповідно експлуатуються на суپیщаному ґрунті

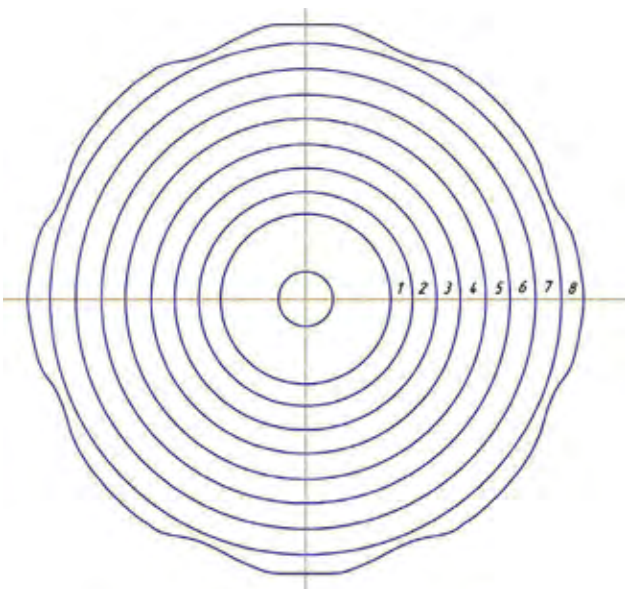


Рис. 5. Схема проведення замірів поверхневої твердості на зношеному робочому органі

Результати досліджень поверхневої твердості зношеного дискового робочого органу, що працював на глинистих ґрунтах, виготовленого зі сталі 28MnB5, представлено в табл. 3.

Висновки. Для підвищення довговічності дискових робочих органів ґрунтообробних машин (ураховуючи, що з підвищенням твердості металу інтенсивність абразивного зношування зменшується) необхідно: на глинистих і суглинкових ґрунтах використовувати диски, виготовлені зі сталі 28MnB5, а на піщаних та суپیщаних – зі сталі 65Г.

Список літератури:

1. Державна фіскальна служба України. Зовнішня торгівля України із зазначенням основних країн-контрагентів. URL: <http://sfs.gov.ua/ms/f3> (дата звернення: 24.03.2019).
2. Сільське господарство України: статистичний збірник. Київ : Державна служба статистики України, 2017. 245 с.
3. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. Москва : Наука, 1970. 252 с.
4. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Исследования изнашивания металлов. Москва : АН СССР, 1960. 272 с.
5. Костецкий Б.И. Соппротивление изнашиванию деталей машин. Москва ; Киев : МАШГИЗ, 1959. 478 с.
6. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / М.М. Севернев и др. ; под. ред. М.М. Севернева. Минск : Беларус. навука, 2011. 333 с.
7. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей в условиях абразивного изнашивания. Москва : Машиностроение, 1995. 336 с.
8. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин. Москва : Машиностроение, 1966. 332 с.
9. Тененбаум М.М. Соппротивление абразивному изнашиванию. Москва : Машиностроение, 1976. 271 с.

**ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ТВЕРДОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ
ДИСКОВЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

В работе установлены закономерности изменения поверхностной твердости рабочих органов дисковых почвообрабатывающих машин, изготовленных из стали 65Г и 28MnB5. В результате взаимодействия рабочих органов дисковых почвообрабатывающих машин с почвой твердость поверхности существенно меняется. На разных типах почв и для различных материалов закономерность изменения твердости носит отличный характер.

Ключевые слова: твердость, рабочие органы, сталь, почва, поверхность.

**CHANGE IN SURFACE HARDNESS OF DISC WORKING BODIES
OF TILLAGE MACHINES IN THE OPERATION PROCESS**

In the work regularities of the change in the surface hardness of the working bodies of disc soil tillage machines made of steel 65Г and 28MnB5 were established. As a result of the interaction of the working bodies of disk tillage machines with the soil, the surface hardness varies significantly. For different types of soils and for different materials, the pattern of hardness variation is excellent.

Key words: hardness, working bodies, steel, soil, surface.