

УДК 631.436.038

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЛЕМІШІВ ПЛУГІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЕННЯ

В.В. Дяченко, здобувач гр. ТС – 24М;

С.І. Маркович, доц., канд. техн. наук;

О.В. Бевз, доц., канд. техн. наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Постановка проблеми. Сучасне рослинництво має високу енергоємність, що має тенденцію до швидкого зростання. У рослинництві витрачається до 80 % усіх енергетичних витрат у сільському господарстві. Основні витрати (до 40 %) припадають на ґрунтообробку, так як для підтримки високої родючості ґрунту як основного засобу виробництва культурних рослин потрібно виконувати ряд технологічних операцій, пов'язаних зі структуруванням родючого шару [1, 2]. Найбільш енергоємними є операції основної обробки ґрунту які характеризуються високими динамічними та силовими навантаженнями на робочі органи, що суттєво впливає на їхній ресурс. Високі навантаження на робочі органи в сукупності з високим процентним вмістом абразивних частинок у ґрунтах критично знижують ресурс робочих органів [3]. Актуальність проблеми підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних знарядь зростає з кожним роком у зв'язку з безперервно зростаючою швидкістю виконання операцій, продуктивністю та інтенсивністю експлуатації машинно-тракторних агрегатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В якості технологічних методів зміцнення найчастіше використовують наплавлення: ручне газове твердими сплавами; дугове порошковою стрічкою; багатоелектродне електрошлакове; плазмове; індукційне та інші [3, 4].

При цьому сучасні дослідження показують, що напруження на відмову лемішів відвальних плугів і долот чизельних плугів індукційним наплавленням при сучасному рівні інтенсифікації є явно недостатнім, що відкриває широкі перспективи для подальших досліджень і технологічних розробок.

Технологія наплавлення повинна забезпечувати рівномірність шару твердого сплаву по товщині і властивостям (зносостійкість, міцність), рівномірність розподілення пор і тріщин, що переходять із твердого сплаву в основний метал. Наплавлення твердих сплавів при нагріванні струмами високої частоти має ряд переваг перед іншими методами: високу продуктивність процесу; достатню якість наплавленого шару по хімічному складі, щільності, структурній однорідності і шорсткості поверхні; можливість одержання тонких шарів наплавленого металу (до 0,3 мм) [5].

Застосовувані для індукційного наплавлення сплави повинні мати мінімальну магнітну проникність і температуру плавлення на 150...200°C нижче температури плавлення основного металу. До таких сплавів відносяться сормайт №1 у виді гранульованого порошку (ПГ-С27), ФБХ-6-2, псевдосплави типу ПС із високими наплавочними властивостями і зносостійкістю [6, 7].

Поряд з перевагами спосіб індукційного наплавлення має також і недоліки. Об'ємний термічний вплив на РЕ РОГМ може викликати знеміцнення матеріалу основи. Спосіб не дає можливості зміцнювати локальні ділянки деталей, що піддаються найбільшому зношуванню, а отже геометричні параметри деталей в процесі зношування будуть змінюватися. Номенклатура зміцнюваних деталей в основному залежить від геометричної конфігурації індукторів. Крім того слід зазначити високу енергоємність індукційного наплавлення [8].

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є розробка ефективної технології зміцнення ріжучих поверхонь лемішів для підвищення ресурсу відвальних плугів.

Об'єкт дослідження: процес спрацювання та послідуочого зміцнення поверхонь лемішів відвальних плугів.

Предмет дослідження: залежності ресурсу відновлених лемішів від властивостей наплавлених шарів.

Задачі дослідження:

1. Експериментально дослідити вплив індукційного наплавлення на властивості поверхневих шарів матеріалів та виявити умови отримання ефекту самозагострювання.

2. Дослідити вплив процесу формування геометрії лемішів відвальних плугів на величину тягового опору ґрунтообробних агрегатів

3. Провести стендові та експлуатаційні випробування деталей лемішів відвальних плугів, зміцнених індукційним наплавленням.

Виклад основного матеріалу. В якості експериментального устаткування для нанесення зміцнюючого покриття вибрано пристрій для індукційного нагрівання серії «ЕЛСІТ» з силовим блоком перетворювача частоти (СБП), трансформаторним блоком з резонансними конденсаторами (ТБ), засобом індукційного нагріву, модулем охолодження (рис. 1). Програмне забезпечення ґрунтується на протоколі MODBUS, що дає можливість у будь-який момент часу отримувати необхідні відомості про стан обладнання та керувати роботою установки на відстані. Пристрій було оснащено кільцевим водоохолоджувальним наплавним індуктором, котрий модифікувався під конкретні дослідницькі та технологічні задачі.

В якості основи для наплавлювальної шихти вибрано порошковий сплав на основі заліза (ГОСТ 21448- 75) марки ПР-У50Х38Н2С2Г2 (ПГ-УС25), хімічний склад якого відображено в таблиці 1. Порошкова шихта для індукційної наплавки є сумішшю металевих порошоків із флюсом. У шихті міститься 82...85 % (за масою) металевого порошку, інше - флюс. Для індукційного наплавлення найбільш широко застосовують флюси, що представляють суміш бури та борного ангідриду (борної кислоти) та інших компонентів.

Загальний склад шихти для індукційного наплавлення лемішів плугів та призначення кожного компоненту відображено в таблиці 2.

Таблиця 1 - Хімічний склад металевого порошку для індукційного наплавлення та твердість наплавленого шару

Марка (умовне найменування)	Масова частка елементів, %								Твердість HRC ₃
	C	Mn	Si	Cr	Ni	W	V	Mo	
ПР-У50Х38Н2С2Г2 (ПГ-УС25)	5,0	2,5	2,0	38,0	1,5	-	-	-	53...56

Таблиця 2. Загальний склад шихти для індукційного наплавлення лемішів плугів

Назва компоненту	Призначення	Масова частка,%
ПР-У50Х38Н2С2Г2 (ПГ-УС25)	Для індукційного наплавлення	82
Бура Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	Покращення розтікаємості розплаву	3,6
Борний ангідрид В ₂ О ₃		5,2
Силікокальцій СК 30 ГОСТ 14858.6-91	Для поліпшення розкислення	1,8
Зварювальний флюс АН-348	Для відокремлення шлакової кірки	7,4
Меляса технічна	Як зв'язуючи елемент компонентів шихти	1/10 від маси шихти

Проведено дослідження мікроструктури покриття (рис. 1)

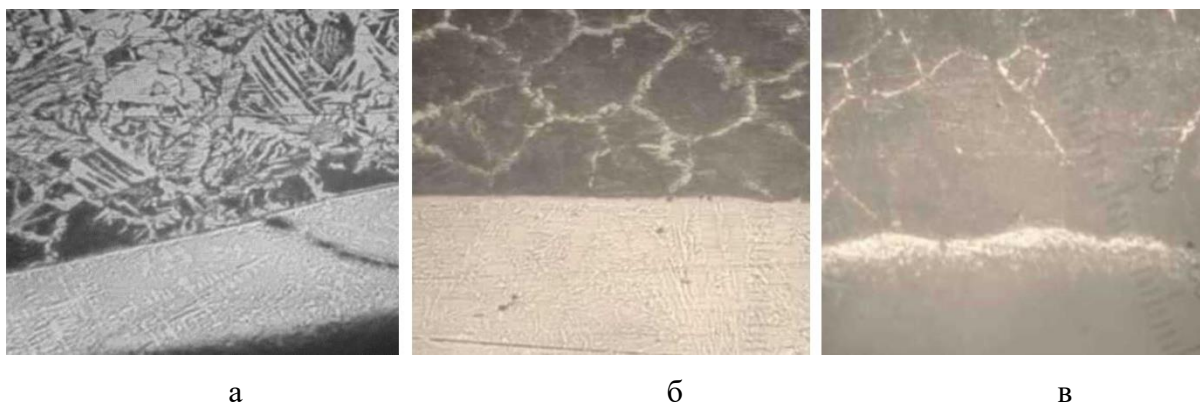


Рисунок 1 – Мікроструктура покриття: а – товщина 0,18; б – товщина 0,35, в – $\times 100$ та вигляд зони термічного впливу

Рентгенівський структурний аналіз показав, що основним карбідом в металевій основі є Cr_3C_2 , а також Cr_7C_3 , як плаковані, так і неплаковані нікелем. Розподіл концентрації хрому і нікелю по глибині зміцненого шару при індукційному наплавленні наведено на рис. 2

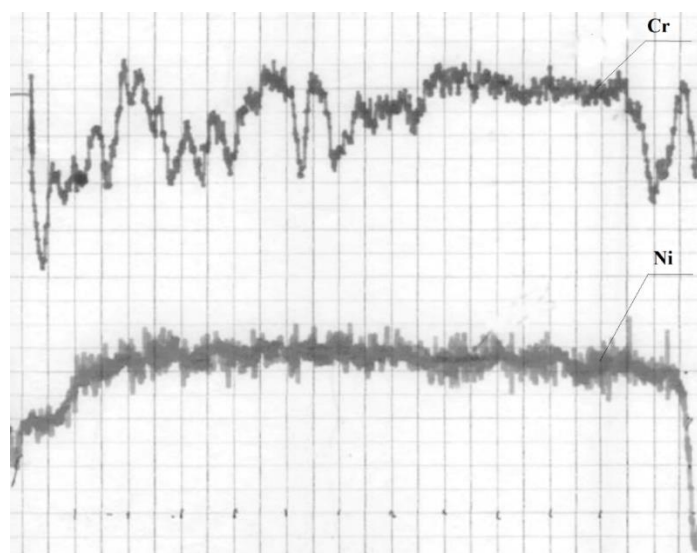


Рисунок 2 - Характерний розподіл хрому і нікелю в зоні індукційного наплавлення

Частинки цих карбідів рівномірно розподілені в оплавленій зоні. Крім цього в покритті є достатня кількість дрібних вторинних карбідів цементитного типу.

При вмісті в шихті до 6 % карбиду бору, крім зазначених вторинних карбідів в зоні оплавлення спостерігали утворення боридів заліза і хрому і складних боридів $(\text{Fe}, \text{Cr})_n\text{B}_m$.

Твердість наплавлених індукційним методом поверхонь визначали по шкалі Роквелла на приладі ТК-2М (ГОСТ 13407-67), а мікротвердість відносно глибини наплавлених індукційним методом шарів вимірювали на металографічних шліфах за допомогою приладу ПМТ-3 у відповідності з ГОСТ 9450-76. Результати випробувань відображено на рис 3.

Кількісний аналіз визначення об'ємної величини пористості здійснювали методом площ. В процесі дослідження застосовувався пристрій "Омнімет" (США) зі скануванням електронним променем у площині зображення. Результати відображено на рис4.

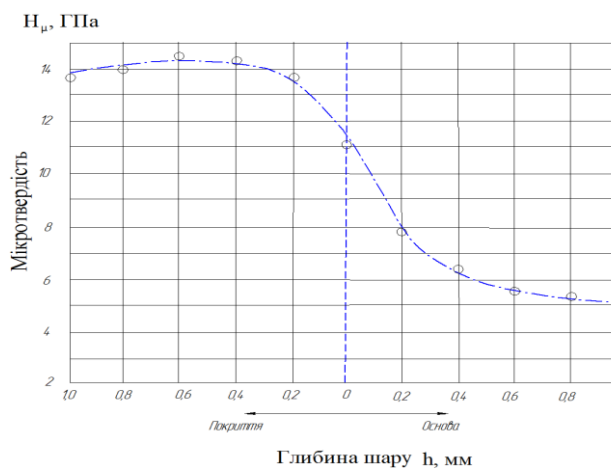


Рисунок 3 - Розподіл мікротвердості по глибині в покритті

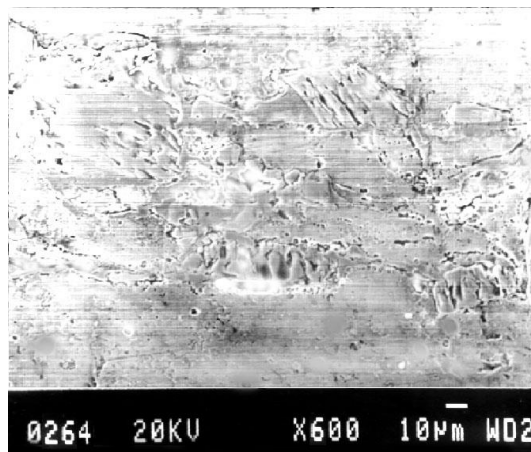


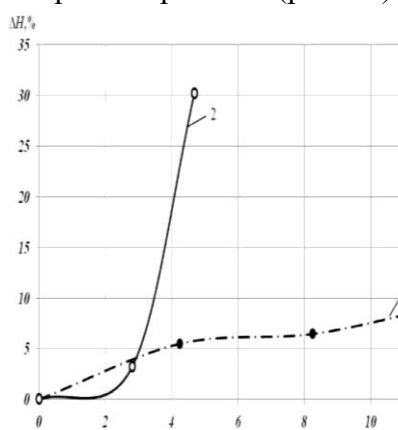
Рисунок 4 - Пористість шару покриття, отриманого при індукційному наплавленні

В роботі застосовано спосіб оцінки адгезійної міцності покриття на відрив. Результати випробувань відображено в табл. 3.

Таблиця 3 - Результати дослідження міцності зчеплення наплавлених шарів з основою при індукційному наплавленні

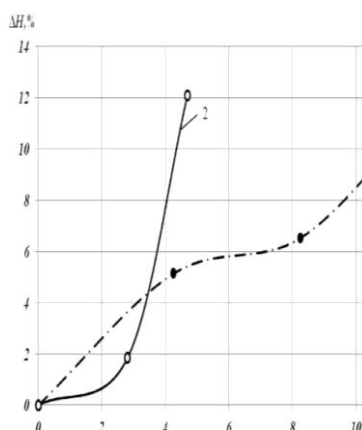
№ штифта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{\sigma}_{зч}$, МПа
$\sigma_{зч}$, МПа	310	313	305	297	318	304	312	317	298	322	309,7

Порівняльні результати лінійних зносів лемішів, зміцнених термічною обробкою (стандартний леміш) та індукційним наплавленням порошком ПР-У50Х38Н2С2Г2 (рис. 5) в характерних перетинах (рис. 6а)



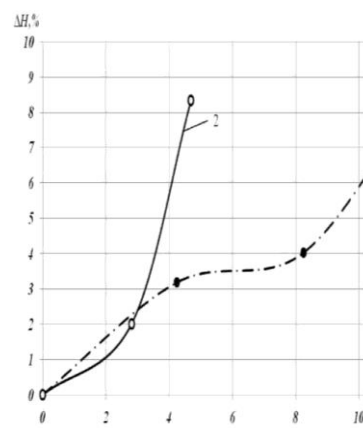
Напрацювання, га

I



Напрацювання, га

II



Напрацювання, га

III

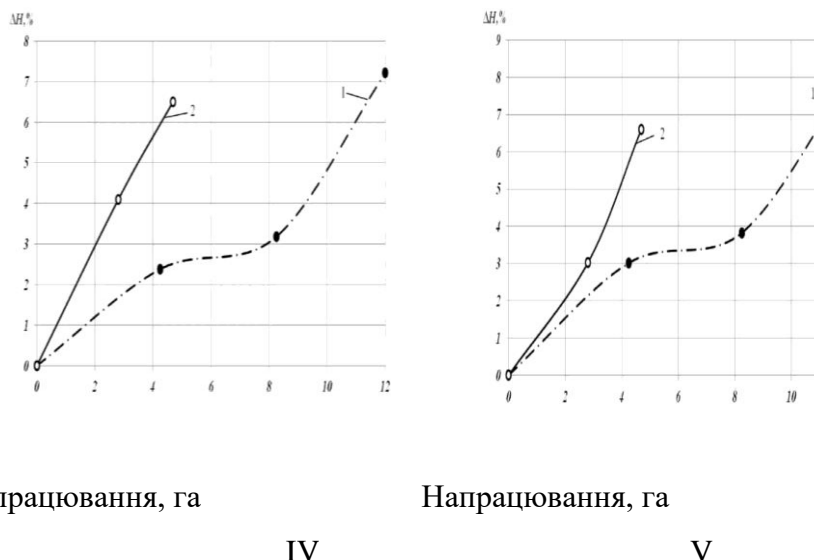


Рисунок 5 - Графіки лінійних зносів в перетинах I, II, III, IV, V (згідно рис. 6 а): 1 - динаміка зносу експериментального леміша ; 2 - динаміка зносу серійного леміша

Виходячи з поданих даних можна зробити однозначний висновок про значну перевагу ресурсомісткості експериментальних лемішів, зміцнених індукційним наплавленням.

Для оцінка зносу леза експериментального леміша для забезпечення ефекту самозаточування проведено детальний розгляд процесу та характеру зносу леза по кожній ділянці (рис. 6 а) В результаті було встановлено, що причиною втрати працездатності лемішів стало утворення на лезі потиличної фаски, внаслідок чого виникає виштовхувальна сила, яка, зрештою, призвела до самовиглиблення плуга. Основними параметрами потиличної фаски є ширина та кут її нахилу на дно борозни (рис. 6 б). У середньому леміш вибраковують при досягненні граничної ширини потиличної фаски при роботі на середніх грантах до 6...8 мм при куті нахилу 10°, а при роботі на важких ґрунтах - 3.4 мм при куті 20 °.

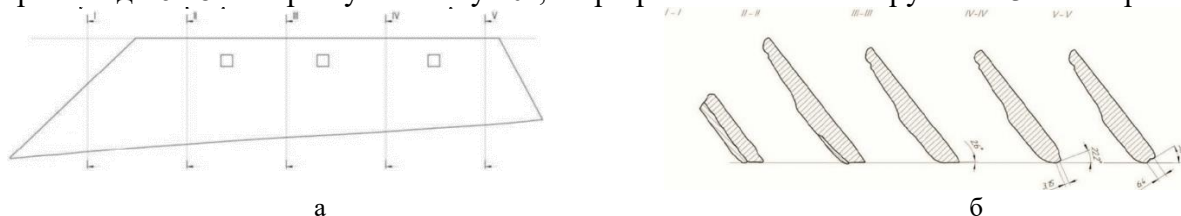


Рисунок 6 – Характерні перетини та геометрія спрацювання леза леміша по перетинам

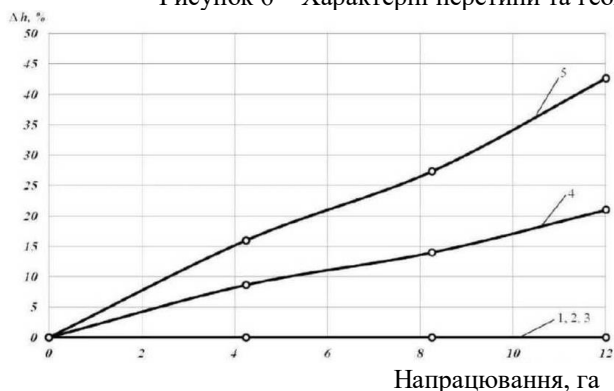


Рисунок 7 - Графік зміни ширини потиличної фаски щодо ширини леза : 1- перетин №1; 2 - перетин №2; 3 - перетин №3; 4 - перетин №4; 5 - перетин № 5

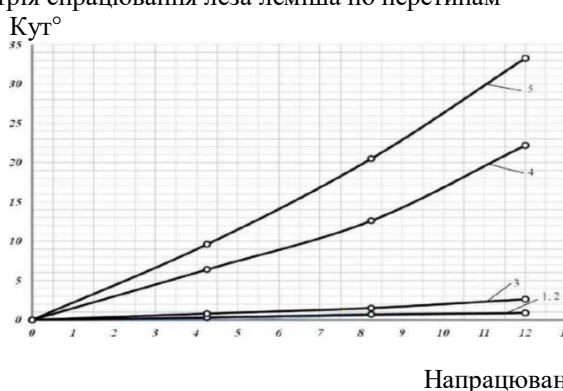


Рисунок 7 - Графік зміни кута нахилу потиличної фаски на дно борозни: 1- перетин №1; 2- перетин №2; 3-перетин №3; 4 перетин №4; 5-перетин №5

Висновки 1. Ресурс експериментальних лемішів практично втричі перевищує ресурс свого серійного аналога і становить 12 гектарів напрацювання на корпус, тоді як цей же показник у серійного леміша становить лише 4,7 гектарів.

2. Висока зносостійкість експериментального леміша в порівнянні з серійним підтверджується аналізом отриманих під час випробувань даних, що можна спостерігати за отриманими графіками зношування та втрати маси.

3. Леміші з наплавленими поверхнями, продемонстрували високу міцність найбільш навантаженої носової частини, таким чином досягнутий високий показник рівностійкості робочих зон, що збільшує ресурс і робить знос більш рівномірним протягом всього терміну експлуатації.

4. Причиною відмови експериментальних лемішів стало утворення та активний розвиток потиличної фаски на задній частині леза, а саме в перетинах № 4 і № 5, що призвело до виникнення штовхаючих сил і виглиблення плуга. Для збільшення ресурсу експериментальних лемішів проведено коригування технології наплавлення, спрямовану на досягнення ефекту самозагострення проблемних зон леза. Для забезпечення нормального протікання процесу самозагострювання деталей слід контролювати товщину зміцненого шару. Товщина зміцненого шару повинна бути у межах– 0,9...1,5 мм.

Список літератури

1. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. Друге видання, перероблене і доповнене / М.І.Черновол, В.Ю.Черкун, В.В.Аулін та ін. /За ред. М.І.Черновола – Кіровоград:КОД, 2010. - 320 с.
2. Черновол М.И. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственных машин. Киев УМК ВО 1989. - 256 с.
3. Маркович С.І. Системи сервісу аграрної техніки: навч. посіб. / С.І. Маркович, О.В. Бевз, М.В. Красота; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – 260 с.
4. Багатофункціональні електродугові покриття : монографія / М. М. Студент, Г. В. Похмурська, В. М. Гвоздецький [та ін.]. - Львів : Простір-М, 2018. - 335 с.
5. Abrasive Wear Resistance and Tribological Characteristics of Electrometallized Composite Coatings / Student, M.M., Markovych, S.I., Hvozdet'skyi, V.M., Kalakhan, O.S., Yuskiv, V.M. // Materials Science, 2022, 58(1), pp. 96–104.
6. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. Посібник. – Миколаїв: НУК, 2004 – 225 с.