



Механізація, електрифікація

УДК 631.316.022: 631.171
© 2015

М.О. Василенко,
кандидат
технічних
наук

Д.О. Буслаєв
Національний
науковий центр
«Інститут
механізації
та електрифікації
сільського
господарства»

ВПЛИВ РЕЖИМІВ НАНЕСЕННЯ ЗМІЦНЮВАЛЬНОГО ПОКРИТТЯ НА ПАРАМЕТРИ ТОЧКОВОГО ЗМІЦНЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Мета. Визначення взаємозв'язку параметрів локального зміцнення культиваторних лап і режимів наплавлення. **Методи.** Визначаючи як впливають режими нанесення на робочі органи матеріалів з наноскладовими на показники якості формування поверхні, застосовували метод дугового наплавлення порошкових матеріалів, при цьому напруга на дузі варіювалася в межах 20–60 В, струм — 150–300 А. Використано дедуктивний та індуктивний аналізи, математико-статистичні методи. **Результати.** Встановлено раціональні режими локального зміцнення, що забезпечує мінімальне значення лінійного зносу в процесі експлуатації. **Висновки.** Обґрунтовано вплив режимів зміцнення культиваторних лап, що дає змогу керувати параметрами локального зміцнення.

Ключові слова: культиваторні лапи, зміцнення, відновлення, електроерозійна обробка, абразивне зношування, напрацювання.

Постановка проблеми. Якісний обробіток ґрунту є передумовою підвищення врожайності сільськогосподарських культур. У свою чергу, якість обробітку залежить від стану робочих органів ґрунтообробної техніки, які працюють в тяжких умовах контактних навантажень та абразивної дії середовища. У процесі роботи робочі органи зношуються, що зумовлює збільшення тягового опору, їх виглублення, неякісне підрізання кореневих бур'янів, накопичення рослинних решток [5].

Покращення експлуатаційних характеристик робочих органів, зокрема лап культиваторів, є актуальним завданням у сільськогосподарському виробництві. Зокрема, перспективним є розвиток технологій зміцнення різальної кромки порошковими матеріалами з наночастинками,

які мають складові частинки з розмірами близько 0,1 мкм, що дає змогу підвищити фізико-механічні властивості нанесених шарів, а саме межу міцності в 1,5–2,5 раза за збереження достатньої пластичності [10].

За відновлення робочих органів ґрунтообробних машин кількість виробничих операцій зменшується в 5–8 разів порівняно з виготовленням нових. При цьому відновлені деталі можуть мати ресурс на рівні і вище нових деталей, але вартість відновлення становить 40–70% від нових [13–15].

Перспективним напрямом підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробних машин є локальне зміцнення різальної кромки матеріалами із зносостійких твердих сплавів завтовшки до 2 мм. Важливим завданням

є обґрунтування режимів наплавлення, що дає можливість наносити покриття з мінімальною глибиною проникнення в основний матеріал, забезпечуючи при цьому процес самозагострення [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Характер зношування леза культиваторної лапи залежить від вологості ґрунту, яка на глибині культивування впродовж сезону змінюється значно більше, ніж на глибині оранки, зі зменшенням вологості ґрунту різальна кромка зношується інтенсивніше. Інтенсивність зношування леза зростає в міру збільшення щільності ґрунту, а при високій вологості 20–28% зношення робочого органу значно знижується, оскільки ґрунт набуває консистентного стану [11, 12].

Як відомо, леза культиваторів на різних ґрунтах мають різну інтенсивність зношування [8, 9], внаслідок чого тяговий опір агрегату зростає на супіщаних ґрунтах на 16%, суглинних — на 26%, глинистих — на 33%. Водночас зношення робочої поверхні культиваторної лапи впливає на закономірність зміни опору агрегату за суцільної обробки ґрунту. Питомий опір культиватора під час роботи зі зношеними лапами на 20–30% більший, ніж з новими. Понад 60% лап втрачають працездатність внаслідок граничного зношення носка і крил за шириною.

В інституті проведено попередні дослідження зі створення нових технологій виготовлення та відновлення робочих органів ґрунтообробної техніки з використанням вуглецевих сталей (вміст вуглецю до 0,7%) та із застосуванням для їх зміцнення

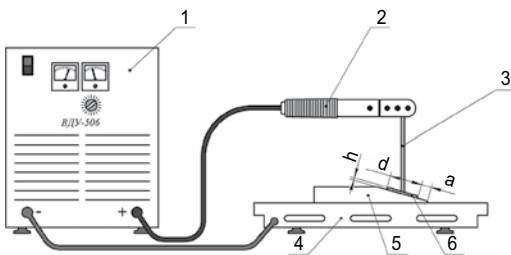


Рис. 1. *Схема точкового зміцнення культиваторних лап: а — відстань точкового зміцнення до кінця леза, $a \geq 1,5$ мм; d — діаметр точкового зміцнення, $d \leq 25$ мм; h — висота точкового зміцнення, $h \leq 2,5$ мм; 1 — випрямляч зварювального універсального ВДУ-506; 2 — електрографітовий електрод або Т-590; 3 — графітовий електрод або Т-590; 4 — точкове зміцнення; 5 — лезо культиваторної лапи; 6 — зварювальний шов*

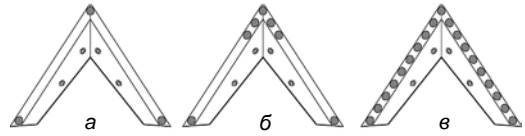


Рис. 2. *Схеми точкового зміцнення культиваторних лап*

електроерозійної обробки і порошкових матеріалів [2–4]. Ці способи зміцнення робочих поверхонь є перспективними і добре зарекомендували себе у виробничих умовах. Однак на сьогодні розроблено ряд інших матеріалів, призначених для зміцнення деталей, що працюють в абразивному середовищі. Зокрема, Дослідним заводом зварювальних матеріалів Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона випускаються електроди марок Т-590 і Т-620.

Мета досліджень — визначення взаємозв'язку параметрів локального зміцнення культиваторних лап і режимів наплавлення.

Методика досліджень. Дослідження з нанесення зміцнювального покриття проводили на робочих органах для культиватора КВАНТ-12. Для цього на робочі поверхні лап культиватора електродугувим методом за допомогою обладнання ВДУ-506 наносилися зміцнювальні шари з використанням порошкових матеріалів з наночастинками, зокрема таких, як ПГ-10К, ПС-12НВК та ін. (рис. 1). Такі матеріали доцільно наносити на поверхні робочих органів локально, в місцях найінтенсивнішого зношення для зменшення їх витрат.

За такого способу зміцнення на одну деталь витрачається приблизно 0,1 кг зміцнювального матеріалу, що, за нашими даними, коштує близько 12 грн, а зносостійкість, за прогнозами, збільшиться в 2–2,5 рази порівняно з серійним робочим органом.

Для дослідження впливу кількості точкового зміцнення та зон локального зміцнення на епюри, характер і величини зношення запропоновано застосувати 3 схеми локального зміцнення лез культиваторних лап, а саме: зміцнення носової частини та кінців крил, що забезпечить робочу ширину захвату (рис. 2, а); інтенсивне зміцнення носової частини культиваторної лапи та кінців крил (рис. 2, б); зміцнення крил культиваторних лап по всій довжині з кроком 25 мм (рис. 2, в).

Процес наплавлення здійснювали з перервами (паузами). Час наплавлення 1–6 с, перерва 2–5 с. При цьому проводили вимірювання висоти, діаметра і шорсткості точкового зміцнення (рис. 3).

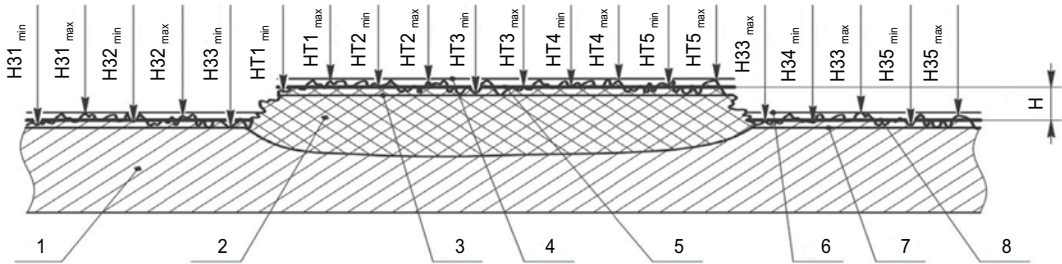


Рис. 3. Схема визначення висоти точкового зміцнення відносно зразка: 1 — зразок зі сталі 65 Г; 2 — точкове зміцнення; 3 — лінія впадин точкового зміцнення; 4 — лінія виступів точкового зміцнення; 5 — середня лінія точкового зміцнення; 6 — лінія виступів зразка; 7 — лінія впадин зразка; 8 — середня лінія зразка; H — висота точкового зміцнення

Величину шорсткості нанесеного зносостійкого покриття визначили за десятьма точками та розрахували за такою залежністю [6, 7]:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^5 H_{n\max} - \sum_{i=1}^5 H_{n\min}}{5}, \quad (1)$$

де R — шорсткість нанесеного зносостійкого покриття у вигляді точки, мм; $H_{n\max}$ — значення висот найбільших виступів, мм; $H_{n\min}$ — значення глибин найбільших впадин, мм.

Перетворивши формулу (1) для визначення висоти точкового зміцнення відносно поверхні деталі, отримаємо таку залежність:

$$H = \left(\frac{\sum_{i=1}^5 H_{Tn\max} - \sum_{i=1}^5 H_{Tn\min}}{10} \right) - \left(\frac{\sum_{i=1}^5 H_{3n\max} - \sum_{i=1}^5 H_{3n\min}}{10} \right), \quad (2)$$

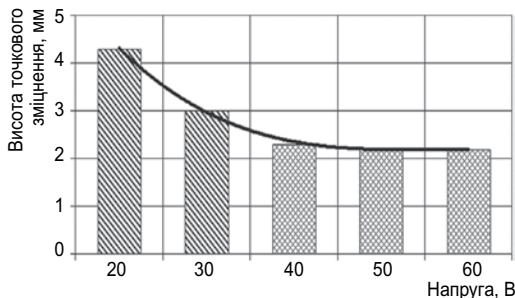


Рис. 4. Залежність висоти точкового зміцнення від напруги: — зона інтенсивної зміни висоти точкового зміцнення; — зона неінтенсивної зміни висоти точкового зміцнення

де H — висота точкового зміцнення відносно зразка, мм;

$H_{Tn\max}$, $H_{Tn\min}$ — відповідно максимальні і мінімальні значення на поверхні точкового зміцнення, мм; $H_{3n\max}$, $H_{3n\min}$ — відповідно максимальні і мінімальні значення на поверхні зразка, мм.

Результати досліджень. Під час проведення досліджень з точкового зміцнення культиваторних лап було встановлено, що на висоту точкового зміцнення впливає величина напруги на дузі (рис. 4).

Залежність висоти точкового зміцнення від напруги описується поліноміальною залежністю (3):

$$H = -0,047U^3 + 0,64U^2 - 2,949U + 6,66, \quad (3)$$

де H — висота точкового зміцнення, мм; U — напруга за нанесення покриття, В.

Напруга на дузі також істотно впливає на шорсткість точкового зміцнення (рис. 5).

Шорсткість точкового зміцнення описується поліноміальними залежностями:

$$R_{T-590} = 5 \cdot 10^{-4}U^2 - 0,03U + 1,03, \quad (4)$$

$$R_{\text{граф.}} = 7 \cdot 10^{-4}U^2 - 0,05U + 1,36, \quad (5)$$

де R_{T-590} , $R_{\text{граф.}}$ — відповідно шорсткість покриття, яке формується в процесі нанесення електродом T-590 та графітовим електродом, мм; U — напруга за нанесення покриття, В.

Установлено, що при напрузі менше 30 В та часі нанесення точки менше 2 с процес формування покриття погіршується, зменшується глибина проплавлення та адгезія покриття, висота точкового зміцнення перебуває в межах 3–4 мм. За збільшення напруги понад 60 В та часу нанесення 6 с відбувається розбризування матеріалу, деталь значно деформується, а на поверхні утворюються нерівності (рис. 5).

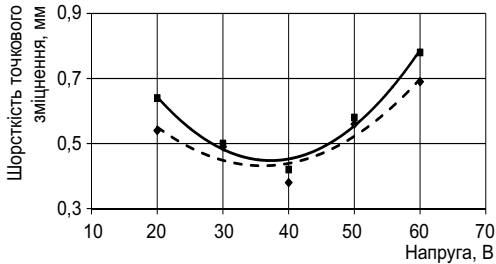


Рис. 5. Залежність шорсткості покриття від зміни напруги: ■ — шорсткість покриття, нанесеного графітовим електродом; ◆ — шорсткість покриття, нанесеного електродом Т-590

Найраціональніші режими нанесення покриття варіюються в межах: напруга 38–42 В,

струм 190–220 А, час нанесення 3–4 с, при цьому отримуємо наплавлену точку діаметром 20 ± 2 мм, завтовшки 2–2,5 мм, твердістю до 64 HRC.

За результатами випробувань встановлено, що найменше зношення (4–6 мм) крил культиваторних лап отримано за третьою схемою зміцнення (рис. 2, в), але при такому зміцненні в процесі експлуатації радіус різальної кромки збільшується до 3–4 мм, що призводить до підвищення тягового опору.

Зміцнені за розробленими технологіями лапи для культиватора КВАНТ-12 пройшли успішні лабораторно-польові випробування в умовах земель ПП «Агроекологія» Шишацького р-ну Полтавської обл. і показали наробіток до 60 га.

Висновки

Установлено, що за напруги менше 30 В та часу нанесення точки менше 2 с процес формування покриття погіршується, зменшується глибина проплавлення, зменшується адгезія покриття, товщина точки в межах 3–4 мм. За збільшення напруги понад 60 В та часу нанесення 6 с відбувається розбризкування матеріалу, деталь значно деформується, а на поверхні утворюються нерівності.

Найраціональніші режими нанесення покриття варіюються в межах: напруга 38–42 В, струм 190–220 А, час нанесення 3–4 с, при цьому отримуємо наплавлену точку

діаметром 20 ± 2 мм, завтовшки 2–2,5 мм. Установлено, що раціональна схема зміцнення електроерозійною обробкою (рис. 2, б) та додаткове локальне точкове електродугове зміцнення електродом Т-590 лезової частини культиваторних лап дає можливість отримати зміцнені шари твердістю до 64 HRC. Така технологія зміцнення дає змогу досягти самозагострення лез культиваторних лап у процесі експлуатації. Ресурс експериментальних лап за цією технологією зміцнення в середньому становить 55–60 га, що на 35–40% більше ресурсу серійних лап.

Бібліографія

1. Василенко М.О. Перспективи застосування локального зміцнення при виготовленні і відновленні робочих органів//Техніка АПК. — 2008. — № 1. — С. 29–31.
2. Василенко М.О. Підвищення ресурсу відновлених дискових робочих органів конструктивно-технологічними методами/М.О. Василенко, О.О. Чернявський, В.С. Матвійченко, Д.О. Буслаєв//Механізація та електрифікація сіл. госп-ва. — НААН; ННЦ «ІМЕСГ». — Глеваха, 2011. — Вип. 95. — С. 352–360.
3. Василенко М.О. Підвищення довговічності культиваторних лап/М.О. Василенко, О.В. Соколенко, В.С. Матвійченко, Д.О. Буслаєв//Конструювання, експлуатація та виробництво сільськогосподарських машин: заг. держ. міжвід. наук.-техн. зб./Кіровоградський нац. тех. ун-т. — Кіровоград, 2012. — Вип. 42. — Ч. 2. — С. 87–91.
4. Василенко М.О. Забезпечення експлуатаційної надійності робочих органів ґрунтообробних машин при їх відновленні та інноваційні пропозиції сільгосп підприємствам/М.О. Василенко, Д.О. Буслаєв, В.М. Кучерявий, О.Є. Калінін//Вісн. аграр. науки. — К.: 2013. — № 3 (721). — С. 44–47.
5. Дудников А.А. Повышение надежности почвообрабатывающих машин при их восстановлении/А.А. Дудников, Г.И. Семчук//Вісн. Харків. нац. тех. ун-ту сіл. госп-ва імені Петра Василенка. — 2014. — Вип. 151. — С. 114–118.
6. Кирилюк Ю.Є. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання/Ю.Є. Кирилюк, Г.К. Якимчук, Ю.М. Бугай: підручник; за ред. Ю.М. Бугая. — К.: Основа, 2003. — 61–70 с.
7. Орлова П.Н. Краткий справочник металлста/П.Н. Орлова, Е.А. Скороходова. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 77–80 с.

8. *Панченко А.Н.* Аналитический метод определения тяговых сопротивлений почвообрабатывающих и землеройных машин и оценка их эффективности для энергосберегающих технологий/А.Н. Панченко, П. Штепа. — Днепропетровск: ДГАУ, 1995. — 96 с.

9. *Попов И.М.* Перспективы и развитие конструкций почвообрабатывающих машин и орудий/И.М. Попов//Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1987. — № 3. — С. 13–16.

10. *Сидоров С.А.* Наноплазменная технология создания упрочненных покрытий//Применение нанотехнологий и наноматериалов в АПК/Рос. науч.-исслед. ин-т информ. и техн.-экон. исслед. по инженер.-техн. обеспечению агропром. комплекса. — М., 2008. — С. 87–92.

11. *Скобло Т.С.* Технология восстановления изношенных культиваторных лап типа Marathon Series фирмы Osmondson/Т.С. Скобло, А.В. Тихонов, И.Н. Рыбалко, С.Г. Карташов, А.В. Сайчук, И.В. Холкина//Вісн. Харків. нац. тех. ун-ту сіл. госп-ва імені

Петра Василенка. — Вип. 158 «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». — Х.: ХНТУСГ, 2015. — 188–197 с.

12. *Ткачев В.Н.* Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин/В.Н. Ткачев. — М.: Машиностроение, 1981. — 264 с.

13. *Kravchenko I.N.* Plasma methods of hardening and hardening of working bodies of road-building and tillage machines//I.N. Kravchenko, A.F. Puzryakov, E.M. Bobryashov/Monograph. Publishing house «Eco-Press». — 2013. — 328 p.

14. *Kuznetsov Y.A.* Investigation of internal stresses in thin layer oxide ceramic coatings/Traktori i pogonske masine. — V. 18, № 2. — Novi Sad, Srbija, 2013. — P. 42–49.

15. *Mileusnić I.Z.* Uticaj uslova eksploatacije traktora na njegovu pouzdanost i radni vek/I.Z. Mileusnić, V.D. Petrović, M.R. Miodragović//Poljoprivredna tehnika. — 2010. — V. XXXV, № 1. — P. 59–67.

Надійшла 28.05.2015.