

Денисенко М.І.,
Войтюк В.Д.
Національний університет біоре-
сурсів і природокористування
України

ЗМІЦНЕННЯ ЛЕЗ ГРУНТООБРОБНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРЬКИХ МАШИН З УТВОРЕННЯМ ЕФЕКТУ САМОЗАГОСТРЮВАННЯ

УДК 631.173.631.312.021

Представлено огляд теперішніх методів зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин, розглянуті їх переваги та недоліки. Показано, що найбільш ефективним методом зміцнення робочих поверхонь деталей ґрунтообробних машин є точкове зміцнення – дугове точкове зварювання порошковим дротом плавким електродом ПП–АН170 (ПП – АН 170 М)
Ключові слова: Ріжучі елементи, зносостійкість, абразивне зношування, точкове зміцнення, леміш плуга, лапа культиватора.

Проблема

Якість обробки ґрунтів в основному залежить від стану робочих органів ґрунтообробних машин, які працюють в умовах абразивного і корозійно – активного середовища. При оранці, культивації і інших видів обробки ґрунту робочі органи (лемеші, полиці, польові дошки, лапи культиваторів, ножі фрез, диски борін, і т. ін.) швидко зношуються та затуплюються. Це погіршує якість обробки ґрунтів, і відповідно якість сівби, збільшуються витрати пального, знижується продуктивність праці, що визиває величезних витрат часу на їх заміну, технічне обслуговування та ремонт.

Деталі борін, луцильників, плугів і культиваторів виготовлені з матеріалів з низькими показниками міцності і ударної в'язкості, швидко ламаються та деформуються, а їх інтенсивне спрацювання чинить вирішальний вплив на якість виконання машиною технологічного процесу, визиває порушення агротехнічних вимог, що призводить до зниження врожайності. Технічний рівень ґрунтообробних машин в першу чергу визначається довговічністю їх робочих органів. У плуга – це корпус, найбільш складний, металоємкий, і найбільш навантаженим елементом якого вважається леміш. Тому до лемеша (лапи культиватора, диска борони) пред'являються особливі вимоги з точки зору як матеріалу виготовлення, режимів термообробки, так і конструкції. Матеріал повинен бути зносостійким, міцним та мати високу ударну в'язкість, тому що деталі працюють в абразивному середовищі, зазнаючи значних динамічних навантажень.

При наїзді плужного корпусу на перешкоди в ґрунті, в вигляді каміння, ґрунтових ущільнень і твердих дільниць, навантаження на леміш зростає «штовхоподібно»: за(0,04-0,1сек.) в 10 і більше разів в порівнянні з її середнім значенням при нормальній оранці [1]. Це створює велику небезпеку для міцності всіх складових частин плугу, і в першу чергу – лемеша.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як показують результати багаточисельних випробувань лемешів на довговічність в умовах пісків, від 15 до 50% їх вибраковують від згину і поломки носка, не досягнувши граничного стану по зношуванню. На чорноземних ґрунтах найбільш інтенсивно зношується ріжуча кромка не наплавленого леза лемеша. В результаті цього лезо набуває [2] округленої форми і після наробітку 3-4 га потребує ковальської відтяжки. На піщаних ґрунтах наплавлені робочі органи ґрунтообробних машин працюють незадовільно. Середній наробіток до відмови одного лемеша складає 5,5-6,0 га. Приблизно такий же термін служби має в цих умовах і не наплавлений леміш. Лапи культиваторів є однією з найбільш масових деталей робочих органів сільськогосподарських машин. Внаслідок малих

термінів служби витрачається велика кількість лап у вигляді запасних частин, виробництво яких потребує значної кількості якісного металу.

Відповідно до технічних вимог гарантійне напрацювання стрільчастих лап культиватора повинно бути не меншим 25 га. Разом з тим, як показує практика експлуатації таких робочих органів, їх напрацювання на відмову на різних ґрунтах не перевищує 14-19 га. Типовий характер спрацювання серійних лемешів та лап культиваторів показано на рис.1.

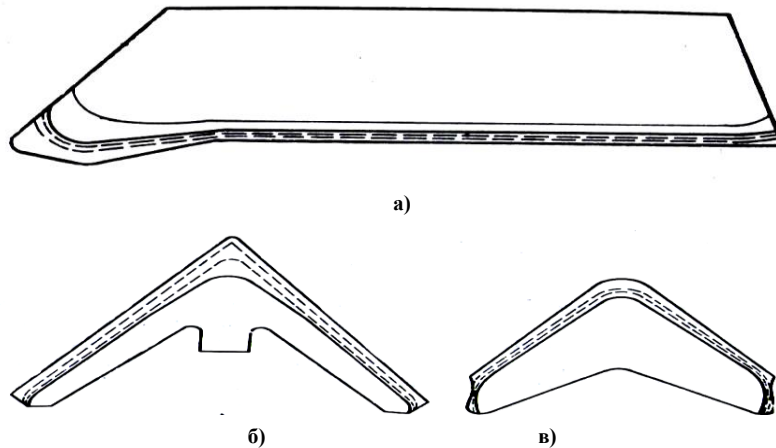


Рис.1. Спрацювання контуру деталей машин в процесі обробки ґрунту:
а – леміш плуга; б – лапа культиватора з захватом 270 мм; в – лапа культиватора з захватом 150 мм

В теперішній час, в Україні серійні робочі органи на ґрунтообробні машини виготовляються зі сталей 65Г, 45 і Л53, які в загартованому стані (твердість 37...43HRC) мають задовільні показники відносного подовження ($\delta = 6,5...7,2\%$), але невелику межу міцності ($\delta_b = 880...1080\text{МПа}$) [2]. За даними багаторічних досліджень і аналізу результатів господарчих (експлуатаційних) випробувань різних типів деталей робочих органів, тільки за перший рік експлуатації по причині зламу (або деформації з наступним зломом) виходять з ладу близько 40% лемешів і 15% полиць, 20% лап культиваторів і 30% різних типів дискових робочих органів. Деякі вчені висувають гіпотезу[3], відповідно якій основна причина багатьох численних поломок робочих органів ґрунтообробних машин-це низька втомна довговічність матеріалів, з яких виготовляються деталі.

На сьогодні для зміцнення крил лап культиваторів використовують технологію загартування струмом високої частоти (СВЧ), або наплавлення порошкових покриттів. В роботі [3] розроблено спосіб зміцнення культиваторних лап кераміко-металевими покриттями дискретно-перемінного складу, з підвищеною рівномірністю зношування по довжині ріжучої кромки культиваторної лапи. Експлуатаційними випробуваннями експериментальних лап встановлено, що довговічність лап, зміцнених за розробленою технологією, у 1,45 вища від серійних і гарантовано забезпечує напрацювання до 32 га ґрунту.

Дослідження показують, що на лапах з індукційним загартуванням (шар шириною 8-10 мм, HRC48-52) зношування за один сезон роботи досягає до 30мм, при цьому кут їх заточування змінюється с 15 до 136°, і вони не зрізують, а зминають бур'яни. Крім того, в цьому випадку зростають зусилля на тяговий агрегат, що призводить до підвищення зношування її вузлів і механізмів та зростанню витрат паливно-мастильних матеріалів. Відомі дослідження [4], в яких автор використовує для зміцнення лазерну термообробку, що дозволяє в 1,3...1,4 рази знизити зношування носка деталей різальних елементів у порівнянні з об'ємним гартуванням, а застосування лазерного наплавлення сплаву ПС-14-60+6%B₄C-у 1,7...1,8 рази у порівнянні з базовою технологією індукційного наплав-

лення. У роботі[5] описані результати експериментів по зміцненню деталей плугів дуговим наплавленням твердих сплавів з використанням електродів Т-590 і порошкового сплаву «Сормайт-1», утворюючих в мікроструктурі наплавленого шару карбідні включення, підвищуючи мікротвердість та його опір зношуванню.

Лазерні технології забезпечують локальне нагрівання з відсутністю або мінімальними деформаціями та охолодження по механізму теплопровідності в глибину поверхні матеріалу, як правило, без використання охолоджуючого середовища. Отримання високих фізико-механічних властивостей поверхневих шарів зв'язано з високою швидкістю нагрівання та охолодження, що складає 10^4 - 10^6 °C/с. Так наприклад, розроблена технологія лазерного зміцнення і наплавлення дисків борін діаметром Ø510мм зі сталі 65Г. Ширина зміцненої зони складає 15-16мм, наплавленої зони-16-18мм. Експериментальні диски борін в порівнянні з серійними мали менше спрацювання за масою на 31%[6].

В більшості регіонів України одного комплекту деталей робочих органів ґрунтообробних машин недостатньо на поточний річний цикл (весна + осінь).

Мета досліджень

Підвищення зносостійкості різальних деталей робочих органів ґрунтообробних машин точковим зміцненням з утворенням ефекту самозагострювання.

Результати досліджень

Для зменшення дефіциту та номенклатури деталей робочих органів ґрунтообробних машин раніше були запропоновані і в масовому порядку використовувались наплавлення порошковими сумішами різного складу при розігріванні деталей газополум'яним пальником або струмами високої частоти, рідше наплавлення спеціальними сплавами (TiG) - процесом або порошковою стрічкою (тільки для лемешів).

Газопорошкове наплавлення вимагає обов'язкового використання ацетилену(дуже дорого) малопродуктивне і нестабільне за якістю при недостатньо високій кваліфікації зварника. Використання струму високої частоти обмежується екологічною небезпекою для персоналу, а також дуже низьким коефіцієнтом корисної дії процесу (до 1,8-3%) від витраченої електроенергії. Успішно пройшли польові випробування біметалеві лемеші з робочим шаром зі сталі ДІ-54 отримані прокаткою біметалу. За питомими витратами лемеші зі сталі ДІ-54 на рівні лемешів зі сталі 65Г або 60С2, загартованих по лезу і носку СВЧ. Треба відмітити, що загартування кромки або лемеша в цілому мало підвищує ресурс його роботи (до 30%), а використання СВЧ з його низьким ККД в кінцевому підсумку підвищує питомі витрати.

За останні роки маса машин значно зросла, в результаті чого збільшилося як ущільнення ґрунтів, так і навантаження на робочі органи плуга при оранці. Використання енергонасичених тракторів для оранки і культивування різко загострило проблему недостатньої зносостійкості лемешів, культиваторних лап, ножів плоскорізів, дисків борін. Міцність основних типів робочих органів - одна з найважливіших характеристик, яка суттєво впливає на їх роботу здатність і в цілому на показники надійності ґрунтообробних машин. В теорії абразивного зношування класичними вважаються наукові школи М.М.Хрушова і В.А.Бабичева, Б.І Костецького і Л.С.Лівшиця [7, 8, 9]. В науково-практичній площині суттєвих успіхів в підвищенні фактичного ресурсу роботи різних типів обладнання досягли І.І. Фрумін, Ю.А. Юзвенко зі співробітниками, Н.А. Грінберг [10]. Переконаливо доказано неможливість тільки лабораторного вибору потрібного матеріалу для конкретних деталей, наприклад, ведучих вінців гусеничного ходу тракторів і бульдозерів, лемешів багатокорпусних плугів.

Співставлення результатів лабораторних досліджень і натурних випробувань показує, що лабораторні дослідження допомагають побудувати тільки ряд характерних переваг будь якого методу зміцнення. Як було показано в цих роботах за наявності в абразивному середовищі кварцового піску більше як (3-5%) наприклад, на ґрунтах Київської області його вміст перевищує 30%; досягти суттєвого підвищення ресурсу деталей ходової частини і робочих органів сільськогосподарської техніки можливе тільки в тому випадку, коли в мікроструктурі наплавленого металу є в достатній кількості частинки високої мікротвердості, що перевищують мікротвердість кварцового піску ($1050-1100\text{кг/мм}^2$, або теж саме 1100HV).

З ціллю збільшення термінів служби та забезпечення працездатності робочих органів ґрунтообробних знарядь пропонується локальне зміцнення їх ріжучих елементів. Локалізація зміцнення по окремим дільницям дає можливість в процесі роботи за більш інтенсивного зношування не зміцнених дільниць поверхні робочого органу отримати переривчасте лезо з виступами і впадинами. Таке переривчасте лезо сприяє зменшенню тягового опору, підвищує заглиблення та стійкість ходу, не утворюючи ущільнене дно борозни.

Такими частинками є карбіди хрому ($1300-1650\text{кг/мм}^2$) і особливо борідів хрому різних складів, що мають мінімальну мікротвердість $1800-1980\text{кг/мм}^2$, а для деяких випадків комплексного легування високо хромованих сплавів з бором, до $2380-2540\text{кг/мм}^2$. Саме на основі цих результатів школи Ю.А. Юзвенко в 1971-1972 роках було почато крупносерійне виробництво порошкових дротів (ПП-АН125, ПП-АН170), в 1984-1985 (ПП-АН170М), в 1990 році-ПП-АН170М2. Сумарний випуск цих матеріалів досягав 2400 тон на рік, причому, практично не одну зі згаданих марок не знімали з виробництва, а нові марки (ПП-АН170М, ПП-АН170М2) розроблялися для додаткових умов експлуатації спеціальної техніки.

Раніше було сказано, що робота агрегатів при спрацьованих лемешах визиває перевитрати пального до 60-70%; особливо при оранці сухого ґрунту зі значною кількістю засохлого коріння, що суттєво збільшує опір рухові, тому давно розпочато використання тих чи інших методів зміцнення носка і леза лемешів (зміцнення ріжучої кромки особливо потрібно для ножів пласко - різів і культиваторних лап), щоби зміцнені деталі працювали в 5-8 разів краще сирих і в 3-5 разів загартованих СВЧ. Ці результати підтверджують неефективність мартенситу ($720-780\text{HV}$) без достатньої кількості карбідів або борідів (порошкові суміші С-27, УС-20, КБХ-45, БХ-2, ФБС-6-2), наплавлених струмом високої частоти або вугільною дугою.

В теперішній час, при дорого вартісній електроенергії, використовувати до 3-5% на корисну роботу наплавлення порошку або суміші, чи доцільно, та ще в умовах забезпечення «безлюдної технології» зважаючи на екологічну небезпеку неекранованого випромінювання частот більше 6-8 кГц і вартості високочастотного генератора більше 100 тисяч доларів.

Практично єдино прийнятною є технологія електродугового наплавлення плавким електродом-порошковим дротом. Роботи багатьох дослідників доказали, що на деталях, які підлягають різним видам абразивного зношування, за рахунок раціонального «малюнку», розташуванням наплавленого шару можливо зекономити дорогий сплав і, головне отримати суттєве підвищення зносостійкості. В.І.Терещенко зі співробітниками отримали підвищення ресурсу лемешів при зміцненні точками до 2 разів, але при цьому не вдавалися провести детальні порівняння можливих варіантів, зокрема, на випробуваннях «зигзаг» при переміщенні головки з заданою швидкістю і коливаннями за спеціальною технологією.

В основі нашої роботи було використано «точкове зміцнення». Суть даного процесу зміцнення в наступному: методом макровкраплення твердого сплаву здійснюється зміцнення дільниць робочих органів ґрунтообробних машин, які швидко зношуються. Порошковий дріт, наприклад, типу ПП-АН170, 130, 135, діаметром 3,2мм плавиться під впливом електричної дуги, утворюючи конуси проплавлення, що в результаті активної дифузії твердого сплаву з основним металом, міцно утримується на поверхні деталі, підвищуючи їх зносостійкість. Точки зміцнення утворюються при швидкому введенні в метал деталі такої кількості теплоти, яка необхідна для проплавлення конусного кратеру, наповнення його розплавом з основного металу і твердого сплаву та утворення головки точки. Оптимальну висоту точки зміцнення (висота головки) вибираємо в залежності від функціонального призначення робочого органу.

Вона повинна забезпечувати захист основного металу від абразивного зношування. Висота точки зміцнення повинна бути такою, щоби надійно захищати зношувану поверхню, не створюючи значного опору пересуванню робочого органу в ґрунті. На лемеші, наприклад, висота наплавки по лезу не повинна перевищувати 2мм, а на ножах виноградних машин-0,5мм, зростає тяговий опір, відбувається налипання ґрунту та не виконуються агротехнічні вимоги по підрізанню бур'янів [11]. При точковому зміцненні деталей, одна із головних умов, що забезпечує стабільну якість зміцнення, - узгодження зварного струму та напруги дуги. Пряма полярність струму знижує стійкість дугового процесу, призводить до утворення бризок, зменшує глибину проплавлення та збільшує висоту головки точки.

Тому технологію точкового зміцнення відпрацьовували на оберненій полярності. Зварний струм чинить найбільший вплив на формування точки зміцнення. Можливі геометричні форми утворення шва при наплавленні зображено на рис.2.

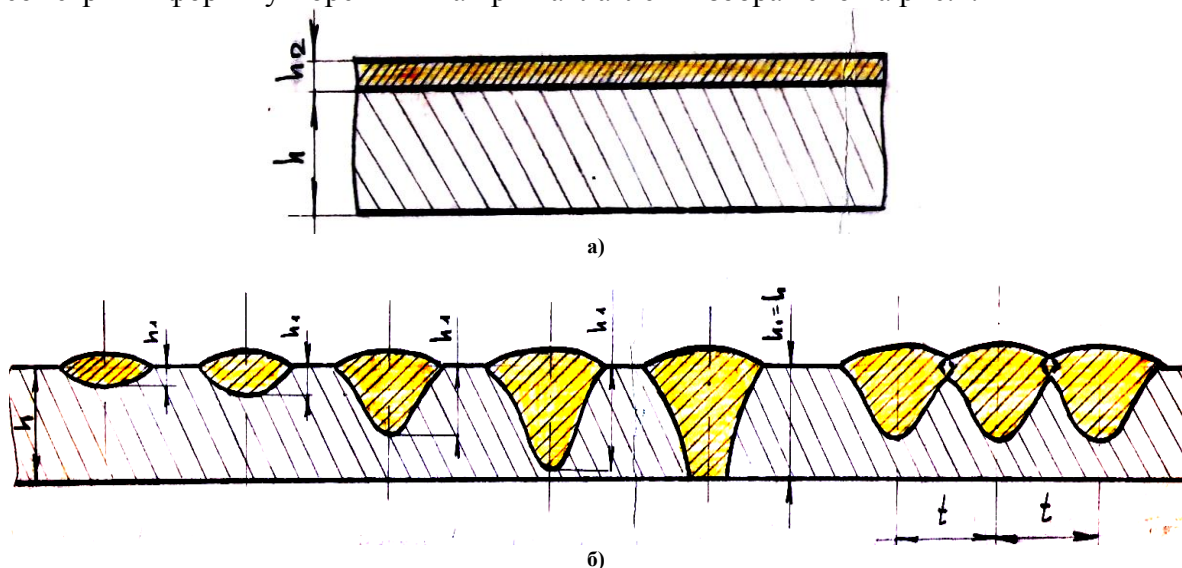


Рис. 2. Можливі форми шва при наплавленні:
а) струмом високої частоти (СВЧ); б) дугове точкове зварювання (ДТЗ) порошковим дротом - плавким електродом;
де h – товщини основного металу (підкладки); h_1 – глибина проплавлення при дуговому точковому зварюванні;
 h_2 – висота наплавлення при зміцненні СВЧ; t – крок постановки точки.

Регулюючи глибину, висоту та частоту наплавлення, а також співвідношення твердості наплавлених дільниць і основного металу визначається оптимальна зносостійкість, а при необхідності, самозаточування виробу. Наплавлені дільниці конуси проплавлення в основному металі з виходом основи конуса на лицеву сторону деталі. Дільниці наплавлення виступають над поверхню лицевої сторони деталі на величину 1...3мм та проникають в основний метал на глибину 4...6мм, утворюючи на поверхні лицевої сто-

рони деталі твердо сплавну точку діаметром 18...25мм і твердістю HRC 60...66. Експериментальні лемеші з точковим зміцненням леза та носової частини встановлювались на серійному плузі ПЛН-5-35 і агрегувався з трактором Т-150К. Тяговий опір агрегату ПЛН-5-35 з експериментальними лемешами при швидкості руху 2,08 м/с склав 32,7кН, що в порівнянні з серійними лемешами однаково (33,5кН). Оранка здійснювалась на глибину 25...27 см після збирання зернових культур. В процесі проведення випробувань регулярно здійснювались вимірювання зміни параметрів робочих органів. Критеріями граничного стану прийняті повне зношування та затуплення лемешів, або їх поломка і згин носка.

Перед зміцненням порошковий дріт для видалення вологи (висушують) при 300-350⁰С на протязі години.



Рис. 3. Леміш ПНЧС – 702 серійний.

Після напрацювання лемешами 15-19 га на чорноземних ґрунтах знос металу в точках проплавлення менш інтенсивний, утворюється пилка та проявляється фактор самозагострювання.

При подальшій експлуатації знос проходить по основному металу, по ріжучій кромці самозагострювання покращується. В процесі порівняльних випробувань використовувались серійно виготовлені лемеші, наплавлені сормайтотом. Як видно, серійні лемеші в процесі експлуатації зношуються по носку, по лезу відсутнє самозагострювання і при напрацюванні 29,9 га (рис. 3) спостерігаємо його затуплення.

Таким чином, проведені порівняльні випробування на чорноземних ґрунтах (Одеська обл.) показали, що лемеші з точковим зміцненням мають ряд переваг в порівнянні з серійними та забезпечують підвищення зносостійкості в 2-3 рази (рис. 4).



Рис. 4. Леміш з точковим зміцненням після наробітку 102,3 га.

В результаті самозагострювання утворюється хвилясто-ступеневе лезо, стійкість ходу ґрунтообробних машин є сталою, на протязі тривалого терміну зберігається стан динамічної рівноваги агрегатів. Точкове зміцнення лез робочих органів забезпечує малий опір руху, більш швидку роботу агрегатів, при невеликій, потрібній потужності та витрат пального.

Найбільший наробіток (140 га) мають лемеші з точковим зміцненням. З 9 випробуваних лемешів тільки один леміш досяг граничного зношування по носку. По загальному для всіх лемешів наробітку, лемеші з точковим зміцненням переважають серійні в 2,8 рази. Для визначення відносної зносостійкості за масою і довжини носка побудовано графік (рис. 5.).

Відносна зносостійкість за масою зміцненого лемеша в 2,2 рази вище серійного, а відносна зносостійкість носка в 2,8 рази вище серійного.

Таким чином, леміш з точковим зміцненням може замінити по наробітку три серійних лемеша. Значення величини середньо квадратичного відхилення і коефіцієнту варіації з точковим зміцненням свідчить про стабільність технологічного процесу їх виготовлення.

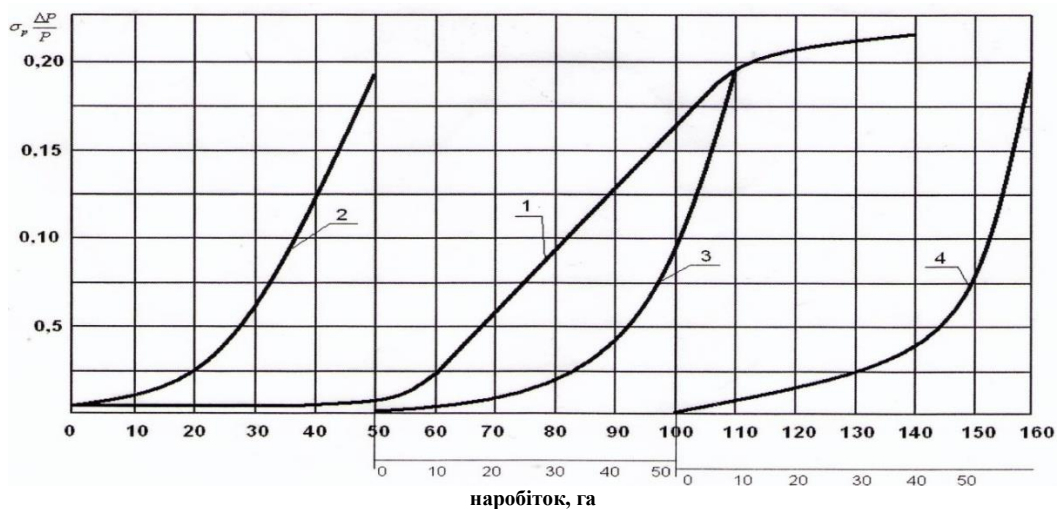


Рис. 5. Відносний знос за масою серійного та зміцненого лемешів: 1 – леміш з точковим зміцненням; 2 – серійний леміш (перша установка); 3 – серійний леміш (друга установка); 4 – серійний леміш (третя установка)

Висновки

1. При обробітку ґрунту, леза робочих органів ґрунтообробних машин, зокрема лемешів плугів та лап культиваторів, інтенсивно затупляються. Спрацювання цих деталей негативно позначаються на якості обробітку ґрунту і експлуатаційних витратах.

2. Теоретично і експериментально доказано, що на формоутворення леза робочого органу та його зносостійкість впливають властивості абразивного середовища, властивості матеріалу виготовлення і товщина зміцненого шару.

3. Застосування точкового зміцнення у порівнянні з традиційним індукційним наплавленням підвищує ресурс деталей ґрунтообробних машин в 2,8 рази.

Література

1. Основы теории и расчета сельскохозяйственных машин на прочность и надежность /Под ред. Волкова П.М. и Тененбаума М.М.- М.: Машиностроение, 1977.
2. Рабинович А.Ш. Самозатачивающиеся плужные лемеха и другие почво-режущие детали машин. М.; БТИ ГОСНИТИ, 1962.
3. Саїнсус О.Д. Підвищення довговічності лап культиваторів композиційними покриттями перемінного складу. Дис. канд. тех. наук. – Кіровоград, 2008. – с. 28.
4. Бобрицький В.М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин. Дис. канд. тех. наук. – Київ, 2007. – с. 20.
5. Будко С.И. Методы повышения эффективности упрочнения деталей лемешно - отвальных плугов дуговой наплавкой твердыми сплавами. Автореферат на соискание

- ученой степени канд. техн. наук. С-Петербург – Пушкино. 2009. - с. 20.
6. Бирюков В.М. Журнал «Техномир» №3 2007.
 7. Хрущов М.М. Развитие теории абразивного изнашивания. Труды совещания по вопросам теории трения и изнашивания. Изд. АН СССР. – 1957.
 8. Бабичев М.А. и Хрущов М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию структурно – неоднородных материалов. Сб. «Трение и износ в машинах», вып., XI, М. Изд. АН СССР. – 1956.
 9. Костецкий Б.И. Сопротивление изнашиванию деталей машин. М. – Киев, Машгиз. 1959.
 10. Фруммин И.И. Современные типы наплавленного металла для износостойкой наплавки. «Машиностроение», 1960, №6.
 11. Клюенко В.Н. Универсальные самозатачивающиеся плужные лемеха повышенной износостойкости «Тракторы и сельхозмашины» - 1986. №9.

Summary

Denysenko Nikolay, Voytuk Valeriy Hardening of blade share part element of tool cultivation machines of receipt effect self-sharpening

In article present introduce the present method hardening working tool cultivation machine, them advantage and defect. Demonstrate, what the greatest effective method hardening force surface part cultivation machine have - point hardening, point consumable – electrode are welding flux cored electrode.

Key words: *Cutting elements, wear resistance, abrasive wear, point hardening, blade share, blade cultivator tooth.*

References

1. Fundamentals of theory and calculation agricultural machines for prochnost and reliability of / Ed. Volkov PM Tenenbaum and M.M.- М.: Engineering, 1977.
2. A.S. Rabinovich Samozatychyvyayuschyeya pluzhnye Lemekh and others rezhuschye-demolition machine parts. М.: ВТИ HOSNYTY, 1962.
3. Sainsus O.D. Increased durability cultivators paws digging pok-composite variable composition. Dis. candidate. those. Science. - Kirovograd, 2008. - p. 28.
4. Bobrytskyy V.M. Improving the durability of cutting elements working bodies tillage machines. Dis. candidate. those. Science. - Kyiv, 2007. - p. 20.
5. Boudko S.I. Methods of Increase of the effectiveness uprochnenyaya details lemeshno - from-valnyh Plugova arc naplavkoy tverdymy alloys. Abstract on soyskanye uchenoy degree candidate. Sc. Science. St. Petersburg - Pushkin. 2009. - p. 20.
6. Buryukov V.M. Magazine "Tehnomyr" №3 2007.
7. Khrushchev M.M. Development theory abrasive yznashyvanyya. Proceedings of the meeting on t-simple theory trenyya and yznashyvanyya. Ed. USSR Academy of Sciences. - 1957.
8. Babicheva M.A. and Khrushchev M.M. Resistance-abrasive cloth yznashyvanyyu tour - neodnorodnyh materials. Sat. "Trenye and yznos in cars," Vol., XI, M. Ed. USSR Academy of Sciences. - 1956.
9. Kostetskyy B.I. Resistance yznashyvanyyu machine parts. Moscow - Kiev, Mashhyz. 1959.
10. Frumyn I.I. Modern Types surfacing metal for yznosostoykoy surfacing. "Mashinostroenie", 1960, №6.
11. V.N. Klyuenko Universal samozatychyvyayuschyeya pluzhnye Lemekh povishennoy yznosostoykosty "Traktory and selhoz mashyny" - 1986. №9.