

Analyzes technological schemes means for preparing the mixed feed combined transport and technological means (KTTZ or "mixer"), designed for use of feeds its own production. Determined efficiency KTTZ marks "Trioliet" (stationary use + electric motor - 30 kW) and "Storti" (prytsepnyy KTTZ tractor MTZ).

Preparation of feed mixes, balanced feed, flow diagrams, basic operations, preparatory and concluding operations, transactions under loading, mixing, cow, efficiency.

УДК 631.3.02:621.791.92

ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДІВ І ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

***М.І. Денисенко, кандидат технічних наук,
А.С. Опальчук, доктор технічних наук***

Розглянуто структурно-енергетичний підхід до забезпечення довговічності сільськогосподарських машин. Запропоновано автором оптимальні параметри точкового зміцнення, виготовлення деталей з композиційних матеріалів призводять до значного зменшення інтенсивності спрацювання деталей та вузлів сільськогосподарських машин в процесі їх технічної експлуатації.

***Довговічність, абразивне зношування, ефект самозаго-
стрування, лезо леміша, лапа культиватора, молоток кор-
модробарки, композиційні матеріали, точкове зміцнення.***

Постановка проблеми. До деталей машин, що спрацьовують-ся при терті в масі твердих частинок, відносяться багато численна група деталей робочих органів та інструментів сільськогосподарських, будівельних, дорожніх машин. При контактуванні деталей машин з масою рухомих твердих частинок відбувається інтенсивне зруйнування поверхневого шару, внаслідок чого терміни їх служби складають декілька годин.

Аналіз останніх досліджень. В агропромисловому комплексі процеси абразивного зношування широко розповсюджені. Дійсно, за оцінками спеціалістів більше 50% випадків спрацювання обумовлено абразивними механізмами [1]. Неминучість стикання деталей машин з заданим середовищем виключає можливість суттєвого покращення зовнішніх умов тертя.

© М.І. Денисенко, А.С. Опальчук, 2015

Зносостійкість матеріалів та управління процесами зміни форми деталей при спрацюванні є основними факторами, що визначають строк служби деталей в цих умовах. В сільськогосподарських машинах такими деталями є леміші плугів, лапи культиваторів, ножі фрезерних машин і подрібнювачів кормів, сегменти ріжучих апаратів косарок, ріжучі пари машинок для стрижки овець. Порівняно невеликий термін служби цих деталей визиває необхідність великої кількості їх в якості запасних машин та суттєво знижує продуктивність машин. Міжремонтний термін служби деталей робочих органів сільськогосподарських машин рахується не роками і місяцями, а годинами.

Так, наприклад, граничне спрацювання ріжучих пар стригальних машинок відбувається через 1,5-2 год. безперервної роботи, сегментів косарок-через 4-6 год., лап культиваторів через 6-8 год., після чого в польових умовах необхідно здійснювати заточування лез. Підвищення довговічності деталей та вузлів сільськогосподарських машин керуванням їх технічним станом є перспективним напрямком сучасного сільськогосподарського машинобудування, технічної експлуатації і технічного обслуговування.

Мета досліджень – обґрунтування методів і технологій зміцнення та відновлення робочих органів сільськогосподарських машин в умовах абразивного руйнування.

Результати досліджень. Основною метою при технічній експлуатації машин є розширення діапазону нормального тертя та зношування і оптимізація параметрів якості поверхні, тертя та зношування в цьому діапазоні, а при технологічних операціях обробки-збільшення продуктивності обробки при забезпеченні високої якості поверхні і нормальної роботи інструментів. Динамічна рівновага процесів в парах тертя та оптимізація утворення вторинних захисних структур здійснюється узгодженням швидкостей процесів активації та пасивування, і забезпеченням максимальних властивостей міцності цих структур. Це досягається шляхом зміни складу і концентрації робочого середовища, спеціальним легуванням матеріалів, раціональним сполученням матеріалів в парах тертя, зміною температури зони тертя, вибором методів і технологій зміцнення, відновлення і модифікації поверхонь тертя.

Складність процесів, що утворюються при терті та зношуванні, потребує для їх вивчення використання комплексної методики, і дослідження складних механохімічних процесів на макро-, мікро-, субмікрорівнях [2]. Ідея цієї методики заключається в наступному: вивчають складні процеси на поверхні контакту, відтворюють їх в лабораторних умовах, а потім узагальнюють результати досліджень та перевіряємо висновки в виробничих умовах експлуатації. В лабораторних умовах відтворювали процес механохімічної форми абра-

живного зношування, що утворюється в умовах експлуатації вузлів тертя машин. Дослідження впливу окремих факторів на закономірності його розвитку здійснювалося диференційовано при сталому значенні інших факторів. На основі комплексної методики можливо дослідженні структури та властивостей поверхневих шарів матеріалів трибосистем, починаючи з візуальної оцінки до використання металознавства і методів експериментальної фізики.

Такий аналіз дозволяє порівняти параметри гетерогенності матеріалу з енергетичними характеристиками процесу механохімічного зношування і складними процесами, що протікають на поверхні контакту, а також проаналізувати ці процеси на основі структурно-енергетичного підходу умов самоорганізації трибосистем. Для дослідження механізмів абразивного тертя і поверхневого руйнування, а також особливостей кінетики вторинного структуроутворення використані сучасні методи тонкого фізичного експерименту.

Для комплексного вивчення абразивного зношування в роботі досліджено більше 250 деталей і робочих органів машин трьох основних груп, що експлуатуються в абразивних середовищах: робочі органи машин; спряження, що працюють при терті без змащування; спряження, що працюють в умовах тертя за наявності змащування.

При розробці машин важливими, з точки зору надійності і довговічності, є вимоги простоти та раціональної компоновки основних вузлів, технологічності і ремонтпридатності конструкції. При конструюванні вузлів тертя необхідно вибирати такий вид тертя в опорах, форму і розміри робочих поверхонь, раціональне поєднання матеріалів вузла тертя, щоби зносостійкість цього вузла була підвищеною, а пошкодження-відсутні. Основний конструкційний захід по боротьбі з механічною формою абразивного зношування є захист вузла тертя від попадання абразиву. Цей вид пошкодження утворюється при роботі деталей і робочих органів машин в контакт з абразивною масою. В цьому випадку необхідно за рахунок правильного вибору матеріалів добитися того, щоби деталь спрацьовувалася при менш руйнуючій механохімічній формі зношування. Більшість швидкозношуваних деталей до моменту повної втрати робото здатності втрачають малу частину своєї маси. Для окремих деталей доцільно робочу частину виготовляти змінною, що дозволяє при порівняно невеликих затратах легко відновлювати деталі при технічному обслуговуванні. Змінні елементи отримали широке розповсюдження в конструкціях робочих органів ґрунтообробних, кормозбиральних машин, для тваринництва і кормо виробництва. На рис. 1 представлено конструкцію молотка кормодробарки ДБ-5 (ДКМ-5). Змінні елементи виготовляються зі зносостійких матеріалів: композиційних порошкових матеріалів, зміцнення методами наплавлення твердими

сплавами, точкове зміцнення плавким електродом (порошковим дротом), використання евтектичних покриттів великої товщини. Одним із методів досягнення високої зносостійкості є використання твердих сплавів. Вони складаються з карбідів і зв'язувальної фази, та виготовляються методами порошкової металургії. Наявність в наплавленому шарі карбідів тугоплавких металів (VC, TiC, NbC, MoC, WC) підвищує твердість та зносостійкість поверхневого шару, що в свою чергу зростає терміни служби робочих органів сільськогосподарських машин.

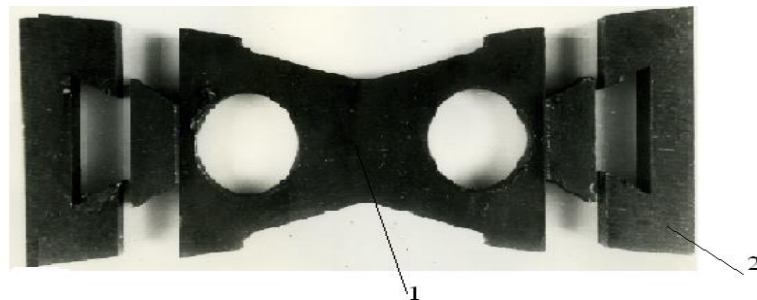


Рис. 1. Конструкція молотка дробарки ДБ-5 (ДКМ-5): 1 – основа молотка, сталь, Ст. 3; 2 – робоча (змінна) частина зі зносостійкого матеріалу.

При раціональному розподіленні матеріалу робочої частини запас на абразивне зношування і відповідно строк служби молотка суттєво підвищується без додаткового збільшення ваги деталі.

В теперішній час в вузлах тертя машин використовують метали, неметали і композиційні матеріали, монолітні та поруваті, які мають як гомогенну, так і гетерогенну структуру. Ці матеріали отримують методами литва, порошкової металургії, наплавлення, напилення. Для досягнення максимальної зносостійкості необхідно використовувати засоби зменшення активації (деформування) поверхневих шарів (зміцнюючі технології, високоміцні матеріали, тверді сплави), засоби, що зменшують роботу тертя (антифрикційні матеріали, оптимальні поєднання матеріалів, мастильні середовища), засоби регулювання пасивації (модифікуючі присадки до мастильних середовищ) і управління температурою. Робочі органи машин і обладнання тваринницьких ферм це деталі тертя, які за своєю кількістю в декілька разів переважають пари тертя. Втрати маси металу в результаті їх абразивного зношування технологічними матеріалами великі і досягають від 10 до 50% їх маси, а інколи і більше, тоді як втрати маси металу при спрацюванні спряжених деталей тертя в умовах мащення коливається в межах 0,1–1,0%. Практикою експлуатації кормоприготувальних машин встановлено, що довговічність їх серійних робочих елементів не перевищує 100–150 тон наробітку на

одну грань, а молотки малогабаритної комбікормової установки УМК-Ф-2 досягають наробітку на відмову для однієї робочої грані 15-20 годин. Накопичено значний, теоретичний та практичний досвід, а також наші дослідження підтверджують, що одним з можливих методів підвищення довговічності швидкозношуваних деталей кормоприготувальних машин є виготовлення їх з композиційних матеріалів [3]. На рис. 2. зображено конструкцію молотка установки УМК-Ф-2, робочі грані якого армовані зносостійкими елементами з порошкового композиційного матеріалу на основі карбідів хрому і титану.

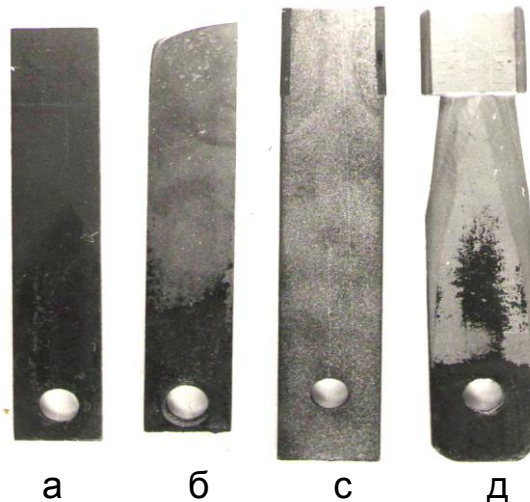


Рис. 2. Молоток малогабаритної комбікормової установки УМК-Ф-2: а – серійний, сталь 65Г; б – серійний сталь 65Г, спрацювання робочих граней після наробітку 20 тон; с – експериментальний, основа – сталь, Ст.3, робочі грані армовані композиційними матеріалами на основі карбідів хрому, бору і титану; д – експериментальний після наробітку 200 тон.

Підвищення зносостійкості в результаті використання різноманітних методів зміцнення і відновлення досягається за рахунок збільшення твердості і зниження пластичності поверхневого шару, а в деяких випадках-за рахунок зміни хімічного та фазового складу цього шару. Сумісними треба вважати такі поєднання матеріалів, які в заданому діапазоні навантажувально-швидкісних факторів тертя і умов середовища забезпечують мінімальне спрацювання та оптимальне тертя в парі. Таким чином, сумісність, необхідно розглядати в складній системі: матеріал-матеріал середовище-умови навантаження. Зношування поверхонь під впливом незакріпленого абразиву, який знаходиться в зоні тертя двох твердих тіл, привертає увагу багатьох дослідників. Тут треба відзначити дослідження автора, узагальнені в монографії [4]. Зносостійкість в цьому випадку визнача-

ється не лише механічними властивостями твердих тіл, але й поведінкою самого абразиву в зазорі. Якщо зусилля для навантаження частинки в більш м'який матеріал менше ніж руйнівна сила, то в цьому випадку зносостійкість буде визначатися умовами шаржування абразиву і властивостями більш твердого матеріалу, який буде зношуватися вже закріпленим абразивом. Але абразив, попадаючи в зазор, може зруйнуватися. В цьому випадку вплив абразиву буде залежати від глибини впровадження, за якої настає руйнування абразиву, а також, від характеру руйнування самого абразиву. Розглянемо в загальному вигляді фактори, які визначають абразивну здатність матеріалів для різних умов спрацювання деталей машин, гадаючи, що інтенсивність поверхневого шару деталей залежить як від властивостей абразивного матеріалу, так і від його початкового стану. Нехай абразивна частинка або виступ монолітного шматка невідзначеної форми та різного розміру контактує з пласкою поверхнею абсолютно жорсткого тіла. Внаслідок малої величини контактної поверхні її можна умовно вважати сферичною з радіусом R_i .

$$q = 0,459 \sqrt[3]{\frac{E^2 P_i}{R_i^2 (1-\mu^2)^2}} \quad (1)$$

де: E – модуль пружності матеріалу абразивної частинки; μ – коефіцієнт Пуасона; R_i – умовний радіус частинки в місці її контакту з площиною; P_i – граничне значення нормального навантаження, яке витримує частинка до зруйнування контактуючого виступу.

Прикладаємо до цієї частинки нормальне навантаження та будемо підвищувати її до тих пір, поки напруження на контактній площадці не досягнуть руйнуючих значень. Так як абразивні частинки в основному мінерального походження а їх руйнування має крихкий характер (йому не передуює яка-небудь суттєва пластична деформація), зокрема для розрахунку максимальних напружень q на контактній площадці можливо скористатися формулою Герца.

Величина P_i за інших рівних умов залежить від твердості, матеріалу, що контактує з абразивною частинкою. Тому для досягнення визначеності в оцінці міцності абразивних частинок потрібно запровадити умову абсолютної жорсткості контактуючого тіла.

Величина q є умовним показником, що характеризує здатність абразивного зерна створювати напруження в поверхневому шарі деталей. Ця здатність залежить від форми зерна та його міцності. Чим вище значення q , тим більше буде пошкоджуватися матеріал деталі даним зерном. Для інженерних цілей в якості приблизної побічної оцінки абразивних зерен можуть бути використані значення мікротвердості при вдавленні. Фактичні контактні напруження, створені даним абразивним зерном, залежать від діючого нормального навантаження N_i . Остання обумовлена розмірами частинок та щільністю

абразивної маси; масою монолітного шматка або навантаженням на деталь; жорсткістю контактуючих тіл.

Процеси руйнування абразивного зерна та характер утворених продуктів сильно впливають на показники абразивності, тобто на розміри руйнувань поверхневого шару деталей машин.

За М.М. Севернєвим [5], в загальному вигляді величина абразивного руйнування матеріалу в ґрунті виражається функцією змінних величин:

$$\Delta G = f(p, L, S, m, H), \quad (2)$$

де: p – тиск ґрунту, Па; L – шлях тертя, м; S – площа тертя, м²; m – показник здатності ґрунту, що зношується; H – твердість матеріалу, HV.

Абразивні частинки ґрунту під впливом прикладеного до них нормального тиску і зсувного зусилля призводять до зношування робочого органу нерівномірно, що залежить також і від твердості поверхні леза. Інтенсивність зношування деталей в ґрунті від сили різання ґрунту і шляху тертя

$$\frac{\Delta G}{\Delta S} = kP, \quad (3)$$

де: ΔG – величина абразивного зносу, м; ΔS – шлях тертя, м; P – сила різання ґрунтового пласту, Н; k – коефіцієнт пропорційності.

Залежність інтенсивності абразивного зношування від твердості матеріалу наступна:

$$\frac{\Delta G}{\Delta t} = k \cdot \frac{P v_{\text{від}}}{H}. \quad (4)$$

де: $P v_{\text{від}}$ – швидкість відносного переміщення контактуючих частинок у місцях зношування; H – твердість металу; Δt – час впливу абразиву.

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 3,2 мм 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 леміші, наприклад, висота наплавки по лезу не повинна перевищувати 2 мм, а на ножах виноградних машин – 0,5 мм, зростає тяговий опір, відбувається налипання ґрунту та не виконуються агротехнічні вимоги по підрізанню бур'янів. 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. 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 поверхнею лицевої сторони деталі на величину 1...3 мм та проникають в основний метал на глибину 4...6 мм, утворюючи на поверхні лицевої сторони деталі твердо сплавну точку діаметром 18...25 мм і твердістю HRC 60...66. Експериментальні леміші 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 лемішами при швидкості руху 2,08 м/с склав 32,7 кН, що в порівнянні з серійними лемішами однаково (33,5 кН). 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 лемішів, або їх поломка і згин носка.

Перед зміцненням порошковий дріт для видалення вологи (висушують) при 300–350 °С на протязі години. Після напрацювання лемішами 15–19 га на чорноземних ґрунтах знос металу в точках проплавлення менш інтенсивний, утворюється пилкоподібний профіль та проявляється ефект самозаточування.

При подальшій експлуатації знос спостерігається по основному металу, а на ріжучій кромці самозагострювання покращується. В процесі порівняльних випробувань використовувались серійно виготовлені леміші, наплавлені сормайтотом. Серійні леміші в процесі експлуатації зношуються по носку, а лезу відсутнє самозаточування і при напрацюванні 29,9 га спостерігається його затуплення. Проведені порівняльні випробування на чорноземних ґрунтах (Одеська

обл.) показали, що леміші з точковим зміцненням мають ряд переваг в порівнянні з серійними та забезпечують підвищення зносостійкості в 2–3 рази (рис. 3).



Рис. 3. 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 леміші з точковим зміцненням. З 9 випробуваних лемішів тільки один леміш досяг граничного зношування по носку. По загальному для всіх лемішів наробітку, леміші з точковим зміцненням переважають серійні в 2,8 рази. Для визначення відносної зносостійкості за масою і довжини носка побудовано графік (рис. 4).

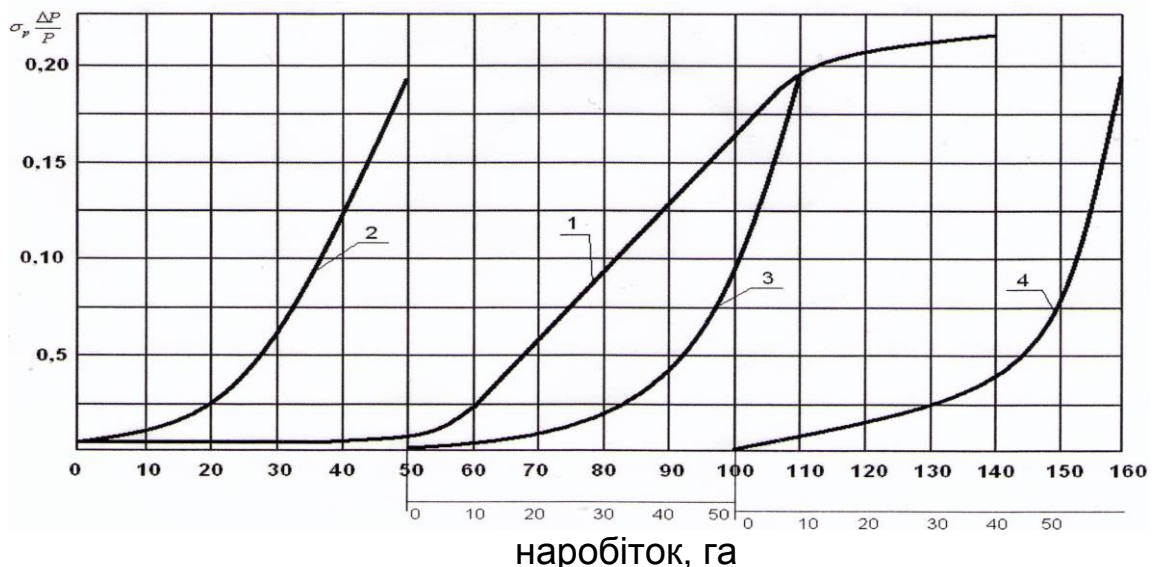


Рис. 4. Відносний знос за масою серійного та зміцненого лемішів: 1 – леміш з точковим зміцненням; 2 – серійний леміш (перша установка); 3 – серійний леміш (друга установка); 4 – серійний леміш (третья установка).

Відносна зносостійкість за масою зміцненого леміша 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 леміша. Значення величини середньо квадратичного відхилення і коефіцієнту варіації з точковим зміцненням свідчить про стабільність технологічного процесу їх виготовлення. Підвищення стійкості деталей проти абразивного руйнування можливо досягти при використанні таких методів зміцнюючи технологій, що дозволяють підвищити твердість поверхневих шарів деталей вище твердості частинок абразивного середовища. Процеси мінімізації пластичних деформацій достатньо широко реалізується при нормальному терті машин завдяки структурного пристосування та характеризується мінімальними значеннями швидкості спрацювання і відсутністю будь-яких видів пошкодження. Така теорія необхідна для створення матеріалів і мастильного середовища з раніше заданими властивостями, розробки нових видів та режимів технологічного і експлуатаційного зміцнення, визначення оптимальних умов тертя машин і механізмів, методів розрахунку на тертя і оцінювання показників надійності. Кожний матеріал здатний пристосовуватися до умов тертя в певному діапазоні зовнішнього впливу і середовища.

Висновки

1. На основі проведених досліджень визначені принципово нові можливості підвищення довговічності машин шляхом керуванням технічним станом їх деталей робочих органів.

2. Запропоновано технологію дугового точкового зварювання, що дозволяє зменшити на порядок витрати електроенергії за рахунок зниження тривалості зміцнення поверхні леза робочого органу.

3. Великі можливості керування технічним станом машин це використання методів порошкової металургії, яка дозволяє легувати металокерамічну матрицю і одночасно включати в склад матеріалів речовини, які хімічно і структурно модифікують поверхні тертя конструкційних матеріалів.

Список літератури

1. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. – М., Наука, 1970. – 252 с.
2. Костецкий Б.И. Поверхностная прочность материалов при трении / Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский. – К.: Техніка, 1976. – 296 с.
3. А.с. № 1386297. Молоток для кормодробилок / Н.И. Денисенко. Бюллетень №13, 07.04.1988.
4. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин / М.М. Тененбаум. – М.: Машиностроение, 1966. – 330 с.
5. Севернев М.М. Долговечность и работоспособность сельскохозяйственных машин / М.М. Севернев // Вопросы земледельческой механики. – Минск: Сельхозгиз БССР, 1963. – Т. X. – С. 135.

Рассмотрено структурно-энергетический подход по повышению долговечности сельскохозяйственных машин. Предложено автором оптимальные параметры точечного упрочнения, изготовление деталей из композиционных материалов приводят к значительному уменьшению изнашиванию деталей и узлов сельскохозяйственных машин в процессе их технической эксплуатации.

Долговечность, абразивное изнашивание, эффект самозатачивания, лезвие лемеха, лапа культиватора, молоток кормодробилки, композиционные материалы, точечное упрочнение.

Examine of structure and energetic approach for increase durability of agricultural techniques. Propose of author of the optimal parameter hardening point consumable and electrode are welding of flux cored electrode, produce detail of cermet's material cause to important diminish intensive of wear detail and assembly agricultural techniques at process of technical operation.

Durable, abrasive wear, effect, self-sharpening, blade share, cultivator tooth, hammer grinding, hardening, point wise consumable, cermet's material.

УДК 631.365:635.54

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЦИКОРІЮ КОРЕНЕВОГО ПРИ ЙОГО СУШІННІ

***І.В. Нездвецька, кандидат технічних наук
Житомирський національний агроекологічний університет***

Висвітлено результати досліджень впливу технологічних параметрів процесу ІЧ-сушіння коренів цикорію на енергомісткість процесу за відношенням до якісних показників отриманого матеріалу. В результаті експериментів формалізовано технологічні параметри процесу сушіння і якісні показники кінцевого матеріалу та визначено раціональні параметри технологічного процесу сушіння коренів цикорію з періодичною дією ІЧ-випромінювання на матеріал.

Сушіння, цикорій кореневий, ІЧ-випромінювання, період опромінювання, період відлежування, якісні показники, інулін.

© І.В. Нездвецька, 2015