

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Дослідження технологічного процесу відновлення ріжучих робочих
органів компенсуючими елементами»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 2
Міщенко Вадим Валентинович
Керівник: Біловод О. І.
Рецензент: Лапенко Г. О.

Полтава – 2021 року

РЕФЕРАТ

Дана робота на тему «Дослідження технологічного процесу відновлення ріжучих робочих органів компенсуючими елементами» містить чотири розділи. Загальний обсяг становить: 68 сторінок пояснювальної записки, з використанням табличного, схематичного та графічного матеріалу.

Об'єктом дослідження даної дипломної роботи є: технологія відновлення плужних лемешів застосуванням термозміцнених компенсуючих елементів; процес зношування в абразиві повторно термозміцненої сталі 65Г в залежності від температури термообробки.

Предметом дослідження є оптимізація по зносостійкості та ресурсу параметрів режиму повторного термозміцнення компенсуючих елементів при відновленні долотоподібної частини лемеша.

Наукова новизна. Лабораторно-польовими випробуваннями визначені параметри повторного термозміцнення ресорно-пружинної сталі 65Г, що полягає у гартуванні з температур 820-840°C, часу нагрівання та витримки 14 хв., що забезпечує максимальну зносостійкість та ресурс близько 12 га при HRC 53-54.

Практична значимість. Розроблено технологічний процес відновлення плужних лемешів, що полягає у приварюванні встик до тіла лемеша повторно термозміцненого компенсуючого елемента, виготовленого з вибракуваних ресор.

Ключові слова: ВІДНОВЛЕННЯ, ЗНОС, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, ТЕХНОЛОГІЯ, ПЛУЖНИЙ ЛЕМІШ, ПРИВАРЮВАННЯ, ТЕРМОЗМІЦНЕННЯ, ГАРТУВАННЯ, АБРАЗИВ, РЕСУРС.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ	8
1.1. Умови експлуатації робочих органів ґрунтообробних машин	8
1.2. Технології зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин ..	10
1.3. Термічне зміцнення лемешів плужних корпусів закордонного виробництва.....	19
Висновки, мета і завдання досліджень	22
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	24
2.1. Методика проведення лабораторних досліджень	24
2.2. Методика проведення експлуатаційних досліджень	30
Висновки.....	33
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	34
3.1. Аналіз критеріїв відновлюваності деталей	34
3.2. Результати експериментальних досліджень	37
3.3. Результати експлуатаційних випробувань.....	42
Висновки	45
РОЗДІЛ 4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК.....	46
4.1. Екологічна експертиза розробок	46
4.2. Охорона праці.....	50
4.3. Техніко-економічне обґрунтування ефективності відновлення деталей ґрунтообробних машин	58
Висновки	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТКИ.....	67

ВСТУП

Проблема забезпечення довговічності та надійності сільськогосподарської техніки є однією з найважливіших для забезпечення продуктивності та якості виконуваних робіт, особливо для відповідальних деталей, що знаходяться в контакті з оброблюваним матеріалом.

В сільськогосподарському машинобудуванні важливе місце займає ця проблема в забезпеченні довговічності робочих органів ґрунтообробних машин.

Дані експлуатації свідчать, що строк служби лемешів до першого ремонту не перевищує 8 га, а в цілому не більше 20 га. При затупленні їх лез знижується якість обробки ґрунту, а також збільшуються витрати паливо-мастильних матеріалів [1].

Проблемою підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин займались ряд ведучих інститутів: Інститут машинознавства сільськогосподарської механіки АН України (м. Київ), ННЦ «ІМЕСГ» (сmt. Глеваха, Київська обл.) та ряд інших наукових закладів. Проте, цілий ряд питань забезпечення довговічності культиваторних лап, плужних лемешів, дискових робочих органів та інших деталей не одержали достатнього вирішення [2].

Важливе значення набуває проблема створення ефективних робочих органів ґрунтообробних машин в теперішній час в зв'язку жорстких обмежень у застосуванні матеріальних ресурсів.

Практика показує, що довговічність зміцнених наплавкою робочих органів ґрунтообробних машин в 2...3 рази вище, ніж звичайних [3].

Доцільність відновлення указаних деталей полягає в зниженні собівартості їх ремонту, а також в зменшенні виробничих затрат при експлуатації ґрунтообробних машин. В собівартості ремонту указаних машин вартість запасних частин досягає 50-60% [4].

Слід відмітити, що при відновленні указаних деталей їх якість повинна бути не нижчою рівня нових. Необхідно забезпечити підвищення зносостійкості робочих поверхонь за рахунок розробки та застосування більш прогресивних технологій відновлення [5].

Тому актуальним є розробка та впровадження ефективних в експлуатації методів забезпечення довговічності ґрунтообробних робочих органів.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Умови експлуатації робочих органів ґрунтообробних машин

Значний вплив на зношування робочих органів мають вид ґрунту та його властивості. По зношувальній здатності ґрунти поділяються на дві групи: піщані – містять більше 80% твердих частинок розміром вище 0,01 мм і суглинисті (глинисті) – вміст менше 70% цих частинок [6].

Твердість абразивних частинок в ґрунті спричиняє суттєвий вплив на зношування робочих органів ґрунтообробних машин. По даним [7] зношувальна здатність різних ґрунтів відрізняється в 10...12 разів.

Зношування леза культиваторної лапи залежить також і від вологості ґрунту. Остання на глибині культивації змінюється значно більше, ніж на глибині оранки зменшення вологості спричиняє підвищене зношування ріжучої кромки леза [8]. По даним авторів при вологості ґрунту (20...28%) знос обробного органу знижується, так як ґрунт стає рихлим.

По мірі збільшення щільності ґрунту інтенсивність зношування зростає.

Леза культиваторних лап при обробці різних ґрунтів мають різну інтенсивність зношування, що викликає збільшення тягового опору агрегату. Так, на піщаних ґрунтах вона складає 16%, а на глинистих – 33% [9].

На величину зношування спричиняє вплив тиск ґрунту: зниження навантаження на робочий орган на 10% призводить до зменшення величини зносу на 20% [10].

Швидкість руху робочого органу спричиняє вплив на інтенсивність його зношування. При цьому носова частина стрілкової лапи зношується швидше [11].

Аналіз умов експлуатації робочих органів ґрунтообробних машин дозволяє зробити наступні висновки:

1. Величина зносу ріжучих елементів в значній мірі залежить від складу ґрунту.

2. Чим вища щільність ґрунту, тим більша інтенсивність зношування.

Головною причиною пошкоджень робочих органів ґрунтообробних машин є їх зношування, а також поломки, що в основному зустрічаються при експлуатації на кам'янистих ґрунтах.

Експлуатаційні випробування показують, що для усунення наслідків пошкоджень затрачається близько 20% робочого часу [12].

Фізико-механічні властивості ґрунту, її гранулометричний склад обумовлюють знос ріжучих елементів робочого органу (леміш плуга, лапа культиватора). Суттєву роль в їх зношуванні відіграють наявність в ґрунті абразивних частинок, твердість яких вища твердості матеріалу робочого органу. До таких частинок відносяться оксиди кремнію.

Значний вплив на зношування та форму леза надає характер переміщення частинок, їх розміри. Так частинки кварцового піску переміщуються в 3,0...3,5 рази повільніше, ніж частинки ґрунту. При цьому в зоні їх контакту з поверхнею робочого органу швидкість менша, ніж на деякому віддаленні від поверхні.

При горизонтальному переміщенні леза швидкість частинок по верхній грані нижча, ніж по нижній, оскільки тиск на верхню грань менший. При цьому швидкість переміщення ґрунтових частинок по поверхні в 1,6...4,5 разів менша загальної швидкості ґрунтообробної машини [13].

На думку Б.И. Костецького [15] пропонується пояснення зношуванню робочих органів в абразивному середовищі. Автор вважає, що важливішим фактором зношування є вплив формування на поверхні тертя другорядних структур з наступним їх руйнуванням. Внаслідок складного складу ґрунту та наявності в ній різних по твердості частин, відбувається одночасне протікання усіх процесів з переважанням якогось одного з них, яких і визначає інтенсивність зношування робочого органу ґрунтообробних машин.

В результаті абразивного зношування швидкість процесу може досягати 1 мм/год. Характерною ознакою його протікання є утворення подряпин на поверхні тертя, які, як правило, направлені вздовж руху частинок по поверхні деталі. При контакті різального елемента з ґрунтом відбувається абразивне зношування з пластичним деформуванням мікроб'ємів поверхневого матеріалу, що активізує розвиток втомлюваного руйнування поверхні тертя. При цьому відбувається зношування, величина якого залежить від модуля його пружності.

Зношування леза робочого органу характерне утворенням фаски зносу (потиличної фаски), що призводить до зростання сили опору руху робочого органу (лемешу плуга, лапи культиватора).

Вибракувальними параметрами, що лімітують роботоздатність культиваторів та плугів, є геометричні параметри лез: товщина ріжучої кромки, величина та нахил потиличної фаски.

Критерієм граничного стану вказаних робочих органів є конструктивна ознака: зміна конструктивних параметрів, форми, що викликає перехід їх в неробочий стан [16].

На основі проведеного аналізу можна виділити три головних фактори, що викликають пошкодження робочих органів ґрунтообробних машин:

- склад ґрунту, що визначає його абразивну інтенсивність зношування;
- щільність ґрунту;
- фізико-механічні властивості матеріалу деталі.

1.2. Технології зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин

Робочі органи ґрунтообробних машин виготовляють з вуглецевих сталей Л53, Л55, 65Г з наступним загартуванням та відпуском до твердості 350...600 НВ [17].

Серед великої кількості способів підвищення ресурсу деталей, без використання покриттів, особливе місце займає зміцнююча термічна обробка [5, 7]. Така обробка основана на структурних змінах, пов'язаних з нагріванням металу вище температур фазових перетворень і подальшим охолодженням зі швидкістю вище критичної [3, 10] – вона отримала назву гартування [12]. Її результатом є поліпшення ряду механічних властивостей [13], в тому числі і підвищення твердості (H) [14]. У свою чергу зростання твердості сприяє збільшенню ресурсу деталей, і особливо тих, що експлуатуються в абразивному середовищі, через зниження інтенсивності їх зношування [15]. Термозміцнення (ТЗ) має досить велику кількість різновидів, які класифікуються [18] за різними ознаками.

Термозміцнення можна розглядати як поверхневе і об'ємне (повне) на всю глибину. Поверхневе загартування полягає в утворенні твердої структури тільки в поверхневих шарах деталі, що обумовлюється високою швидкістю їх нагрівання за межі фазових перетворень і подальшого охолодження зі швидкістю вище критичної [11, 17, 18].

При такому зміцненні високу твердість набуває поверхня деталі, товщиною від 0,1 (лазерне гартування) [19, 20] до 20 мм (індукційне гартування) [21]. Нерідко подібне термозміцнення виявляється ефективніше, ніж повне гартування по всьому об'єму [22]. Наприклад, внаслідок впливу ударних навантажень поверхнево-термозміцнена деталь не руйнується, завдяки збереженню пластичної серцевини, що дозволяє гасити енергію удару, що неможливо при об'ємному гартуванню [17, 19, 22]. Іншими позитивними факторами слід вважати зниження енергетичних і економічних витрат на проведення термічної обробки (ТО), а також забезпечення заданих властивостей тільки поверхневим об'ємам і на окремих найбільш навантажених ділянках деталі [19, 22].

Види поверхневого термозміцнення розрізняються способами підведення тепла до виробу [23]. Перший – тепло передається через поверхню від зовнішнього нагрівача. Другий – тепло з'являється всередині

металу внаслідок дії електромагнітного поля. Охолодження може здійснюватися водним або масляним душем, а також розчинами органічних і неорганічних сполук [24].

Для забезпечення наочності класифікація видів і способів поверхневого гартування представлена у вигляді схеми на рис. 1.1.

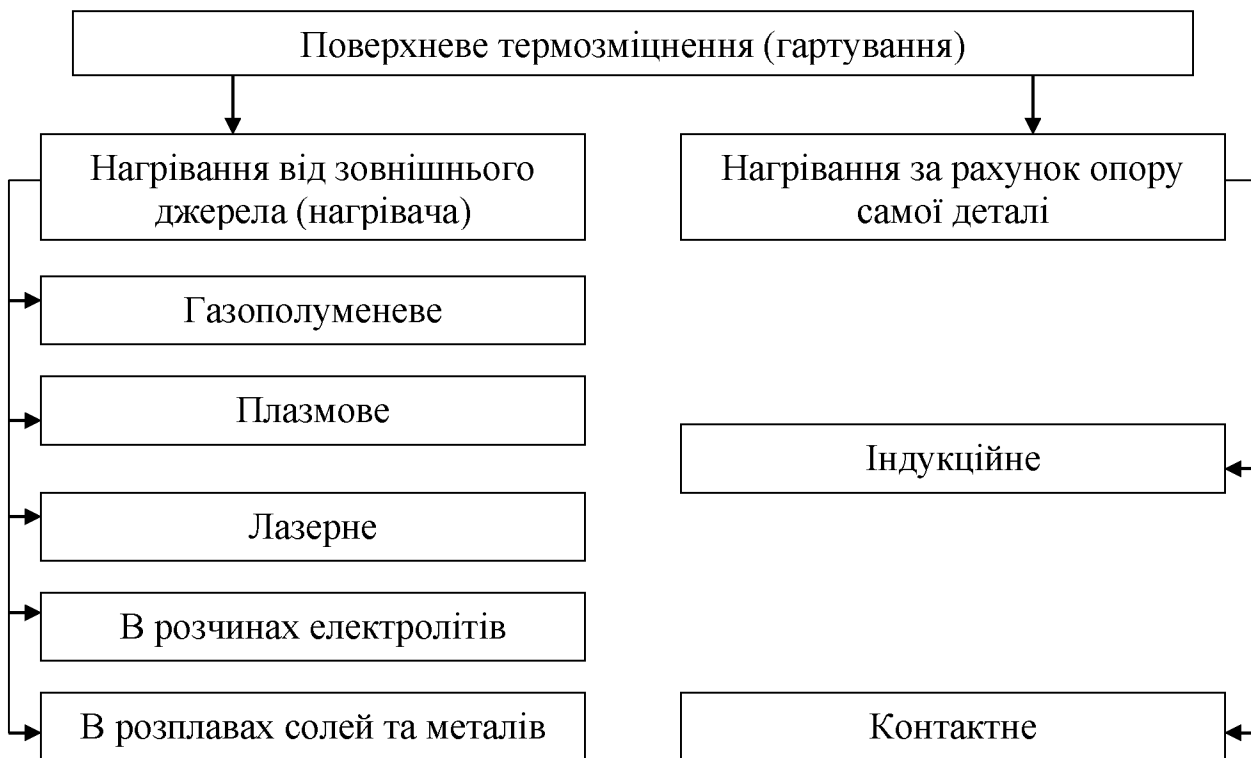


Рисунок 1.1 – Класифікація методів поверхневого гартування за способом нагрівання

Індукційний нагрів відбувається внаслідок теплової дії струму, індукованого всередині самого виробу, поміщеного в перемінне магнітне поле [19, 20]. Протягом короткого проміжку часу зміцнююча поверхня деталі глибиною 2-20 мм зазнає фазові перетворення [21]. Через високі швидкості нагріву і охолодження поверхневих шарів утворюється мартенситна складова в структурі, розташованій безпосередньо біля поверхні. За областю переважання мартенситу структура являє собою троостит (38 ... 48HRC) і сорбіт (25 ... 38HRC). Товщина загартованого шару залежить від параметрів режиму термообробки. Переваги методу – відсутність вуглецювання і

окислення поверхні деталі, висока продуктивність, можливість регулювання і контролю режиму термічної обробки, а також автоматизації процесу. До недоліків слід віднести складність регулювання температури нагріву без використання автоматичних систем, що призводить до нерівномірності прогріву оброблюваної ділянки деталі і сильному її перегріву.

Спосіб контактного нагріву полягає в тому, що при проходженні струму, від електрода до дотичної з ним деталі в місці контакту, завдяки значній щільності струму відбувається швидке нагрівання поверхневого шару [25]. При цьому виріб переміщається під контактним роликком і на ньому утворюється нагріта смужка, при охолодженні якої формується загартований шар. Глибина термічної обробки та інші показники визначаються: щільністю струму і швидкістю переміщення деталі під електродом. Метод забезпечує глибину термічної обробки, що дорівнює 2-3 мм з твердістю 56 - 62HRC і мартенситною структурою [25]. Використання способу можливе лише для деталей нескладної конфігурації. З огляду на низьку продуктивність, неоднорідності ступеня загартування на окремих ділянках і вузької номенклатури деталей спосіб майже не застосовується. Більш того при проведенні термозміцнення таких виробів, як леміш, він не прийнятний.

Загартування газополуменевим нагріванням використовують, коли інші методи неприйнятні, наприклад, для великих виробів [26]. Поверхню деталі нагрівають газовим полум'ям (2400...3150°C). Подальше швидке охолодження забезпечує загартування на глибину 2...4 мм з твердістю 50...56 HRC. У тонкому поверхневому шарі утворюється мартенсит, а в нижчих об'ємах – трооститомартенсит. Простота реалізації технології та відсутність складного обладнання забезпечили широке поширення даного методу в ремонтних майстернях, а також на ремонтних (спеціалізованих) підприємствах. Недоліками вважаються: складність регулювання температури нагріву, а отже, глибини загартованого шару; висока ймовірність перегріву; можливість часткового підплавлення нагрітої області;

утворення ділянок відпуску при загартуванні великогабаритних виробів; трудність автоматизації процесу, і як наслідок, низька продуктивність.

Сутність плазмової термообробки полягає в швидкісному нагріванні потоком плазми поверхневого шару металу і швидким його охолодженням [27]. На поверхні деталей утворюється термозміцнений шар з HRC 50-64 і товщиною до 3,5 мм з наявністю мартенситу і зонами відпуску сорбітного типу [28]. Спосіб має високу продуктивність, можливість плавного регулювання параметрів режиму процесу загартування і дозволяє обробляти деталі без примусового охолодження, за винятком виробів малого розміру. Його недоліками є: 1 – необхідність ретельної зачистки поверхні; 2 – при перекритті загартованих ділянок можуть утворюватися зони відпуску; 3 – складність обладнання і реалізації процесу; 4 – необхідність забезпечення високої технологічності при виконанні нагріву.

Лазерне термозміцнення засноване на трансформації світлової енергії генераторів світла оптичного діапазону в теплову [29]. Для поверхневого гартування застосовують газові лазери безперервної дії або імпульсні твердотільні лазери. Короткочасний вплив лазерного випромінювання (до 10^{-1} с) викликає розігрів невеликого обсягу металу (до 6-12 мм в діаметрі і 1,5...4,5 мм в глибину), який гартується внаслідок швидкого відведення теплоти в метал. Зміцнений шар має мартенситну структуру твердістю до 65HRC з сорбітно-трооститними ділянками. Спосіб досить продуктивний і дозволяє обробляти деталі складної конфігурації. Однак при перекритті загартованих смуг утворюються зони відпуску, негативно позначаються на однорідності структури [29]. Іншими недоліками методу є: погане поглинання світла сталями, що призводить до необхідності нанесення додаткового покриття, що дозволяє збільшити відсоток поглинутої потужності; низький ККД і велике споживання енергії, що приводить до значних експлуатаційних витрат. Застосування методу для зміцнення лемешів навряд чи доцільно внаслідок складності технологічного та економічного характеру.

Загартування в електроліті засноване на фізичному явищі («ефектом катода») [27], пов'язане з сильним зростанням опору і нагріванням виробу до температур близько 2000°C. Нагрівання відбувається протягом декількох секунд. Товщина загартованого шару при цьому становить 2...5 мм, твердість – до 54...60 HRC. При реалізації способу виникають складності регулювання процесу нагріву. Деталі великих розмірів не піддаються подібному загартуванню. Необхідно чітко підтримувати незмінним склад та температуру електроліту, щільність струму, а також тривалість витримки виробу [26, 27]. Вищенаведені недоліки не дозволяють рекомендувати процес для використання на ремонтних підприємствах.

Таким чином, поверхнєве гартування досить ефективний та широко поширений метод підвищення твердості поверхневого шару виробу при збереженні в'язкої серцевини. Описані методи забезпечують здатність деталей сприймати ударні навантаження. Застосування цих способів не можна рекомендувати для деталей, що працюють в умовах зношування високої інтенсивності (більше 200 г/га – супіски і легкі суглинки), з огляду на невелику товщину зміцненої області (0,1...3 мм) (перш за все, для лемешів плужних корпусів). Наявність складного обладнання і високі технологічні вимоги до процесу стримують, а нерідко роблять недоцільним застосування поверхневого термічного зміцнення в ремонтному виробництві.

Зважаючи на недоліки, властиві методам поверхневого термозміцнення, часто застосовується об'ємне гартування, яке є відносно універсальним методом обробки сталі і використовується, коли необхідно отримати високу твердість по всьому перетину деталі. Такий технологічний підхід забезпечує постійний на всьому протязі експлуатації деталі опір абразивному зношуванню. Існує кілька видів класифікацій цього способу: в залежності від структури (для доєвтектоїдних сталей рекомендується застосовувати повне гартування [3, 7, 15], для заєвтектоїдних – неповне [4, 15, 22]); характеру оброблюваної деталі (геометрія, матеріал) [9, 11], твердості, яку необхідно отримати [15], і умов охолодження [4, 16].

Як відомо, визначальним фактором при гартуванні є умови охолодження нагрітої вище температур фазових перетворень деталі, тому класифікація спирається на вищевказану ознаку.

Проведений аналіз дозволив внести у відомі класифікації деякі корективи, які полягають в тому, що методи гартування можна розділити на методи без зміни охолоджувача і зі зміною охолоджувача (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Способи об'ємного гартування в залежності від умов охолодження

Термозміцнення в одному охолоджувачі (безперервне гартування) [4, 20] – при якому нагріте і витримана за температури гартування деталь остигає до температури охолоджуючого середовища. Спосіб не вимагає складного обладнання та високих професійних навичок виконавців,

технологічно нескладний і легко піддається автоматизації. Застосовується для деталей простої форми з вуглецевих і низьколегованих сталей. У ряді випадків таке гартування викликає викривлення і руйнування деталей в процесі роботи. Щоб уникнути цього додатково проводять відпуск. Метод широко використовується в спеціалізованих ремонтних підприємствах при термозміцненні деталей ґрунтообробних машин.

У той же час, технології базуються на термозміцненні в одному охолоджувачі повинні враховувати специфіку ремонтного виробництва, конкретніше специфіку відновлення деталей. Це перш за все поширюється на процес реставрації плужних лемешів з використанням термооброблених на значну твердість заміняючих вставок, виготовлених з ресорно-пружинних сталей вторинного призначення.

Струйне гартування (місцеве) полягає в оббризуванні деталі інтенсивним струменем води і застосовується, коли потрібно загартувати частину виробу [15]. Воно може супроводжуватися самовідпуском [19]. Технологію використовують для загартування деформуючого інструменту, робоча поверхня якого повинна мати структуру мартенситу. Даний спосіб при великих обсягах обробки економічно недоцільний і ускладнюється технологічно.

Загартування під тиском застосовується для запобігання деформації, здійснюється при затисканні заготовок в штампах або на гартівних пресах і призначене для спеціальних цілей. У разі відновлення в її використанні немає необхідності.

Загартування в магнітному полі полягає в комбінованому термомагнітному впливі на зміцнюючу деталь [20] і може проводитися: нагріванням постійним струмом; нагріванням змінним струмом. Таку обробку доцільно використовувати при поштучній обробці [20] виробів з інструментальних сталей. Надмірно складне устаткування і спеціальні умови проведення процесу не дозволяють рекомендувати спосіб для широкого

поширення, особливо при реновації конструктивних елементів техніки сільськогосподарського призначення.

Критичний розгляд технологій об'ємного гартування дозволив встановити, що найбільшими можливостями для зміцнення деталей ґрунтообробних знарядь (зокрема плужних лемешів) при їх відновленні володіє термообробка в одному охолоджувачі, але необхідно проводити їх адаптацію до умов.

Загартування в двох середовищах (переривчасте гартування) [4, 15] полягає в тому, що деталі охолоджують послідовно в двох середовищах – спочатку з більшою, а потім, незадовго до початку мартенситного перетворення, з меншою охолоджуючою здатністю. Це необхідно, щоб в процесі охолодження не відбулося випадання ферито-цементитної суміші в інтервалі температур 500 - 600°C. Надалі висока швидкість охолодження для закінчення мартенситного перетворення не вимагається. Метод дозволяє уникнути операції відпуску і появи гартівних дефектів. Застосовується для загартування інструментів з легованих і високовуглецевих сталей, відрізняється складністю і вимагає досить високої кваліфікації персоналу.

Ступінчасте гартування [4, 15] здійснюється шляхом перенесення виробів після нагрівання і витримки при температурі гартування в рідкий розплав солей або лугів з температурою вище початку мартенситного перетворення (180-250°C). Після невеликої витримки для вирівнювання температури по всьому перетину деталі остаточне охолодження виконують на повітрі, в маслі і навіть у воді. Це забезпечує утворення мартенситної структури по всьому об'єму з наявністю аустенітної складової [30]. Метод застосовується для високовуглецевих, хромистих сталей і відрізняється технологічною складністю.

Ізотермічне гартування [4, 25] – різновид ступінчастого гартування, при якому початкове охолодження здійснюється в соляних ваннах, розплавах металу рідше – в воді і маслі з тривалою витримкою до структури трооститу або нижнього бейніту. Остаточне охолодження проводять на повітрі.

Застосовується для виготовлення інструментів з вуглецевих і легованих сталей, для деталей з перерізом до 10 мм або складної конфігурації, схильних до утворення викривлення [27].

Гаряче гартування проводиться аналогічно ступінчастому, але температура гарячого охолоджуючого середовища встановлюється нижче температури початку мартенситного перетворення, в межах 110 - 160°C, чим забезпечується зниження швидкості охолодження, за рахунок чого зменшуються внутрішні напруги і викривлення деталі. Гаряче гартування застосовують для виробів з вуглецевих сталей з розмірами перерізу до 40мм. Широкого поширення дана технологія не отримала.

Загартування з самовідпуском [4, 15, 21] застосовується коли нагрітий виріб витримують в гартувальному середовищі не до повного охолодження. Після вилучення виробу його поверхневі шари повторно нагріваються за рахунок внутрішньої теплоти, тобто здійснюється самовідпуск [27]. При такому методі серцевина виробів гартуванню майже не піддається і матиме нижчу твердість, ніж поверхневі шари. Використовується для інструменту, що працює з ударними навантаженнями, у якого висока твердість поверхневих шарів поєднується з підвищеною в'язкістю серцевини.

Проаналізовані технологічні варіанти термозміцнення зі зміною охолоджувача можуть бути обмежено застосовані для підвищення зносостійкості відновлених лемешів у вигляді своєї технологічної складності і специфічного призначення (розроблялися для ряду конкретних конструктивних елементів).

1.3. Термічне зміцнення лемешів плужних корпусів закордонного виробництва

Як показують результати досліджень, напрацювання на відмову плужних лемешів закордонного виробництва значно перевершує показники аналогічних деталей вітчизняного виконання [31, 32]. Більшість зарубіжних

фірм виробляють лемеші зі змінним долотом. В цьому випадку, важливу роль на напрацювання, крім конструкції, має матеріал і технологічні підходи до термозміцнення. На що вказує і твердість лемешів компаній «Лемкен», «Фогель і Ноот», «Квернеланд Груп», «Бессон», яка знаходиться в інтервалі 45-50HRC [32].

За деякими даними мікроструктурного аналізу, остови лемешів фірм «Лемкен» і «Фогель і Ноот» мають структуру відпущеного мартенситу в різних ділянках по всьому об'єму виробу [32], що і відповідає 50HRC. Отримання цієї мікроструктури можливе шляхом гартування доевтектоїдних сталей у воді з подальшим низькотемпературним відпуском [9, 15]. Було встановлено, що в якості матеріалу, що застосовується при виготовленні лемешів, зарубіжні фірми використовують вуглецеві сталі, за своїми властивостями схожі на якісну сталь 35Г після гартування і низького відпуску (або середнього) зі змішаною структурою мартенситу і бейніту, і твердістю 45 - 50HRC [32].

Наявність такої твердості і мікроструктури не дає чіткого пояснення технологій, що використовуються компаніями виробниками. Потрібно відзначити, що має місце досить продумана технологія термічного зміцнення, що дозволяє підвищити зносостійкість деталі при збереженні потрібної величини ударної в'язкості. Самі фірми підтверджують це, однак детальну інформацію про матеріали і параметри режиму термічної обробки не вказують. У відкритому доступі виробники імпортованих плужних лемешів дають лише наступну інформацію про свої виробих.

Компанія «Лемкен» при виробництві лемешів використовує дрібнозернисті мікролеговані боромісткі сталі, інші деталі корпуса виготовляють з високоякісних термічно зміцнених сталей, що відрізняються гарантованим хімічним складом і механічними властивостями. Термозміцнення здійснюють в печах з високою температурою і постійно контрольованою атмосферою (гартування). В результаті охолодження забезпечується висока твердість загартованих деталей. Після цього лемеші

поміщають в печі з більш низькою температурою для забезпечення достатньої пластичності [32]. Таким чином, при термообробці лемешів проводиться гартування в контрольованій атмосфері з наступним низьким або середнім відпуском. Наявність контрольованої атмосфери при загартуванні значно знижує ймовірність вигорання легуючих елементів і вуглецю.

Фірма «Фогель і Ноот» лемеші виготовляє зі сталевого прокату шляхом подвійного штампування (чорновий і чистовий), в результаті чого відбувається зміцнення виробів за рахунок пластичної деформації. Термозміцнення здійснюється науглецьовуванням поверхні (процес цементації) [32], завдяки чому поверхня деталі має високу твердість, що забезпечує порівняно високий ресурс. У ряді випадків найбільш навантажені частини конструкції (леміш складовий), зокрема заглиблююча частина долота, піддаються наплавленню твердим сплавом, при цьому місце наплавлення зміцнюється не тільки за рахунок нанесеного покриття, але і температурного впливу на основний метал.

Лемеші плугів *Квернеланд Груп* характеризуються підвищеною стійкістю до абразивного зношування (в порівнянні з деталями інших компаній). Для виробництва лемешів фірма використовує високоякісну вуглецеву сталь, яка піддається зміцненню індукційною термообробкою. Технологія такого гартування дозволяє надати різну ступінь твердості окремим ділянкам в залежності від їх навантаженості, яка визначається тиском ґрунту [32]. Такий технологічний підхід надає лемешу високу зносостійкість і підвищує експлуатаційні властивості, знижуючи ступінь прояву крихкого руйнування. У своїх технологіях компанія не використовує зміцнення застосуванням наплавленням твердими сплавами. Леміш після такої обробки має поверхню високої твердості і зносостійкості, а також м'яку серцевину, здатну протистояти ударним навантаженням.

Плуги виробництва «Кун» комплектуються штампованими загартованими лемешами зі спеціальної кованої сталі [32]. Завдяки структурі

сталі, отриманої в результаті термозміцнення, забезпечується ефект самозаточування. Як матеріал доліт лемешу також використовується спеціальна кована залізо з наконечником зі сплаву карбіду вольфраму.

В результаті розгляду технічного стану лемешів плугів провідних європейських компаній встановлено, що ці деталі, на відміну від вітчизняних, піддаються зміцненню різними методами термічного впливу по всій площі, створюючи перевагу як за величиною ресурсу так і по максимальному використанню можливостей матеріалу.

Висновки, мета і завдання досліджень

Вивчення літературних джерел та їх аналіз дозволяє зробити наступні висновки:

1. Представлена класифікація методів термозміцнення, в основу якої покладено умови експлуатації деталей і вплив теплової енергії на її поверхню або на всю глибину.

2. Поверхневе гартування не слід використовувати при зміцненні деталей ґрунтообробних знарядь, що експлуатуються на ґрунтах зі зношувальною здатністю більше 200 г/га внаслідок невисокої товщини термообробленого шару.

На основі аналізу даних літературних джерел поставлена мета: підвищити довговічність ріжучих робочих органів ґрунтообробних машин шляхом відновлення зношених частин компенсуючими елементами.

Для реалізації поставленої мети в даній роботі поставлені наступні задачі:

– розробити теоретичні положення до обґрунтування технології неодноразового відновлення суцільнометалевих плужних лемешів використанням термозміцнення;

– виконати оцінку зносостійкості указаних деталей при різних способах їх відновлення;

– обґрунтувати оптимальні параметри технологічного процесу відновлення робочих органів ґрунтообробних сільськогосподарських машин шляхом відновлення зношених частин компенсуючими елементами.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методика проведення лабораторних досліджень

Використання твердості (Н) як критерію оцінки зносостійкості при абразивному зношуванні обґрунтовується пропорційною залежністю відповідно до роботами Хрущова М. М. та інших дослідників [33].

Для визначення твердості використовувався метод Роквелла, вимірювання проводилися алмазним індентором за шкалою С (HRC). Вибір цієї шкали заснований на двох чинниках: перший – зміцнююча термообробка проводилася по всьому об'єму досліджуваних об'єктів; другий – очікувані величини твердості можуть перевищувати значення 450HV, що не допускає застосування способу Брінеля [7, 8, 10].

Точність і достовірність результатів забезпечувалася великою кількістю нанесених відбитків і точністю приладу.

У разі вимірювання Н при порівняльному аналізі властивостей лемешів вітчизняного та імпортного виробництва в зв'язку з тим, що використання переносної вимірювальної техніки знижує точність даних, дослідні зразки виготовлялися шляхом вирізання з натурних виробів. Для повноти контролю HRC вирізання проводилося з різних місць деталі і супроводжувалося інтенсивним охолодженням щоб уникнути впливу температурних впливів на показники твердості. Шорсткість поверхні, на яку наносилися відбитки, відповідала встановленій документацією на випробування. Загальна кількість вимірювань на кожному зразку складала 8 відбитків, що забезпечувало високу вірогідність експериментальних даних.

Мікротвердість H_v дозволяє проводити оцінку механічних властивостей металевих тіл як в початковому стані, так і після різних впливів на них.

Будь-які зміни структури призводять до зміни властивостей і відповідно відносної помилки, що не завжди позитивно впливає на розсіювання отриманих значень. Особливо це позначається при термічних впливах на метал деталі – термообробка і зварювання. Тому для збільшення точності вимірювань, що виражається в зміні значень Hv , для сталей, що пройшли термічне зміцнення (65Г), відпалених (сталь 45) і сірого чавуну (СЧ20) проводилася серія експериментів по визначенню $Hv = f(P)$ і встановленню навантажень вдавнення, при яких розкид Hv мінімальні.

Контроль Hv виконувався за допомогою приладу ПМТ-3М, оснащеного пристроєм ФОН-2 для цифрової обробки і визначення чисельного значення Hv .

Оцінка зварних з'єднань проводилася за допомогою мікротвердості [26], яка дозволяє досліджувати особливості окремих складових зон термічного впливу на структурному рівні.

Вимірювання мікротвердості проводилося на мікрошліфах, вирізаних із зразків зварних з'єднань, і певною мірою вони імітують відновлену ділянку лемеша. Зварні з'єднання були отримані зварюванням пластини зі сталі Л53 (леміш) та пластини з термозміцненням сталі 65Г (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Зварне з'єднання (штриховою лінією позначено місце вирізки ділянки для підготовки мікрошліфу)

Розміри пластин забезпечували тепловідвід, аналогічний при зварюванні лемеша зі вставкою. Подібний прийом дозволяє зберегти механічні властивості зразків такими ж, як і у натурних деталей. Краї пластин мали *V*-подібне оброблення. Зварювання виконувалося електродами марки Е42А-УОНІ-13/45-4,0-УД ГОСТ 9466-75.

Вивчалися зварні з'єднання з лемішними Л 53 і ресорно-пружинними 65Г сталями. Лемішна сталь не піддавалася термозміцненню, тобто використовувалася в стані поставки. Пластини зі сталі 65Г нагрівалися до температур 780, 800, 820, 840 і 870°C і охолоджувалися в воді. Всього було виготовлено 5 мікрошліфів.

Вивчення розподілу мікротвердості проводилося за схемою (рис. 2.2) без травлення в різних площинах мікрошліфу, тобто визначалася агрегатна *Hv*. Однак особливості досліджуваного зварного з'єднання, що складається зі сталі Л53 і термозміцнення сталі 65Г, диктують деякі доповнення в схемі нанесення відбитків. Вони полягають в необхідності визначення епюр розподілу *Hv* у вертикальних перетинах кожної сталі. Крім цього, для отримання повної картини зміни мікротвердості відбитки наносилися в горизонтальним перетині, охоплюючи сталь Л53, зварювальний шов, сталь 65Г і відповідно всі властиві зварному з'єднанню області.

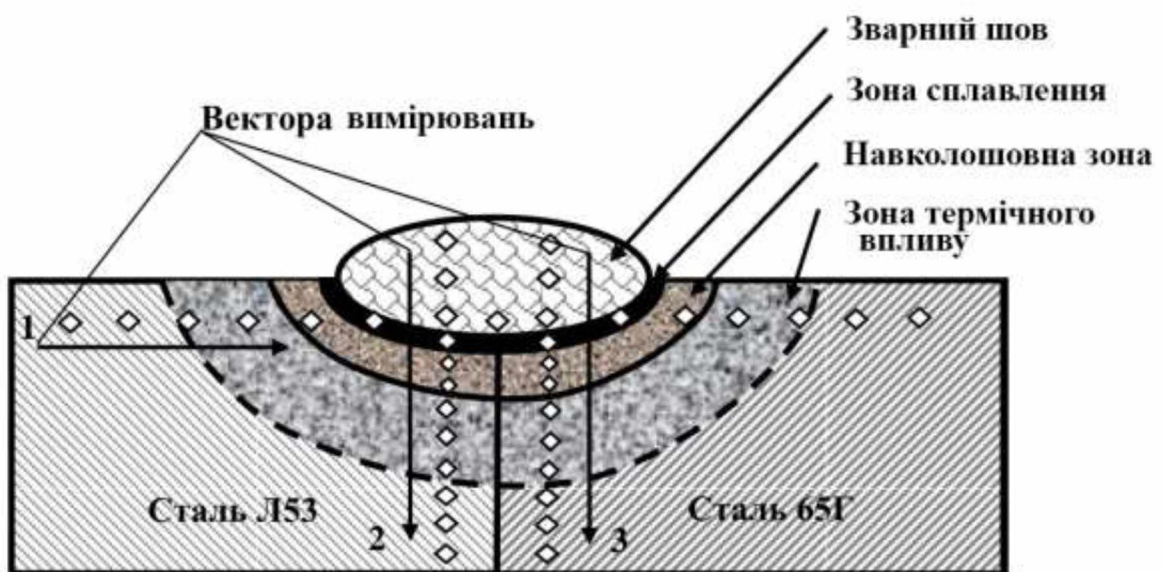


Рисунок 2.2 – Схема вимірювання мікротвердості наплавленої області

Таким чином проводилося виявлення зміни властивостей характерних областей зварного з'єднання шляхом визначення значень Hv по перетинах (рис. 2.2): 1 – уздовж поверхні розташування шва (вектор 1); 2 – перпендикулярно поверхні, починаючи зі зварного шва для пластини зі сталі Л53 (вектор 2); 3 – перпендикулярно поверхні, починаючи зі зварного шва для пластини з термозміцненням сталі 65Г (вектор 3), що дозволить виявити складності і особливості такого специфічного зварного з'єднання.

Термічна обробка здійснювалася на зразках, виготовлених за розмірами 75x42x8 (7) мм (рис. 2.3 а) і 172x90x8 мм (рис. 2.3 б) для проведення лабораторних і польових (натурних) випробувань відповідно. Такі розмірні характеристики у лабораторних зразків забезпечували отримання достовірних результатів і відрізнялися зручністю роботи з дослідним устаткуванням. Геометричні параметри зразків для натурних випробувань диктувалися розмірами доліт лемешів.



а) експериментальних лабораторних досліджень; б) польових випробувань.

Рисунок 2.3 – Зразки для проведення

При відрізанні уникали надмірного нагріву зразків, який може негативно позначитися на результатах експериментів.

В якості термічного обладнання використовувалася нагрівальна піч «СНОЛ 8,2/100», що забезпечує швидкий і рівномірний нагрів виробів.

Наявність програмних пристроїв дозволяє з точністю до 1°C встановлювати і підтримувати температуру, а також контролювати час витримки зразків.

В якості охолоджуючої середовища використовувалися вода і відпрацьоване масло МГ-10.

Термообробка зразків проводилася за різними варіантами (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Технологічні варіанти (прийоми) термічної обробки зразків для лабораторних і польових випробувань

№	1 – лабораторні
1.1	Відпалювання з $t = 850^{\circ}\text{C}$
1.2	Відпалювання та наступне гартування у воді з $t = 870^{\circ}\text{C}$
1.3	Термозміцнення з різними температурами у воді ($t = 740, 780, 800, 820, 840, 850, 860, 870, 880, 900^{\circ}\text{C}$)
1.4	Термозміцнення з різними температурами у маслі ($t = 740, 780, 800, 820, 840, 850, 860, 870, 880, 900^{\circ}\text{C}$)
1.5	Гартування від $t = 870^{\circ}\text{C}$ та відпуск з $t = 100, 200, 300, 400, 500, 600^{\circ}\text{C}$
2 – польові	
2.1	Відпалювання з $t = 850^{\circ}\text{C}$
2.2	Термозміцнення з різними температурами у воді ($t = 740, 780, 790, 800, 820, 840, 870^{\circ}\text{C}$)

Дослідження на зношування зразків відбувалося шляхом обертання підготовленого пристосування з вирізаними пластинами в абразивному матеріалі, що знаходиться в ємності, встановленої на станині верстата. Число обертів варіюється за допомогою коробки передач.

Частота обертання пристосування, що забезпечує максимально можливу інтенсивність зношування при мінімальному часі проведення випробувань для заданого складу абразивного середовища, встановлюється дослідним шляхом. При відпрацюванні оптимальних параметрів випробувань число обертів шпинделя (n_1) верстата змінювалося від 500 хв^{-1} до 1000 хв^{-1} . Було встановлено, що зі збільшенням n час на проведення випробувань зменшується. Оптимальна частота обертання склала $700\text{-}800 \text{ хв}^{-1}$. При такому n час експерименту не перевищує 40 хв. Помічено, що збільшення n більше

800 хв⁻¹ призводить до непропорційного зростання швидкості зношування досліджуваних матеріалів, і подальше зростання числа обертів не доцільне. Дані по параметрам випробувань наведені для абразивного середовища, що складається з природного піску – 50% і гранітної крихти – 50%. Розмір гранітних часток знаходився в межах 2...6 мм.

Потрібно відзначити, що кількісний склад абразиву в цілому визначається умовами експерименту. Ступінь абразивності середовища може задаватися в залежності від поставленої мети випробувань. Підвищення зношувальної здатності абразиву сприятиме скороченню часу експерименту.

В процесі випробувань зразок періодично витягувався з ємності з абразивного компонента для фіксації динаміки його зносу.

Силовий вплив на досліджуваний матеріал створюється за рахунок обсягу абразивного матеріалу, що знаходиться над зразком.

Знос дослідних зразків контролювався за допомогою індикатора годинникового типу.

Мікроаналіз припускав дослідження структур сталі 60С2 після різних видів і параметрів режиму термообробки.

Підготовка мікрошліфів для мікроструктурного аналізу термооброблених зразків включала в себе вирізку зразків, заливку у форми, торцювання, шліфування, полірування і травлення. Відрізка зразків і подальша їх підготовка здійснювалася таким чином, щоб максимально уникнути температурних впливів, наслідки яких могли позначитися на структурі досліджуваного матеріалу. Попередньо зразки були помічені і для зручності роботи заливалися в форми (рис. 2.4 а) епоксидним складом: смола ЕД-18-100 мас. частин, поліетиленполіамін (затверджувач) – 10 мас. частин. Остаточне доведення поверхонь шліфів закінчувалося механічним поліруванням із застосуванням пасти «ГОІ» №3, підготовлена поверхня представлена на рис. 2.4, б.



Рисунок 2.4 – Підготовлені зразки

Дослідження мікрошліфів здійснювалися за допомогою металографічного мікроскопа марки Метам ЛВ-34.

2.2. Методика проведення експлуатаційних досліджень

Натурні випробування в реальних польових умовах дають можливість визначити напрацювання лемешу до настання його граничного стану, а також виявити причину зняття його з експлуатації, що не представляється можливим в лабораторних умовах. Ці випробування дозволяють дати порівняльну оцінку ефективності використання деталей, зміцнених і (або) відновлених різними методами. Крім цього, нерідко має місце суттєва різниця між величиною отриманих даних при дослідженнях в лабораторних і польових умовах. Навіть проведення випробувань в ґрунтовому каналі не дозволяє отримати результати, що в повній мірі характеризують явище, що відбувається в реальних ґрунтових умовах.

Досліджувалися лемеші, відновлені методом компенсуючих вставок, коли зношена долотоподібна частина видаляється і приварюється нове долото з іншими властивостями. Відомі технології були доповнені рядом моментів і удосконалень. Використання долота як окремого конструктивного елемента дозволяє проводити зміцнюючі операції в їх різних варіантах, уникаючи будь-яких впливів на остов деталі.

При проведенні випробувань застосовувалися два технологічних методи впливу на долото з метою підвищення його твердості і, відповідно, стійкості до абразивного зношування. Перший – різні види термічної обробки доліт, виготовлених із листів ресор, знятих з експлуатації. Другий – додаткове зміцнення термозміцнення доліт з наплавленням заглиблюючої частини зносостійкими сплавами.

За першим методом кількість одноразово випробовуваних відновлених лемешів склало шість деталей з долотами, термозміцнення з різних температур. Вибір режимів термічної обробки ґрунтувався на попередніх лабораторних дослідженнях. Для виготовлення експериментальних доліт використовувалася сталь 65Г.

Другий метод передбачав наплавку заглибленої частини з боку робочої поверхні і з тильної сторони (схеми наплавлення) на величину близько 50 мм (рис. 2.5 а, б) зносостійкими сплавами. Наплавленню піддавалися лемеші з долотами, термозміцненням за температури 840°C і твердістю 52-54 HRC, що обґрунтовувалося проведеними лабораторними дослідженнями.

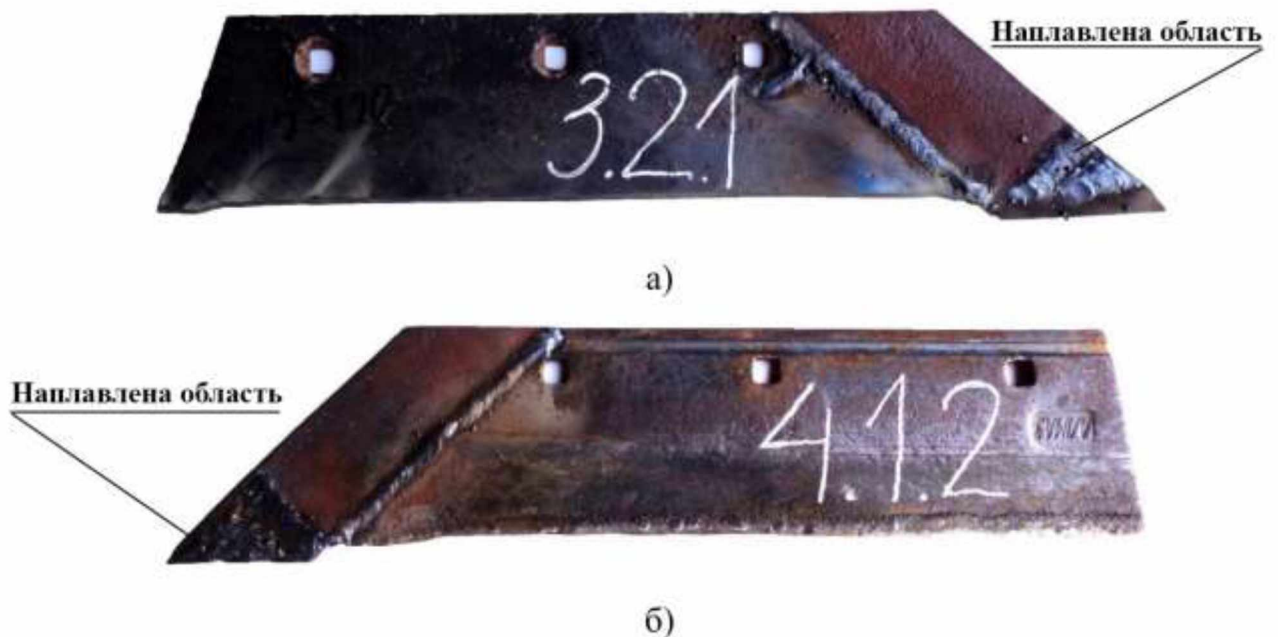


Рисунок 2.5 – Відновлений леміш з наплавленням заглибленої частини а) на зовнішній стороні б) на тильній стороні

Наплавлення проводилося ручним способом електродами, що забезпечують різну твердість наплавленого металу. (Відзначається розбіжність в твердості, обумовлена технічними нормативами, і дійсною твердості).

Дослідні лемеші з наплавленням заглибленої частини випробовувалися в кількості 24 шт. (По 6 штук для кожної схеми наплавлення і електрода).

Польові випробування проводилися в період осінньої та весняної оранки. Орний агрегат складався з трактора МТЗ 82.1 і плуга вітчизняного виробництва ПЛН-3-35.

Агрегати піддавалися необхідному регулюванню відповідно до встановлених нормативів. Під час оранки техніка також періодично піддавалася контролю. Швидкість руху агрегатів при оранці відповідала агротехнічним вимоги (7 - 9 км/год.) на виконання даної операції. Оранка проводилася на полях з супіщаними і суглинними ґрунтами.

В процесі проведення польових випробувань контролювалися: геометрія зносу і його величина в залежності від напрацювання, що обчислюється в гектарах. Вимірювання та візуальна оцінка зносів здійснювалася періодично після напрацювання 1 - 2 га на леміш.

Під геометрією зносу мається на увазі відхилення форми деталі від нормальної величини, що виражається в утворенні променевидного зносу, і трапецієподібної форми, а також округленням і втратою нормованого розміру заглибленої частини долота. Візуально визначалося утворення і розвиток променевидного зносу (рис. 2.6) до залишкової товщини лемеша не більше 2 мм і трапецієвидна геометрія. Але основним критерієм граничного стану лемешів служили знос заглибленої частини на величину більш ніж 45 мм.

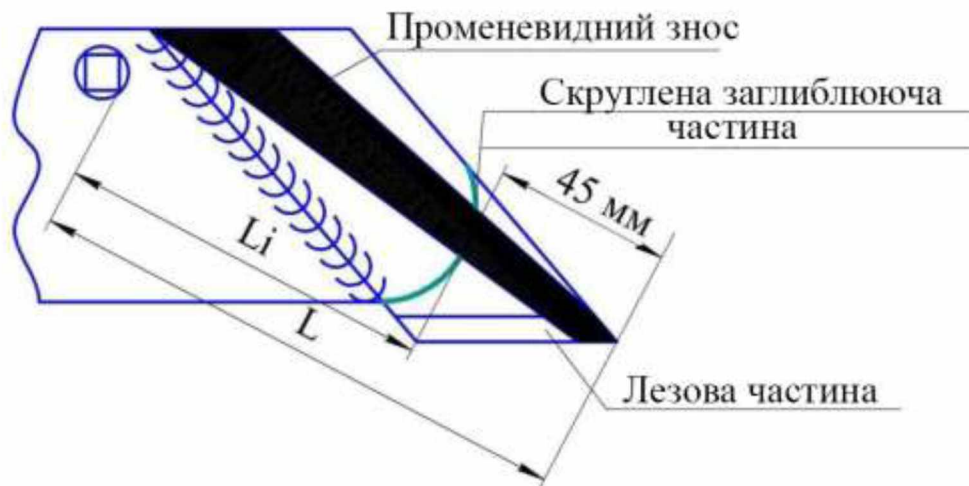


Рисунок 2.6 – Схема вимірюваних відстаней контрольованих деталей

Таким чином, відома методика польових випробувань адаптована до власних досліджень і дозволяє визначити зносостійкість і ресурс відновлених лемешів за різними технологічними варіантами і визначити оптимальну схему технологій відновлення.

Висновки

1. Для підвищення ресурсу указаних ґрунтообробних машин виконано аналіз з встановленням причин пошкодженості робочих органів ґрунтообробних машин, до числа яких відносяться плужні лемеші. Для вирішення цього завдання розроблена методика проведення порівняльних досліджень з оцінкою довговічності різальних елементів ґрунтообробних сільськогосподарських машин.

2. Для вибору параметрів технологічного процесу відновлення розроблена методика, що включає в себе експериментальні та теоретичні дослідження з оцінкою зношування різальних елементів.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Аналіз критеріїв відновлюваності деталей

Для проведення подальшого аналізу процесу періодичного відновлення необхідно ввести ряд оціночних критеріїв:

перший – технологічна складність (I_T),

другий – економічні витрати (I_E),

третій – втрата властивостей матеріалу, обумовлених технічними умовами [34].

Зміна технологічної складності графічно представлена на рис. 3.1 (крива 2) і виражається ускладненням технологічного процесу усунення дефектів у міру їх появи в деталі. Під ускладненням розуміється збільшення кількості операцій; числа технологічного обладнання, оснащення та інструменту; необхідність в підвищенні кваліфікації виконавців.

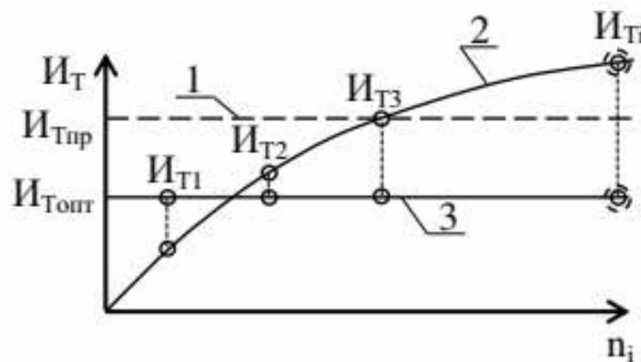


Рисунок 3.1 – Схема, що пояснює технологічну складність (цифрами при I_T вказано число відновлень)

Тобто в процесі відновлення придатності деталі відбувається накопичення витрат технологічного порядку (рис. 3.1, крива 2):

$$\Sigma I_{Ti} = I_{T1} + I_{T2} + I_{T3} \dots I_{Ti} \quad (3.1)$$

Однак настає такий стан, коли технологічна складність перевищує деяку граничну величину $I_{Тгр}$ (рис. 3.1, пряма 1) після якої відновлення стає недоцільним:

$$\Sigma I_{Ti} > I_{Тгр} \quad (3.2)$$

Поряд з розглянутим варіантом, де можливість відновлення визначається накопиченням складності можливий випадок, коли виявляється такий дефект (або деяка їхня кількість одночасно) усунення якого технологічно хоча і можливо, але недоцільно в цьому випадку:

$$I_T > I_{Тгр} \quad (3.3)$$

де I_T - технологічна складність на усунення дефекту або суми дефектів.

Дотримуючись графічної схеми оптимальним варіантом буде технологічний процес, при якому може усуватися певна сукупність дефектів без зростання технологічних витрат (лінія 3). В цьому випадку:

$$I_{Топт} = I_{T1} = I_{T2} \dots = I_{Ti} \quad (3.4)$$

З цього випливає, що необхідно займатися розробкою і вдосконаленням технологій. При цьому $I_{топт}$ має бути менше $I_{тгр}$:

$$I_{Топт} < I_{Тгр} \quad (3.5)$$

Оптимальним варіантом слід вважати, коли технологічна складність залишається незмінною протягом усього періоду експлуатації деталі

$$I_{Ti} = I_{Топт} = \text{const.} \quad (3.6)$$

Економічні витрати, представляють собою відношення ціни відновленої деталі (C_i) до міжремонтного ресурсу (T_i) [34]:

$$I_{Ei} = \frac{C_i}{T_i} \quad (3.7)$$

I_{Ei} трактується як витрати споживачів відновлених деталей на їх придбання, тобто витрати на реалізацію технологічного процесу лягають на

покупців. В міру ускладнення технологій буде зростати собівартість реставрованих деталей і відповідно ціна. У зв'язку з цим економічні витрати від відновлення до відновлення будуть зростати, за умови сталості міжремонтних ресурсів (рис. 3.2, крива 2).

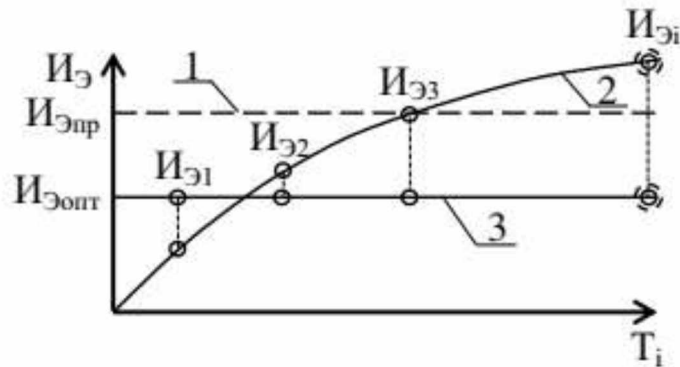


Рисунок 3.2 – Схема, що пояснює економічні витрати (цифрами при I_E вказано число відновлень)

Як і у випадку з I_T настає стан, коли економічні витрати перевищують граничну величину $I_{Eгр}$ (рис. 3.2, пряма 1) після якої відновлення стає економічно недоцільним.

На відміну від технологічних витрат економічні витрати не можуть бути підсумовані в зв'язку з тим, що їх визначення проводиться після кожного відновлення. Тому недоцільність відновлення визначається конкретним випадком:

$$I_{эi} > I_{эгр}, \quad (3.8)$$

На представленій схемі (рис. 2.3) межею є $I_{еопт}$ (пряма 3). За аналогією з технологічним параметром оптимальним варіантом слід вважати, коли економічні витрати залишаються незмінними за весь період експлуатації деталі

$$I_{эi} = I_{эопт} = \text{const}. \quad (3.9)$$

При цьому оптимальне значення I_{Ei} не повинно перевищувати $I_{Eгр}$.

З вище наведеного випливає, що оптимальним варіантом при відновленні деталей є застосування такої технології, яка забезпечить постійні значення I_T і I_{Ei} протягом життєвого циклу деталі.

У той же час будь-який процес має свою межу. Відносно викладених міркувань, спрямованих на неодноразове відновлення, обмежуючим фактором є необоротна втрата механічних властивостей деталю. Причинами цього можуть бути; неодноразовий технологічний вплив, пов'язаний з циклічними тепловими навантаженнями, явищ втоми і інтенсивністю зношування. Будь-який чинник знижує якість деталі пов'язаний зі зміною структури її матеріалу.

3.2. Результати експериментальних досліджень

Одним з методів збільшення довговічності є заміна гранично зношеного долота на нове шляхом його приварювання із застосуванням методу термозміцнюючих компенсуючих вставок.

Придатність листів для відновлення визначається не тільки їх розмірами, а й механічними властивостями, тому слід розглянути і цей фактор.

Згідно з вимогами до листових ресор вони виготовляються з гарячекатаної ресорно-пружинної сталі і діляться два класи: 1-й – з смуги прокату підвищеної точності високоякісної сталі; 2-й – з смуги прокату звичайної або підвищеної точності якісної сталі.

Листи термічно обробляються до твердості 39-50 HRC (табл. 3.1). Наявність такої твердості, безумовно, позитивно позначиться на величині зносостійкості, а отже і ресурсу. При цьому структура являє собою трооститно-сорбітну суміш (рис. 3.3).

Таблиця 3.1 – Термообробка та твердість листів

Марка сталі	Термообробка (режим)			Твердість HRC
	Температура нагрівання при гартуванні та нормалізації, °C	Охолоджуюче середовище	Температура відпуску, °C	
50ХГА	840-870	Масло	450-480	41-43
50ХГ	840-870	Масло	450-480	41-43
60С2	840-870	Вода, масло	400-510	43-50
60С2ХГ	850-880	Масло	550	39-43
60С2А	840-870	Вода, масло	400-425	40-49

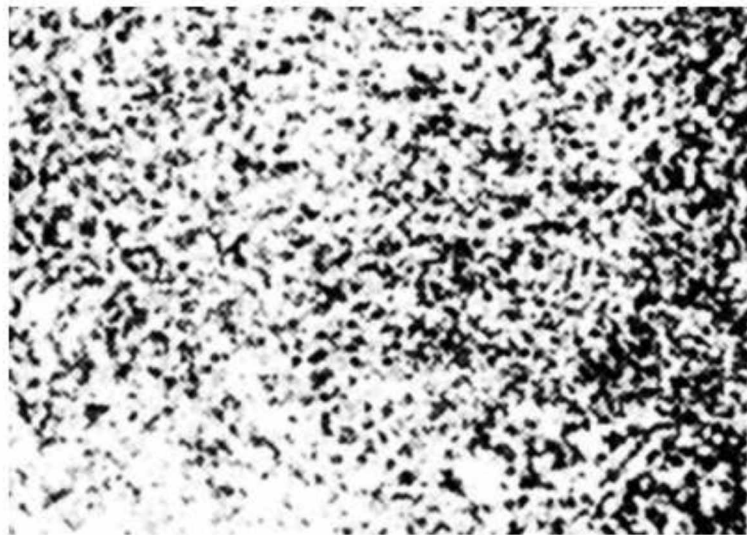


Рисунок 3.3 – Сталь 60С2 після гартування з 860°C в маслі і відпуску при 500°C (x750)

Однією з основних операцій методу термозміцнення є приварювання їх до остову лемеша. Механічні властивості зварного з'єднання багато в чому визначатимуть його експлуатаційні властивості. Особливістю досліджень є наявність в складі зварного з'єднання деталі з високовуглецевої сталі, підданої повторному термозміцненню. Тому досліджувався стан зварних з'єднань, в яких присутня в якості матеріалу компенсуючого елемента сталь 65Г, загартована при різних температурах. Як вже зазначалося вище, в якості критерію, що характеризує їх властивості, прийнята мікротвердість (H_v).

Оціночними параметрами служили: 1 – Hv металу шва; 2 – максимальне значення Hv зони сплаву; 3 – Hv перехідної зони; 4 – Hv основного металу. Поряд з оцінкою механічних властивостей окремих областей зварного з'єднання, проводився аналіз розмірів його типових зон: зони термічного впливу, зони сплаву і перехідної зони.

Методологія проведення аналізу складається з наступних етапів:

перший – особливості розподілу Hv системи «шов - сталь Л53»;

другий – особливості розподілу Hv системи «шов - термозміцнення при різних температурах сталь 65Г»;

третій – порівняльний аналітичний розгляд розподілів Hv «сталь Л53 – шов – термозміцнена сталь 65Г».

З огляду на величезний масив отриманих даних (досліджувалися з'єднання, у яких зразки з ресорно-пружинної сталі при термообробці з п'яти різних температур), тому детальному аналізу буде піддаватися зварене з'єднання, де сталь 65Г повторно гартували за температури 840°C. Вибір такого експериментального зразка пов'язаний з тим, що режим термообробки є оптимальним з точки зору зносостійкості.

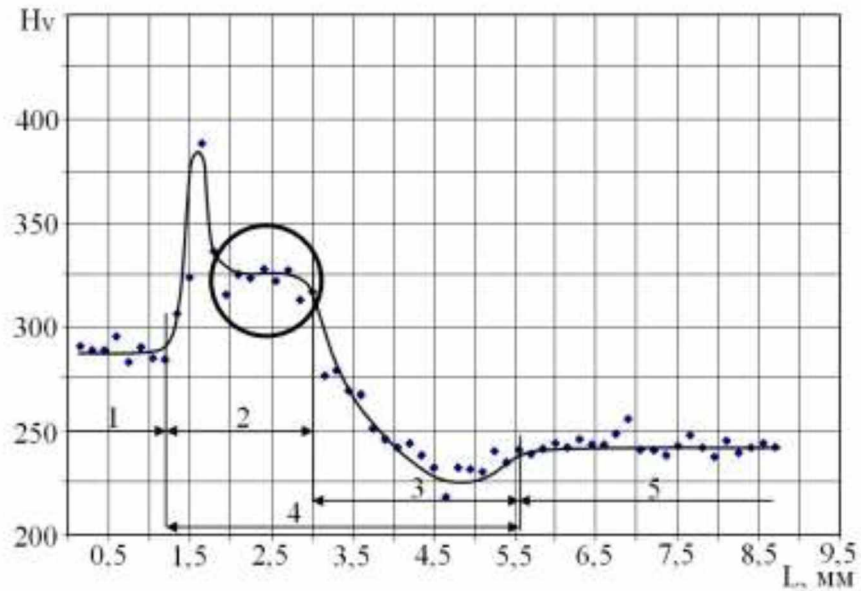
Відповідно до плану методології проведення аналізу отриманих результатів розглянемо розподіл Hv «шов – основний метал». Для оцінки експериментальних даних будуть використані епюри розподілів, відображені на рисунках 3.4 а і б.

Твердість металу шва в областях сталей Л53 і 65Г фактично однакова. Це говорить про те, що кількість вуглецю в сталі і відсутність або присутність попередньої термообробки не робить помітного впливу на властивості металу шва (табл. 3.2).

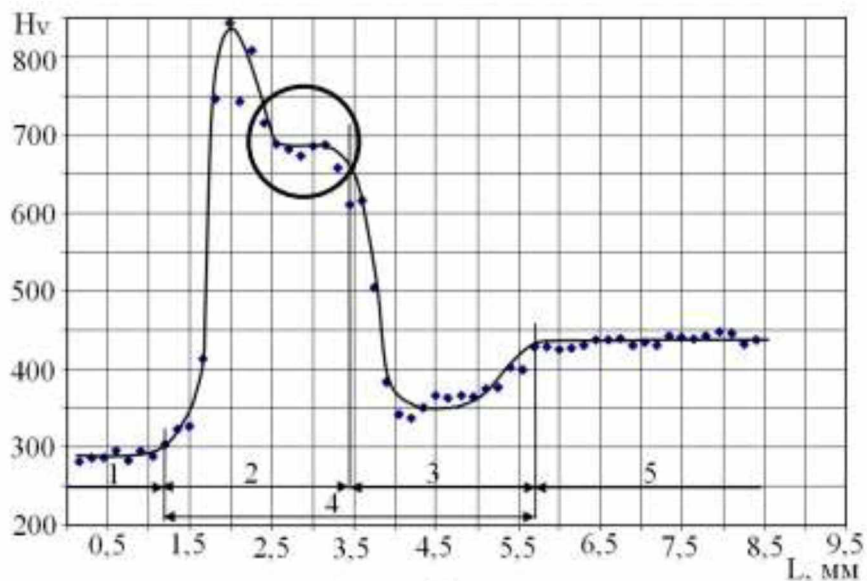
Таблиця 3.2 – Розподіл Hv по ділянкам зварного шва

Марка сталі	Метал шва, Hv ш.	Зона сплавлення, Hv з.с.	Перехідна зона, Hv п.з.	Основний метал, Hv о.м.
Л53	285	390	225	240
65Г	290	850	340	440

У свою чергу, максимальні значення Hv в зоні сплаву різко зростають, що відповідає класичним уявленням (рис. 3.4, а, б). При цьому твердість в області сталі Л53 становить 390 Hv (рис. 3.4, а), а в зоні сталі 65Г – 850°C вона в 2,2 рази менше.



а)



б)

а) «шов - сталь Л53»; б) «шов - сталь 65Г», термозміцнення від 840°C (де 1 – шов, 2 – зона сплаву, 3 – перехідна зона, 4 – зона термічного впливу, 5 – основний метал)

Рисунок 3.4 – Розподіл Hv по ділянках зварювального шва систем

Високе значення Hv для зони сталі 65Г можна пояснити рядом факторів. Перший – наявність великої кількості вуглецю в порівнянні зі сталлю Л53. Друге – присутність гартівних структур в вигляді нижнього бейніту і мартенситу. Третє – наявність марганцю забезпечує зниження критичних точок A_3 , A_1 і сприяє збільшенню твердості. Така твердість відповідає мартенситному стану (Hv 850 приблизно дорівнює 62 HRC), що в певній мірі підвищує ймовірність утворення шовних тріщин і знижує здатність чинити опір ударним навантаженням. Мікротвердість зони сплаву в області сталі Л53 становить (в перерахунку з Hv) 40 HRC і не представляє небезпеки з точки зору появи тріщин. У той же час наявність сплесків мікротвердості вказує на збільшення напружень на структурному рівні (напруги другого роду).

Відмінною особливістю розподілу Hv для областей обох сталей є присутність ділянки, які характеризуються стабільним значенням (рис. 3.4 а, б; виділена колом). Утворення в зоні сплаву області з відносно постійною мікротвердістю пов'язано з процесом кристалізації. У перший період відбувається утворення кристалів на поверхні шва і в районі основного металу через високе відведення тепла. Кристалізація розглянутої ділянки йде при порівняно рівномірній температурі, що призводить до появи зрівноважених структур. Хоча для обох областей твердість відповідає загартованим структурам через наявність термозміцнення, для зони загартованої сталі вона вище в 2 рази, ніж для області сталі Л53 (рис. 3.4 а, б).

Перехідні зони характеризуються падінням твердості нижче рівня Hv основного металу, що пов'язано з виникненням розтягуючих напружень в момент формування зварного з'єднання і, як наслідок, порушенням щільності структури.

Розгляд залежності твердості металу шва в області сталі Л53 від температури термообробки привареного зразка зі сталі 65Г показало, що зі збільшенням температури відбувається зниження твердості шва (рис. 3.5).

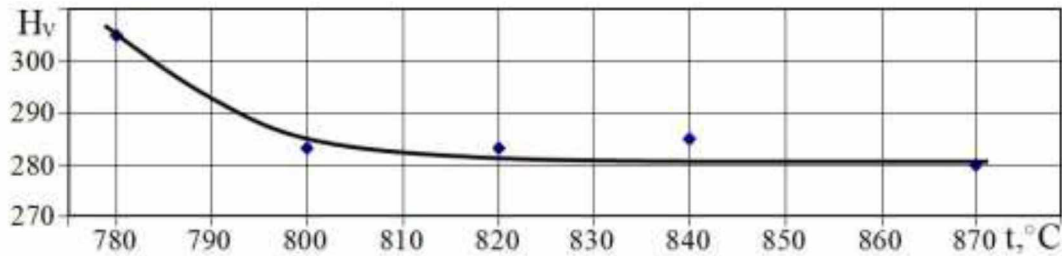


Рисунок 3.5 – Зміна значень H_v в металі шва системи «шов - сталь Л53» в залежності від температури термозміцнення сталі 65Г

Це пояснюється підвищенням крихкості металу шва через збільшення мартенситної складової у сталі 65Г. Крім цього структура являє собою субстанцію слабо пов'язаних між собою складових, що і виражається в зниженні мікротвердості.

3.3. Результати експлуатаційних випробувань

Вихідними даними для досліджень служили початкові результати, що відображають залежність твердості від температури, за якої проводиться термообробка (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Температура загартування та твердість після термообробки

Вид термічної обробки	Відпалювання	Загартування з охолодженням у воді							
		№ зразка	1	2	3	4	5	6	7
Температура, °C	850	740	780	790	800	820	840	870	
HRC	24,3	29,6	38,4	43,2	49,8	53,7	54,8	57,9	

В результаті проведених випробувань встановлено прямопропорційна залежність між зносом (I) і напрацюванням (T) для всіх деталей незалежно від їх твердості (рис. 3.6). Отримані дані підтверджують дослідження фахівців в області абразивного зношування і вказують, що прямолінійний характер також притаманний поданим дослідженням. Наведені результати говорять про єдиний механізм абразивного зношування, незалежно від методів і умов проведення випробувань.

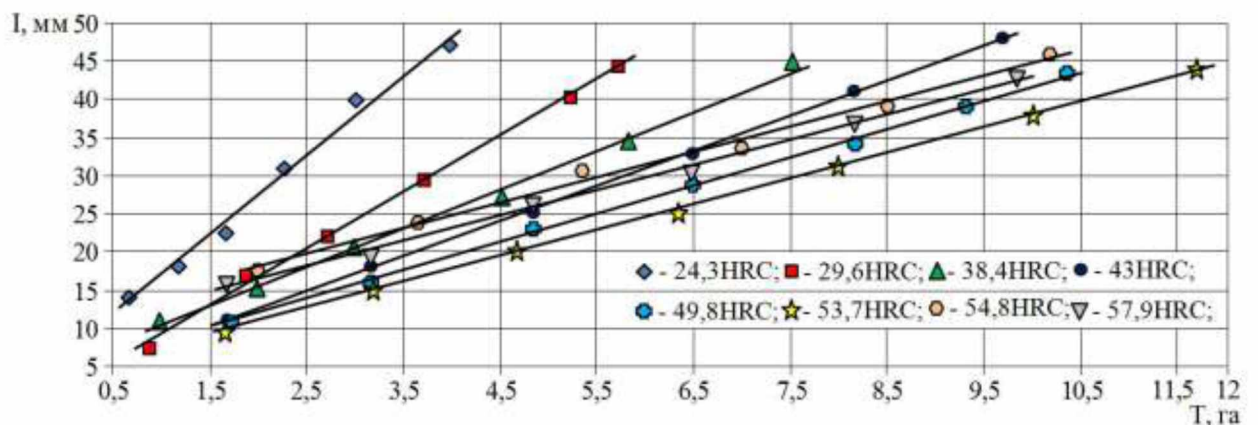


Рисунок 3.6 – Залежність між зносом і напрацюванням для лемешів з долотами різної твердості

Величина твердості, відповідно до рисунку 3.6, впливає на початок помітного зношування долота, при цьому знос заглибленої частини ($I = 7-17$ мм) можна зафіксувати вимірювальним інструментом. Так, для доліт з твердістю 24-38 HRC знос стає помітний при напрацюванні від 0,55 до 0,80 га, в свою чергу, для HRC 43-57 ця величина складає 1,60 - 1,80 га. Таким чином, має місце чіткий розподіл настання явного зношування для конкретних груп значень HRC (рис. 3.6). Таке явище пояснюється різким розходженням опірності дряпання утворених структурних складових.

Відмітною ознакою наведених на рисунку 3.6 прямих є їх різний кут нахилу до осі абсцис, збільшення якого вказує на зростання інтенсивності зношування заглибленої частини лемеша.

Підвищення твердості сталі 65Г, як показали експерименти, призводить до зростання зносостійкості і напрацювання до граничного стану найбільш зношеної заглибленої частини лемеша (рис. 3.6).

Однак, прямопропорційної залежності між C і HRC не спостерігається. Приблизно з HRC 49-50 має місце стабілізація зносостійкості (рис. 3.7). При розгляді кривої $C = f(\text{HRC})$ максимальне значення зносостійкості досягається при твердості 53 HRC, потім слідує її спад. Аналогічним чином поводить себе і залежність $T = f(\text{HRC})$. Це вказує на відсутність зростання ресурсу в разі підвищення твердості більше 51-53 HRC, що і спостерігається у імпортованих деталях.

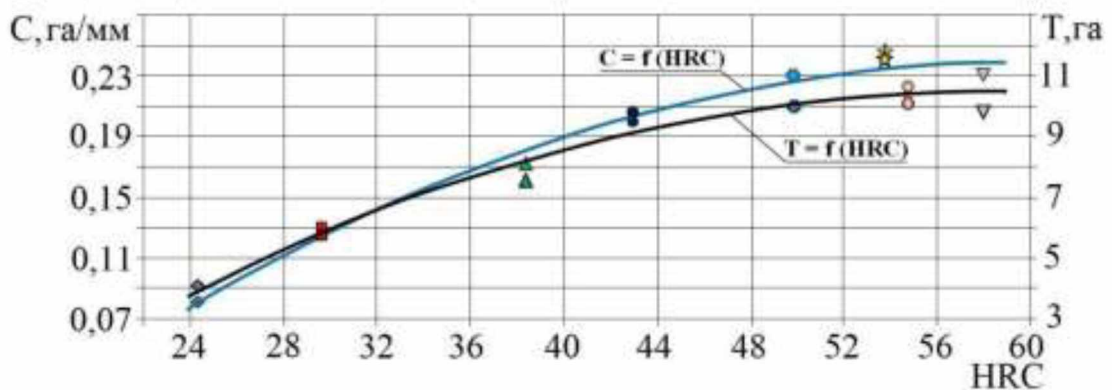


Рисунок 3.7 – Вплив твердості на зносостійкість і напрацювання заглибленої частини лемеша

Слід відмітити, що зносостійкість і напрацювання при зростанні HRC до 51-53 одиниць збільшується через зростання опору різання. Однак подальше зростання HRC призводить до порушення гомогенності структури і, перш за все, до зростання його крихкості, що сприяє збільшенню ймовірності сколювання нерівностей і навіть «виривання» окремих фаз від впливу ударних впливів з боку абразивних частинок.

Результати по зв'язку між HRC і напрацюванням на відмову підтверджуються придбаною геометричною формою в процесі експлуатації і відображаються фотографіями (Додаток А, табл. 1).

Результати польових випробувань збігаються з даними лабораторних досліджень за характером поведінки $C = f(\text{HRC})$, хоча оцінка зносостійкості в одиницях вимірювань різна. У лабораторних умовах зносостійкість оцінювалася відношення часу до величини зносу в мкм. Стосовно до польових випробувань зносостійкість визначалася як відношення напрацювання до польових випробувань, зносостійкість визначалася як відношення напрацювання (га) до лінійного зносу заглибленої частини лемешів.

Таким чином, встановлено:

- залежність зносостійкості при зростанні твердості має складний характер, і підвищення HRC понад 53-54 одиниць не призводить до збільшення C , а зростання стійкості до абразивного зношування відбувається також до 53-54 HRC з подальшою стабілізацією;
- максимальна зносостійкість притаманна зразкам з твердістю 53-54 HRC, підданих загартуванню у воді при температурі 820-840°C;
- польові випробування плужних лемешів підтверджують результати лабораторних досліджень, де показано, що підвищення твердості більше 53-54 HRC не приводить до приросту зносостійкості і навіть знижує її.

Висновки

1. Представлений алгоритм періодичного поновлення ресурсу лемешів з урахуванням появи, де показано що визначальними критеріями, що обмежують відновлення є технологічна складність і економічна недоцільність.

2. Показана можливість застосування листів ресор в якості матеріалу доліт при відновленні лемешів. Встановлено діапазони розмірів «придатності» листів відповідно до розмірів променевидного зносу. Твердість знятих з експлуатації листів залишається на рівні значень,

обумовлених технічними умовами, що в два рази перевищує аналогічний параметр сталі лемеші Л53.

3. Епюри розподілу Hv в перетинах перпендикулярних поверхні і паралельному їй носять складний характер обумовлений різномірністю властивостей сталей; виявлено наявність в перехідних зонах ділянок з постійною твердістю; при переході від зони термічного впливу до основного металу мають місця «провали» мікротвердості; небезпечним перетином є ділянка перехідної зони в області розташування сталі 65Г; в вертикальних перетинах спостерігається зниження мікротвердості основного металу, що надає позитивний вплив на стійкість до руйнування.

4. Максимальна зносостійкість притаманна зразкам з твердістю 53-54 HRC підданих гартуванню у воді за температури 820-840°C.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю [35].

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат,

питомих і загальних газо- димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газодимових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Проведений аналіз дозволяє розробити рекомендації по забезпеченню екологічної стійкості підприємства, а також план ліквідації аварійних ситуацій і витоків нафтопродуктів, в який включають об'єкти і території, що підлягають особливому захисту від забруднень (водозабори, житлові масиви, зони відпочинку).

Повинна бути встановлена (обґрунтована) категорія екологічної небезпеки об'єкту. Для цього встановлюють структуру викидів і скидань забруднюючих речовин при експлуатації технологічного устаткування. На підставі екологічного аналізу джерел викидів роблять розрахунок «пріоритетного» викиду шкідливих речовин.

Залежно від категорії небезпеки вводиться періодичність звітності в системі держобліку викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Найбільша ефективність в захисті повітряного середовища від забруднюючих викидів досягається при поєднанні заходів щодо вдосконалення технологічних процесів, газоочистки, забезпечення загальних санітарно-гігієнічних вимог і правильних об'ємно-планувальних рішень.

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища». Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Отже, державний екологічний менеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;
- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екологічного менеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належить:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

Виконання системоутворювальних функцій екологічної політики, визначення екологічних цілей і завдань, розроблення та реалізація екологічної програми здійснюється за допомогою екологічної експертизи.

4.2. Охорона праці

Охорона праці включає техніку безпеки, що запобігає травматизму, і виробничій санітарії, перешкоджає виникненню захворювань із-за дії шкідливих чинників. Впровадження раціонального комплексу заходів, направлених на поліпшення умов праці, може забезпечити приріст її продуктивності на 15...20% [36]. Структура комплексу заходів наступна.

1. Аналіз стану охорони праці або безпеки технологічного процесу на підприємстві.

2. Розробка організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних заходів щодо поліпшення стану охорони праці.

3. Розробка вимог (інструкцій) з охорони праці при роботі на технологічному (модернізованому) обладнанні або при використанні запропонованого пристосування.

4. Аналіз і оцінка пожежної безпеки підприємства, організація пожежної профілактики (визначення категорії виробництва по пожежній небезпеці, ступені вогнестійкості будівельних конструкцій, обґрунтування первинних засобів і витрати води для гасіння пожежі).

Аналіз стану охорони праці. Його проводять так, щоб можна було визначити передумови для розробки заходів щодо зниження травматизму і поліпшення умов праці.

При аналізі стану охорони праці при організації і технології ремонтно-обслуговуючих робіт враховують наступне:

- дотримання законодавства про режим праці і відпочинку працюючих;
- відповідність організації забезпечення охорони праці вимогам нормативних документів;

- планування заходів щодо охорони праці, виділення і використання грошових і матеріальних коштів на їх виконання;
- відповідність будівлі ремонтно-обслуговуючого підприємства (приміщення виробничої ділянки) вимогам санітарних і будівельних норм і правил;
- можливість появи шкідливих і небезпечних виробничих чинників, основні причини виробничих травм;
- дотримання вимог безпеки при використанні обладнання, вантажопідійомних машин і судин, що працюють під тиском;
- динаміку травматизму і захворюваності;
- санітарно-побутові умови працівників;
- пожежну безпеку (характеристика технологічних процесів пожежній небезпеці, наявність і готовність первинних і технічних засобів пожежогасіння, дотримання вимог пожежної безпеки, наявність і стан грозозахисних пристроїв і т. п.).

Розробка заходів щодо поліпшення стану охорони праці. Заходи щодо поліпшення стану охорони праці або безпеки технологічних процесів розробляють на основі аналізу. Вони повинні бути конкретними.

Заходами передбачають:

- поліпшення діяльності адміністрації (наймача) з дотримання трудового законодавства і виконання вимог нормативної документації з охорони праці;
- вдосконалення системи навчання працівників охорони праці відповідно до нормативних документів;
- поліпшення контролю і нагляду за дотриманням вимог охорони праці;
- застосування засобів наочної агітації з безпеки праці, поліпшення планування з охорони праці;

- заміну небезпечних технологічних процесів безпечними;
- розробку пристроїв, що забезпечують безпечну експлуатацію технологічного обладнання і систем, забезпечення електробезпеки;
- створення нормального повітряного середовища за рахунок вентиляції і опалювання;
- забезпечення гігієнічних вимог до природного і штучного освітлення;
- зниження рівнів шуму і вібрацій на робочих місцях;
- забезпечення пожежної безпеки;
- створення необхідних санітарно-побутових умов для працівників підприємства.

Для розробки вимог безпеки (інструкції) з охорони праці при експлуатації існуючого, проектного або модернізованого устаткування (приспосовування) необхідно спочатку охарактеризувати можливі небезпечні і шкідливі виробничі чинники, які можуть виникнути під час роботи, небезпечні зони, а потім описати методи їх ліквідації. Необхідно також обґрунтувати вимоги до персоналу, який експлуатуватиме обладнання.

Для забезпечення безпечної експлуатації і обслуговування проектного устаткування передбачають захисні засоби, блокуючі і гальмівні пристрої, засоби сигналізації, захист від враження електричним струмом і ін. Робоче місце оператора організують з урахуванням вимог ергономіки.

Крім того, при необхідності обґрунтовують санітарно-гігієнічні умови праці на проектованому обладнанні, передбачають заходи і засоби пожежної безпеки, розробляють інструкцію з техніки безпеки.

Визначення кількості шкідливих виділень у виробничих приміщеннях. Деякі технологічні процеси, що виконуються на ремонтно-обслуговуючих підприємствах, характеризуються виділенням різних забруднень. Тому при проектуванні підприємств в приміщеннях передбачають природну, механічну

або змішану вентиляцію. Вентиляційні системи повинні забезпечувати відносну вологість повітря, концентрацію в нім газів, шкідливих виділень в межах, що не перевищують допустимі норми. Якщо виділення забруднень відбувається на окремому технологічному обладнанні (на столі для зварювальних робіт, в наплавлювальній установці, гальванічній ванні і т.д.), влаштовують місцеву вентиляцію у вигляді парасольок, відкосів і т.п. При розсіяному виділенні забруднень в приміщенні передбачають загальнообмінну вентиляцію.

Розрахунок вентиляційних систем проводять виходячи з інтенсивності забруднення повітря. Кількість виділень, що забруднюють повітря в приміщенні, визначають по кожному джерелу. У виробничих приміщеннях до основних забруднень відносяться: відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання; гази і аерозолі, що утворюються в процесі зварки, наплавлення, паяння; випаровування миючих розчинів, розчинників емалей і лаків, охолоджуючих рідин, електроліту та ін.

Кількість повітря, необхідну для розбавлення газових і аерозольних забруднень, тобто продуктивність вентиляційної установки, визначають за формулою:

$$W_e = 10^6 Q_c / (C_{p.z} - C_n) \quad (4.1)$$

де W_e – продуктивність вентиляційної установки, м³/год.;

Q_c – сумарна кількість забруднень, що виділяються, кг/год.;

$C_{p.z}$ – гранично допустима концентрація даного забруднення в робочій зоні, мг/м³;

C_n – концентрація даної забруднення у повітрі, що поступає, мг/м³.

У випадках, коли зовнішнє повітря, що поступає в приміщення, не містить шкідливих домішок, величину C_n приймають рівною нулю.

У приміщеннях ділянок діагностики і технічного обслуговування, ремонтно-монтажної кількості шкідливих виділень від працюючого дизельного двигуна визначають за формулою:

$$Q_d = (160 + 13,5V_y) \frac{P}{100} \cdot \frac{T}{60}, \quad (4.2)$$

де Q_d – кількість шкідливих виділень від працюючого дизеля, кг/год.;

V_y – робочий об'єм циліндрів двигуна, л;

P – вміст забруднень у відпрацьованих газах %;

T – час роботи двигуна, хв.

При роботі карбюраторного двигуна:

$$Q_k = 15(0,6 + 0,8V_y) \frac{P}{100} \cdot \frac{T}{60}. \quad (4.3)$$

Кількість аерозолів свинцю при роботі карбюраторного двигуна на етильованому бензині буде рівна:

$$Q_c = \frac{0,05C(0,6 + 0,8V_y)}{100} \cdot \frac{T}{60}, \quad (4.4)$$

де C – вміст тетраетилсвинця в бензині, г/кг ($C = 0,05 \dots 0,10\%$).

Час роботи двигунів в приміщеннях приймають: при розігріванні – 2 хв.; при установці на пост (лінію) технічного обслуговування – 1,0...1,5 хв.; при рейсуванні і виїзді (в'їзді) – 0,2...0,5 хв.; на кожних 10 м шляху при переміщенні з поста на пост своїм ходом – 1,0...1,5 хв.; при регулюванні двигуна – 10...15 хв.

Вміст забруднень у відпрацьованих газах (P) наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вміст забруднень відпрацьованих газах, % до маси

Умови роботи двигуна	Дизельні двигуни			Карбюраторні двигуни	
	Оксид вуглецю	Оксид азоту	Альдегіди	Оксид вуглецю	Аерозолі свинцю
Розігрів у приміщенні	0,071	0,007	0,510	6,0	0,0025
Рейсування в приміщенні	0,054	0,009	0,037	4,0	0,0018
В'їзд до приміщення і місця розташування	0,035	0,005	0,022	2,0	0,0010

На ділянці зварювання роботи супроводжуються виділенням зварювальних аерозолів і шкідливих газоподібних речовин (фтористого водню, оксидів азоту, оксиду вуглецю і ін.). При визначенні кількості забруднень, що виділяються, під час зварки (різки) враховують питомі показники їх викидів (таблиці 4.2 і 4.3).

Кількість шкідливих виділень при зварці визначають за формулою

$$Q_a = 10^{-3} G_e q_a \quad (4.5)$$

де Q_a – кількість зварювального аерозолу, кг/год.;

G_e – максимальна витрата електродів, кг/год.;

q_a – питоме виділення аерозолу, г/кг.

Аналогічно визначають кількість шкідливих газів, що виділяються при зварюванні.

Таблиця 4.2 – Питомі виділення шкідливих речовин при зварці (наплавленню) металів (г на 1 кг електродів)

Марка електроду	Тверді частинки				Шкідливі гази		
	Зварювальні аерозолі	Зокрема			Фтористий водень	Оксиди азоту	Оксид вуглецю
		оксиди марганцю	оксиди хрому	фториди			
УОНІ-13/45	14,0	0,51	-	1,40	1,00	-	-
УОНІ-13/55	18,6	0,97	-	2,60	0,93	-	-
ЕА-60В/11	11,0	0,68	0,60	-	0,004	1,30	1,40
АНО-3	17,8	1,85	-	-	-	-	-
АНО-5	14,0	1,87	-	-	-	-	-
АНО-9	16,0	0,90	-	1,13	0,47	-	-
ОМА-2	9,2	0,83	-	-	-	-	-
ЦЧ-4	13,8	0,43	-	-	1,87	-	-
ОЗЧ-1	14,7	0,47	-	-	1,65	-	-
ОЗЧ-3	14,0	0,49	0,18	-	1,97	-	-
МНЧ-2	20,4	0,92	-	-	1,34	-	-
Т-590	45,5	-	3,70	-	-	-	-

При зарядці акумуляторних батарей максимальна кількість забруднюючих речовин виділяються в кінці зарядки. Для розрахунку викидів сірчаної кислоти на ділянці зарядки акумуляторних батарей в майстерні використовують значення питомого виділення аерозолі кислоти, яке приймають рівним 1 мг/А·год.

Таблиця 4.3 – Виділення шкідливих речовин при газовому різанні металу

Матеріал	Товщина, мм	Зварювальний аерозоль				Гази			
		г/1 м різки	г/год.	зокрема		Оксид вуглецю		Оксид азоту	
				оксид марганцю, г/год.	оксид хрому, г/год.	г/1 м різки	г/год	г/1 м різки	г/год
Сталь вуглецева	5	2,25	74,0	2,31	-	1,50	49,5	1,18	39,0
	10	4,50	131,0	3,79	-	2,18	63,4	2,20	64,1
	20	9,0	200,0	6,00	-	2,93	65,0	2,40	53,2
Сталь легована	5	2,50	82,5	-	3,96	1,30	42,9	1,02	33,6
	10	5,00	145,0	-	6,68	1,90	55,9	1,49	43,4
	20	10,00	222,0	-	10,35	2,60	57,2	2,02	40,9

Викид сірчаної кислоти підраховують за формулою

$$Q_k = q_k (C_1 a_1 + C_2 a_2 + \dots + C_n a_n), \quad (4.6)$$

де Q_k – кількість сірчаної кислоти, що виділяється, мг;

q_k – питома виділення сірчаної кислоти, мг/кг;

$C_{1..n}$ – номінальні ємкості батарей, що одночасно заряджають, А·год.;

$a_{1..n}$ – кількість батарей відповідної ємкості.

На мідницькій ділянці при ремонті радіаторів, баків використовують м'які припої, що містять, свинець і олово. Розрахунок викидів шкідливих речовин проводять окремо по свинцю і олову.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин на ділянках вулканізації, перевірки і регулювання паливної апаратури проводиться також по питомих виділеннях забруднень (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Склад емалей і ґрунтовок %

Розчинник	Емаль						Ґрунтовка		
	МЛ-152	МЛ-197	НЦ-11	ПФ-115	МС-17	НЦ-25	МЛ-029	ГФ-017	ФЛ-03К
Ацетон	-	-	-	-	-	4,62	-	-	-
Бутілацетат	-	-	13,75	-	-	6,60	-	-	-
Бутиловий спирт	12,9	21,89	5,50	-	-	9,9	26,0	-	-
Ксилол	24,6	38,67	-	22,5	60,0	-	32,8	50,0	15,0
Уайт спірит	8,06	0,04	-	22,5	-	-	-	-	-
Голуол	-	-	13,75	-	-	29,7	2,2	-	15,0
Етиловий спирт	-	-	8,25	-	-	9,9	-	-	-
Етилацетат	-	-	13,75	-	-	-	-	-	-
Сольвент	8,72	-	-	-	-	-	-	-	-
Етілцеллозольв	-	-	-	-	-	5,28	-	-	-
Ізобутиловий спирт	5,58	-	-	-	-	5,28	-	-	-
Бензин	1,69	-	-	-	-	-	-	-	-
Летюча частина	62	61	55	45	60	66	61	50	30
Сухий залишок	38	39	45	55	40	34	39	50	70

При митті деталей і агрегатів застосовують синтетичні миючі засоби (СМЗ) на основі кальцинованої соди (лабомид-101, лабомид-102, МС-6 та ін.), розчин каустичної соди, гас і т. д. Викид забруднюючої речовини при митті визначають за формулою:

$$Q_z = 3600q_z F, \quad (4.7)$$

де Q_z – кількість забруднень, що виділяються, г/год.;

q_z – питомі виділення (викид) забруднюючих речовин при митті, г/(с·м²);

F – площа дзеркала ванни, м².

При проектуванні ділянки фарбування ремонтваних об'єктів розрахунок виділення забруднюючих речовин слід вести роздільно для пігменту фарби і для розчинника. Кількість твердих забруднюючих частинок, що виділяються, розраховують за формулою:

$$Q_m = m_k f_c \sigma_n \cdot 10^{-4}, \quad (4.8)$$

де Q_m – кількість твердих частинок, що утворюються, кг/год.;

m_k – кількість використаної емалі (фарби), кг/год.;

f_c – кількість фарби

Таблиця 4.5 – Виділення забруднюючих речовин при фарбуванні і сушці %

Спосіб нанесення фарби (емалі)	Виділення шкідливих компонентів		
	Втрата фарби у вигляді аерозолю	Виділення розчинника	
		при забарвленні	при сушці
Розпилювання:			
пневматичне	30	25	75
безповітряне	2,5	23	77
пневмоелектростатичне	3,5	20	80
електростатичне	0,3	50	50
Вручну пензлем або валиком	-	50	50

Викид пари розчинників, якщо фарбування і сушка проводяться в одному приміщенні, розраховують за формулою:

$$Q_{p_i} = m_k f_u f_{l_i} \cdot 10^{-4} \quad (4.9)$$

де Q_{p_i} – кількість пари i -го речовини, що виділяється, яка входить до складу розчинника емалі, кг/год.;

f_u – частка фарби, що випаровується (летюча) %;

f_{l_i} – кількість летючої i -го забруднюючої речовини у фарбі %.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування ефективності відновлення деталей ґрунтообробних машин

Економічна ефективність від впровадження результатів досліджень формується за рахунок підвищення довговічності самогоструюваних відновлених робочих органів ґрунтообробних машин.

Техніко-економічна оцінка ефективності підвищення надійності ґрунтообробних машин проведена у відповідності з рекомендаціями [37].

Річний економічний ефект від впровадження розробленої технології відновлення плужних лемешів визначали за формулою:

$$E = [(c_1 + E_n \kappa_1) - (c_2 + E_n \kappa_2)] B_T, \quad (4.10)$$

де c_1 і c_2 – собівартість нової та відновленої методом приварювання компенсійної вставки;

$E_n = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень [37];

B_T – річний обсяг відновлених плужних лемешів за розробленою технологією, шт.

Затрати C_y на виготовлення установки для відновлення за такою формулою:

$$C_y = C_k + C_{od} + C_{nd} + C_{cb} + C_{zv}, \quad (4.11)$$

де C_k – вартість виготовлення корпусних деталей, грн.;

C_{od} – витрати на виготовлення оригінальних деталей, грн.;

C_{nd} – ціна великих покупних деталей і вузлів, грн.;

C_{cb} – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на складанні конструкції, грн.;

C_{on} – загальновиробничі накладні витрати на виготовлення конструкції, грн.

Розраховані за вказаною формулою (4.11) витрати склали 12450 грн.

Питомі капіталовкладення визначали по залежностях [37]:

$$\kappa_1 = \frac{C_{O1}}{B_{T1}}; \quad \kappa_2 = \frac{C_{O2}}{B_{T2}}, \quad (4.12)$$

де C_{O1} і C_{O2} – вартість основних виробничих фондів за діючої технології виготовлення і розробленої технології відновлення плужних лемешів;

$B_{Г1}$ і $B_{Г2}$ – річна програма виготовлення та відновлення за розробленою технологією.

Питомі капіталовкладення склали $\kappa_1 = 2,40$ грн.; $\kappa_2 = 1,75$ грн.

Собівартість відновлення C лемеша визначали по наступній формулі:

$$C = C_{з.п.} + C_M + C_{р.ф.} + C_{н.р.} + C_{i.в.}, \quad (4.13)$$

де $C_{з.п.}$ – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих в процесі відновлення, грн.;

C_M – витрати на використанні при відновленні матеріали, грн.;

$C_{р.ф.}$ – вартість ремонтного фонду з урахування витрат на придбання обладнання, грн.;

$C_{н.р.}$ – накладні витрати, грн.;

$C_{i.в.}$ – інші витрати, грн.

Собівартість одного лемешу по даним [37] в середньому на січень 2018 року складає $C_1 = 340$ грн., а відновленого $C_2 = 180$ грн.

Очікуваний економічний ефект від впровадження розробленої технології складе:

$$E = [(340 + 0,15 \cdot 2,40) - (180 + 0,15 \cdot 1,75)] \cdot 300 = 48030 \text{ грн.},$$

де 300 – річний обсяг відновлення плужних лемешів.

Економічний ефект на одиницю продукції становить 160 грн.

Основні показники техніко-економічної ефективності відновлення плужних лемешів наведені в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Показники техніко-економічної ефективності

Показники економічної ефективності	Значення показників	
	існуюча технологія виготовлення	розроблена технологія відновлення
1. Річний обсяг виготовлення і відновлення лап, шт.	300	300
2. Собівартість одного лемеша, грн.	340	180
3. Собівартість комплекту лемешів, грн.	1700	900
4. Питомі капітальні вкладення, грн.	2,40	1,75
5. Річний економічний ефект, грн.		48030
6. Економічний ефект на одиницю продукції, грн.		160

Висновки

1. Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонована технологія відновленні плужних лемешів приварюванням компенсуючої вставки є безпечною для навколишнього середовища.

2. Виконано аналіз умов виникнення і розвитку травм і аварій, для їх усунення запропоновані наступні заходи: встановлення захисних щитків, блокуючих приладів, заземлення при роботі з металообробними верстатами, використання спецодягу для приготування технологічних розчинів, проведення регулярних інструктажів з техніки безпеки.

3. Вартість одного плужного лемешу, відновленого по розробленій технології в 1,41 рази нижча ніж вартість нового. Економічний ефект від впровадження розробленої технології склав 48000 грн. при річному обсязі впровадження 300 деталей.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Існуючі технології підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин в виду високої трудомісткості та вартості є недостатньо ефективними і в ремонтному виробництві не знайшли доки належного застосування.

2. Застосований в промисловості метод відновлення деталей компенсуючими вставками недостатньо застосовується в сільськогосподарському виробництві при відновленні, внаслідок відсутності даних по його застосуванню.

3. Випробуваннями визначено параметри термічного зміцнення ресорно-пружинної сталі 65Г, яка полягає в гартуванні за температури 820-840°C і витримки 14 хв., що забезпечує максимальну абразивну зносостійкість при HRC 53-54. Ресурс відновленого лемеша перевищує ресурс лемеша заводського виконання не менше ніж в 2 рази.

4. Розподіл мікротвердості в зварному з'єднанні «сталь Л53 – термозміцнення сталь 65Г» носить складний характер, який визначається структурними трансформаціями. Небезпечною ділянкою є перехідна зона в області сталі 65Г.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Анилович В.Я. Обеспечение надёжности сельскохозяйственной техники / В.Я. Анилович, В.Г. Карнов. – К.: Техника, 1989. – 125 с.
2. Иванов В.П. Ремонт машин. Технология, оборудование, организация / В.П. Иванов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Новополюцк: УО «ИГУ», 2006. - 468 с.
3. Солнцева, Ю.П. Материаловедение / Ю.П. Солнцева, Е.И. Пряхин. - М.: Химиздат, 2007. - 784 с.
4. Абраимов, Н.В. Материаловедение. Технология конструкционных материалов / Н.В. Абраимов, Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов. - М.: Изд-во МЕТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. - 560 с.
5. Богодухов, С.И. Материаловедение / С.И. Богодухов, Е.С. Козик. - М.: Машиностроение, 2015. - 504 с.
6. Елагина, О.Ю. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин: учебное пособие / О.Ю. Елагина. - М.: Логос, 2009. - 488 с.
7. Лахтин Ю.М. Основы металловедения: учебное пособие / Ю.М. Лахтин. - М.: Инфра-М, 2013. - 272 с.
8. Еригорьянц, А.Е. Технологические процессы лазерной обработки / А.Е. Еригорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюрлов. - М.: Изд-во МЕТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 664 с.
9. Некрасова, В.Н. Технология термического производства. Способы наноструктурирования материалов / В.Н. Некрасова, М.Ю. Симонов, Т.В. Некрасова. - Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. - 248 с.
10. Еордиенко, А.И. Обработка изделий машиностроения с применением индукционного нагрева / А.И. Еордиенко, А.И. Михлюк, И.И. Ветера, П.С. Еурченко. - Минск: Беларус. навука, 2009. - 287 с.
11. Полевой, Г.В. Газопламенная обработка металлов / Г.В. Полевой Г.К. Сухинин. - М.: Академия, 2005. - 336 с.

12. Белкин, П.Н. Электрохимико-термическая обработка металлов и сплавов / П.Н. Белкин. - М.: Мир, 2005. - 336 с.
13. Каган, А.М. Активная поверхность для тепло-массообменных процессов / А.М. Каган, В. Еорштейн. - Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. - 120 с.
14. Федин, В.М. Объемно-поверхностная закалка деталей подвижного состава и верхнего строения пути / В.М. Федин. - М.: Интекс, 2002. - 208 с.
15. Ахметшин Т.Ф. Повышение износостойкости и долговечности стрельчатых лан культиваторов. – М.: Машиностроение, 1993. – 345 с.
16. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Р.Г. Гаврилюк. – К.: Каравелла, 2004. – 552 с.
17. Дудніков А.А. Проектування технологічних процесів сервісних підприємств / А.А. Дудніков, П.В. Писаренко, О.І. Біловод, І.А. Дудніков, О.П. Ківшик – Вінниця: Наукова Думка, 2011. – 400 с.
18. Виноградов В.Н. Абразивное изнашивание / В.Н. Виноградов, Г.М. Сорокин, М.Г. Колокольников. – М.: Машиностроение, 1990 – 224с.
19. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1(4.1). Машини та знаряддя обробітку ґрунту / П.М. Заїка. – Харків: Око, 2001. 444с.
20. Синеоков Г.Н. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.Н. Понев. – М.: Машиностроение, 1977. – 232с.
21. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту: технологія і техніка. – К.: Нора-Прінт, 1999. – 241с.
22. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А. Иофинов, Г.А. Лышко. – М.: Колос, 1984. – 340с.
23. Ткачѳв В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1981. – 264с.
24. Севернев М.М. Износ деталей сельскохозяйственных машин – Л.: Колос, 1982. – 288с.
25. Ткачѳв В.Н. Методы повышения долговечности деталей машин. – М.: Машиностроение, 1971. – 167с.

26. Костецкий Б.И. Марковская модель износа и прогнозирование долговечности изнашиваемых деталей / Б.И. Костецкий, В.П. Стрельников, В.Г. Таций // Проблемы трения и изнашивания. Вып. 10. – К.: Техника, 1976. – С. 10-15.
27. Молодик М.В. Відновлення деталей машин / М.В. Молодик, Б. А. Лантей, А.К. Бредун. – К.: Урожай, 1989. – 253с.
28. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. – Тернопіль: ВАТ «ВПК», 2003. – 332 с.
29. Степанова Т.Ю. Технология поверхностного упрочнения деталей машин. – Иваново: НГХТУ, 2009. – 64с.
30. Голубов Т.М. Новые методы обработки металлов давлением. – К.: 1997. – 208с.
31. Каталог фирмы «LEMKEN» Оригинальные запчасти // LEMKEN GmbH & Co. KG., Weseler Straße 5, 46519 Alpen. (LEMKEN . 09/2014 . 175 0572). - 12 с.
32. Каталог фирмы «Kuhn» Полунавесные плуги, плуги на опорной тележке MANAGER CHALLENGER // KUHN Huard S. A., Rue du Québec - BP 49 - F-44142 Châteaubriant Cedex-France., (Printed in France - 950034 - 09.15 - Copyright 2015 KUHN - 250).
33. Босай Е.С. Теория, конструкция и расчёт сельскохозяйственных машин / Е.С. Босай, О.В. Верияев, И.И. Смирнов. - М. Машиностроение, 1978. - 568с.
34. Балан В.П. Точечное упрочнение органов почвообрабатывающих машин / В.П. Балан, В.Н. Клюенко, В.Н. Олисенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1999. - №2. С 44-45.
35. Писаренко В.М. Екологічні основи раціонального природокористування в аграрному виробництві / В.М. Писаренко, О.М.Куценко – К.:НМК ВО, 1992. – 231с.

36. Федоров М.І. Охорона праці в галузі АПК / М.І. Федоров, Т.Г. Лапенко, О. У. Дрожжана. – Полтава: ТОВ «Видавництво інтерграфіка», 2005. – 297с.

37. Мазнеєв Г.Є. Економічне обґрунтування інженерних рішень в сфері АПК / Г.Є. Мазнеєв, М.В. Турченко, М. Д. Щетінін. – Харків: ХДТ УСГ, 2001. – 401с.







38. Анилович В.Я. Обеспечение надёжности сельскохозяйственной техники / В.Я. Анилович, В.Г. Карнов. – К.: 1999. – 125с.

39. Сидашенко А.И. Практикум по ремонту машин / А.И. Сидашенко, А.А. Науменко, В.К. Аветисян и др. – Харьков: Прапор, 1993. – 328с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 – Геометрія лемеша з термозміцненню вставкою в залежності від напрацювання

24HRC (отжиг от 850 °С)		
Наработка Т, га	Износ I, мм	Геометрия
0	0	
0,68	14	
1,18	18	
1,68	22	
2,28	31	
3,08	40	
4,01	47	