

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра машиновикористання та сервісу технологічних систем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

СЛИВИНСЬКИЙ ВЛАДИСЛАВ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 631.3

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних
машин**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ В.О. Сливинський

Керівник роботи

Куликівський В.Л.

кандидат технічних наук

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Сливинський Владислав Олександрович. Підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних машин. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В магістерській роботі встановлено, що твердість лемешів імпортного виробництва перевищує твердість вітчизняних більш ніж у 2 рази. Показано можливість використання вибрактованих листів ресор за геометричними показниками та твердістю як компенсуючі долоти при відновленні лемешів та визначено межу твердості (HRC 53... 54), після якої не відбувається збільшення абразивної зносостійкості.

Лабораторно-польовими випробуваннями визначені параметри термічного зміцнення ресорно-пружинної сталі 65Г, що полягає в загартуванні з температур $t = 820 \dots 840$ °С, час нагрівання і витримки дорівнює 14 хв., що забезпечує максимальну абразивну зносостійкість. Ресурс відновленого лемеша перевищує ресурс серійного не менше ніж у 2 рази.

Розподіл мікротвердості у зварному з'єднанні "сталь Л53 - термозміцнена сталь 65Г" носить складний характер, що визначається структурними трансформаціями. Небезпечною ділянкою є перехідна зона області сталі 65Г.

Розроблено і впроваджено технологічний процес, що полягає у приварюванні встик до остова лемеша термозміцненого на твердість 53...54HRC компенсуючого елемента, виготовленого з вибрактованих повторно термозміцнених листів ресор.

Ключові слова: знос, леміш, сталь, приварювання термозміцнення, долото.

ANNOTATION

Slivinsky Vladislav Oleksandrovich. Adjustment of the operational efficiency of robotic organs of robotic machines. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

In the master's robot, it has been established that the hardness of the plowshares of the import branch outweighs the hardness of the citizens of the country more than 2 times. Shown is the possibility of vibrating sheets of resors for the geometric parameters and the hardness of the compensating chisels when the shares are renewed and the value between the hardness (HRC 53...54), because there is no problem of abrasion.

Laboratory tests for the parameters of thermal change of spring-spring steel 65Г, for poles at temperatures $t = 820...840$ °C, an hour of heating and showers for transportation of 14 min. The resource of the renewed ploughshare is not less than 2 times the resource of the gray share.

The microhardness growth of the zvarny plant "steel JI53 - thermally modified steel 65Г" has a folding character, which is due to structural transformations. Not safe ϵ crossed the zone of the region of steel 65Г.

A technological process has been broken up and introduced into the process, where the pole is welded up to the back of the ploughshare, thermally compressed to a hardness of 53...54 HRC, of a compensating element, prepared from the vibrated, re-thermally compressed leaves of the resor.

Key words: wear, lemish, steel, thermal welding, chisel.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ.....	8
РОЗДІЛ 2. ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ.....	17
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ЛЕМЕШІВ.....	31
ВИСНОВКИ.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	36

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Висока інтенсивність зношування окремих частин суцільнометалевих лемешів, що експлуатуються на легких ґрунтах (супіщаних) з високою зношувальною здатністю суттєво обмежує їх ресурс унаслідок випереджального появи променеподібного зносу носка та зносу заглиблювальної частини. При цьому сумарна площа супіщаних ґрунтів у Житомирській області досягає 30%, а коефіцієнти повторюваності зносів – променеподібної та заглиблюючої частини становлять 0,84 та 0,53 відповідно. Відомі технологічні процеси усунення зазначених зносів, мало ефективні. У зв'язку з цим необхідно провести дослідження, спрямовані на розробку технології відновлення лемешів, що забезпечує підвищений післяремонтний ресурс та можливість неодноразової реставрації.

Вирішення цих питань лежить у площині використання способів, що поєднують відновлення та зміцнення.

У той самий час використання способу усунення зносів, властивих носовій області, не має впливати на механічні властивості і агротехнічні показники відновлених лемешів. При цьому слід витримувати умови, що полягають у неодноразовому їх відновленні та дотриманні позитивної технологічної та економічної ефективності.

Великими можливостями в цьому плані має спосіб, що полягає в заміні гранично зношеної частини деталі на нову зі збільшеною зносостійкістю, виготовлену з вторинних матеріалів. Дослідження ж із розробки технологій стосовно суцільнометалевим плужним лемешів нечисленні і не носять системного характеру, тому робота є актуальною.

Мета дослідження. Підвищення довговічності плужних лемешів їх відновленням термозміцненими компенсуючи ми елементами

Завдання дослідження:

1. Розробити теоретичні положення для обґрунтування технології неодноразового відновлення цільнометалевих плужних лемешів використанням термозміцнених компенсуючих елементів;

2. Визначити режим повторного термозміцнення ресорно-пружинних сталей, що забезпечує максимальну зносостійкість за мінімально можливих енергетичних витрат;

3. Розробити технологічний процес відновлення лемешів і визначити рівень його ефективності при неодноразовій їх реновації шляхом проведення випробувань.

Об'єкт дослідження:

- технологія відновлення плужних лемешів застосуванням термозміцнених компенсуючих елементів;

- процес зношування у нежорстко закріпленому абразиві повторно термозміцненої сталі 65Г залежно від температури термообробки.

Предмет дослідження – оптимізація за зносостійкістю та ресурсом параметрів режиму повторного термозміцнення компенсуючих елементів при відновленні долотоподібної частини суцільнометалевих лемешів.

Методи дослідження. Експериментальні дослідження проводилися в реальних умовах з урахуванням загальноприйнятих і приватних методик, розроблених автором. Аналіз літературних джерел здійснювався аналітико-монографічним методом. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Куликівський В. Л., Сливинський В.О., Скринська М.В. Аналіз процесу зношування поверхні робочих органів ґрунтообробних машин. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників *«Сільськогосподарські, біологічні, економічні, загальноосвітні та*

технічні науки», 20 травня 2021 р. м. Умань. Умань : ВПЦ «Візаві», 2021. С. 171-174.

2. Савченко В.М., Куликівський В.Л., Некрашевич Д.Ю., **Сливинський В.О.** Вплив бору на властивості сталі. Збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної онлайн конференції «Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України», присвяченої 20-й річниці з дня створення факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України. м. Київ. 2021. С. 172-174.

3. Куликівський В. Л., Климчук А. А., **Сливинський В.О.**, Скринська М.В., Дембіцький Н.В., Маркус В.І., Методика визначення розподілу тиску на поверхні робочих органів плугів. Збірник тез VII-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 174-177.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено технологічний процес відновлення плужних лемешів, що полягає в приварюванні встик до остова лемеша повторно термозміцненого на твердість 53...54HRC компенсуючого елемента, виготовленого з вибракованих листів ресор.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 37 сторінок комп'ютерного тексту, містить 4 таблиці і 15 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ЗМІЦНЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ҐРУНТООБРОБНИХ ЗНАРЯДЬ

Для підвищення зносостійкості та забезпечення необхідного ресурсу деталі робочих органів ґрунтообробних машин нерідко піддають різним видам зміцнюючої термообробки (ЗТ). Вибір методу ЗТ залежить від матеріалу деталі, її конструкції та функціонального призначення.

Відвали – одна з деталей плуга, що швидко зношуються. Раніше відвали виготовляли із тришарового прокату [8]. Однак найбільш поширене виробництво цих деталей з маловуглецевої сталі [1], яку піддають цементації на глибину 1,5...2,2 мм з подальшим загартуванням і низькотемпературним відпустком до твердості 50...62HRC [8]. Останнім часом у вітчизняному та зарубіжному виробництві матеріалом для відвалів служать леговані сталі (32Г2, 40Г2, 60С), що піддаються ізотермічному гарту на твердість 51...56HRC [3]. Запропоновані й інші способи термозміцнення – об'ємно-поверхневе загартування з самовідпустком [4], виготовлення відвалів, що поєднує нанесення зміцнювальних покриттів [5, 6] на ділянки, що зношуються з подальшим загартуванням і відпустком. Застосування таких способів обмежено через недостатнє забезпечення високої надійності в умовах знакозмінних навантажень, наявності крихкої структури в граничному шарі та складності процесу.

Плужні лемеші – піддаються істотним навантаженням з боку ґрунту, що призводить до високої інтенсивності зношування і незначного ресурсу через утворення променеподібного зносу і зносу заглиблюючої частини. Відповідно до досліджень Козарез І.В. коефіцієнти повторюваності цих дефектів 0,84 та 0,53 відповідно. Ці деталі виготовляють із спеціальних високовуглецевих сталей Л50, Л53, Л65 та 65Г [8].

Існують різні підходи до термозміцнення лемешів [4, 9, 12]. При виробництві отриманий штампуванням леміш піддається місцевому

загартуванню з боку леза на висоту до 45 мм з наступним середньотемпературним відпустком [7]. Технологія полягає у нагріванні та витримці всього виробу при температурі 780... 820 °С з охолодженням лезової частини у воді та відпустком з температури 350 °С. Подібна обробка дозволяє досягти HRC 47...50 з боку леза та 23HRC незагартованої області. Якщо матеріалом для виготовлення служить тришарова або двошарова [8] сталь, охолодження при загартуванні ведуть до температур 120... 150 °С у воді, а потім на повітрі [2]. За деякими твердженнями, має місце термозміцнення всього лемеша з наступним середнім відпустком на твердість 45...50HRC і троститною структурою [8], коли матеріалом служить сталь марки 65Г.

Існують і інші технології, де як зміцнення застосовують індукційне загартування всієї деталі [9], що забезпечує ресурс вище, ніж у стандартних виробів, але як матеріал лемеша необхідно використовувати сталі з вмістом марганцю 10 – 15% і вуглецю не менше 1 %. Така обробка застосовна і до лемішної сталі [9], проте при цьому термозміцнення піддають тільки лезову частину.

Для забезпечення ефекту самозаточування леза, може бути використаний метод контактного загартування [3], для цього тильну сторону леза піддають нагрівання вугільним електродом з подальшим охолодженням. При цьому відбувається насичення оброблюваної поверхні вуглецем.

Подібний за впливом метод може бути застосований до точкового термозміцнення поверхні лемеша, що полягає в нанесенні гартових плям з шаховим порядком розміщення.

Відома технологія зміцнення лемешів об'ємно-поверхневим загартуванням з самовідпустком [4] зі сталей регламентованої прожарюваності.

Різні методи термозміцнення лемешів певною мірою здатні забезпечити досить високий ресурс, проте їх використання вимагає дорогого обладнання та матеріалів. Наприклад, у роботах [9, 10] рекомендується застосовувати зносостійку сталь із вмістом марганцю понад 10 %, що є неприйнятним при

масовому виробництві. В основному як зміцнення наносять на лезову частину з тильного боку твердого сплаву «Сормайт» на ширину близько 30 см.

Таким чином, у вітчизняному сільгоспмашинобудуванні методи зміцнення лемешів термообробкою фактично не реалізуються, хоча склад лемішних сталей дозволяє проводити термозміцнення в широкому діапазоні методів та параметрів режиму.

Польові дошки переважно працюють в умовах впливу нормальних зусиль, що забезпечує інтенсивність зношування менше, ніж у відвально-лемішних поверхонь. Їх виготовляють зі сталей марок Ст5, Ст6, рідше Л65, Л53, 45, 65Г і піддають загартуванню на глибину не менше 4 мм для отримання твердості 47 ... 59HRC [3]. Поряд з цим може бути використана місцеве загартування з низьким відпустком, коли ненавантажена частина польової дошки залишається малозміцненою [5]. З літератури [3] відома конструкція польової дошки, яка складається з основа і змінних робочих пластин зі зносостійкої сталі Х12, підданих загартуванню в олії і низькотемпературним відпустком. Як випливає з вищевикладеного, істотне підвищення зносостійкості польових дощок може бути досягнуто застосуванням високовуглецевих сталей з високим вмістом хрому при проведенні відповідної термічної обробки. У заводських умовах ці деталі виготовляються зі сталей звичайної якості без будь-якого зміцнення, що з сучасному технічному стані сільського господарства неприйнятно.

Лапи культиваторів в залежності від призначення агрегату можуть мати різну конструкцію, матеріал і відповідно піддаватися різним способам термозміцнення. Зазвичай, матеріалом під час виготовлення служать сталі 65Г, 70Г. Лезову частину деталі після штампування піддають місцевому загартуванню струмами високої частоти на твердість 38...52HRC [2]. У [6] пропонується проводити загартування стійки і крил лап з наступним низькотемпературним відпустком і з'єднанням їх зварюванням. Термозміцнення леза таких робочих органів можливе і за рахунок кувального тепла, збереженого після штампування, але все ж таки такий метод передбачають проведенням

відпуском [7], якщо обробці піддають весь виріб, то використовують тільки ізотермічне загартування. Автори [9, 10] розглядають можливість гарту крил лапи за рахунок тепла від наплавлення кромки твердим сплавом. При термозміцненні лап використовують також термоциклічну обробку, з останнього циклу проводиться загартування всієї лапи [11]. Загартування крил лапи може вироблятися СВЧ не тільки по всьому об'єму, але й тильній поверхні для забезпечення ефекту самозагострення [12]. Розглянуті технології термозміцнення забезпечують досить високий ресурс. Проте через значну технічну складність методи ТЗ не знайшли належного поширення. Винятком є спосіб поверхневого загартування [2]. Проте останні дослідження [13] показали, що має місце повсюдне порушення технологічної дисципліни і термообробка мало проводиться.

Диски дискових знарядь всіх модифікацій піддаються термозміцненню через порівняно високе навантаження із боку ґрунту (1300 Н) і, як наслідок, підвищеної інтенсивності зношування. Термообробка складається із гарту робочої області диска струмами високої частоти до твердості 35...45HRC з використанням кондукторів та спреєрних пристроїв [8, 12]. Нерідко поверхневому термозміцненню піддають весь виріб [14], причому чим більша товщина диска, тим менша повинна бути твердість (при товщині деталей 6 мм - 48.52HRC, при товщині 8 мм – 39...41HRC).

Таким чином, у серійному виробництві термозміцненню піддаються культиваторні лапи та диски дискових знарядь. Відвали переважно цементуються з робочої поверхні. Польові дошки при їх виготовленні в умовах не зміцнюються. Щодо лемешів виявлено таке: термічна зміцнююча обробка проводиться тільки щодо лезової області окремими підприємствами з незначною програмою випуску. Інші технології ТЗ за рівнем використання носять приватний характер не мають широкого застосування. Необхідно відзначити, що склад лемішної сталі ($C > 0,53\%$) дозволяє проводити термозміцнення в його

будь-яких варіантах і є перспективним шляхом збільшення стійкості до абразивного зношування.

Як показують результати численних досліджень, напрацювання відмови від плужних лемешів імпортного виробництва значно перевищує показники аналогічних деталей вітчизняного виконання [1]. Більшість зарубіжних фірм виробляють лемеша зі змінним долотом [3]. В цьому випадку, важливу роль на напрацювання, крім конструкції, надає матеріал та технологічні підходи до термозміцнення. На що вказує і твердість лемешів компаній "Лемкен", "Фогель і Ноот", "Квернеланд Груп", "Бесон", яка знаходиться в строгому інтервалі 45 - 50HRC [13].

За деякими даними мікроструктурного аналізу, кістяки лемешів фірм «Лемкен» і «Фогель і Ноот» мають структуру відпущеного мартенситу в різних ділянках по всьому обсягу виробу [7], що відповідає 50HRC. Отримання цієї мікроструктури можливе шляхом загартування доєвтектоїдних сталей у воді з подальши низькотемпературним відпустком [5]. Було встановлено, що як матеріал, що застосовується при виготовленні лемешів, зарубіжні фірми використовують вуглецеві сталі, за своїми властивостями схожі на якісну сталь російського виробництва 35Г після гарту та низького відпустку (або середнього) зі змішаною структурою мартенситу і бейніту і твердістю 45 - 50HRC [83, 106, 107, 108].

Наявність такої твердості та мікроструктури не дає чіткого пояснення технологій, які використовуються компаніями виробниками. Потрібно відзначити, що має місце досить продумана технологія ТЗ, що дозволяє підвищити зносостійкість деталі при збереженні потрібної величини ударної в'язкості. Самі фірми підтверджують це, проте докладну інформацію про матеріали та параметри режиму термічної обробки не вказують. У відкритому доступі виробники імпортних плужних лемешів дають лише таку інформацію про свої вироби.

Компанія «Лемкен» при виробництві лемешів використовує дрібнозернисті мікролеговані боровмісні сталі Д109Ж, інші деталі корпусу виготовляють з високоякісних термічно зміцнених сталей, що відрізняються гарантованим хімічним складом і механічними властивостями. Термозміцнення здійснюють у печах з високою температурою і постійно контрольованою атмосферою (загартування). В результаті охолодження забезпечується висока твердість загартованих деталей. Після цього лемеша поміщають у печі з нижчою температурою для забезпечення достатньої пластичності [11]. Таким чином, при термообробці лемешів проводиться гартування в контрольованій атмосфері з наступним низьким або середнім відпустком. Наявність контрольованої атмосфери при загартуванні значно знижує ймовірність вигорання летючих елементів та вуглецю.

Фірма «Фогель та Ноот». Лемеша виготовлені із сталевого прокату шляхом подвійного штампування (чорнового та чистового), внаслідок чого відбувається зміцнення виробу за рахунок пластичної деформації. Термозміцнення здійснюється науглерожуванням поверхні (процес цементації) [11], завдяки чому поверхня деталі має високу твердість, що забезпечує порівняно високий ресурс. У ряді випадків найбільш навантажені частини конструкції (леміш складової), 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 [11].

Леміши плугів Квернеланд Груп характеризуються підвищеною стійкістю до абразивного зношування (порівняно з деталями інших компаній). Для виробництва лемешів фірма використовує високоякісну вуглецеву сталь, яка піддається зміцненню індукційної термообробки. Технологія такого гарту дозволяє надати різний ступінь твердості окремим ділянкам в залежності від їх навантаженості, що визначається тиском ґрунту [11]. Такий технологічний підхід надає лемішу високу зносостійкість і підвищує службові властивості, знижуючи

ступінь прояву крихкого руйнування. У своїх технологіях компанія не використовує зміцнення застосуванням наплавлення твердими металами. Леміш після такої обробки має поверхню високої твердості та зносостійкості, а також м'яку серцевину, здатну протистояти ударним навантаженням [11].

Плуги виробництва «Кун» комплектуються штампованими загартованими лемешами із спеціальним куванням сталі [11]. Завдяки структурі сталі, отриманої в результаті термозміцнення, забезпечується ефект самозаточування. Як матеріал долот лемеша також використовується спеціальна кована сталь з наконечником зі сплаву карбиду вольфраму [11].

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

Одним з таких методів є ковальська відтяжка, яка усуває зношування заглиблювальної частини лемеша за рахунок запасу металу з тильного боку з подальшим термозміцненням [1, 11, 12]. Спосіб полягає в деформуванні попередньо нагрітого носка лемеша з метою надання йому нормованих розмірів. Температура (t°) початку деформації (для сталі Л53...Л65) становить 1300°C , кінця обробки (кування) - 800°C [10, 11]. Температури початку і кінця деформування вибираються з таких міркувань: верхня межа t° лімітується процесами перегріву та перепалу [10, 11], нижня - обмежується умовами, коли швидкість рекристалізації перевищує швидкість наклепу [10].

Відтяжка проводиться вручну або на молотах різного принципу впливу.

Після усунення зносу лезову частину лемеша по ширині 30...45 мм піддають загартуванню з температурою $780\text{...}820^{\circ}\text{C}$ з охолодженням у підігрітій до температур $30 - 40^{\circ}\text{C}$ солоній воді, потім проводять середньотемпературним відпустком з температури $300 - 350^{\circ}\text{C}$ остиганням на повітрі.

При реалізації методу можливе використання ізотермічного гарту [12]. Для цього після нагрівання всього лемеша до температур 880 - 920 ° С його лезу (ширина близько 30 мм) занурюють у підігрітий 10% соляний розчин води. Після витримки протягом 3 – 4 с. охолоджену до 350 ° С деталь витягають з охолодного середовища і остаточно остуджують на повітрі.

Застосування подібної технології безумовно дозволить певною мірою підвищити властивості деталі по зносостійкості. Однак у джерелах [8, 9, 10], де викладається процес відновлення, відсутня інформація про твердість термообробленої області та ресурс лемеша, що не дозволяє повною мірою оцінити значущість технології. Іншим недоліком розглянутих технологічних прийомів є неможливість їх неодноразового використання. Слід вважати, що нагрівання для деформування та під термообробку негативно позначиться на механічних властивостях матеріалу деталі. Крім того, використання методу обмежено рядом специфічних дефектів (променевого зносу носка) без проведення додаткових операцій.

Іншою технологією відновлення лемешів, заснованої на пластичному деформуванні та термозміцненні, є спосіб, розроблений у [13, 14,]. Його сутність полягає в тому, що з тильного боку лемеша в області носка та по довжині леза формують запас металу шляхом наплавлення маловуглецевим електродом. Об'єм наплавленого металу повинен забезпечувати відновлення нормованих розмірів лемеша. Форма лемеша відновлюється відтяжкою після попереднього нагріву з використанням кондуктора, що копіює форму носка і леза лемеша. Температура початку кування близько 1300 ° С – кінця 850 - 870 ° С. Охолодження слід проводити від температури 830 - 850 ° С у воді відразу після завершення відтяжки. Наявність такої температури, на думку авторів [12], забезпечує загартування і тим самим підвищить твердість поверхні деталі та її ресурс.

Висока складність технологічного процесу (наплавлення запасу, металу, відтяжка та термообробка) негативно позначається при його практичному виконанні. Викликає сумніви твердження авторів про позитивну ефективність

термозміцнення, тому що кількість вуглецю в металі лемеша після наплавлення маловуглецевим електродом істотно знижується.

При використанні цих технологій виникають серйозні труднощі з визначенням температур початку та кінця кування, а також параметрів термозміцнення [1]. Через відсутність у ремонтних майстернях спеціального обладнання, що негативно позначається на якості реставрованих виробів. Але головними факторами, що не дозволяють широко використовувати описані методи, є відсутність у більшості підприємств ковальсько-горнового обладнання, оснастки та інструменту, а також низька твердість відновленої ділянки (<20HRC). Слід зазначити деяку складність обох технологій.

Висновок по розділу

Відомі технологічні заходи, які направлені на підвищення довговічності лемешів (відновлених і зміцнених) не забезпечують значення твердості, що дозволить суттєво підвищити зносостійкість. Залишається не визначеним питання по пошуку способів і режимів приварювання ремонтних вставок.

РОЗДІЛ 2

ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ

Враховуючи величезний масив отриманих даних (досліджувалися з'єднання, у яких зразки з ресорно-пружинної сталі термооброблялися з п'яти різних температур), докладний аналіз буде піддаватися зварне з'єднання, де сталь 65Г повторно гартувалася з температури 840 °С. Вибір такого експериментального зразка пов'язаний з тим, що режим ТЗ є оптимальним з точки зору зносостійкості.

Відповідно до плану методології проведення аналізу отриманих результатів розглянемо розподіл H_V «шов – основний метал». Після комп'ютерної обробки результатів експериментальних даних отримано епюри розподілу H_V по вектору «шов – основний метал» для кожного матеріалу окремо та «сталь Л53 – шов – термозміцнена сталь 65Г» (рис. 2.1).

Для оцінки експериментальних даних будуть використані епюри розподілів, відображені на рис. 2.1 а і б.

Аналіз отриманих результатів буде проводитися: перше – окремо для кожного розподілу; друге – шляхом порівняння.

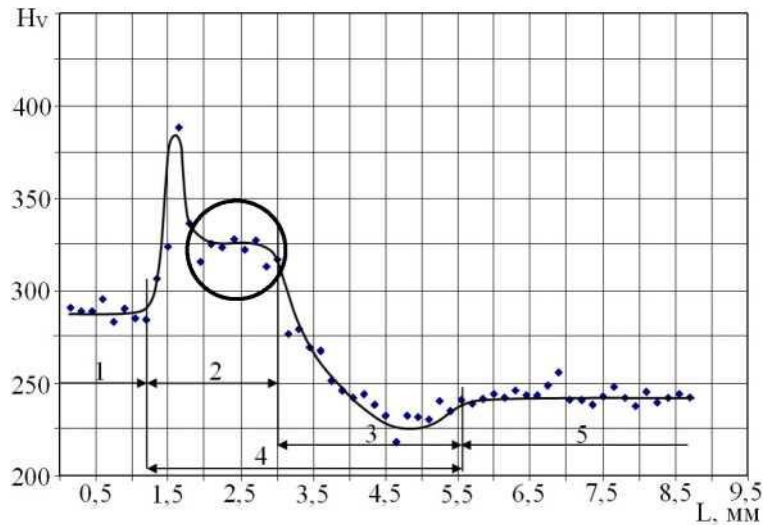
Твердість металу шва в областях сталей Л53 і 65Г практично однакова. Це говорить про те, що кількість вуглецю в сталі і відсутність або наявність попередньої термообробки не надає помітного впливу на властивості металу шва (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Розподіл H_V по ділянках зварювального шва

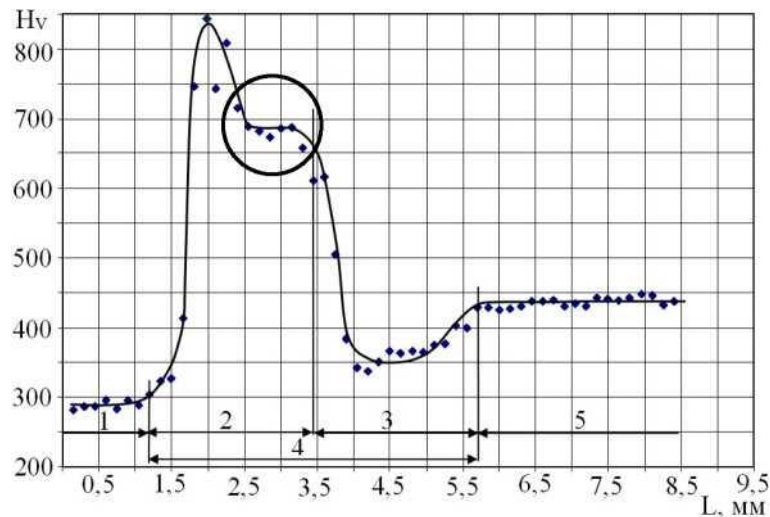
Марка сталі	Метал шва, H_V ш.	Зона сплаву, H_V з.с.	Перехідна зона, H_V п.з.	Основний метал, H_V о.м.
Л53	285	390	225	240
65Г	290	850	340	440

У свою чергу, максимальні значення H_V у зоні сплаву різко зростають, що відповідає класичним уявленням (рис. 2.1 а, б). При цьому твердість в області

сталі Л53 становить 390HV (рис. 2.1 а), а в зоні сталі 65Г – 850HV, тобто у 2,2 рази менше.



а)



б)

Рис. 2.1. Розподіл HV по ділянках зварювального шва систем: а) «шов – сталь Л53»; б) «шов – сталь 65Г», термозміцненої від $t = 840\text{ }^{\circ}\text{C}$. (де 1 – шов (ш.), 2 – зона сплавлення (з.с.), 3 – перехідна зона (п.з.), 4 – зона термічного впливу (з.т.в.), 5 – основний метал (о.м.) – вектори вимірювань 2 і 3)

Настільки високе значення H_V для зони сталі 65Г можна пояснити низкою факторів. Перший – наявність великої кількості вуглецю порівняно зі сталлю Л53. Друге – присутність гартових структур у вигляді нижнього бейніту та мартенситу. Третє – наявність марганцю забезпечує зниження критичних точок A_3 , A_1 та сприяє збільшенню твердості. Така твердість відповідає мартенситному

стану (H_V850 приблизно дорівнює $62HRC$), що певною мірою підвищує ймовірність утворення шовних тріщин і знижує здатність чинити опір ударним навантаженням. Мікротвердість зони сплавлення в області сталі Л53 становить (у перерахунку з H_V) $40HRC$ і не становить небезпеки з точки зору появи тріщин. У той же час наявність сплесків мікротвердості вказує на збільшення напруги на структурному рівні (напруги другого роду).

Відмінною особливістю розподілу H_V для областей обох сталей є присутність майданчика, що характеризується стабільним значенням (рис. 2.1 а, б; виділена коло). Освіта в зоні сплавлення області з відносно постійною мікротвердістю пов'язана з процесом кристалізації, у чомусь схожим із затвердінням зливка спокійної сталі у виливниці. У перший період відбувається утворення кристалів на поверхні шва та в районі основного металу із-за високого та нерівномірного відведення тепла. Кристалізація ділянки, що розглядається, йде при порівняно рівномірній температурі, що призводить до появи рівноосних структур. Хоча для обох областей твердість відповідає гартовим структурам внаслідок наявності термозміцнення, для зони загартованої сталі вона вище в 2 рази, ніж для області сталі Л53 (рис. 2.1 а, б), тобто загартування надає істотний вплив на властивості зварного з'єднання.

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

H_V основного металу для сталі Л53 відповідає твердості дослідних зразків у їх вихідному стані – H_V240 . Для сталі 65Г (таблиця 4.7) мікротвердість знижується до H_V440 при твердості вихідного зразка H_V650 . Це вказує на проходження відпустки, що знижує рівень утворення тріщин.

Таким чином, розподіл H_V у поперечному напрямку дослідного зразка має складний характер. Відзначається однакова картина епюр H_V для обох матеріалів, що вивчаються при існуванні відмінності в значеннях мікротвердості.

Для порівняльної оцінки напруженого стану розглянутої зварної сполуки були введені параметри 1, 2, 3, 4 (табл. 2.2), що є відношенням значень мікротвердостей між характерними ділянками.

Таблиця 2.2 – Відносна характеристика жорсткості

Марка сталі	Відношення ділянок H_V			
	1	2	3	4
Л53	1,37	1,63	1,73	1,07
65Г	2,93	1,93	2,43	1,25

Розмір 1 дорівнює відношенню максимальної H_{Vmax} з.с. зони сплаву до $H_{Vш.}$ металу шва; 2 – характеризується відношенням H_{Vmax} з.с. до $H_{V о.м.}$ основного металу; 3 – дорівнює відношенню H_{Vmax} з.с. до мінімального значення $H_{V min п.з.}$ перехідної зони; 4 – є відношенням мікротвердості основного металу ($H_{V о.м.}$) до мінімальної мікротвердості перехідної зони ($H_{V min п.з.}$).

Потрібно сказати, що 1, 2, 3, 4 можуть служити непрямими, показниками величини залишкових напружень металевих систем, що утворюються на структурному рівні. Нерідко форма розподілу H_V в ЗТВ збігається з формою розподілу залишкових напружень [1].

Наступною характеристикою зварного з'єднання є геометричні параметри (довжини) типових ділянок (зон).

Виходячи із значень, представлених у таблиці 2.3, розміри характерних областей обох зварних з'єднань приблизно однакові, за винятком зони сплавлення та перехідної зони (таблиця 2.3). Дещо більша ширина з.с. у сталі 65Г обумовлена специфікою процесу кристалізації, щодо ж перехідної зони відзначається зниження ширини, що вказує на менш «плавну» кристалізацію, що сприятиме зростанню напруг.

Відповідно до завдань досліджень проводилося вивчення розподілу H_V всіх зварних з'єднань, стали Л53 зі сталлю 65Г, термооброблену з різних температур. Отримані епюри розподілу H_V за перерізом «шов - сталь Л53» мають усі зони, притаманні зварним з'єднанням та докладно розглянуті вище (додаток А – рисунок 1 а, б, в, г): 1 – метал зварного шва; 2 – зона сплавлення; 3

– перехідна зона; 4 – зона термічного впливу; 5 – основний метал. Епюри також мають ділянку, що є «сходиною» до перехідної зони в зоні сплавлення. (На малюнку 1 а, б, в, г майданчики стабільних значень H_V обведені колами – додаток А).

Таблиця 2.3 – Розмір характерних зон зварних з'єднань, (мм)

Марка сталі	Метал шва	Зона сплаву	Перехідна зона	ЗТВ
Л53	1,20	1,69	2,44	4,13
65Г	1,20	2,13	2,06	4,18

Розгляд залежності твердості металу шва області Л53 від температури термообробки привареного зразка зі сталі 65Г показало, що зі збільшенням t °С відбувається зниження твердості шва (рис. 2.2). Це пояснюється підвищенням крихкості металу шва через збільшення мартенситної складової сталі 65Г. Крім цього структура є субстанцією слабо пов'язаних між собою складових, що і виявляється у зниженні мікротвердості.

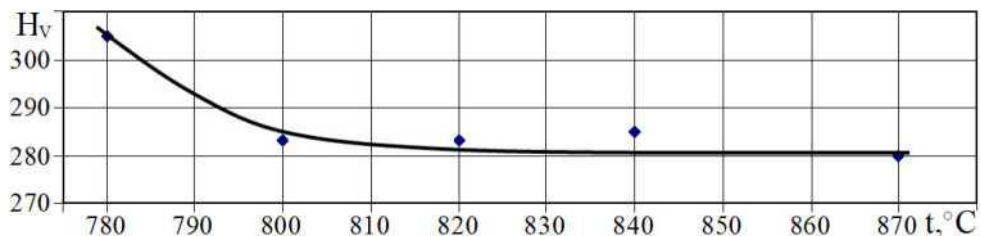


Рис. 2.2. Зміна значень H_V у металі шва системи «шов – сталь Л53» залежно від t ° термозміцнення сталі 65Г

Зміни максимальних H_V зони сплаву в залежності від t °С мають досить складний характер. Зниження твердості при зростанні t до 800...820 °С пов'язано зі специфікою кристалізації і збільшеним ступенем вигорання вуглецю. У свою чергу велика кількість загартованих структур призводять до зростання H_V (рис. 2.3), незважаючи на деяке зменшення кількості вуглецю.

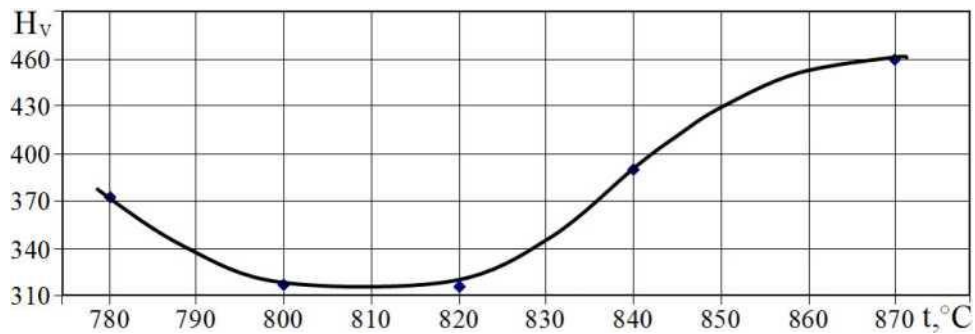


Рис. 2.3. Зміна максимальних значень H_V зони сплаву системи «шов – сталь Л53» залежно від t° термозміцнення сталі 65Г

У перехідній зоні (рис. 2.4) також проглядається яскраво виражений вплив ввареної вставки з термозміцненої сталі 65Г на зміну показників H_V перехідної зони системи «шов-сталь Л53». Значення мікротвердості показують, що зі збільшенням температури термообробки 780...820 $^\circ\text{C}$ спостерігається і зростання твердості, що зумовлено і збільшенням H_V сталі 65Г.

Наступна стабілізація H_V відзначає відсутність нових структурних складових. У той же час, зростання мікротвердості в абсолютних значеннях не велике і становить $25H_V$.

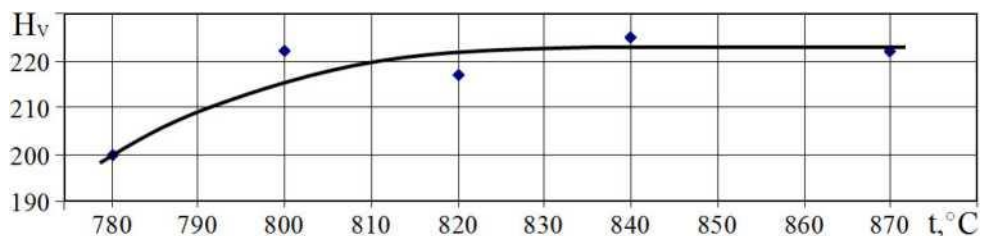


Рис. 2.4. Зміна значень H_V майданчика провал системи «шов – сталь Л53» залежно від t термозміцнення сталі 65Г

Поведінка H_V основного металу (сталь Л53) демонструється (рис.2.5). Збільшення мікротвердості пов'язане зі зростанням кількості загартованих структур. Необхідно відзначити, що різниця між максимальним та мінімальним значеннями H_V невисока і становить 15 одиниць (рис. 2.5). У свою чергу, це говорить про незначний вплив термозміцненої сталі 65Г на механічні показники сталі Л53.

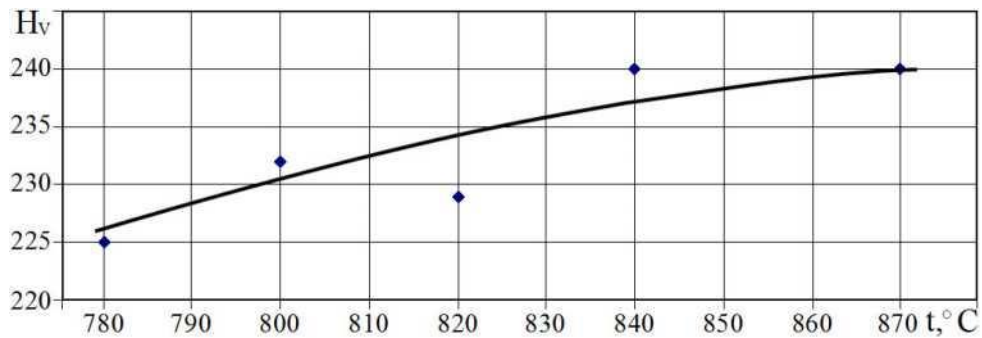


Рис. 2.5. Зміна значень H_V основного металу системи «шов – сталь Л53» залежно від t° термозміцнення сталі 65Г

Розподіл H_V системи «шов - термозміцнена з різних температур сталі 65Г» показав наявність аналогічних зон, що і в системі «шов - сталь Л53»/ Однак епюри $H_V (L^1)$ мають відмінності та особливості, що має виражатися у підсумкових графіках.

Мікротвердість зварювального шва в цьому випадку приблизно відповідає показникам, що і у приварених пластин з лемішної сталі і знаходиться в межах $H_V 278...290$ (рис. 2.6). Однак характер впливу температури термообробки на зміни H_V дещо відмінний (рисунки 2.6 та 2.2). Якщо для сталі Л53 максимальне значення мікротвердості відповідає термообробці з температури 780°C (рисунок 2.2), то для 65Г максимальне значення H_V притаманне термообробці з 840°C (рис. 2.5). Крім цього має місце зниження мікротвердості для сталі 65Г зі зростанням температури термообробки.

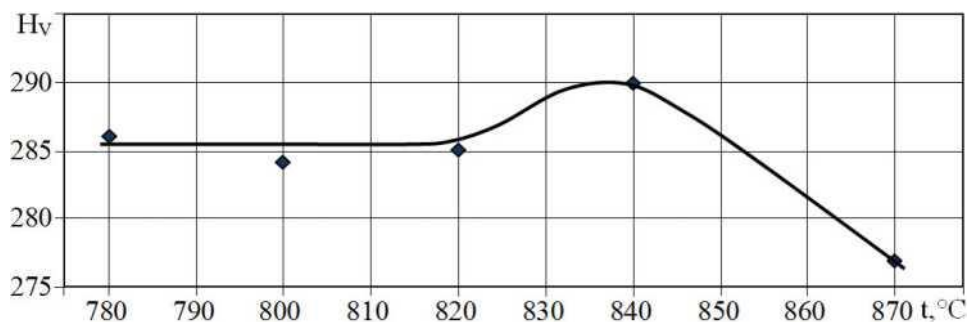


Рис. 2.6. Розподіл мікротвердості H_V металу шва системи «шов – сталь 65Г» залежно від t° термозміцнення сталі 65Г

Як впливає з графіка (рис. 2.7), максимальна H_V зони сплавлення відповідає ТЗ з температури 840°C . Помічено, що має місце падіння твердості зі збільшенням t° термозміцнення (рис. 2.7).

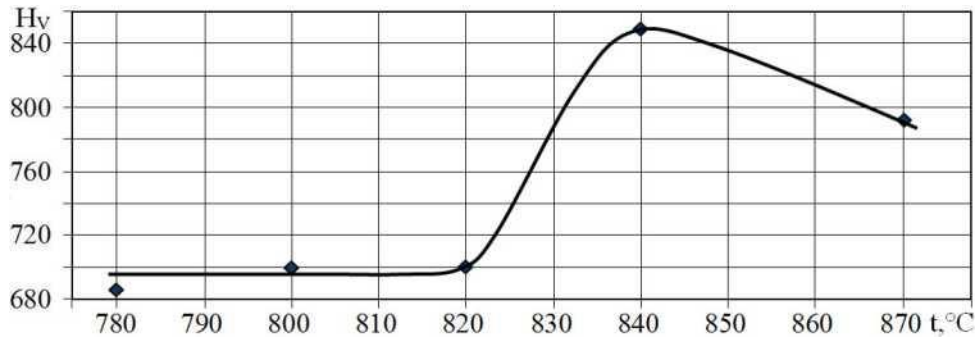


Рис. 2.7. Зміна максимальних значень HV зони сплавлення системи «шов – сталь 65Г» залежно від t° термозміцнення сталі 65Г

Різде зниження агрегатного H_V (малюнки 2.6 і 2.7) пов'язане з охрупчуванням і «розпушенням» структур внаслідок наявності розтягуючи напружень

Значення H_V основного металу показують, що з підвищенням температури термозміцнення пластин, мікротвердість збільшується в діапазоні температур 820 - 840 ° С (рисунок 2.8), вказуючи на структурні перетворення та утворення твердих структур.

Високі стрибки мікротвердості в зонах сплавлення (рисунок 4.17 а і б) для зварювального шва всіх пластин вказує на наявність твердих структур (мартенситної), а отже і значних внутрішніх напруг на даних ділянках.

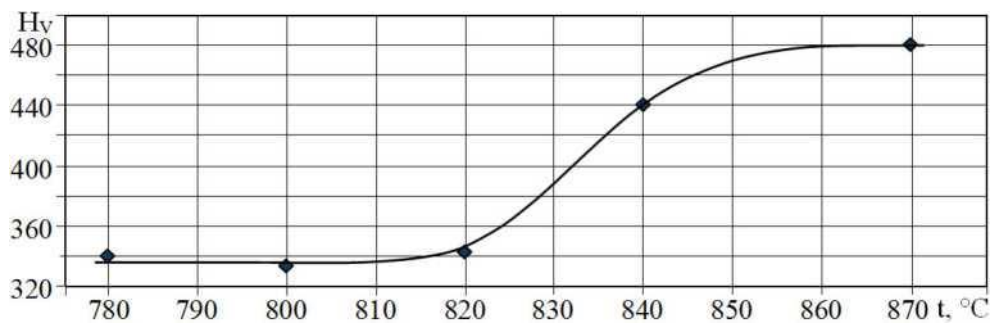


Рис. 2.8. Зміна значень H_V основного металу системи «шов – сталь 65Г» залежно від t° термозміцнення сталі 65Г

Отримані в лабораторних умовах дані не можуть бути остаточним результатом в комплексі досліджень, тому що служать для попереднього визначення можливостей повторно зміцнених ресорно-пружинних сталей. Крім того, лабораторні випробування не дозволяють отримати ряд параметрів,

властивих реальним деталям, наприклад величин ресурсу. Проте такі результати сприяють звуженню масиву досить дорогих натурних випробувань.

Польові випробування були спрямовані на вирішення наступних питань:

перший – виявлення характеру залежності між твердістю термозміцнених долот з ресорно-пружинних сталей та їх зносостійкістю (на прикладі сталі 65Г);

другий – визначення HRC долота, що забезпечує максимальну абразивну стійкість;

третій – вивчення впливу твердості на ресурс лемеша і виявлення параметрів режиму ТЗ, що забезпечують максимальний ресурс при мінімальному витраті енергії.

Вихідними даними для досліджень були початкові результати, що відображають залежність твердості від температури, з якою проводиться термообробка (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Температура загартування та твердість після термообробки

Вид термообробки	Відпал	Загартування з охолодженням у воді						
		1	2	3	4	5	6	7
№ зразка	1	2	3	4	5	6	7	8
Температура, °С	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 прямопропорційну залежність між зносом (I) та напрацюванням (T) для всіх дослідних деталей незалежно від їх твердості (рисунок 2.9). Отримані дані підтверджують дослідження фахівців у галузі абразивного зношування і вказують, що прямолінійний характер $I = P(T)$ також притаманний представленим дослідженням. Наведені результати свідчать про єдиний механізм абразивного зношування, незалежно від методів та умов проведення випробувань.

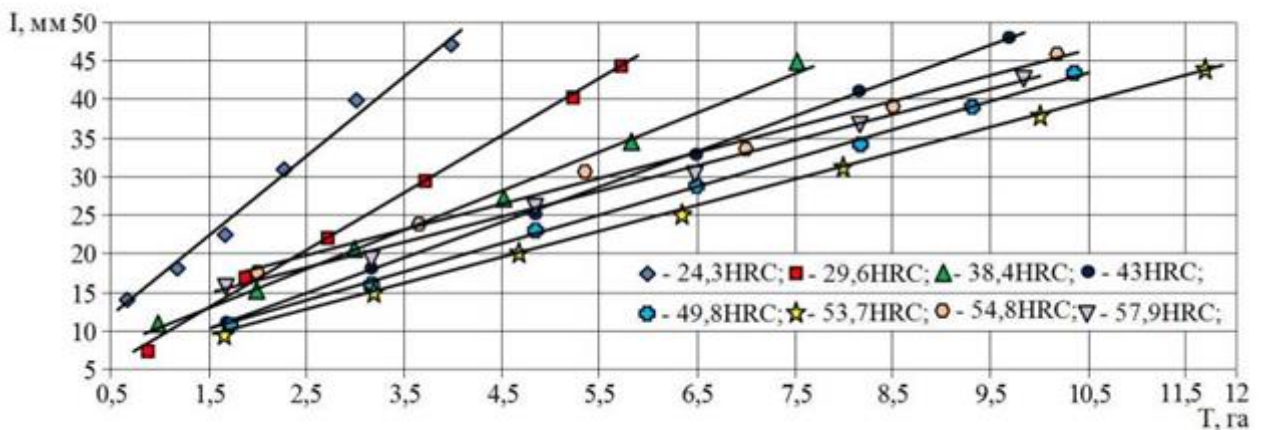


Рис. 2.9. Залежність між зносом та напрацюванням для лемешів з долотами різної твердості

Величина твердості, відповідно до рисунка 2.9, впливає на початок помітного зношування долота, при цьому зношування заглиблюючої частини ($I=7-17$ мм) можна зафіксувати вимірювальним інструментом відповідно до методики. Так, для доліт з твердістю 24...38HRC і стає помітний при напрацюванні від 0,55 до 0,80 га, у свою чергу, для HRC 43 – 57 ця величина становить 1,60 – 1,80 га тобто має місце чіткий поділ настання явного зношування для конкретних груп значень HRC (рис. 2.9). Таке явище пояснюється різкою відмінністю опірності дряпанню структурних складових, що утворилися.

Відмінною ознакою наведених на рис. 2.9 прямих є їх різний кут нахилу до осі абсцис, збільшення якого вказує на зростання інтенсивності зношування заглиблювальної частини лемеша.

Аналіз рівнянь $I = f(T)$, представлених у табл. 2.4, показує, що коефіцієнт (K) при змінній T не є величиною постійною та має значення, характерні для кожної твердості. Даний параметр є комплексною характеристикою, що охоплює такі фактори як зношувальну здатність ґрунту ($i_{п}$), експлуатаційні (Σ_e) та агротехнічні умови (Σ_a), властивості матеріалу. Так як $i_{п}$, Σ_e , Σ_a відповідно до методики досліджень і умов випробувань для всіх дослідних лемешів були

ідентичні, то коефіцієнт при T можна розглядати як відносну характеристику інтенсивності зношування долота (δ), що визначається твердістю.

Таблиця 2.4 – Рівняння прямих $I = f(T)$ для лемешів з долотами різної твердості

№	HRC	Рівняння	№	HRC	Рівняння
1	24,3	$10,4T + 6,2$	5	49,8	$3,6T + 5,0$
2	29,6	$7,0T + 3,4$	6	53,7	$3,3T + 4,7$
3	38,4	$5,7T + 0,5$	7	54,8	$3,3T + 11,0$
4	43	$4,6T + 3,2$	8	57,9	$3,2T + 10,0$

Характер кривої залежності K від твердості долота (рис. 2.10) дозволяє зробити деякі висновки. Зростання твердості до величини 50...52 HRC призводить до зниження інтенсивності зношування, що добре узгоджується з уявленнями, що усталені з цього питання. Однак збільшення HRC більше 53 одиниць не впливає на зміну δ і вказує на деяку невідповідність класичних поглядів. Зазначене вимагає додаткового розгляду.

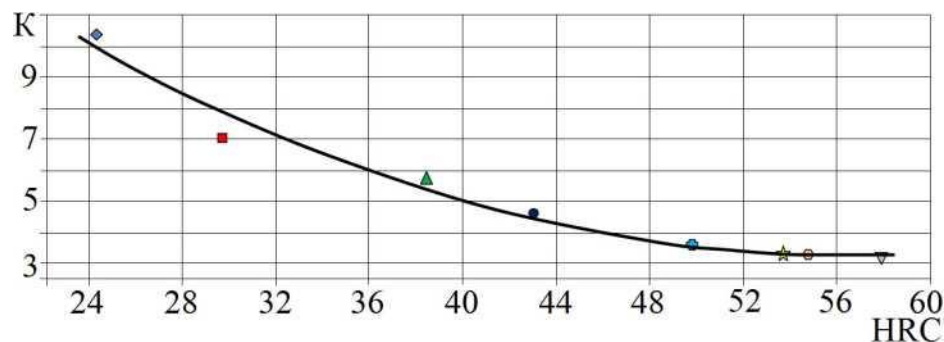


Рисунок 2.10. Характеристика зниження інтенсивності зношування, що оцінюється коефіцієнтами при змінній T

Побудова кривих зміни зносостійкості (C) зі зростанням напрацювання (рис. 2.11) для кожного лемеша з різною твердістю показало їх однаковий характер. Форма графіків має чітко розмежовані області: перша - припрацювання або досягнення фактора сумісності зношувального середовища з металом деталі; друга - стабілізація C (тобто безпосередньо зносостійкість, якою оперують під час аналізу дослідних даних). Відповідно до кривих зазначається, що процес

припрацювання займає більше часу, ніж робота лемеша при стабільній зносостійкості після адаптації системи «метал носка - зношувальне середовище».

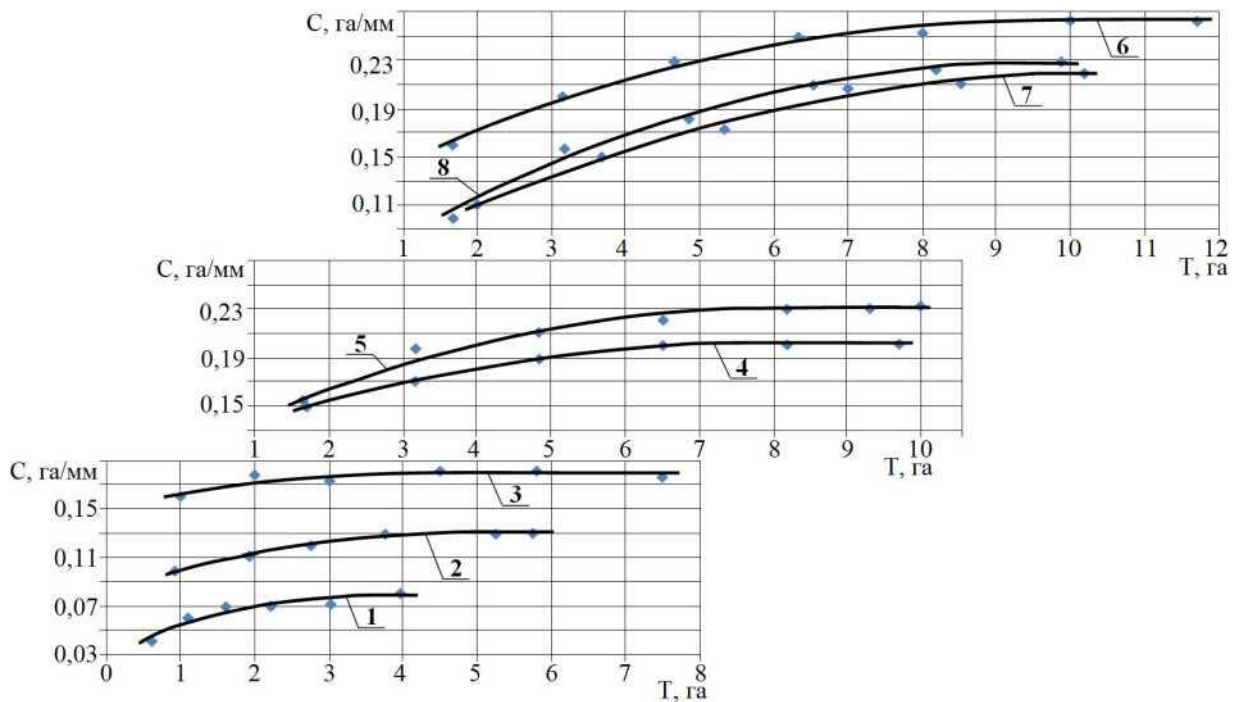


Рис. 2.11. Зміна зносостійкості (С) дослідних долот зі зростанням напрацювання (Т).

Іншим фактором, який привертає увагу, є складний характер поведінки напрацювання до завершення процесу самоорганізації в залежності від твердості (рис. 2.12). При твердості в діапазоні 24 - 36HRC вплив HRC на Т невеликий, різке зростання напрацювання відбувається при HRC 44 - 53, потім настає її зниження. Відносно невисока твердість приблизно до 36HRC дозволяє швидше завершитися процесу утворення шорсткості, що найбільш відповідає умовам тертя. Навпаки, зростання HRC до величини 53 одиниці ускладнює стирання мікровиступів. У свою чергу, подальше збільшення твердості сприятиме сколюванню мікровиступів через підвищену крихкість структури, що в сукупності знизить напрацювання до стабілізації процесу зношування.

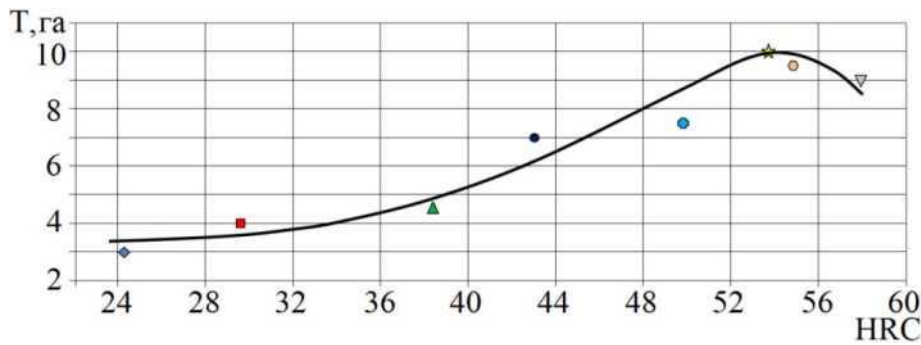


Рис. 2.12. Розподіл напрацювання у момент стабілізації процесу зношування долот різної твердості

Підвищення твердості сталі 65Г, як показали експерименти, призводить до зростання зносостійкості та напрацювання до граничного стану найбільш зношувальної заглиблювальної частини лемеша (рис. 2.13).

Проте всупереч існуючій і усталеній думці, прямопропорційної залежності між C та HRC не спостерігається. Приблизно з HRC 49...50 має місце стабілізація зносостійкості (рис. 2.13). При уважному розгляді кривої $C = f(HRC)$ максимальне Z досягається при твердості 53HRC, потім слідує її спадання. Аналогічним чином поводить ся і залежність $T = f(HRC)$. Це свідчить про відсутність зростання ресурсу разі підвищення твердості понад 51 - 53HRC, як і спостерігається в імпорتنих деталях.

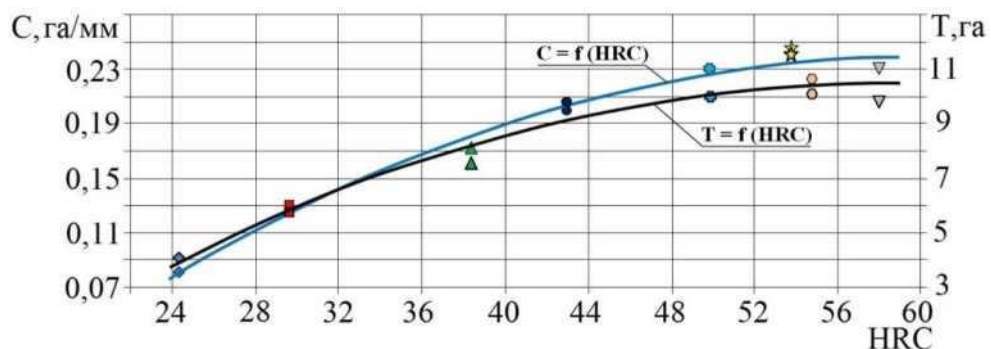


Рис. 2.13. Вплив твердості на зносостійкість та напрацювання заглиблюючої частини лемеша

Слід вважати, що зносостійкість та напрацювання при зростанні HRC до 51 - 53 одиниць збільшується через зростання опору різання. Однак подальше зростання HRC призводить до порушення гомогенності структури і насамперед, до зростання його крихкості, що сприяє збільшенню ймовірності сколювання

нерівностей і навіть «виривання» окремих фаз від впливу ударних впливів з боку абразивних частинок.

Результати зв'язку між HRC та напрацюванням на відмову підтверджуються набутою геометричною формою в процесі експлуатації.

Результати польових випробувань збігаються з даними лабораторних досліджень за характером поведінки $C = f(HRC)$, хоча оцінка зносостійкості в одиницях вимірювань різна. У лабораторних умовах оцінювалася відношення часу до величини зносу в мкм. Стосовно польових випробувань зносостійкість визначалася як відношення напрацювання до польових випробувань, зносостійкість визначалася як відношення напрацювання (га) до лінійного зносу заглиблювальної частини дослідних лемешів. Тобто, в обох випадках в основу вимірів було покладено зміну лінійних розмірів. Тому такі результати можна порівняти.

Висновки по розділу

Таким чином встановлено: залежність зносостійкості при зростанні твердості має складний характер і підвищення HRC більше 53...54 одиниць не призводить до збільшення C , а зростання стійкості до абразивного зношування відбувається також до 53...54HRC з подальшою стабілізацією; максимальна зносостійкість властива зразкам з твердістю 53...54HRC, підданих загартування у воді з температурою 820...840 °С; польові випробування плужних лемешів підтверджують результати лабораторних досліджень

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ЛЕМЕШІВ

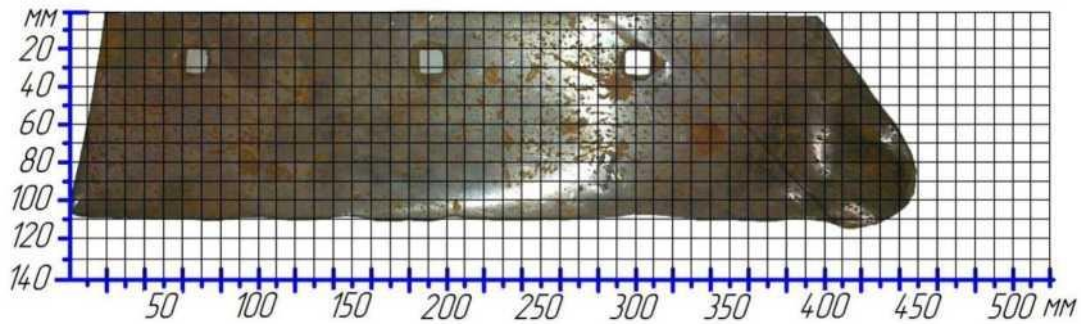
Загальний технологічний процес відновлення лемешів методом термозміцнених компенсуючих елементів складається з наступних операцій:

1. Дефектація;
2. Підготовка до відновлення лемеша;
3. Підготовка долота;
4. Відновлення.

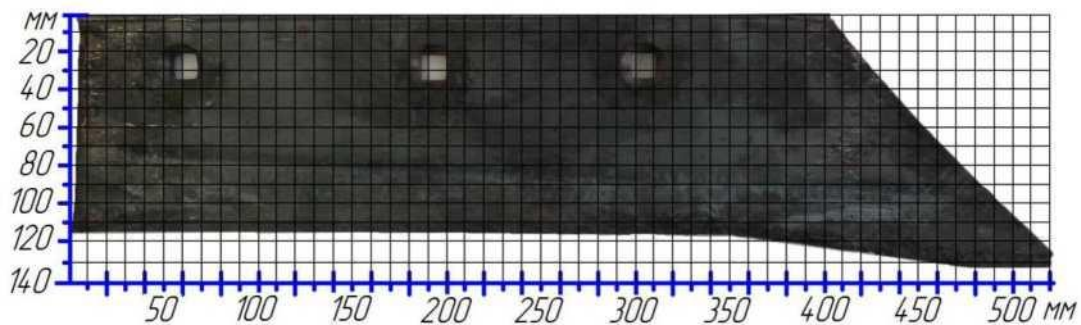
Дефектація полягала у візуальному та лінійному контролі лемешів, що надійшли на відновлення. Візуальним оглядом визначається придатність деталей до відновлення. Непридатними вважаються лемеша, що мають тріщини, сколи, вигини і променеподібний знос з виходом на кріпильний отвір. Лінійний контроль здійснювався за шириною лемеша та проводився із застосуванням розмірної сітки, виготовленої з гнучкого плексигласу (рис. 3.1). Придатними до відновлення вважаються леміши з залишковою шириною не менше 95 мм. (На рис.показаний гранично зношений леміш за розміром заглиблювальної частини. При цьому по залишковій ширині (115 мм) він придатний до експлуатації і відновлення). Після дефектації необхідно провести угруповання лемешів за розмірними групами, так як відношення розміру від спинки лемеша до заглиблювальної частини до ширини остова має становити 1,08. В іншому випадку у відновленого лемеша буде затруднено заглиблення та порушено агротехнічні вимоги (рис. 3.1 б).

Підготовка до відновлення полягає у видаленні зношеної долотоподібної частини деталі. Відрізання цього елемента виконувалося паралельно польовому обрізу лемеша у стані поставки з урахуванням розміру долота, з використанням шаблону або під кутом 130° до його спинки (рис. 3.2 а). Для цього використовувалася кутова шліфувальна машина Makita 9069 потужністю 2000 Вт та частотою обертання 6600 об/хв. та електрокорундове відрізне коло на

бакелітовій зв'язці виробництва компанії ЛУГА-АБРАЗИВ розміром $224 \times 1,2 \times 22$ А54. При масовому відновленні може використовуватися стаціонарна відрізна машина по металу Енергомаш ПО -7327П потужністю – 2600 Вт і частотою обертання 2280 об/хв.



а)



б)

Рис. 3.1. Лінійні розміри лемеша: а) зношеного; б) у стані поставки.



Рис. 3.2. Леміш а) з віддаленою зношеною областю; б) з привареною термозміцненою частиною

Виготовлення нового долота виконується шляхом його вирізування з листів ресор трапецієподібного профілю, що втратили свої службові властивості, з наступним термозміцненням.

Враховуючи, що відношення ширини кістяка до ширини долота має бути 1,08, а виліт заглиблюючої частини щодо леза 12 – 15 мм, відрізання проводилося з урахуванням цих факторів та відповідно до ремонтних груп. Виготовлене долото, на відміну від долота стандартного лемеша, являло собою паралелограм, що не позначалося на агротехнічних та експлуатаційних показниках орного агрегату. При цьому дотримувалися технічних умов шляхом проведення заточування ріжучої частини долота із зовнішнього боку і при необхідності польового обрізу – з тильного.

Нагрів та витримка доліт під загартування здійснювалася у промисловій електропечі «СНОЛ 1000/12-ВП», з розмірами робочої камери 800×1600×800 мм та потужністю 63 кВт. Температура нагріву відповідно до раніше проведених досліджень склала 820 °С, час нагріву і витримки, виходячи з розрахунків і дослідних даних, дорівнювала 14 хв. Охолодження проводилося у баку з водою об'ємом 1,5 м³, що дозволило зберегти діапазон її температури в межах нормативів; періодично охолоджувальна рідина перемішувалась.

Після термообробки слід видалити залишки окалини металевією щіткою.

Відновлення полягає в приварюванні долота, термозміцненого на твердість до 53...54HRC встик до підготовленого кістяка (рис. 3.2 б). Приварювання проводиться у кондукторі у два прийоми. Використання кондуктора дозволяє забезпечити нормовану геометрію деталі, що відповідає агротехнічним умовам. Зварювання в два прийоми має на увазі наступне: нанесення зварного шва із зовнішнього боку, його остигання протягом не менше 10 хв та подальше нанесення шва з тильного боку. Такий підхід дозволяє максимально знизити негативний вплив теплових полів на властивості термозміцненого долота, а також зменшити схильність виробу до жолоблення. Для збільшення продуктивності здійснюється відновлення одночасно партії деталей. Тобто, має місце конвеєрний спосіб, де після зварюваного n_1 лемеша у n_2 вже встигає охолонути до температури 30...50 °С. Зварювання виконувалося електродом марки УОНІ-13/45, тип – Е46А діаметром 4 мм, тому що товщина частин, що

зварюються, становить не менше 5 мм; сила зварювального струму – близько 160 А. Як джерело зварювального струму може використовуватися будь-яка зварювальна техніка, що забезпечує необхідну силу струму. При реалізації технології використовувалося інверторне джерело живлення «Барс» РГШПТ ARC-317D.

Конструкція відновленого лемеша з привареним встиком до кістяка зміцненим долотом має досить високу ефективність з низки причин: 1 – низький тяговий опір у порівнянні з виробами з привареними додатковими елементами на робочу поверхню; 2 – можливість усунення всіх дефектів долотоподібної області одночасно; 3 - багаторазовість відновлення (ресурс обмежується тільки розмірами остова виробу); 4 – великий наробіток у порівнянні з лемішем стандартного виконання; 5 – ресурсозбереження; 6 – підвищення ступеня ремонтпридатності; 7 – збереження ефекту самозагострення.

Приварювання загартованого долота до остова у ряду опонентів викликає певні сумніви щодо міцності одержуваного з'єднання. Багаторічні спостереження за поведінкою відновлених лемешів дозволили встановити, що поява зламів, що проходять швом, співвідноситься як 1 до 200-т випробуваним деталям (імовірність 0,005). Тобто, міцність з'єднання слід вважати достатньою для існуючих умов експлуатації.

Технологічний процес впроваджено і успішно використовується для відновлення суцільнометалевих лемешів вітчизняного виробництва марки П-702.

Висновки по розділу

Вищевикладені результати вказують на те, що багаторічне використання способу відновлення лемешів, повторно термозміцненими компенсуючими елементами, виготовленими з вторинних сталей є виправданим і високоефективним технологічним процесом.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що твердість лемешів імпортного виробництва перевищує твердість вітчизняних більш ніж у 2 рази. Показано можливість використання вибраваних листів ресор за геометричними показниками та твердістю як компенсуючі долоти при відновленні лемешів та визначено межу твердості (HRC 53... 54), після якої не відбувається збільшення абразивної зносостійкості.

Лабораторно-польовими випробуваннями визначені параметри термічного зміцнення ресорно-пружинної сталі 65Г, що полягає в загартуванні з температур $t = 820...840$ °С, час нагрівання і витримки дорівнює 14 хв., що забезпечує максимальну абразивну зносостійкість. Ресурс відновленого лемеша перевищує ресурс серійного не менше ніж у 2 рази.

Розподіл мікротвердості у зварному з'єднанні "сталь Л53 - термозміцнена сталь 65Г" носить складний характер, що визначається структурними трансформаціями. Небезпечною ділянкою є перехідна зона області сталі 65Г.

Розроблено і впроваджено технологічний процес, що полягає у приварюванні встик до остова лемеша термозміцненого на твердість 53 - 54HRC компенсуючого елемента, виготовленого з вибраваних повторно термозміцнених листів ресор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Іщенко В. В. Сільськогосподарські машини. Київ: НУБіП України; Агроосвіта, 2015. 678 с.
2. Кошук О. Б., Лузан П. Г., Мося І. А., Герлянд Т. М., Романов Л. А. Сільськогосподарські і меліоративні машини. Київ : ІПТО НАПН України, 2015. 291 с.
3. Борак К. В. Підвищення зносостійкості робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь методом електроерозійної обробки : дис. ... канд. тех. наук : 05.02.04 / Житомирський національний агроекологічний університет. Житомир, 2013. 217 с.
4. Михальченков А. М. Об одной причине низкого ресурса деталей рабочих органов отечественных почвообрабатывающих орудий. Труды ГОСНИТИ. 2014. Т. 117. С. 91-95.
5. Михальченков А.М., Тюрева А.А., Козарез И.В. Ресурсосберегающие технологии ремонта сельскохозяйственной техники. Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2018. 249 с.
6. Sidashenko O., Tikhonov O., Luzan S., and others. Repair Technology of Machinery and Equipment. Lecture course. Kharkiv: Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture (KhNTUA). 2017. 340 p
7. Буренко Л.А., Винокуров В.Н. Ремонт сельскохозяйственных машин. Москва : Россельхозиздат, 1981. 189 с.
8. Маслов М.М., Миронов Е.Б., Оболенский Н.В. Новые технологии восстановления деталей и ремонта машин в АПК. Княгинино : ГБОУ ВО НГИЭУ, 2015. 164 с.
9. Мазур В.І., Куцова В.З., Ковзель М.А., Носко О.А. Сплави на основі заліза. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2013. 500 с.
10. Чумак М.Г. Матеріали та технологія машинобудування. Київ : Либідь, 2000. 368 с.

11. Тененбаум М. М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин. Москва : Машиностроение, 1966. 332 с.
12. Хрущов М. М., Бабичев М. А. Исследования изнашивания металлов. Москва : Издательство АН СССР, 1960. 272 с.
13. Хрущов М. М. Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин. Москва : Машиздат, 1960. 200 с.
14. Ткачев В.Н. Методы повышения долговечности деталей машин Москва : Машиностроение, 1971. 272.
15. Richardson R.C.D. Wear of Metals by Relatively Soft Abrasives. *Wear*. 1968. Vol. 11. p. 245-275.