

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

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра машиновикористання та сервісу технологічних систем

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

КЛИМЧУК АНАСТАСІЯ АНАТОЛІВНА

УДК 631.313.02

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОГО СТАНУ
ДИСКОВИХ 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

_____ А.А. Климчук

Керівник роботи

Куликівський В.Л.

кандидат технічних наук

Житомир – 2021

АНОТАЦІЯ

Климчук Анастасія Анатоліївна. Забезпечення працездатного стану дискових 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 корозійна стійкість покриттів, одержаних електроконтактною приваркою суміші порошку ПГ-СР2 з диспергованими відходами твердого сплаву Т15К6 або ВК8 у рівному співвідношенні, в 3,3...3,8 рази вище корозійної стійкості сталі 65Г при щільності покриття 98,4...98,8%. Показано, що міцність з'єднання покриття з основою по довжині привареного шару знижується приблизно на 19,1%. При цьому густина покриття по довжині привареного шару практично не змінється.

Металографічні дослідження показали, що дефекти типу пір, тріщин та несучільностей у зоні з'єднання відсутні. При цьому в зоні з'єднання має місце проміжний шар шириною не більше 0,5 мкм, утворений в результаті дифузії елементів, що входять до складу з'єднувальних матеріалів.

Розроблено технологію зміцнення дискових робочих органів сільськогосподарських машин електроконтактним приварюванням суміші порошку ПГ-СР2 з диспергованими відходами твердого сплаву Т15К6 в рівному співвідношенні. Зазначено, що короблення та макродеформацій дисків у процесі зміцнення не відбувається. Експлуатаційні випробування показали, що зношування не зміцнених дисків при напрацюванні 151 га становило 0,4...0,5 мм по діаметру, зміцнених – 0,05...0,1 мм, а при напрацюванні 275 га – 0,6... 0,65 мм та 0,15...0,2 мм відповідно. При цьому в обох випадках ріжучою кромкою зміцнених дисків приварений шар виступав на величину 0,08...0,15 мм.

Ключові слова: зміцнення, дискові робочі органи, знос, дисперговані відходи, твердість

ANNOTATION

Klymchuk Anastasia Anatoliyivna. Ensuring the working condition of disk working bodies of tillage 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 work it is established that the corrosion resistance of coatings obtained by electrocontact welding of a mixture of powder PG-CP2 with dispersed waste alloy T15K6 or VK8 in equal proportions, 3.3 ... 3.8 times higher than the corrosion resistance of steel 65G at a coating density of 98 , 4... 98.8%. It is shown that the strength of the connection of the coating with the base along the length of the welded layer decreases by approximately 19.1%. The density of the coating along the length of the welded layer will not change.

Metallographic studies have shown that defects such as pores, cracks and imperfections in the joint area are absent. In the connection zone there is an intermediate layer with a width of not more than 0.5 μm , formed by the diffusion of elements that are part of the connecting materials.

The technology of strengthening of disk working bodies of agricultural machines by electrocontact welding of a mix of powder PG-SR2 with the dispersed waste of a hard alloy T15K6 in an equal ratio is developed. It is noted that warping and macrodeformation of the disks in the hardening process does not occur. Operational tests showed that the wear of unstrengthened disks at an operating time of 151 ha was 0.4 ... 0.5 mm in diameter, reinforced - 0.05...0.1 mm, and at an operating time of 275 ha - 0.6... 0.65 mm and 0.15...0.2 mm, respectively. In both cases, the cutting edge of the reinforced disks welded layer was the value of 0.08...0.15 mm.

Keywords: hardening, disk working bodies, wear, dispersed waste, hardness

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ПРИВАРЮВАННЯ ПОРОШКОВОЇ СУМІШІ, ЩО МІСТИТЬ ДИСПЕРГОВАНІ ВІДХОДИ ТВЕРДОГО СПЛАВУ ВК8 АБО Т15К6, НА МЕХАНІЧНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОКРИТТЯ.....	17
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА ПОЛЬОВІ ВИПРОБОВУВАННЯ.....	28
ВИСНОВКИ.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

ВСТУП

Актуальність роботи. В даний час у промисловому та сільськогосподарському виробництві особливого значення набувають технології, що відповідають вимогам ресурсозбереження без збільшення матеріальних витрат на їх реалізацію. Це повною мірою відноситься і до технологій відновлення та зміцнення дискових робочих органів сільськогосподарських машин, інтенсивна експлуатація яких призводить до затуплення лез внаслідок їх зношування та корозії, що погіршує агротехнічні показники сільськогосподарської техніки, збільшує втрати та веде до подорожчання сільськогосподарської продукції. Ефективним шляхом таких деталей є підвищення їх зносостійкості методами зварювання, наплавлення або напилення зносостійких сплавів, термообробки, дифузійного насичення, хіміко-термічної обробки і т.д. Слід зазначити, що для наплавлення або напилення зносостійкі сплави або їх композиції мають високу вартість. Це значно підвищує собівартість відновлення та зміцнення деталей. Одним із резервів зниження собівартості відновлення та зміцнення дискових робочих органів є використання в якості присадкового матеріалу відходів машинобудування, зокрема порошків, що отримують електроерозійним диспергуванням відходів твердих сплавів Т15К6 і ВК. Ефективним способом відновлення та зміцнення дискових робочих органів з використанням таких порошкових матеріалів є електроконтактне приварювання, що дозволяє отримувати покриття з порошків зносостійких сплавів без їх розплавлення, тобто в твердій фазі. До цього часу можливість використання порошків, що отримують електроерозійним диспергуванням відходів твердих сплавів Т15К6 і ВК8 для отримання зміцнювальних покриттів електроконтактним приварюванням практично не досліджено. Це повною мірою відноситься і до дискових робочих органів сільськогосподарських машин.

Мета роботи: підвищення зносостійкості дискових робочих органів сільськогосподарських машин зміцненням їх робочих поверхонь

електроконтактним приварюванням порошкових матеріалів, що містять дисперговані відходи твердих сплавів.

Відповідно до цього сформульовані завдання дослідження:

1. Проаналізувати методи і способи підвищення довговічності та зносостійкості дискових робочих органів ґрунтообробних машин.
2. Розробити методика проведення експериментальних досліджень.
3. Провести експериментальні дослідження.

Об'єкт дослідження: технологія зміцнення дискових робочих органів сільськогосподарських машин електроконтактним приварюванням з використанням порошкових матеріалів, отриманих електроерозійним диспергуванням відходів твердих сплавів.

Предмет дослідження: закономірності впливу умов та режимів електроконтактного приварювання з використанням порошкових матеріалів, отриманих електроерозійним диспергуванням відходів твердих сплавів, на фізико-механічні та експлуатаційні властивості покриттів, що формуються на дискових робочих органах сільськогосподарських машин.

Методи дослідження. Дослідження проводилися з використанням системного підходу та аналізу, логіки наукових досліджень, математичного моделювання з використанням сучасних розрахункових комплексів. Застосовувалися сучасні методики лабораторних досліджень з використанням методів математичної статистики та сучасних обчислювальних комплексів. Аналіз літературних джерел здійснювався аналітико-монографічним методом.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Савченко В. М., Куликівський В. Л., Климчук А. А., Климчук Д. А., Жека Б. В., Фещук І. П. Основні способи нанесення зносостійких покриттів. 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. 196-200.

2. Куликівський В. Л., **Климчук А. А.**, Климчук Д. А., Жека Б. В., Фещук І. П. Зносостійкість поверхневого шару сталі 65Г після електрофізичних методів обробки. Збірник тез доповідей VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції *«Інноваційні технології в АПК»*, 20-21 травня 2021 р., м. Луцьк [Електронний ресурс]. Луцьк: Луцький НТУ, 2021. С. 79-81.

3. Савченко В. М., Куликівський В. Л., **Климчук А. А.**, Климчук Д. А., Жека Б. В., Фещук І. П. Основні способи нанесення зносостійких покриттів. 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. 196-200.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для сільськогосподарських підприємств представляє запропонована технологія підвищення зносостійкості дискових робочих органів ґрунтообробних машин.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 14 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 38 сторінку комп'ютерного тексту, містить 2 таблиці і 12 рисунків.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ, МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дискові робочі органи знайшли досить широке застосування в плугах, луцильниках, сівалках, боронах, картоплезбиральних комбайнах, бурякозбиральних комбайнах та інших сільськогосподарських машинах. Це пов'язано з тим, що леза дискових робочих органів у кілька разів довші за леза лемішних, лапчастих та інших робочих органів того ж призначення. Диски менш схильні до забиття, прості в експлуатації і дозволяють легко регулювати глибину обробки. Для виготовлення дисків найчастіше використовують сталь 65Г, 70Г, 45Л при цьому їх діаметр залежно від специфіки роботи і складає 250...800 мм, а товщина 2,5...8,0 мм. При виготовленні нових дисків їх піддають термічній обробці до HRC35...45. Диски сошників сівалок через незначну товщину не піддають термічній обробці, тому вони мають відносно невисоку твердість і міцність і як наслідок, низьку зносостійкість і довговічність [1-4].

Потреба сільського господарства України у дискових робочих органах становить приблизно 3,2 млн. шт. на рік. На виготовлення дискових робочих органів витрачається до 12 тис. т якісної листової сталі, причому приблизно 1,2 тис. т цієї сталі безповоротно втрачається у ґрунті в результаті зносу при експлуатації дисків [4-6]. Слід зазначити, що для зарубіжних підприємств характерне застосування високолегованої сталі з наступною якісною термообробкою або зміцненням ріжучої частини твердими сплавами.

Відомо [1-9], що в процесі роботи робочі органи сільськогосподарських машин, у тому числі і дискові, зазнають динамічних навантажень, інтенсивного зношування та впливу зовнішнього середовища. Зміна розмірів і форми робочих поверхонь при зношуванні погіршує функціональні властивості робочих органів, призводить до зниження їх працездатності, яка визначається міцнісними, агротехнічними або техніко-економічними показниками. У зв'язку з цим у роботі проведено аналіз основних видів їх зношування.

1.1 Аналіз видів зношування робочих органів сільськогосподарських машин

Виходячи з сучасних уявлень про види зношування [7-12] робочі органи ґрунтообробних машин піддаються наступним видам зношування: абразивному - в результаті ріжучої або дряпаючої дії твердих тіл або твердих частинок, втомному – в результаті втомного руйнування при повторному деформуванні мікрооб'ємів матеріалу, окислювальному – в результаті хімічної реакції матеріалу з киснем або окислювальним навколишнім середовищем і найімовірніше, змішаним процесами зношування (мікрорізання, полідеформаційне руйнування, втомне деформування, хімічне знеміцнення та ін.) – в результаті переміщення деталі в ґрунті.

Практичне використання процесів відновлення та зміцнення деталей базується на знанні закономірностей протікання процесів зношування, уявленнях про природу та кінетику фізико-хімічних процесів формування покриття та з'єднання його з матеріалом основи [10-12].

Під зносом прийнято розуміти результат зношування, що оцінюється поступовою зміною розмірів деталі при терті, відділенням з поверхні тертя матеріалу, залишковою деформацією. Зношування поверхні при терті є властивістю не матеріалу, а системи, що утворюється парою тіл, що труться під навантаженням, розташованим між їх поверхнями проміжним матеріалом і зовнішнім середовищем, що характеризується температурою та агресивними впливами. У зв'язку з цим будь-який вид зношування обумовлений насамперед процесом руйнування матеріалу або конкретної деталі.

Одним з найбільш поширених видів зношування деталей є абразивне зношування, яке визначається процесами безпосередньої взаємодії робочих поверхонь з дрібними твердими абразивними частинками. Такий вид зношування характерний для умов експлуатації ґрунтообробного інструменту,

робочих органів землерийних машин, вузлів тертя із забрудненим мастилом, породоруйнуючого інструменту.

Адгезійне зношування пов'язане з послідовним утворенням і руйнуванням фрикційних зв'язків на поверхні тіл, що контактують, і супроводжується руйнуванням матеріалу граничної поверхні. Тертя двох металевих поверхонь під навантаженням відбувається в умовах пластичної деформації металу в точках контакту, розвиток якої супроводжується їх зближенням аж до активації сил зчеплення між атомами. В результаті пластичної деформації відбувається зчеплення двох поверхонь в окремих точках, що виступають, проте в умовах дії напружень зсуву це зчеплення неминуче руйнується. Руйнування зароджується в місцях найменших сил зчеплення на межі поділу між двома поверхнями, а у разі виникнення досить міцного зчеплення (схоплювання) руйнування зрушенням можливе всередині одного з матеріалів на менш міцній ділянці.

Під втомлювальним зношуванням розуміють утворення мікротріщин з виколюванням частинок і дроблення поверхні деталей машин, схильної до знакозмінних напруг і деформацій. У режимі втомлювального зношування, як правило, працює переважна більшість рухомих з'єднань.

При експлуатації трубопроводів, насосів для перекачування різних рідин, підшипників ковзання, що працюють в умовах гідродинамічного змащення, плунжерів гідравлічних пресів, морських землечерпалок, грейдерів і земснарядів має місце кавітаційне зношування, причиною якого зазвичай є наявність зон змінного тиску в турбулентному потоку рідини.

Корозійне зношування відбувається під впливом рідкого або газоподібного хімічно агресивного середовища на поверхні тертьових деталей. Цей вид зношування типовий для різних видів інструменту, що використовується для гарячої обробки матеріалів, а також для рухомих з'єднань хімічного, нафтохімічного та переробного устаткування.

Таким чином, під дією одного з перерахованих видів зношування, а найчастіше під дією комплексу фізичних явищ, що виникають у поверхневих

шарах поверхонь трибостражень, деталі втрачають працездатність і знос конкретної деталі слід розглядати в залежності від переважання тих або інших умов її роботи.

Відомо, що основним видом зношування робочих органів сільськогосподарських машин, у тому числі дискових, є абразивне зношування та корозія. На думку багатьох авторів це зумовлено не тільки тим, що багато деталей сільськогосподарських машин за характером виконуваних функцій безпосередньо пов'язані з матеріалами, здатними викликати абразивне зношування, але також і тим, що при абразивному зношуванні внаслідок локалізації і високого ступеня концентрації контактних напружень відбувається інтенсивне руйнування поверхневого шару, що пригнічує, як правило, навіть при малій кількості абразивних частинок інші види зношування. Відомо також [1-7], що інтенсивність абразивного зношування залежить, в основному, від твердості матеріалу деталі, фізико-механічних властивостей ґрунтів, режимів роботи та інших факторів. На думку багатьох авторів [8-14] істотний вплив на інтенсивність абразивного зношування має також структура матеріалу деталі, тому для підвищення довговічності робочих органів необхідно розвивати:

1. Методи отримання первинних структур із властивостями, що забезпечують можливість оптимальної перебудови та додаткового зміцнення в умовах експлуатації (механічний та фазовий наклеп). У цьому випадку при терті відбувається утворення вторинних захисних структур, що сприяють розширенню діапазону нормальних процесів та зниженню інтенсивності тертя та зношування.

2. Методи створення первинних структур з максимально можливою стабільністю по відношенню до механічних та хімічних впливів.

Однак, у складних умовах експлуатації не завжди є можливість для оптимального переходу від вихідних станів та властивостей поверхневих шарів до вторинних зміцнених структур. Це, перш за все, стосується машин і механізмів нової техніки, що працюють в умовах високих швидкостей і хімічних активних середовищах, тому для забезпечення зносостійкості та захисту деталі

від пошкоджень у цих умовах кращим є 2-й варіант. При цьому автор [2] зазначає, що створення такої первинної структури може бути здійснено при зміцненні робочих поверхонь деталей різними методами нанесення зносостійких покриттів, що мають високу стабільність до механічних і хімічних впливів і забезпечують оптимальні умови зношування навіть за несприятливих умов навантаження.

Таким чином, для виключення неприпустимого виду руйнування, мінімізації тертя та зносу, а також розширення діапазону нормальних процесів механохімічного зношування деталей сільськогосподарських машин, їх необхідно піддавати зміцненню для створення оптимальних експлуатаційних властивостей їх робочої зони.

1.2 Методи зміцнення та відновлення дискових робочих органів ґрунтообробних машин.

Підвищення зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин – одна з найбільш актуальних проблем сільського господарства та сільськогосподарського машинобудування. Актуальність проблеми визначається як важливістю скорочення витрати металу з їхнього виробництва, а й вимогами їх експлуатації. Відомо, що стійкість ріжучих органів сільськогосподарських машин, що вимірюється напрацюванням до граничного затуплення, низька. Тому вони або експлуатуються з порушеннями агротехнічних умов або багаторазово піддаються ремонту.

Ефективним шляхом підвищення довговічності робочих органів є забезпечення самозаточування їх. Ресурс таких деталей збільшується в 3-4 рази, порівняно зі стандартними деталями. Крім прямої економії при використанні робочих органів, що самозаточуються, значно підвищується продуктивність праці та якість обробітку ґрунту.

Принцип самозаточування в нашій країні вперше був застосований при ремонті лемешів, леза яких після ковальської відтяжки наплавляли твердим сплавом. Слід зазначити, що зміцнення робочих органів сільськогосподарських машин шляхом наплавлення твердих сплавів у США та країнах Західної Європи не набуло такого широкого поширення. Причини цього полягають, мабуть, у меншому річному завантаженні машин і в меншому значенні і зміни робочих органів у період їх експлуатації.

Великий внесок у вирішення проблеми підвищення довговічності робочих органів зробили: Аронов А. Л., Ачкасов К. А., Голубєв І. Г., Єрохін М. М., Крагельський І. В., Костецький Б. І., Лялякін С. П., Новіков В. С., Розенбаум А. М., Севернєв М. М., Хрущов М. М., Шовкопляс А. В., Федоров С. К. і багато інших учених.

Основними напрямками підвищення довговічності робочих органів є:

- застосування зносостійких матеріалів;
- застосування біметалічних матеріалів, отриманих наплавленням;
- застосування двошарового прокату;
- застосування твердих сплавів;
- зміна форми деталей при її конструюванні.

Основними заходами щодо підвищення довговічності робочих органів при їх виготовленні та відновленні є: для дисків борін та луцильників - виготовлення з двошарового прокату типу сталь 50+Х6ВФ, а також наплавлення твердих сплавів на внутрішню поверхню сфери дисків; для дисків сошників зернових сівалок і луцильників при їх роботі в піщаних або суглинистих ґрунтах - ізотермічне загартування сталі 65Г на твердість HRC50, для легких ґрунтів допускається застосування дисків без термічної обробки; для дискових ножів і ножів фрез ізотермічне загартування сталі 65Г; для більшості дискових робочих органів – приварювання до ріжучої кромки робочого органу зносостійкої стрічки зі сталі Х6ВФ.

Для підвищення довговічності землерийних, будівельних і дорожніх машин використовується наплавлення порошковими дротиками ППС-УЗОХ25С2РГ-0, ПП-102, ПП-226, порошковою стрічкою ПЛ-628 і ПЛ-634, трубчастими електродами ЕТН-1 2, ЕТН-3, ЕТН-4, сплавом ВСН-6 та іншими матеріалами. У нашій країні для наплавлення в основному застосовують високохромисті сплави, а за кордоном, зокрема в США – сплави на основі карбїду вольфраму

Висока зносостійкість при абразивному зношуванні та наявності ударів мають сплави, у яких кількість карбїдної фази становить 25-30 %. При цьому, найкращою структурою наплавленого металу є аустенітно-мартенситна матриця (основа) з карбїдами.

У промисловості нанесення твердих сплавів на поверхні робочих органів переважно використовується індукційне наплавлення (наплавлення струмами високої частоти). Для наплавлення використовується сормайт-1, змішаний у різних частинах з ферохромом.

Крім індукційного наплавлення, знаходять застосування такі методи: нанесення зносостійкого сплаву і флюсу на поверхню деталі і подальше сплавлення в печі нанесеного шару з основою, механізоване дугове наплавлення по шару легуючого порошку або пасти, виготовлення біметалічних листів.

Основними методами надання лезам робочих органів шарової будови для забезпечення самозагострення є: поверхнєве одностороннє загартування сталей, наплавлення твердих сплавів на маловуглецеві та вуглецеві сталі, виготовлення деталей з двошарового прокату композицій сталь Л53 + Х6Ф1, 10 9ХФ та ін., термодифузійне легування та електролітичне хромування сталей, односторонній відбїл чавунних деталей.

Позитивні результати отримані при випробуванні дисків борін і луцильників, виготовлених з двошарового прокату типу сталь Л53 + Х6Ф1. Проте лемеша з двошарового прокату, незважаючи на їх деякі переваги порівняно з наплавленими не впроваджені у виробництво.

У таблиці 1.1 наведено основні методи зміцнення та відновлення дискових робочих органів ґрунтообробних машин та їх зносостійкість.

Таблиця 1.1 – Основні методи відновлення та зміцнення дискових робочих органів та їх зносостійкість

№	Метод зміцнення дисків	Нанесений матеріал	Товщина (глибина) зміцненого шару, мм	Сумарний знос дисків по діаметру (напрацювання 2000 га), мм
1	Об'ємне загартування		0,6-1,2	11,40
2	Індукційне наплавлення	ПС 14-60	0,6-1,2	3,61
3	Індукційне наплавлення	ПГ-С27	0,4-1,3	3,41
4	Поверхнєве загартування леза СВЧ		0,8-1,0	4,16
5	Плазмове наплавлення: суцільне	ПГ-С27	0,6-0,9	8,65
	точкове	ПГ-С27	0,1-0,55	7,16
	по випуклій стороні	ПГ-С27	1,4-1,8	3,00
6	Наплавлення на заморожуванням	ПГ-ФБХ-6-2	2,0-3,0	-
7	Електроконтактне приварювання	УС-25	0,4	0,56 (напрацювання 600 га)
8	Детонаційне напилення	Al ₂ O ₃	0,12-0,18	-

Аналіз літературних даних, передового досвіду в галузі відновлення та зміцнення деталей [8-10] і даних представлених у табл.1.1, показує, що одним з перспективних способів відновлення та зміцнення дискових робочих органів є електроконтактна приварка порошків зносостійких сплавів.

Висновки по розділу

1. На підставі літературних даних проаналізовано основні види зношування робочих органів сільськогосподарських машин і методи їх зміцнення та відновлення. Відзначено, що втрата працездатності дискових робочих органів відбувається при їх затупленні в результаті абразивного зношування та корозії.

2. Показано, що перспективним способом відновлення та зміцнення дискових робочих органів є електроконтактне приварювання порошкових матеріалів або їх композицій. З позицій сучасних уявлень про формування з'єднання в твердій фазі розглянуто особливості формування покриття та з'єднання його з деталлю.

РОЗДІЛ 2
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ
ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ПРИВАРЮВАННЯ ПОРОШКОВОЇ СУМІШІ,
ЩО МІСТИТЬ ДИСПЕРГОВАНІ ВІДХОДИ ТВЕРДОГО СПЛАВУ ВК8
АБО Т15К6, НА МЕХАНІЧНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ
ПОКРИТТЯ

Експерименти щодо впливу параметрів режиму електроконтактного приварювання на властивості покриття та якість його з'єднання з основним металом проводили у відповідність до стандартних методик. При проведенні експериментів як зразки використовували пластини розміром 120×20×3,0 мм, вирізані з реальних деталей (дисків сошників), виготовлених зі сталі 65Г, і реальні деталі. До зразків приварювали механічні суміші з промислового порошку ПГ-СР2 з порошками, отриманими диспергуванням відходів твердих сплавів ВК8 і Т15К6 з рівною масовою часткою: 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 і 50% ПГ-СР2 +50% ВК. Вибір порошку ПГ-СР2 як матричного в порошковій суміші обумовлений його хорошою приварюваністю до сталі 65Г, а також тим, що він має високу зносо- і корозійну стійкість. Гранулометричний склад порошку ПГ-СР2 становив 40-120 мкм. Механічну суміш з цих порошків отримували в змішувачі типу «п'яна бочка». Потім її просушували при температурі 100 °С протягом 0,5 год. Електроконтактну приварку здійснювали на установці 011-1-02 «Ремдеталь» із закріпленням на ній поворотним пристроєм при зусиллі $P = 1,0; 1,5; 2,0; 2,5$ кН, силі струму в імпульсі $I = 5,0...7,0$ кА, тривалості перебігу імпульсу струму $t_i=0,02 -0,08$ с, тривалості паузи між окремими імпульсами $t_n = 0,06...1$ с. При електроконтактному приварюванні суміші порошків до реальної деталі швидкість її обертання становила 1,0 м/хв. Результати досліджень представлені малюнки 2.1 – 2.9.

На рис. 2.1 представлена залежність міцності з'єднання покриття з основою від величини прикладеного зусилля, отримана при $I = 5,2$ і $5,8$ кА і $t_i = 0,04$ с.

Значення струму в імпульсі та тривалості його протікання обрані так, щоб руйнування зразків при випробуваннях відбувалося по зоні з'єднання. З представлених даних видно, що із збільшенням прикладеного зусилля з'єднання спочатку зростає, а потім знижується. Максимальне значення отримано при $P=1,5$ кН. Це свідчать про те, що при $P=1,5$ кН створюються найбільш сприятливі умови для з'єднання покриття з основою. Тому подальші дослідження проводили за $P = 1,5$ кН.

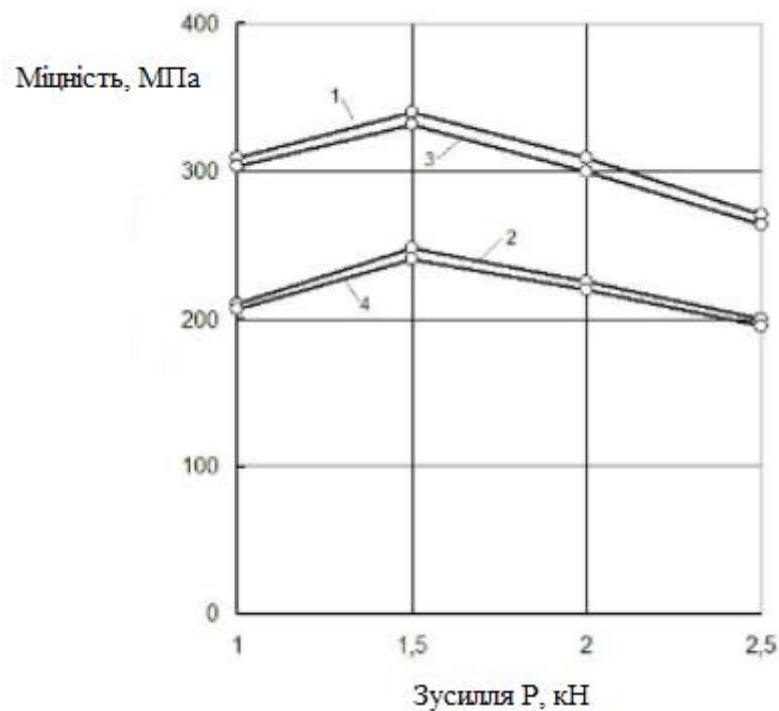


Рис. 2.1. Залежність міцності з'єднання від зусилля стискування електродів при $t_i = 0,04$ с: 1, 3 – $I = 5,8$ кА; 2, 4 – $I = 5,2$ кА; 1, 2 – суміш порошків 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6; 3, 4 – суміш порошків 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8

На рис. 2.2 представлені залежності міцності τ з'єднань від тривалості протікання імпульсу струму при різних значеннях i при оптимальному зусиллі. Видно, що збільшення t_i у дослідженому інтервалі не дозволяє отримати рівномічні з основним матеріалом з'єднання. Збільшення сили струму при фіксованих значеннях t_i призводить до інтенсивного збільшення τ з'єднання покриття з основою. Причому з'єднання, отримані при струмі $I = 6,5$ кА, $t_i = 0,08$ с і струмі $I = 7,0$ кА, $t_i = 0,06$ с, рівномічні основному металу, так як мабуть, в зоні

з'єднання виділяється достатня кількість теплоти для утворення високоміцного з'єднання покриття з основою незалежно від порошкової суміші, що приварюється. Таким чином, оптимальними параметрами режиму електроконтактного приварювання суміші порошку 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 або суміші порошку 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8 до плоских зразків зі сталі 65Г товщиною 2,0 мм є: $P = 1,5 \text{ кН}$, $I = 7,0 \text{ кА}$, $t_i = 0,06 \text{ с}$ та $P = 1,5 \text{ кН}$, $I = 6,5 \text{ кА}$, $t_i = 0,08 \text{ с}$.

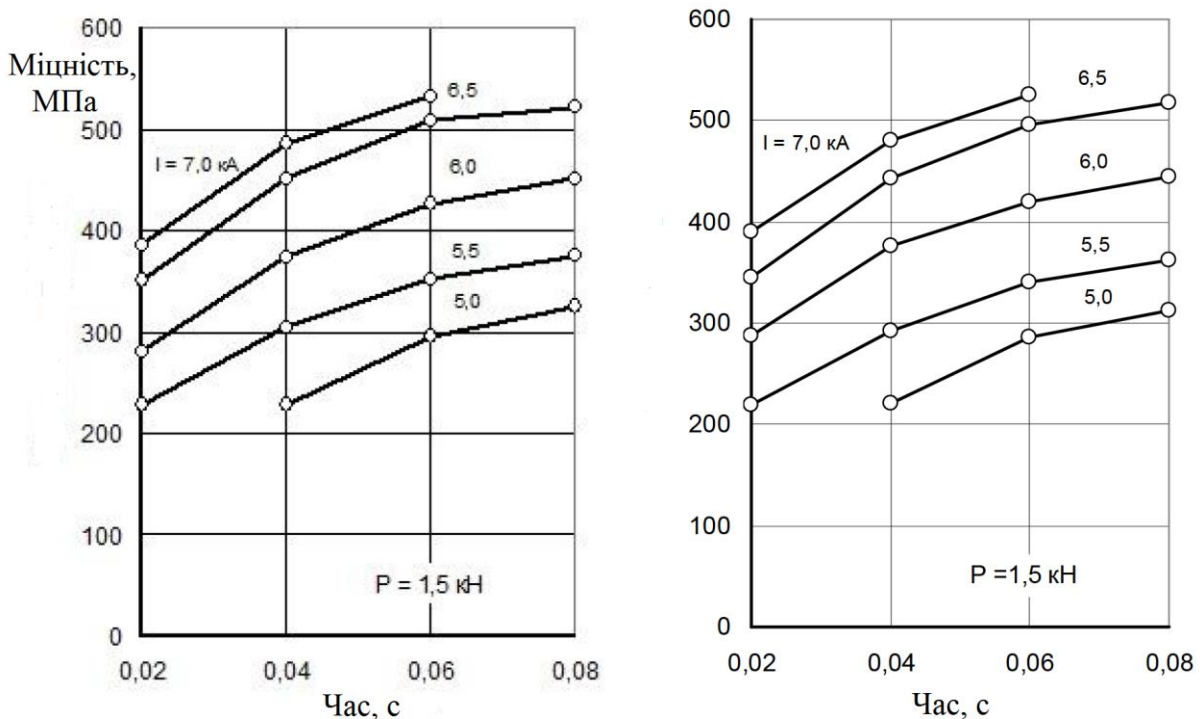


Рис. 2.2. Залежність міцності з'єднання τ покриття, отриманого електроконтактним приварюванням порошкової суміші від сили струму і тривалості його протікання: а – 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6, б – 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8.

З даних, представлених на рис. 2.2 також видно, що τ з'єднання покриття з основою незалежить від порошкової суміші і приблизно однакова при обох обраних в якості оптимальних параметрів режимах. З метою зниження енергоємності процесу та зменшення термічного впливу на деталь електроконтактне приварювання в даному випадку доцільніше здійснювати при $P = 1,5 \text{ кН}$, $I = 6,5 \text{ кА}$, $t_i = 0,08 \text{ с}$.

На рис. 2.3 представлена мікроструктура покриття, отримана електроконтактним приварюванням порошкової суміші 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 на сталь 65Г при оптимальних параметрах режиму електроконтактного приварювання.

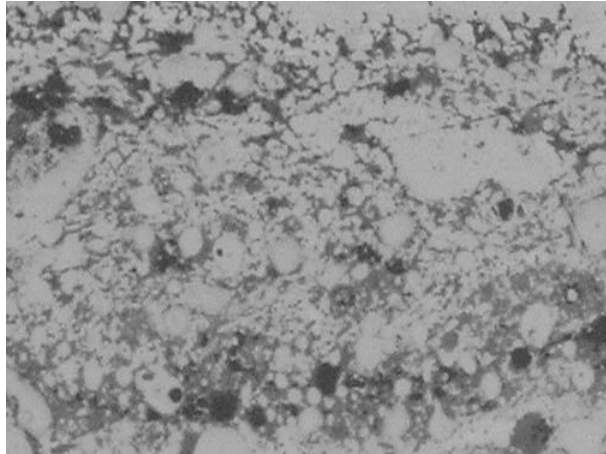
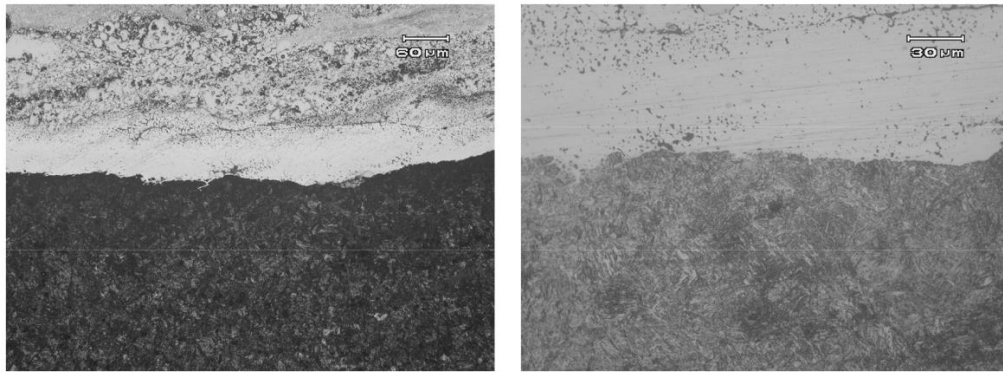


Рис. 2.3. Мікроструктура покриття, отримана електроконтактним приварюванням порошкової суміші 50 % ПГ-СР2 + 50% Т15К6 на сталь 65Г ($\times 450$)

Видно, що у покритті мають місце тверді включення за відсутності в ньому дефектів типу пор та тріщин.

Металографічні дослідження зони з'єднання (рис. 2.4), отриманої при оптимальних параметрах режиму електроконтактного приварювання порошкової суміші 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 або 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8, показали, що в обох випадках дефекти типу пор, тріщин та несучільностей у зоні з'єднання відсутні. При цьому в зоні з'єднання має місце проміжний шар шириною не більше 0,5 мкм, утворений в результаті дифузії елементів, що входять до складу з'єднувальних матеріалів.

Слід зазначити, що сталь 65Г у зоні термічного впливу має структуру мартенситу, у перехідній зоні – структуру перліту з окремими включеннями фериту, в основному металі – перлітно-феритну структуру.



а

б

Рис. 2.4. Мікроструктура зони з'єднання покриття з порошковою суміші 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 – сталь 65Г (а) та 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8 – сталь 65Г (б)

На рис. 2.5 представлено розподіл мікротвердості у зоні з'єднання. Видно, що мікротвердість покриття для обох поєднань матеріалів, що з'єднуються у верхній області покриття і поблизу зони контакту приблизно однакові і становлять 1056 HV і 1080 HV для покриття з порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6, 968 HV і 97 для покриття з порошку 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8, а максимальна мікротвердість середньої області – 1080 HV і 1050 HV відповідно.

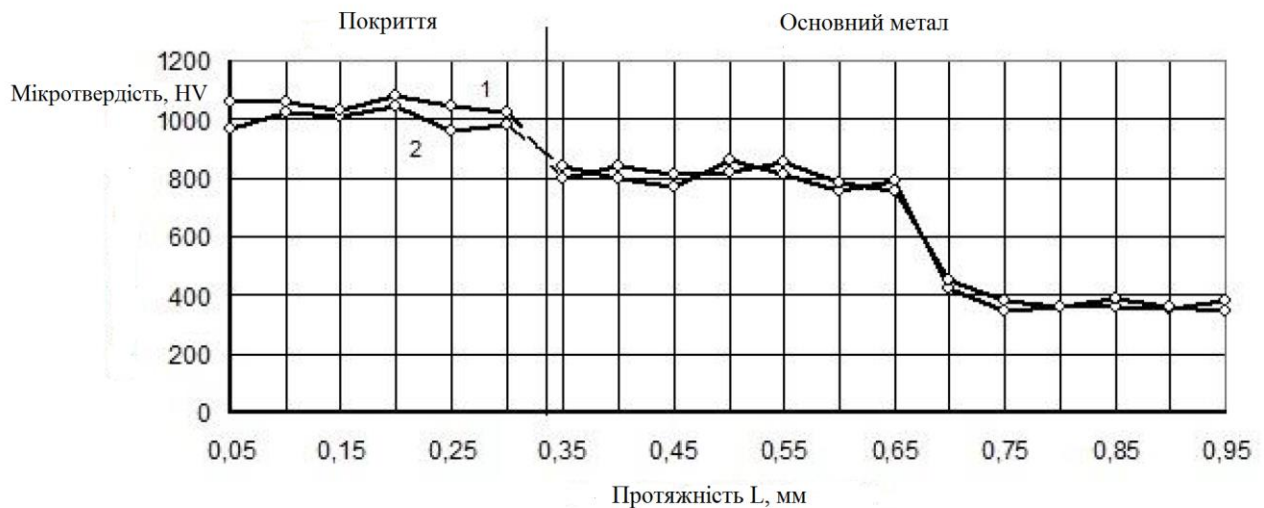


Рис. 2.5. Мікротвердість зони з'єднання: 1 – покриття з порошковою суміші 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 – сталь 65Г, 2 – покриття з порошковою суміші 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8 – сталь 65Г

Мікротвердість основного металу в зоні термічного впливу має максимальне значення і становить 751 ... 857 НV, що можна пояснити найбільшим впливом термомеханічного впливу циклу приварювання на цю область. Потім вона знижується і стає рівною мікротвердості основного металу у вихідному стані (347...388 НV). Протяжність зони термомеханічного впливу у разі не перевищує 0,3 - 0,35 мм.

Випробування на ударний вигин (рисунок 4.20) зразків із сталі 65Г у вихідному стані, термооброблених до HRC 52...54, зміцнених електроконтактним приварюванням без подачі порошку та зразків з покриттям з порошку 50% ПГ-CP2 + 50% T15 отриманих при $P = 1,5$ кН; $I = 6,5$ кА; $t_i = 0,08$ с, показали, що ударна в'язкість КСУ зразків з покриттям з порошку 50% ПГ-CP2 + 50% T15К6 має приблизно однакові значення з ударною в'язкістю зразків термооброблених до HRC 52...54 і зміцнених електроконтактною приварюванням без подачі порошку, але трохи нижче, приблизно на 14%, ударної в'язкості зразків із сталі 65Г у вихідному стані. При цьому відшаровування покриття у процесі випробувань не спостерігалося.

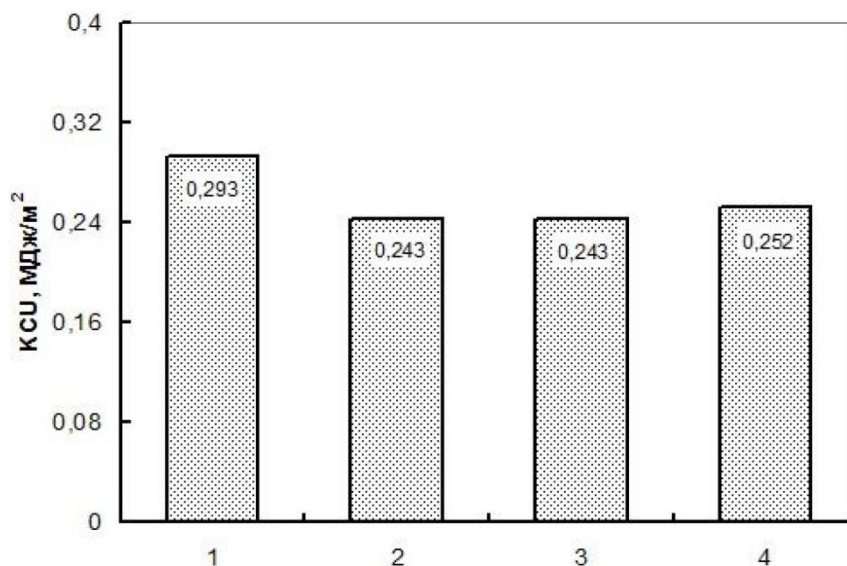


Рис. 2.6. Вплив електроконтактного приварювання на ударну в'язкість зразків: 1 – сталь 65Г у вихідному стані, 2 – ЕКП без подачі порошку, 3 - термообробка до HRC 52...54, 4 – з покриттям з порошку 50% ПГ - CP2 + 50% T15К6 (режим ЕКП: $P = 1,5$ кН; $I = 6,5$ кА; $t_i = 0,08$ с)

На рис. 2.7 представлена залежність щільності покриття з досліджуваних порошків від сили струму та тривалості його протікання при їх електроконтактному приварюванні на зразки зі сталі 65Г. Видно, що збільшення струму в імпульсі та тривалості його протікання призводить до підвищення щільності сформованого покриття. При цьому щільність покриття з порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 та 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8, отримана при оптимальному поєднанні параметрів режиму електроконтактного приварювання ($P = 1,5$ кН; $I = 6,5$ кА та $t_i = 0,08$ з) становить 98,4 – 98,8 %.

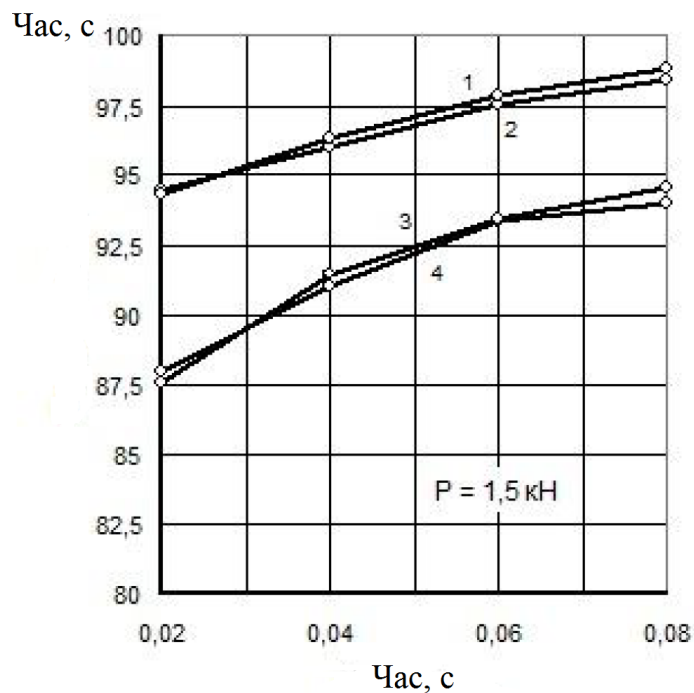


Рис. 2.7. Залежність щільності покриття з порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 (1, 3) та 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8 (2, 4) від сили струму і тривалості його протікання: 1, 2 - $I = 6,5$ кА; 3, 4 - $I = 5,5$ кА

На рис. 2.8 подано результати короточасних випробувань зразків на абразивне зношування, проведені на установці ПВ-7М.

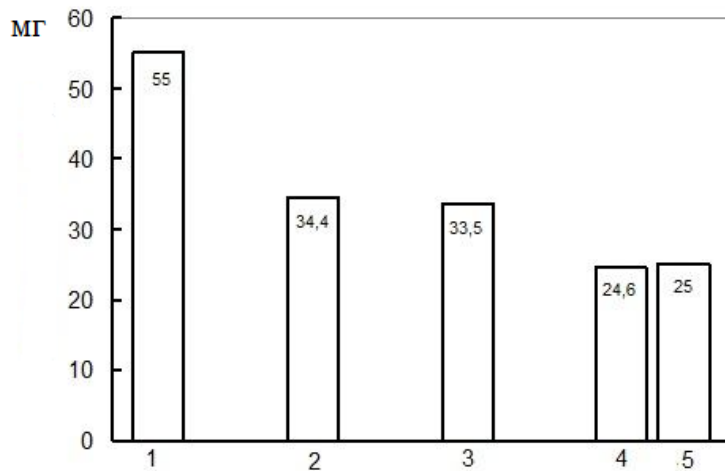


Рис. 2.8. Результати випробувань на абразивне зношування: 1 – сталь 65 Г у вихідному стані; 2 – термообробка сталі 65Г до HRC 52...54; 3 – ЕКП без подачі порошку; 4 – покриття з порошку 50 % Т15К6, 5 – покриття з порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8.

Видно, що зносостійкість покриттів із порошку 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 і порошку 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8, в 2,2 рази вище зносостійкості зразків із сталі 65Г у вихідному стані та в 1,3...1,4 рази вище зносостійкості зразків, термооброблених до HRC 52...54, і зразків зміцнених електроконтактним приварюванням без подачі порошку.

На рис. 2.9 представлені результати випробувань на тривалу корозію зразків із покриттям з порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 та порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8, отриманих при оптимальних параметрах режиму ЕКП, та зразків із сталі 65Г у вихідному стані в 3% розчині NaCl. Видно, що в обох випадках корозійні втрати зростають із збільшенням часу випробувань. Для зразків з покриттям корозійні втрати менші, ніж у зразків із сталі 65Г у вихідному стані. Слід зазначити, що для зразків з покриттям (рис. 2.9, залежність 2) корозійні втрати на початку випробувань приблизно в 3,8 рази менше, ніж у зразків зі сталі 65Г у вихідному стані. Зі збільшенням часу випробувань до 30 діб ця різниця збільшилась до 3,3 рази. Таким чином, нанесення покриття із досліджених порошків призводить до суттєвого зниження корозійних втрат.

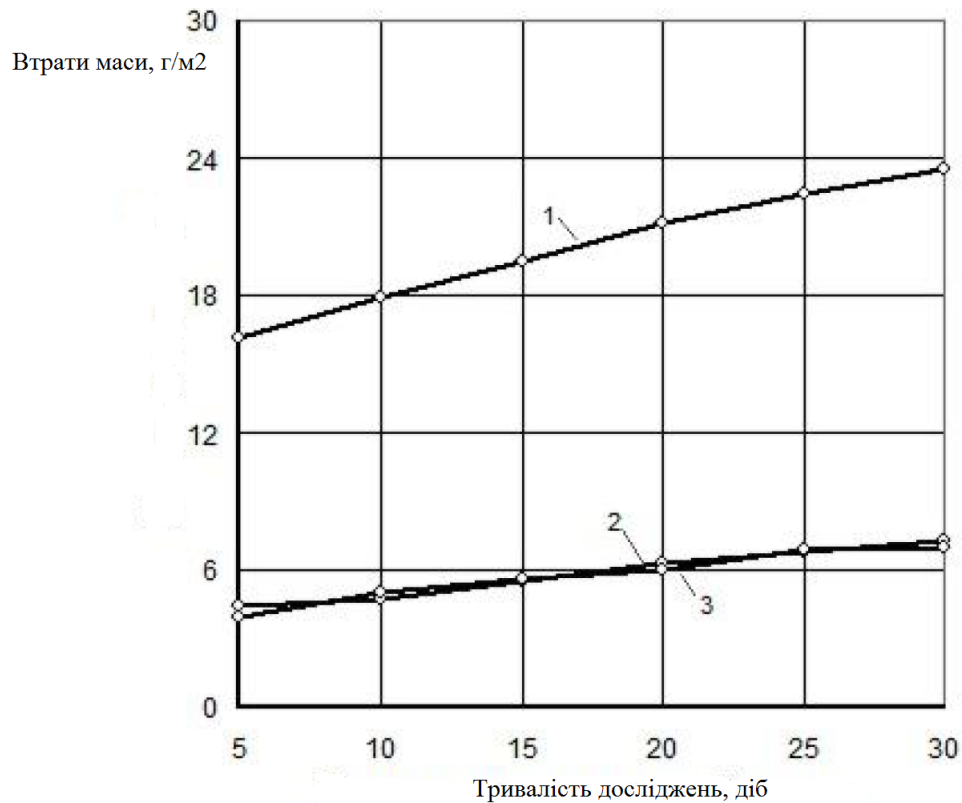


Рис. 2.9. Результати випробувань на тривалу корозію: 1 – сталь 65Г, 2 – покриття з порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6, 3 – покриття з порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8

На рис. 2.10. представлені результати досліджень впливу протяжності (довжини) привареного шару на щільність покриття з порошку 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 та міцність його з'єднання з основним металом (сталю 65Г). Значення струму в імпульсі та тривалості його протікання обрані так, щоб руйнування зразків при випробуваннях відбувалося по зоні з'єднання. Видно, що міцність з'єднання τ по довжині привареного шару знижується на 63 МПа (на 19,1 %), що мабуть, пов'язане з окисленням поверхні деталі в процесі приварювання електроконтактного порошкового матеріалу. Щільність покриття із порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 за довжиною привареного шару практично не змінється.

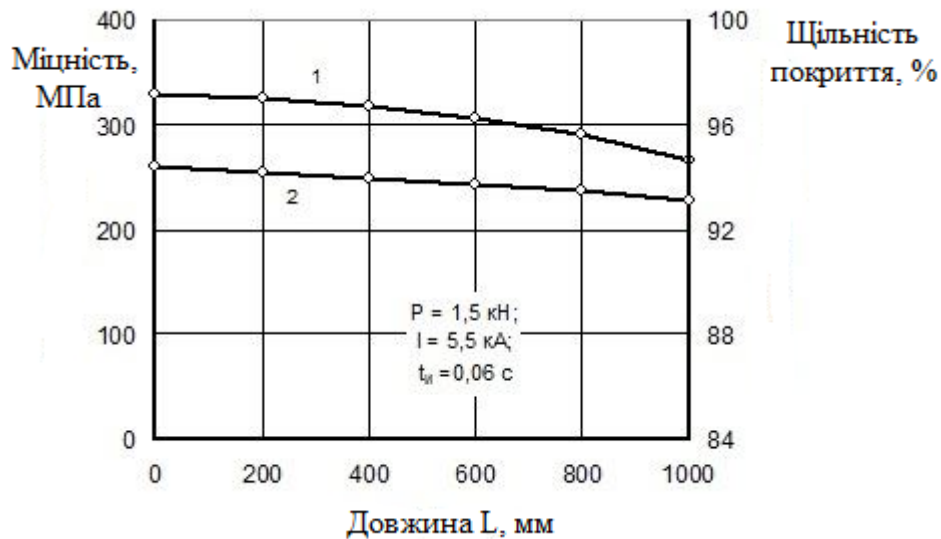


Рис. 2.10. Зміна міцності з'єднання та щільності покриття з порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 за довжиною привареного шару: 1 – міцність, 2 – щільність.

Висновки по розділу

Встановлено, що ударна в'язкість зразків з покриттям з порошку 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6, отриманих при оптимальному поєднанні параметрів режиму електроконтактного приварювання, має приблизно однакові значення з ударною в'язкістю зразків термооброблених до HRC 52...54 зміцнених електроконтактним приварюванням без подачі порошку, але дещо нижче, приблизно на 14 %, ударної в'язкості зразків зі сталі 65Г у вихідному стані. Відшаровування покриття у процесі випробувань не спостерігалось.

Встановлено, що зносостійкість покриттів із порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 та порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8 у 2,2 рази вища за зносостійкість зразків із сталі 65Г у вихідному стані та у 1,3...1,4 рази вище зносостійкості зразків з тієї ж сталі, термооброблених до HRC 52...54 і зразків зміцнених електроконтактним приварюванням без подачі порошку.

Встановлено, що корозійна стійкість зразків із покриттям з порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6 та порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % ВК8, отриманих за

оптимальних параметрів режиму електроконтактного приварювання у 3,3...3,8 рази вище за корозійну стійкість сталі 65Г. Показано, що щільність покриття з порошку 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 та 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8 становить 98,4 – 98,8%.

Встановлено, що міцність з'єднання покриття з основою по довжині привареного шару знижується приблизно на 63 МПа (на 19,1 %), що пов'язано з окисненням поверхні деталі в процесі електроконтактного приварювання порошкового матеріалу. Щільність покриття з порошку 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 по довжині привареного шару практично не змінється.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ДИСКОВИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТА ПОЛЬОВІ ВИПРОБОВУВАННЯ

На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень розроблена технологія зміцнення дискових робочих органів електроконтактним приварюванням порошкового матеріалу, що представляє собою суміш порошку ПГ-СР2 і порошку отриманого електроерозійним диспергуванням відходів твердого сплаву Т15К6.

Маршрут технологічного процесу зміцнення електроконтактним приварюванням порошкового матеріалу, що є сумішшю порошку ПГ-СР2 і порошку, отриманого електроерозійним диспергуванням відходів твердого сплаву Т15К6, представлений у табл.. 5.1.

Таблиця 5.1 – Технологічний процес зміцнення дискових робочих органів електроконтактним приварюванням порошкового матеріалу, що є сумішшю порошку ПГ-СР2 і порошку отриманого електроерозійним диспергуванням відходів твердого сплаву Т15К6

№	Найменування операції	Обладнання	Прилади та інструменти
005	Мийка 1. Промити робочий орган	1. Машина мийна ОМ-4610	Миючий засіб Лобомід 203, МС-37 концентрація 20 г/л, Т=80...90°С, протягом 10 хв.
010	Дефектувальна 1. Перевірити диск по трьом основним параметрам: - діаметру; - площинності; - внутрішньому діаметру	1. Дефектувальний стіл ПМД-70	Штангенциркуль ШЦ 700-01, ШЦ 160-01, Лінійка вимірвальна 1-1000

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4
015	Правка 1. виправити відхилення від площинності	Прес «ПГ-25» з формою	Пристосування для правки
020	Токарна 1. проточити до найблищого ремонтного розміру	Станок токарно-гвинторізний	Оправка спеціальна
025	Підготовча 1. Піскоструїть поверхню диска 2. Підготувати суміш порошків ПГ-СР2 і Т15К6 в рівному співвідношенні	1. Піскоструйна камера 2. Змішувач типу «п'яна бочка»	Окуляри захисні, рукавиці брезентові, ваги ричажні
030	Зварювальна 1. Закріпити диск на столі поворотного пристосування, так що б кут загострення був повернутий до поверхні стола. 2. порошкову суміш завантажити в бункер, який закріплений на поворотному пристосуванні. 3. Підвести роликові електроди до зміцнювальної поверхні і вмикнути установку. Одночасно включити подачу порошку в зону зварювання. 4. Приварити порошок по периметру диска: швидкість приварювання 1,0 м/хв.; зусилля стиснення електродів Р=1,5 кН; витрата охолоджуючої рідини 1-2 л/хв.	Установка 011-1-02 «Ремдеталь» Модернізований поворотній пристрій	Ключі гайкові з відкритим зівом двосторонні. Конструкція і розміри.

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4
035	Контрольна 1. Провести візуальний огляд привареного шару	1. Стіл дефектувальний ПМД-70	Лупа 4-х кратна, штангенциркуль, Скоба індикаторна. Шаблони.

Технологічний процес зміцнення дисків сошників зернових сівалок електроконтактним приварюванням порошкового матеріалу, являє собою суміш порошку ПГ-СР2 і порошку, отриманого електроерозійним диспергуванням відходів твердого сплаву ВК8, аналогічний технологічному процесу зміцнення дисків сошників зернових сівалок електроконтактним приварюванням порошкового матеріалу, що являє собою суміш порошку ПГ-СР2 і порошку відходів твердого металу Т15К6.

Оцінку працездатності дисків з покриттям з порошкового матеріалу 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6, нанесеним за розробленою технологією, було виконано за допомогою розробленої методики прискорених лабораторних випробувань дискових робочих органів сільськогосподарських машин і на основі результатів дослідно-промислового випробування.

При проведенні випробувань за цією методикою в якості зношувального середовища використовували електрокорунд білий марки 25А зернистістю 80...100 мкм. Час випробувань складав 165 годин. Випробуванням піддавали зразки, які вирізали з робочої зони дисків, виготовлених зі сталі 65Г, з покриттям з порошкового матеріалу 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6, нанесеним за розробленою технологією. Зразки мали такі розміри: 50×20×2,5 мм. Для порівняння аналогічним випробуванням піддавали зразки, вирізані з не зміцнених дисків і дисків, термооброблених до НРС 52...54. Аналогічно виготовляли зразки з покриттям порошкового матеріалу 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8.

Результати цих випробувань представлені на рис. 3.1. Видно, що зношування зразків має лінійний характер, при цьому зносостійкість зразків з

покриттям, отриманих електроконтактним приварюванням порошкового матеріалу 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 і 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8 приблизно в 3,2...3,4 рази вище зносостійкості зразків із сталі 65Г у вихідному стані, а також у 2,5...2,6 рази вище зносостійкості зразків, термооброблених до HRC 52...54.

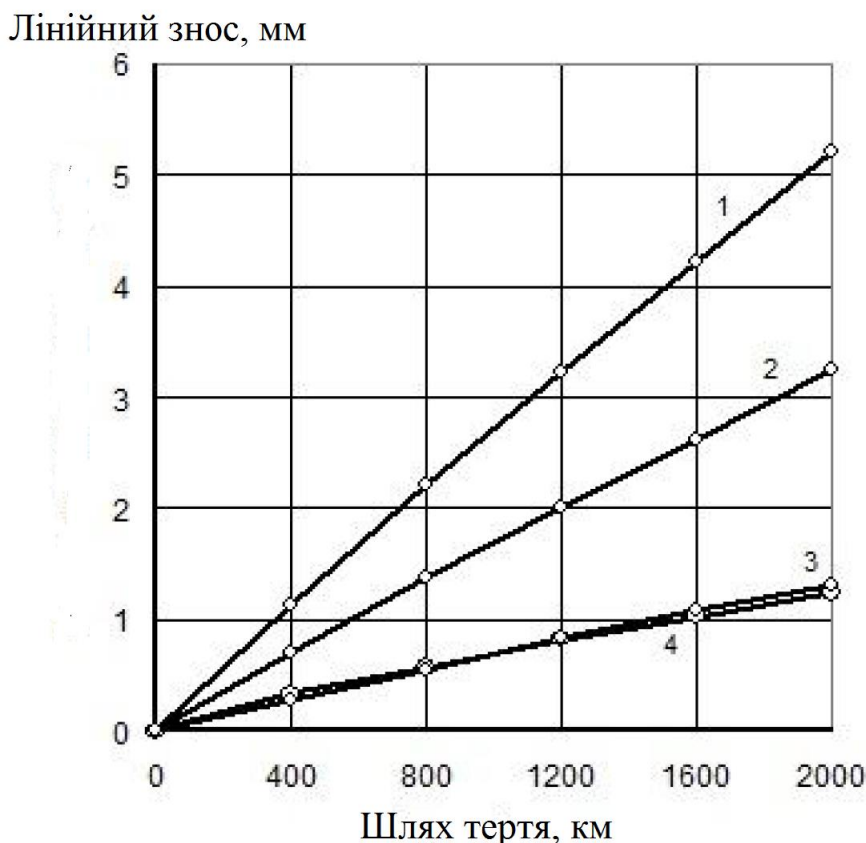


Рис. 3.1. Результати прискорених лабораторних випробувань зразків на абразивне зношування: 1 – сталь 65Г у вихідному стані; 2 – термообробка до HRC 52...54, 3 – з покриттям з порошкового матеріалу 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8, 4 – з покриттям з порошкового матеріалу 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6

Аналіз зовнішнього вигляду зразків після кожної серії випробувань (рис. 3.2) показав, що зразки з покриттям з порошкового матеріалу 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 або 50% ПГ-СР2 + 50% ВК8 зношуються в основному по потиличній частині леза диска з поступовим виходом на покриття і суттєво повільніше по ріжучій кромці, забезпечуючи при цьому самозагострювання ріжучої кромки (рис. 3.2 в). Диски оброблені до HRC 52...54, зношуються практично з однаковою інтенсивністю як по заточеній частині леза так і по ріжучій кромці з її затупленням (рис. 3.2, б). Аналогічна картина спостерігається і для дисків

сошників зі сталі 65Г у вихідному стані. При цьому процес зношування в цьому випадку протікає більш інтенсивно, ніж у термооброблених дисках (рис. 3.2, а).

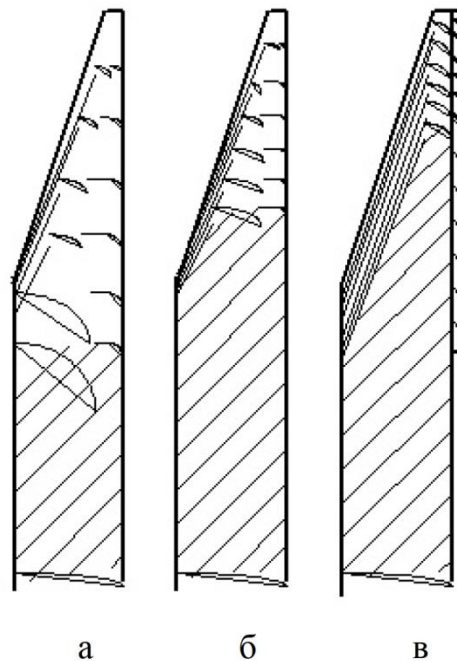


Рис. 3.2. Характер зміни профілю леза диска: а – сталь 65Г у вихідному стані; б – термообробка до HRC 52...54; в – зміцнення електроконтактним приварюванням порошкового матеріалу 50% % ВК8

Експлуатаційні випробування дисків, зміцнених електроконтактним приварюванням з використанням порошків, отриманих електроерозійним диспергуванням відходів твердого сплаву Т15К6, та серійних дисків зі сталі 65Г проводили в 2021 р. у ТОВ «Тако» Бердичівського району Житомирської області. Зміцнення дисків здійснювали у лабораторії кафедри «Машиновикористання та сервісу технологічних систем» Поліського національного університету (м. Житомир). При цьому було проведено зміцнення дослідної партії нових дисків електроконтактним приварюванням суміші в рівному співвідношенні з порошку ПГ-СР2 і порошку Т15К6, отриманого електроерозійним диспергуванням твердого сплаву Т15К6.

Диски були виготовлені зі сталі 65Г. Твердість дисків складала HRC 32...38. Електроконтактне приварювання порошку 50% ПГ-СР2 + 50% Т15К6 здійснювали з боку, протилежного куту загострювання дисків. Ширина шару,

що приварюється, становила 8,0 мм, товщина – 0,3...0,35 мм, твердість покриття, визначена на зразках-свідках, становила HRC 56...58.

Макродеформація та короблення дисків у процесі зміцнення електроконтактним приварюванням не спостерігалися.

Перед постановкою дисків на випробування в кожному з них свердлили по шість базових отворів, розташованих рівномірно діаметром (під кутом 60° відносно один одного) на відстані 50 мм від кромки леза. Перед випробуваннями і після випробувань заміряли розміри від базових отворів до кромки леза. Зношування визначали за різницею цих вимірів. Експлуатаційні випробування показали, що знос серійних (не зміцнених) дисків після того, як було оброблено 151 га, склав 0,4...0,5 мм по діаметру, а зміцнених – 0,05...0,1 мм. Для площі 275 га зношування не зміцнених дисків становило 0,6...0,65 мм за діаметром, зміцнених – 0,15...0,2 мм. При цьому в обох випадках по ріжучій кромці зміцнених дисків приварений шар виступав на величину 0,08 ... 0,15 мм.

Таким чином, експлуатаційні випробування показали, що електроконтактне приварювання порошкових композицій з використанням порошків, отриманих електроерозійним диспергуванням відходів твердих сплавів, дозволяє значно підвищити термін експлуатації дискових робочих органів

Висновки по розділу

Встановлено, що зносостійкість покриттів, отриманих електроконтактним приварюванням порошкового матеріалу 50 % ПГ-CP2 + 50 % T15K6 та 50 % ПГ-CP2 + 50 % BK8 приблизно в 3,2...3,4 рази вище зносостійкості зразків з сталі 65Г у вихідному стані, а також у 2,5...2,6 рази вище зносостійкості зразків, термооброблених до HRC 52...54. Відзначено, що леза дискових робочих органів з покриттям з порошку 50% ПГ-CP2 + 50% T15K6 або порошку 50% ПГ-CP2 + 50% BK8 зношуються в основному по потиличній частині з поступовим виходом

на покриття і істотно повільніше по ріжучій кромці, забезпечуючи при цьому її самозагострення.

Проведено експлуатаційне випробування дисків, зміцнених електроконтактним приварюванням порошку 50 % ПГ-СР2 + 50 % Т15К6, в умовах Житомирської області. Встановлено, що зношування не зміцнених дисків при напрацюванні 151 га склало 0,4...0,5 мм по діаметру, зміцнених – 0,05...0,1, а при напрацюванні 275 га – 0,6...0,65 мм та 0,15...0,2 мм відповідно. При цьому в обох випадках по ріжучій кромці зміцнених дисків приварений шар виступав на величину 0,08...0,15 мм.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що при оптимальних поєднаннях параметрів режиму електроконтактного приварювання суміші порошку ПГ-СР2 з диспергованими відходами твердих сплавів Т15К6 і ВК8 в рівному співвідношенні, міцність з'єднання покриття з основою становить 518 – 520 МПа, мікротвердість покриття – 988...1080 НV, мікротвердість зони термомеханічного впливу в сталі 65Г – 751...857 НV при її протяжності 0,3...0,35 мм, зносостійкість покриттів в 3,2...3,4 рази вище зносостійкості сталі 65Г у вихідному стані і в 2,5...2,6 рази вище зносостійкості цієї сталі, термообробленої до HRC 52...54, ударна в'язкість зразків з покриттям має приблизно однакові значення з ударною в'язкістю зразків, термооброблених до HRC 52...54 і на 14% нижче ударної в'язкості зразків із сталі 65Г у вихідному стані. Показано, що леза дисків сошників з покриттям зношуються в основному по потиличній частині з поступовим виходом на покриття і суттєво повільніше по ріжучій кромці, що забезпечує при цьому її самозагострення.

2. Встановлено також, що корозійна стійкість покриттів, одержаних електроконтактною приваркою суміші порошку ПГ-СР2 з диспергованими відходами твердого сплаву Т15К6 або ВК8 у рівному співвідношенні, в 3,3...3,8 рази вище корозійної стійкості сталі 65Г при щільності покриття 98,4...98,8%. Показано, що міцність з'єднання покриття з основою по довжині привареного шару знижується приблизно на 19,1%. При цьому густина покриття по довжині привареного шару практично не змінюється.

3. Металографічні дослідження показали, що дефекти типу пір, тріщин та несучільностей у зоні з'єднання відсутні. При цьому в зоні з'єднання має місце проміжний шар шириною не більше 0,5 мкм, утворений в результаті дифузії елементів, що входять до складу з'єднувальних матеріалів.

4. Розроблено технологію зміцнення дискових робочих органів сільськогосподарських машин електроконтактним приварюванням суміші

порошку ПГ-СР2 з диспергованими відходами твердого сплаву Т15К6 в рівному співвідношенні. Зазначено, що короблення та макродеформацій дисків у процесі зміцнення не відбувається. Експлуатаційні випробування показали, що зношування не зміцнених дисків при напрацюванні 151 га становило 0,4...0,5 мм по діаметру, зміцнених – 0,05...0,1 мм, а при напрацюванні 275 га – 0,6... 0,65 мм та 0,15...0,2 мм відповідно. При цьому в обох випадках ріжучою кромкою зміцнених дисків приварений шар виступав на величину 0,08...0,15 мм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Kalacska A. Baets P., Fauconnier D., Schramm F., Frerichs L., Sukumaran J. Abrasive wear behaviour of 27MnB5 steel used in agricultural tines. *Wear*. 2020. Vol. 442-443.
2. Аулін В. В., Тихий А. А. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами : монографія. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2017. 278 с.
3. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
4. Толочко Н.К., Сергеев Л.Е. Основы технологии сельскохозяйственного машиностроения. Минск : Белорусский государственный аграрный технический университет (БГАТУ), 2011. 304 с.
5. Войтов В.А. Про розташування матеріалів в парах тертя за твердістю та конструктивні способи підвищення зносостійкості. *Тертя та зношування*. 1994. Т.15. С.452-460.
6. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. Москва : Колос, 1973. 199 с.
7. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. Москва : Металлургия, 1968. 155 с.
8. Дворук В.І. Абразивна зносостійкість та структура легованих сталей. *Проблеми трибології*. 2012. №1. С.14-19.
9. Волков Ю.В. Долговечность машин работающих в абразивной бреде. Москва : Машиностроение, 1964. 117 с.
10. Борак К.В. Теоретичні передумови виникнення ефекту самозагострювання робочих органів дискових ґрунтообробних знарядь. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*

імені Петра Василенка [“Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві”]. 2012. Випуск 122. С. 179-187.

11. Jankauskas V. Analysis of abrasive wear performance of arc welded hard layers. *Wear*. 2008. Vol. 265, Issues 11 – 12. P. 1626-1632.

12. Kloeden P. E. Numerical Solution of SDE Through Computer Experiments : [monograph]. Berlin : Springer-Verlag, 1994. 292 p.

13. Титова И.В. Технология сельскохозяйственного машиностроения. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2019. 255 с.

14. Дудак С.М. Дискові ґрунтообробні знаряддя: основні параметри та особливості. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2007. Вип. 91. С. 368-371.