ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра технології та засоби механізації аграрного виробництва

Пояснювальна записка
до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти
«___*магістр*___»
бакалавр, магістр

на тему: «Дослідження термодифузійного зміцнення дискових робочих органів сільськогосподарської техніки»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
_Технології і засоби механізації__
сільськогосподарського виробництва__
назва ОПП
спеціальності __208___Агроінженерія_
код та найменування спеціальності
ступеня вищої освіти «магістр»_групи __
_____Синєвод Д. Г._____
Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти
Керівник: ___Канівець О. В._____
Прізвище та ініціали керівника

Рецензент: _____
Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2021 року

ЗМІСТ

ВСТУП……

1 СТАН ПРОБЛЕМИ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ……

1.1 Причини порушення працездатності робочих органів ґрунтообробної техніки ……

1.2 Аналіз способів і технологій підвищення зносостійкості робочих органів……

Висновки……..

2 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ……

2.1 Програма лабораторних досліджень ……

2.2 Лабораторна установка та обладнання ……

2.3 Методика проведення досліджень……

Висновки……

3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ……..

3.1 Розробка запалу для зміцнення дисків лущильника термодифузійним методом ……

3.2 Розробка форми для екзотермічного порошку ……

3.3 Дослідно-виробничі випробування термодифузійного зміцнення дисків лущильника……

Висновки……

4 РЕКОМЕНАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ……

4.1 Екологічна експертиза ……

4.2 Охорона праці ……..

4.3 Техніко-економічне обґрунтування досліджень……

Висновки……

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……...

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……

ВСТУП

Підвищення надійності сільськогосподарської техніки є однією із найважливіших передумов до забезпечення нашої країни необхідними продовольчими ресурсами. Показники надійності машин тісно пов'язані з підвищенням довговічності та працездатності їх робочих органів.

Останнім часом все більше на заміну відвальному способу обробітку ґрунту, який здійснюється плужними корпусами, приходить безвідвальний, ой здійснюється фрезами та дисками лущильників. Робочі органи ґрунтообробних машин інтенсивно зношуються. Тому їх доводиться часто замінювати, ремонтувати та відновлювати. Ефективним способом підвищення надійності робочих органів ґрунтообробної техніки є їх зміцнення, яке дедалі успішніше конкурує із відновленням.

У даний час використовуються різні методи зміцнення. Але їх використання потребує дорогого обладнання, яке споживає значну кількість електроенергії. Продуктивність існуючих методів зміцнення є недостатньо високою.

Водночас проблема підвищення працездатності деталей, що працюють у контакті із ґрунтом, залишається актуальною. Дослідження, що спрямовані на підвищення ресурсу робочих органів ґрунтообробних машин, мають важливе значення. Для сільського господарства важливо також розробити способи зміцнення, що окупаються в умовах дрібних ремонтних баз та малих підприємств.

Тому доцільною є розробка способу зміцнення деталей сільськогосподарської техніки із використанням альтернативних джерел енергії, що дозволить знизити споживання електроенергії і відмовитися від дорогого обладнання.

До таких способів належить, наприклад, термодифузійне зміцнення деталей машин. Він досить простий у реалізації, не вимагає дорогого обладнання, великої витрати електроенергії, високопродуктивний та маловитратний.

Мета роботи. Дослідити та вдосконалити технологію термодифузійного зміцнення деталей сільськогосподарської техніки на прикладі дисків лущильника.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження є деталі лущильника – диск лущильника, а також матеріали для їх зміцнення – екзотермічні та дифузійно-активні пасти та порошки.

Предмет дослідження. Визначення закономірностей впливу складів екзотермічних порошків та дифузійно-активних паст на енерговиділення та перебіг процесів нітроцементації сталей та формування фізико-механічних властивостей робочих поверхонь дисків лущильника.

Методи дослідження. Теоретичні положення ґрунтуються на методах теорії перебігу екзотермічних реакцій, теорії термохімічних процесів перебігу дифузії легуючих елементів у металах, положеннях математичної статистики та моделювання.

Наукова новизна.

1. Теоретично та експериментально досліджено вплив різних компонентів екзотермічних порошків на енерговиділення під час реакції горіння та на цій основі розроблено екзотермічний склад енерговиділяючого порошку, що забезпечує необхідну температуру для проведення зміцнення деталей протягом певного часу;

2. Теоретично та експериментально досліджено вплив компонентів дифузійно-активної пасти, на процес нітроцементації сталей та на цій основі розроблений склад пасти, що дозволяє отримати зміцнений шар на сталі глибиною 0,5 мм за короткий час;

РОЗДІЛ 1

СТАН ПРОБЛЕМИ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Причини порушення працездатності робочих органів ґрунтообробної техніки

Обробка ґрунту проводиться різними типами ґрунтообробних знарядь: плугами, лапами культиваторів, боронами, дисками лущильника та іншими. Грунт має абразивність (зношувальну або стираючу здатність), яка дуже сильно проявляється у зносі поверхні робочих органів сільськогосподарських машин, які взаємодіють із ґрунтом під час її обробки.

Основними агентами зносу робочих органів ґрунтообробної техніки є тверді мінеральні частинки кварцу та граніту, що становлять приблизно 36,6...70,8%. Потім за рівнем поширення йдуть: польовий шпат, слюда та інші мінерали. Твердість цих частинок становить 35...62 HRC [1].

При оранці ґрунту без кам'янистих включень напрацювання складових частин серійного лемешно-відвального плужного корпусу до наскрізного протирання носової частини лемеша, лицьової частини поверхні відвалу та дальньої частини польової дошки відбувається після вироблення 10...45 га на один леміш, 20...65 га на один відвал та 15...36 га на одну польову дошку [2].

При обробці ґрунту без кам'янистих включень інтенсивність зношування серійних стрілчастих лап до граничного кута затуплення носка та зменшення до граничної товщини леза становить 10...50 га одну лапу.

При обробці ґрунту без кам'янистих включень серійними лущильниками або дисками борін інтенсивність зношування до граничного діаметрального зносу становить 10...60 га на один диск лущильника або одну борону [3].

В силу абразивності потрібно домагатися, щоб твердість поверхневих шарів ґрунтообробних деталей сільськогосподарської техніки була вищою або

наближалася до твердих частинок ґрунту.

Обробка лущильниками передбачає обробку поверхневого шару товщиною 3...4 см. Він має меншу абразивність, ніж більш глибокі шари, де абразивна здатність вище у 3 до 8 разів. Тому останнім ґрунтообробним органам приділялася посилена увага. Внаслідок якого, були знайдені оптимальні методи підвищення зносостійкості та ресурсу на відміну від дисків лущильника.

В останні роки були проведені та впроваджені у виробництво розробки, що спрямовані на заміну тришарових сталей одношаровими. Випробування дослідних варіантів показали досить високу ефективність застосування монометалевих відвалів зі сталі 60С, що піддані ізотермічному гартуванню. Ресурс відвалів із цієї сталі перевищив ресурс серійних відвалів із тришарової сталі на 40..60%. Аналогічними способами було досягнуто збільшення всього лемешно-відвального плужного корпусу.

1.2 Аналіз способів і технологій підвищення зносостійкості робочих органів

Для підвищення ресурсу та надання лапам здатності самозаточуватись, на заводах сільськогосподарського машинобудування леза роблять двошаровими, наплавляючи з тильного боку твердий зносостійкий сплав. В результаті швидшого зношування при роботі в ґрунті основного матеріалу лап і виступу з-під нього наплавленого по кромці твердого шару таке лезо самозаточується. Ці лапи добре підрізають бур'ян, а термін служби їх без ремонту збільшився в 10... 12 разів у порівнянні зі звичайними одношаровими лапами.

Великий внесок у вивчення питань зношування робочих органів ґрунтообробних машин та розробки методів підвищення їх надійності зробили: Аулін В. В. [4], Дудніков А. А. [5], Дудник В. В. [6], Канівець О. В., Горбенко О. В., Палаш В. М, Назар І. Б. [7], Голубєв І .Г., Цуркан О. В.[8],

Єрохін М.М., Краснощоков Н.В., Крагельський І.В., Костецький Б.І., Львів П.М., та багато інших вчених.

Дослідники Палаш В. М та Назар І. Б. здійснили роботу напрямку способів підвищення зносостійкості дисків сошників. Встановлено, що найбільшу зносостійкість мають диски, загартовані в соляній ванні при температурі 270°С ізотермічною витримкою 30хв. Також досліджено можливість виготовлення самозаточуваних лез сошників шляхом нанесення на їх леза зносостійкого чавуну електроімпульсним способом. Під час випробувань зносостійкість дисків, виготовлених із сталі 65Г, підвищувалася на 19...26 %, а нарощування чавуну було доведено до 33...49 %.

Це говорить про те, що зазначені технологічні способи не вирішують повністю проблеми зносостійкості дискових ґрунторізальних робочих органів і можуть бути використані лише як приватне рішення, наприклад, при підвищенні ресурсу дисків сошників, які експлуатуються під кутом атаки 3...7°, тобто у менш жорстких умовах, порівняно з іншими робочими органами. Крім цього, необхідно зазначити, що електроімпульсне нарощування є малопродуктивним методом.

Також проводились випробування дисків лущильників з двошарового прокату. Прокат був виготовлений у вигляді двошарового листа композиції Х6Ф1 + сталь 50. Диски виготовляли за кресленням стандартного диска БТ-401 із заточенням з боку опуклості. Випробування показали, що диски з двошарового прокату мали знос діаметром в 2,2...2,8 рази менше в порівнянні з серійними дисками, але також зазначалося, що процес самозаточування стабільний не у всіх дисків. Через неякісний прокат було знято з випробувань 60% дисків. Виготовлення дисків з біметалічного прокату невиправдане та економічно невигідне, тому що при цьому в процесі роботи диска використовується лише 15 % біметалевого матеріалу [9].

Назаром І. Б. [10] було розроблено та випробувано метод приварювання по ріжучій кромці диска зносостійкої шини. Приварювання здійснювалося зносостійкою шиною з інструментальної сталі Х6ВФ розміром 0,8х15,0 мм.

Заточування виконувалося з внутрішньої сторони диска. Зварювання здійснювали на установці, виготовленій на базі контактної машини МШПР 300/1200. Процес зварювання поєднувався із процесом термообробки. Твердість після приварювання з одночасною термообробкою становила HRC 56...60. Випробування показали, що розроблений метод дозволяє підвищити зносостійкість дисків у 2,5...3,0 рази, але має низку суттєвих недоліків.

З вказаних причин контактне приварювання стрічки не знайшло застосування у виробництві дискових робочих органів.

У Національному університеті біоресурсів і природокористування України розроблено технологію зміцнення дисків лущильників полімерними матеріалами. Випробування показали, що у дисків самозагострення не спостерігається, але підвищення; зносостійкість у порівнянні з серійними дисками становило майже в 2 рази. Однак цей метод також малопродуктивний.

У Вінницькому національному аграрному університеті [11] та Полтавському державному аграрному університеті [12] проводили роботи з пошуку нових способів підвищення зносостійкості ґрунтообробних робочих органів вібраційним способом.

Як видно з викладеного вище, досі не знайдено достатньо ефективного способу підвищення зносостійкості дисків, хоча дедалі більше впроваджуються безвідвальні способи обробітку ґрунту. Але незабаром диски лущильника займуть пріоритетне місце серед землеобробних робочих органів сільськогосподарської техніки.

Будь-які методи термічної або термомеханічної обробки дисків зі сталі 65Г (або подібної до неї) здатні підвищити їх зносостійкість (порівняно з серійними, тобто об'ємно-термообробленими дисками) лише на 25...45%. Технології виготовлення біметалічного леза із застосуванням; сталей Х6Ф1 або Х6ВФ (прокатка, контактне плакування) поки не відпрацьовані, і малоймовірно, що вони знайдуть застосування в робочих дискових органах.

Такий висновок можна зробити, ґрунтуючись на наступних фактах:

– для збереження високої динамічної міцності більшість робочих органів

борін та лущильників потребують об'ємної термообробки, яку технологічно складно здійснити;

– умови роботи дискових робочих органів, що зумовлюють використання у їх виробництві пружинної сталі, визначають необхідність високої міцності зчеплення зносостійкого матеріалу з основою, що не завжди вдається одержати при згаданих технологічних процесах;

– при виготовленні диска з біметалу в процесі роботи використовується всього 15% біметалевого матеріалу;

– сталі Х6Ф1 і Х6ВФ поступаються за зносостійкістю твердим сплавам на основі високолегованих чавунів.

Аналіз літератури показує, що для підвищення зносостійкості дискових ґрунтообробних робочих органів найбільш ефективним є застосування технологій зміцнення, так як в порівнянні з іншими способами утворення захисного покриття (напилення, наплавлення шару металу, гальванічні покриття та інші) хіміко-термічна обробка забезпечує найбільш плавну зміну складу та механічних властивостей у поверхневому шарі При цьому немає проблем з адгезією між отриманими шарами.

У результаті виходить висока зносостійкість із збереженням пружності внутрішнього шару деталі. А це важливо, тому що диски лущильника працюють не лише в умовах абразивного зношування. При наїзді дисків на перешкоди у ґрунті у вигляді каменів, ґрунтових ущільнень, твердих ділянок, навантаження на робочі органи за час 0,04...0,1с збільшується в 10 разів і більше у порівнянні із середнім її значенням за нормальної оранки. Пружна серцевина запобігає поломці диска при ударному навантаженні.

У літературі описані технології зміцнення у різних середовищах. При цементації у твердому карбюризаторі деталі поміщають у сталевий ящик і засипають карбюризатором. Як карбюризатор застосовують суміш подрібненого деревного вугілля і карбонатів. Карбонати додають до деревного вугілля в кількості 10...40%.

Деталі завантажують у ящик з карбюризатором так, щоб з усіх боків

вони були оточені карбюризатором і не стикалися один з одним, зі стінками та дном ящика. Ящик закривають кришкою, зазор між ящиком та кришкою замазують вогнетривкою глиною, завантажують у піч та нагрівають до температури 920...950 °С. Твердість одержаного шару становить HRC 58...60. Основний недолік цементації у твердому карбюризаторі – тривалість процесу. Для одержання цементованого шару 0,3...0,6 мм процес триває 3...6 год [13].

Газова цементація – більш досконалий та прогресивний процес порівняно з цементацією у твердому карбюризаторі. При газовій цементації насичення поверхні сталевих деталей атомарним вуглецем відбувається у газовому середовищі. Деталі нагрівають до температури 920...950°С у спеціальних герметично закритих печах, у які безперервно подається вуглецевмісний газ. Для газової цементації використовують природні та штучні гази, а також рідкі карбюризатори (гас, бензол, піробензол та інші). Рідкий карбюризатор зазвичай крапельним методом подають у робочий простір печі. При високій температурі відбувається розкладання рідкого карбюризатора з утворенням вуглецевмісного цементуючого газу. Основним недоліком даного способу є дороге обладнання та споживання великої кількості електроенергії. Твердість зміцненого шару досягає HRC 59...61.

Процес азотування сталевих деталей проводять при їх нагріванні в аміаку (NH3) при температурі 500...550°С. Для азотування деталі нагрівають у спеціальних герметично закритих печах, через які пропускають NH3.

За високої температури аміак розкладається з утворенням атомарного азоту. Атомарний азот адсорбується на поверхні сталевих деталей і за рахунок різниці концентрацій на поверхні і всередині деталі дифундує в поверхневий шар на певну глибину.

Азотування застосовують для підвищення твердості, зносостійкості, межі витривалості та корозійної стійкості. Азотування сприяє підвищенню міцності втоми (межа витривалості). Це викликано тим, що поверхня азотованої деталі відчуває напругу стискування. Це викликає підвищення межі витривалості, оскільки причиною утворення втомних тріщин в поверхневому

шарі деталі є розтягуючі напруження.

Основний недолік азотування – тривалість процесу. Для отримання азотованого шару завтовшки 0,3...0,6 мм процес триває 24...60 год при температурі 500...520°С. Твердість зміцненого шару дорівнює HRC 58…60.

Ціанування – це процес одночасного насичення поверхні сталевих деталей вуглецем та азотом. Найбільш поширене ціанування у розплавлених ціаністих солях. При цьому способі деталі нагрівають і витримують при температурі 820...960°С розплавлених солях, що містять ціаністий натрій NaCN. Для отримання шару товщиною 0,15...0,35 мм ціанування ведуть при температурі 820...860° С витримкою 30...90 хв у ціаністих ваннах, що містять NaCN – 20...25%, NaCl – 25...30% та Na2CO3 – 25...50%.

Недоліком процесу ціанування є отруйність ціанистих солей. Тому ціаністі ванни встановлюють в окремому приміщенні з місцевою вентиляцією ванн. Твердість поверхневого шару дорівнює HRC 58...62.

Іонна хіміко-термічна обробка пов’язана з катодним очищенням поверхні деталі при тиску приблизно 20 Па і напрузі 1000 В. В результаті бомбардування позитивними іонами деталь розігрівається до заданої температури і азотується в робочій суміші газів. Якщо температура деталі недостатня для азотування, застосовують додатковий радіаційний нагрів. Твердість зміцненого шару HRC 57...59. Недоліком цього способу полягає в дорогому обладнанні та великому споживанні електроенергії.

Лазерне зміцнення здійснюється лазерними установками високої частоти. Деталь встановлюється на спеціальну поверхню, після чого йде лазерна обробка деталей. Твердість зміцненого шару досягає 58...60 HRC. Недолік даного методу полягає в тому, що обробку деталі можна вести тільки із зовнішнього боку та глибина зміцненого шару становить 0,4...0,5 мм. Крім цього, установка дуже дорога та споживає багато електроенергії [14].

При хіміко-термічній обробці струмами високої частоти (СВЧ) на поверхню виробу наносять дифузійно активну пасту, яка складається з 60% активованого вугілля, 20% жовтої кров’яної солі, 10% вуглекислого барію або

натрію. Нагрівання виробу здійснюють у спеціальних СВЧ печах. Твердість поверхневого шару становить HRC 58...62.

Цей спосіб добре використовують у тих випадках, коли потрібна місцева хіміко-термічна обробка виробу. Недоліками цього способу є велике споживання електроенергії та дороге обладнання [15].

Як видно, у перерахованих методах зміцнення використовують дороге стаціонарне обладнання, дорогі витратні матеріали, споживається велика кількість електроенергії за малої продуктивності.

Термодифузійний спосіб зміцнення дифузійно-активними пастами відрізняється від попередніх тим, що в ньому не використовують рідкісне, дороге обладнання і не споживається велика кількість електроенергії. Він ґрунтується на використанні альтернативних джерел енергії, які виділяють теплову енергію при згорянні екзотермічних складів [16].

Дана технологія зміцнення полягає в тому, що на деталь наносять почергово та окремо два склади. Першим шаром наносять дифузійно-активну пасту, яка дозволяє легувати поверхневий шар деталі переважно азотом, але також і вуглецем. В результаті підвищується міцність і твердість поверхневого шару деталі, що зазнала даної обробки. Дифузійно-активна паста складається з жовтої кров'яної солі (80%) та карбонату натрію (20%) [17].

Деталь розміщують у спеціальну форму, що виготовлена з паперу, в яку заливається екзотермічна паста. Складається вона з алюмінієвого порошку (25%), терміту (35%), підігріваючих (15%) і уповільнюючих (25%) добавок. Залита форма ставиться у металеву скриньку. У екзотермічну пасту вставляється електричний запал, засипається піском та підпалюється електричним способом. Внаслідок чого йде згоряння екзотермічної пасти з виділенням теплової енергії, яка сприяє насиченню поверхневого шару деталі елементами дифузійноактивної пасти. Після згоряння екзотермічного складу та охолодження деталь витягується та очищається від шлаків. Після відбувається витримка в муфельній печі протягом 5 хвилин при температурі 860°С з подальшим загартуванням у воді.

Твердість шарів при обробці пастами становить HRC 50...55. Цю технологію застосовували для обробки деталей шасі літака [18].

До недоліків даного способу необхідно віднести займання екзотермічної пасти електрозапалами та відсутність методики розрахунку. Даний метод випробуваний та впроваджений на малій кількості деталей, сталей та сплавів, а також не налагоджено промислове виробництво терміту.

Термітні екзотермічні склади застосовуються при паянні алюмінієвих проводів високовольтних ліній електропередач. Технологія полягає в тому, що дроти, кінці яких підлягають зварюванню, розміщають у спеціальну вогнетривку форму, після чого форма засипається екзотермічним порошком, який складається з алюмінію – 75%, терміту – 25%, і підпалюється термітним сірником. При згорянні екзотермічного порошку виходить алюміній та шлаки. Після остигання форма знімається, видаляються шлаки, залишається очищене зварне з'єднання, що являє собою два кінці дроту залитих алюмінієм [19].

Крім цього, екзотермічні склади застосовуються і при зварюванні рейок. Технологія полягає в тому, що на стик між рейками з обох боків накладаються металеві накладки. Зверху над стиком встановлюється спеціальний тигель, куди засипається екзотермічна суміш, що складається з алюмінію – 17%, терміту – 67%, хрому – 0,5%, нікелю – 0,5%, дрібно подрібнених цвяхів – 15%. Після цього цей склад підпалюється термітним сірником. При згорянні екзотермічної суміші виходить розплавлене залізо з невеликим відсотком хрому та нікелю, яке заливається у стик між рейками, а шлаки залишаються у тиглі. Після остигання, накладки та тигель прибирають, шов обробляється шліфувальною установкою [20].

З вищевикладеного видно, що останнім часом екзотермічні склади знаходять все більше застосування в технологіях, пов'язаних з різними галузями промисловості, що спричинило збільшення виробництва терміту і створило сприятливі умови для використання хіміко-термічної обробки дифузійно-активними пастами і екзотермічними складами для зміцнення.

Можливо використовувати даний метод для зміцнення дисків

лущильника, але при цьому потрібно врахувати, що дифузійно-активна паста на основі жовтої кров'яної солі, що застосовується в даній технології, дає меншу твердість (HRC 50...55), ніж дифузійно-активна паста на основі активованого вугілля (HRC 58...62), що застосовується при зміцненні деталей у печах СВЧ.

Але є й перевага. Вона полягає в тому, що при зміцненні за допомогою пасти на основі жовтої кров'яної солі йде насичення поверхні деталі не одним видом компонента, а двома. Перший – вуглець, підвищує твердість, а другий – азот, який крім твердості, пластифікує оброблений матеріал.

Процес одержання атомарного вуглецю та азоту при зміцненні дифузійно-активними пастами з активованого вугілля; жовтої кров'яної солі та вуглекислого барію в літературі добре вивчений та описаний. Також описано і одержання з атомарного вуглецю та азоту карбідів та нітридів у зміцненому шарі. Отже, хімічний та фазовий склад зміцненого шару вивчати не потрібно, оскільки він вивчений, і достатньо контролювати лише твердість.

Як раніше зазначено, зміцнений шар диска лущильника повинен мати не тільки високу твердість, щоб протистояти абразивному зношування, але й мати пружність, щоб запобігти поломці диска при наїзді на камінь або тверді ущільнення в грунті. Тому він має бути насичений не тільки вуглецем, щоб забезпечити твердість не менше 58...62 HRC, але й азотом, щоб підвищити його пружно-пластичні властивості. Однак у відомій нам літературі відсутні рекомендації по рецептурі складів дифузійно-активних паст, що забезпечують зазначені властивості зміцнених шарів.

Необхідно зазначити, що у літературі склади дифузійно-активних паст розроблені для конкретних марок сталей. Однак для зміцнення сталі 45, з якої виготовлений диск лущильника, таких рекомендацій немає. Відсутні відомості про проведення зміцнення дисків лущильника термодифузійним методом. Тому необхідно уточнити склад та екзотермічного порошку.

Як і у випадку з дифузійно-активними пастами, склади екзотермічного порошків у літературі розроблялися стосовно конкретних деталей і сталей, але

будь-які загальні рекомендації щодо вибору необхідних компонентів відсутні.

Можна було б запозичити такий склад з технологій, що застосовують екзотермічні склади на основі терміту (наприклад, з технології зварювання рейок, паяння проводів, зміцнення екзотермічним методом), але в них співвідношення терміту, як основного окислювача, і алюмінію, як основного відновника, при екзотермічних реакціях варіює в дуже широких межах – терміт 25...67%, алюміній 17...75%. Аналогічно змінюються технологічна температура та час обробки. Варіювання режиму легування здійснюється за рахунок добавок, що уповільнюють, склад яких теж дуже різноманітний. Крім цього, температура займання порошків також має досить широкий діапазон (від 700°С до 1200°С) через застосування різних добавок. Таким чином, у літературі відсутні й загальні теоретичні рекомендації щодо вибору режимів обробки, оскільки для кожної технології вони розроблялися окремо. Отже, для вибору необхідної температури проведення термодифузійного зміцнення дисків лущильника потрібно провести дослідження теплового ефекту екзотермічної реакції.

Вжиті заходи дозволяють зміцнювати диски лущильника не лише на великих промислових заводах, а й у малих ремонтних та сільськогосподарських підприємствах.

Висновки

1. Проведено аналіз способів відновлення робочих органів сільськогосподарських машин показав їх різноманіття. Основними недоліками є складність технологічних процесів поверхневого зміцнення та значна коштовність відновлення.

2. Термодифузійний метод зміцнення є альтернативним недорогим способом зміцнення дисків лущильника, який потребує уточнення технологічних режимів процесу.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма лабораторних досліджень

Підвищення надійності деталей грунтообробної техніки, що швидко зношуються, є актуальним і не вирішеним дотепер завданням. В даний час при ґрунтообробці все ширше застосовуються технології поверхневої обробки без оборотів пластів, при якій пріоритетне значення набувають диски лущильника. Їхня довговічність потребує вдосконалення.

Ефективним, недорогим, простим способом зміцнення є хіміко-термічна обробка екзотермічним методом. Для цієї мети застосовують дифузійно-активні пасти та екзотермічні склади. Однак для зміцнення лущильника такі склади не розроблені. Суттєвого доопрацювання потребує оснащення.

Електричний спосіб підпалу екзотермічного складу потрібно замінити на вогнепровідний. Однак він не розроблений. Не розроблені форми для застосування екзотермічного порошку на деталі. Потребує вдосконалення загальна методика розрахунку теплового ефекту екзотермічної реакцій. Яка дозволила б швидко та точно вибрати потрібні режими та компоненти для зміцнення.

Відповідно до технологічного процесу насамперед теоретично досліджували тепловий ефект екзотермічних реакцій. Після цього експериментально досліджували тепловиділяючі компоненти при екзотермічних процесах, якими є окислювачі та відновники. Потім досліджували вплив добавок на швидкість і температуру екзотермічних реакцій. Вибрані на основі цих досліджень склади екзотермічної пасти, умови тепловиділяючих реакцій стали основою для вирішення питання впливу екзотермічного складу на температуру нагрівання деталі. Наступним етапом була розробка дифузійно-активного складу.

Склад зміцнювальної пасти та режими процесу були кориговані від результатів лабораторних досліджень якості зміцнених шарів на зразках, а потім на деталях. Паралельно відпрацьовувалися питання вдосконалення форм, запалів та іншого оснащення, необхідного для здійснення технологічного процесу.

Результати лабораторних випробувань дозволили удосконалити технологічний процес термодифузійного зміцнення дисків лущильника та реалізувати його у дослідно-виробничих умовах.

2.2 Лабораторна установка та обладнання

Установка для розробки екзотермічних та дифузійно-активних складів та вибору технологічних режимів включала апаратуру для приготування та вивчення складу шихти для термодифузійного зміцнення зразків (рисунок 2.1).

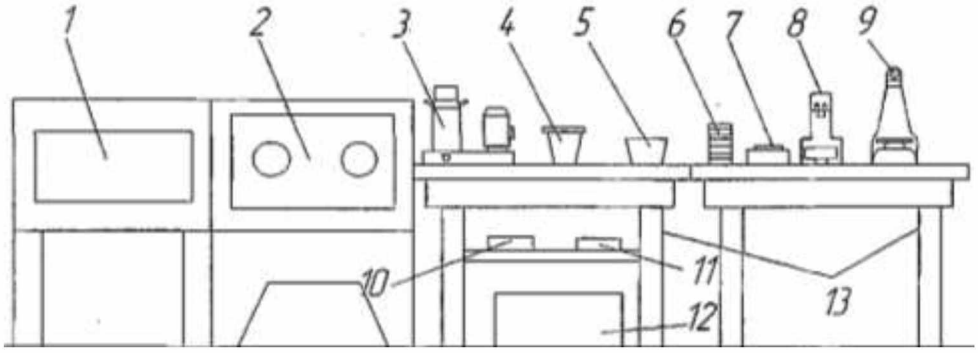

Рисунок 2.1 – Схема лабораторної установка для розробки екзотермічних та дифузійно-активних складів: 1 – муфельна піч типу СНО; 2 – піскоструминна камера КСВ; 3 – дробарка КІД - 60; 4 – тигель; 5 – ступа; 6 – сито лабораторне; 7 – ваги; 8 – мікроскоп МБИ-11; 9 – твердомір; 10 – тепловізор; 11 – термопари; 12 – опока; 13 – стіл.

Приготування окислювального складу здійснювалося за допомогою тигля (рисунок 2.2) заввишки 200 мм, шириною 180 мм в печі муфельної типу СНО з внутрішніми розмірами робочої камери 1200х600х500 мм і

максимальною температурою нагріву 1250 °С. Потужність – 35 кВт (рисунок 2.3).

Рисунок 2.2 – Чавунний тигель

Рисунок 2.3 – Муфельна піч типу СНО

У піскоструминній камері проводили підпали експериментальних екзотермічних складів (рисунок 2.4). Установка має габаритні розміри: висота 2100 мм; ширина 1120 мм; довжина 1700 мм; завантажувальний отвір – 980×300 мм; оглядове вікно 530×205 мм.

Рисунок 2.4 – Піскоструминна камера КСВ (витяжна система знята)

Для подрібнення компонентів екзотермічного та дифузійного складів до потрібної грануляції використовували конусну дробарку КИД-60, яка має наступні технічні характеристики: довжина 350 мм, ширина 230 мм, висота 380 мм; діаметр основного конуса 60 мм. (рисунок 2.5). Її продуктивність залежить від розміру робочої щілини і властивостей матеріалу, що переробляється, і становить до 10 кг/год. Крупність дробильного продукту – 0,1 мм. Потужність приводу – 0,55 кВт.

Рисунок 2.5 – Дробарка КИД-60

Для поділу на фракції компонентів енерговидільних та дифузійно-активних складів використовували лабораторні сита з діаметром решета від 0,1 до 3 мм (рисунок 2.6).

Рисунок 2.6 – Лабораторні сита

Для вивчення мікроструктури поверхневого шару зміцнених зразків та вимірювання їх мікротвердості за системою Віккерса використовували мікроскоп МБИ-11 зі збільшенням до 500 разів. (рисунок 2.7).

Рисунок 2.7 – Мікроскоп МБИ-11

Для вимірювання температури горіння екзотермічних складів використовували тепловізор (рисунок 2.8) з діапазоном вимірювання температури від -70°С до +1700°С.

Рисунок 2.8 – Тепловізор

Для вимірювання температури сталевих зразків використовували платино-родієві термопари, що підключені до амперметра (рисунок 2.9).

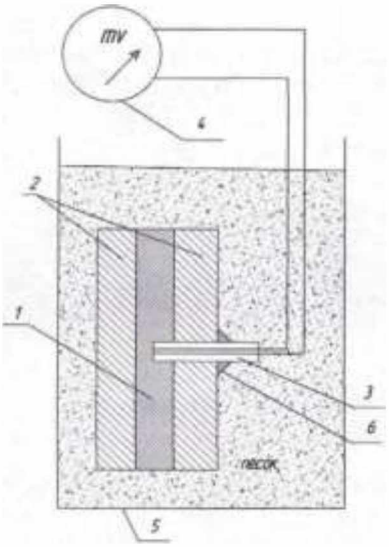

Рисунок 2.9 – Схема вимірювання температури плоского зразка платино-платиново-родієвою термопарою при двосторонньому розташуванні термітного порошку: 1 – зразок; 2 – екзотермічний склад; 3 – термопара в ізоляторі; 4 – гальванометр; 5 – металевий ящик з піском; 6 – кріплення термопари окисом хрому із силікатним клеєм.

Зміцнення дисків лущильника здійснювалося в опоку, що виготовлена із звареного листового металу завтовшки 5 мм (рисунок 2.10).

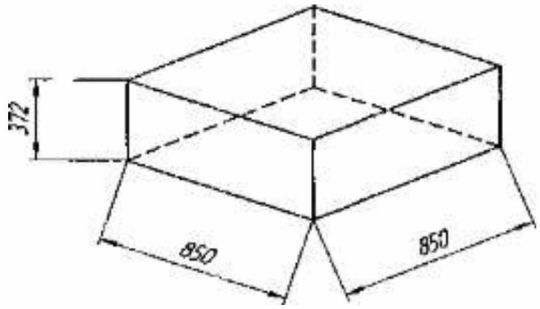

Рисунок 2.10 – Опока для зміцнення дисків лущильника

Експериментальний вибір компонентів нагрівальних складів з окислювачами NaNO3 та Fe3O4 проводили порівнянням температури нагріву плоских зразків, виготовлених із сталі 45.

При розробці екзотермічного складу використовували компоненти, зазначені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Компоненти для розробки екзотермічного складу

Матеріал	Маса складу, грам	Чистота матеріалу	ГОСТ	Грануляція
Сплав (Mg, Al)	1...100	ЧДА	1583-93	0,1...1
Fe3O4	1...100	ЧДА	9.058 - 75	0,1...1
NaNO3	1...100	ЧДА	828 - 77	0,1...1
SiO2	1...100	ЧДА	22552.1 -77	0,1...1
Графіт	1...100	ЧДА	7293 - 85	0,5...3
Металева насічка	1...100	Сталь 45	4028 - 73	1...3
MgO	1...100	ЧДА	8136 - 85	0,1...1
Cr2O3	1...100	ЧДА	5382 - 91	0,1...1
A12O3	1...100	ЧДА	2642.4 - 97	0,1...1
NaF	1...100	ЧДА	4463 - 76	0,1...1

При розробці дифузійно-активного складу використовували компоненти, зазначені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Компоненти для створення дифузійно-активного складу

Матеріал	Маса у складі, г	Чистота матеріалу	ГОСТ	Грануляція, мм
K4Fe(CN)6	1...100	ЧДА	6816 - 79	0,1...0,5
BACO3	1...100	ЧДА	2149 - 75	0,1...0,5
Активоване вугілля	1...100	ЧДА	6217 - 74	0,1...0,5

2.4 Методика проведення досліджень

Для реалізації екзотермічного зміцнення дисків було вирішено використовувати дифузійно активну частину у вигляді пасти, яка наноситься на підготовлену поверхню у вигляді шару певної товщини. Потім деталь висушується на повітрі і поміщається до екзотермічного складу, який використовується у вигляді пасти або порошку. При розробці технології дослідним шляхом було встановлено, що краще використовувати екзотермічний складу у виді порошку.

Методика дослідження термодифузійного зміцнення передбачала вибір складу екзотермічної пасти, до якої повинні входити Al, Mg, NaNO3, Fe3O4, SiO2. Основними компонентами екзотермічної пасти є порошки Al та Mg.

В екзотермічному складі Al є основним термоактивним компонентом а Mg знижує температуру займання. Тому насамперед необхідно було розробити такий склад, у якому відбувалося найбільше виділення тепла із найменшою температурою займання.

Необхідно зазначити, що NaNO3 ефективно знижує температуру займання, але призводить до появи газоподібних продуктів реакції. Тому частину його замінювали Fe3O4, підбираючи експериментально оптимальне співвідношення компонентів, що відповідає вимогам: найменше виділення газів, найменша температура запалення, найбільший тепловий ефект.

У зв’язку з тим, що для успішного проведення реакції необхідно підтримувати потрібну температуру протягом певного проміжку часу, до

складу суміші вводили сповільнювачі, якими служили порошки SiO2, MgO, Cr20з, A12O3, графіт та інші уповільнювачі здійснювали з урахуванням наступних показників забезпечення горіння екзо складу протягом тривалого часу (5...10 хвилин) за найменшого споживання теплової енергії з урахуванням економічних критеріїв.

В першу чергу визначали найбільш оптимальний склад суміші активованого вугілля та жовтої кров'яної солі, який давав найбільшу твердість та глибину зміцненого шару. Після чого визначали кількість каталізатора дифузійно-активної пасті, який збільшував глибину і твердість зміцненого шару. Після вибору екзотермічного та дифузійно-активного складу здійснювали вибір сполучних для дифузійноактивної пасти, в якості яких служили різні клеї та гудрон, розчинений у бензині.

Якість отриманого шару контролювали, вивчаючи товщину зміцненого шару зміни його твердості від поверхні в глибину зразка на поперечному шліфі. Для приготування шліфу зразок розрізали за середнім перерізом. Про рівномірність розподілу легуючих елементів сталі судили зі зміни твердості поверхні зразка, вимірюючи її за єдиною схемою.

Заключним етапом був вибір способу займання екзотермічного складу, причому використовували різні види запалів.

Запали розробляли з урахуванням таких вимог. Насамперед враховували, що екзотермічний склад при термодифузійному зміцненні знаходиться разом із деталлю у піску на глибині 100 мм. До нього потрібно доставити полум'я. Для цього застосовували вогнепровідний полімерний шнур. При розробці запалювального складу запалу враховували, що температура горіння запалу повинна бути вищою, ніж займиста температура екзотермічного складу на 10°С.

Для визначення складу зміцнених шарів використовували кількісний металографічний аналіз методом Розиваля. За цим методом площі фаз обчислюють за довжинами відрізків прямий, що потрапили на кожну фазу відповідно до принципу Кавальєрі. Відрізки прямої вимірюють за допомогою

шкали окулярмікрометра, що вставляється в окуляр 7х.

Для вирішення задачі необхідно: підрахувати кількість малих поділок шкали, що потрапили на карбонітриди в 10 полях зору, та визначити об'ємний вміст за формулою:

$$V_{\text{гр}} = \frac{\sum a_{\text{ср}} \cdot 100}{l}, \tag{2.1}$$

де $\sum a_{\text{ср}}$ – середня сума відрізків шкали в поділах окулярмікрометра, що потрапили на графіт на довжині однієї шкали;

l – довжина шкали.

Розрахувати вагову кількість графіту за формулою:

$$V_{\text{гр}} = \frac{V_{\text{гр}} \cdot 2{,}3}{V_{\text{гр}} \cdot 2{,}3 + V_{\text{осн}} \cdot 7{,}8} \cdot 100\%, \tag{2.2}$$

де $V_{\text{осн}}$ – % основи, що становить $(100 - V_{\text{гр}}$.

Основними показниками, що характеризують властивості зміцненого шару, служили твердість, абразивна зносостійкість, міцність та ударна в'язкість.

Твердість вимірювали згідно з ГОСТ 9013-79 за шкалою Роквелла на твердомірі ТК-2М. Вимірювання твердості за шкалою Віккерса ГОСТ 2999-79, а також мікроструктурний аналіз проводили на мікроскопі.

Дослідження на абразивну зносостійкість проводили відповідно до ГОСТ 23207-78 на приладі ИМ-1. Повторність дослідів становила – 4...5 разів.

Порядок проведення досліджень був наступний: зразок поміщали в оправлення і закріплювали гвинтом у спеціальний затискач, після чого оправку прибирали, включали обертання еластичного ролика діаметром 25 мм, виготовленого з технічної гуми. У зону зіткнення ролика і зразка подавали сипучий абразив, який був корундовий пісок з розміром частинок діаметром 0,2 мм ГОСТ 8138 - 84. Через деякий час обертання ролика відключали, зразок

вилучали, промивали бензином, висушували та зважували. Зношування визначали по різниці маси зразка до початку випробувань. Випробовували по 5 зразків, вирізаних з диска: лущильника, виготовленого зі сталі 65Г, загартованої після нагрівання до 870°С; 5 зразків, вирізаних з диска лущильника, виготовленого зі сталі 45, загартованої після нагрівання до 860°С; 5 зразків, вирізаних із диска лущильника із сталі 45, зміцненої екзотермічним методом. Еталоном служив зразок сталі 65 Г, загартований після нагрівання до 870°С до 58 HRC.

Межу міцності зразків, вирізаних з диска лущильника та зміцнених екзотермічним методом, проводили відповідно до ГОСТ 8818-78. Для цього дослідження застосовували універсальну гідравлічну машину ИМЧ-30 (рисунок 2.11).

Вимірювання проводили зі збільшенням навантаження до появи тріщин у зразку, що свідчать про руйнування зміцненого шару. Експерименти проводили на п’яти однакових зразках.

Рисунок 2.11 – Універсальна випробувальна машина ИМЧ-30

Для визначення ударної в’язкості зразків, вирізаних з диска лущильника, зміцненого екзотермічним методом, випробування проводили на копрі МК-30 відповідно до ГОСТ 9454-80 (рисунки 2.12).

Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд маятника копра МК-30

Експерименти проводили із поступовим збільшенням висоти маятника, тобто з поступовим збільшенням ударного навантаження. Збільшення ударного навантаження відбувалося до руйнування зразка. Після чого робили обчислення граничної міцності. Експерименти проводили на п’яти однакових зразках, вирізаних з лущильника диска (сталь 45), зміцненого екзотермічним методом. Базою для порівняння служили літературні дані ударної в’язкості сталі загартованої 65Г після нагрівання до 870°С до твердості HRC 58, і сталі 45, загартованої після нагрівання до 860°С до твердості HRC 32.

Отримання достовірних експериментальних даних у дослідженнях забезпечували застосуванням постійно повірених контрольно-вимірювальних приладів, вибором достатньої кількості повторності дослідів, їх обробкою математичним методом із застосуванням теорії ймовірності та математичним плануванням експериментів.

Оптимізацію режимів хіміко-термічної обробки та вплив легуючих елементів на твердість зміцнених шарів проводили із застосуванням центрального ротатабельного композиційного уніформ планування другого порядку при k= 2 і 3.

$$\eta = \beta_o + \sum \beta_i \cdot x_i + \sum \beta_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum \beta_{ij} \cdot x_i^2, \qquad (2.3)$$

де: η – справжня величина відгуку;

β_i, β_{ij} – справжні значення коефіцієнтів регресії;

Розрахунок коефіцієнтів регресії та його дисперсій виконувався за рекомендаціями [24].

Частину експериментів виконували при варіюванні одного фактора та підтримці інших параметрів процесу на певному рівні. З метою отримання достовірних даних кількість дослідів у дослідженнях становила від 4 до 15. При цьому результати експериментів опрацьовували методом найменших квадратів [24].

Обчислювали значення середнього з одержаних результатів:

$$\overline{x} = \frac{\sum n}{n}. \tag{2.4}$$

Величину стандартного відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\overline{x})}{n-1}}. \tag{2.5}$$

І межі достовірності за рівня значимості t=95%:

$$\overline{x} - t(\alpha, f)\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \tilde{x} \leq \overline{x} + t(\alpha, f)\frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \tag{2.6}$$

де: $\overline{x}$ – новий вимір;

t – ступінь достовірності.

Достовірність лабораторних досліджень підтверджувалася стендовими та експлуатаційними випробуваннями зміцнених деталей.

При розробці екзотермічного складу основним видом окислювача при

екзотермічному зміцненні був обраний на основі теоретичних досліджень сплав 60% алюмінію та 40% магнію у вигляді порошку. Приготування сплаву здійснювали в тиглі з нагріванням у печі муфельної. Попередню в тиглі плавився алюміній і температура доводилася до 700...750°С. Після вилучення з печі до нього додавали шматки магнію в необхідній за вагою кількості (40%). Після розчинення Mg у розплаві сплав виливали у сталеву форму та охолоджували до кімнатної температури. Він легко перетворюється помолом конусної дробарки на порошок необхідної крупності (0,1-0,2 мм).

У зазначений склад вводили окислювачі NaNOa та Fe3O4. Окремо кожен: компонент, а далі – їх суміші. Вихідними критеріями служили: повнота проходження окислювально-відновної реакції, величина газовиділення і температура реакції горіння. Поряд із зазначеними параметрамирамами особливо контролювали виділення розплавленого заліза в ході реакції, для запобігання якого до складу пасти вводили контрольну кількість оксиду кремнію SiC2.

Додатково до складу вводили 1 г NaF, що полегшує займання (300°С) і сприяє стійкості горіння складів. Його присутність діє розкислюючим чином порошок алюмінієво-магнієвого сплаву.

Остиглий до кімнатної температури зразок з пастою поміщали в опоку, зашпаровували в пісок, де й виробляли спалах пасти. Зразок у піску тримали вертикально.

Порівняльну перевірку складів на основі порошку алюмінієво-магнієвого сплаву та NaNO3 проводили на зразках із сталі 45. Пастою покривали одну сторону зразка на 55% поверхні в середній частині. У кожному випадку кількість порошку алюмінієво-магнієвого сплаву було 20 г, але різний вміст окислювача.

Зразки перед нанесенням на них екзотермічної суміші готували наступним чином: вирізали із сталі 45 на фрезерному верстаті з подачею ЗОТС (змащуючий охолодний технологічний склад), після шліфували на шліфувальному верстаті до Rz 40. Потім знежирювали бензином, промивали

дистильованою у сушильній шафі при температурі 105°С.

Експерименти з нагрівання зразків різної форми проводили на зразках масою 0,55 і 1,3 кг. Термопару поміщали в отвір 0,3 мм у середній частині зразка на глибину 5 мм. Зразки в піску мали вертикально. Підготовка їх до випробувань була аналогічна описаній вище.

Термітний склад рівномірно розподіляли навколо зразка та займання пасти виробляли в піску шаром 100 мм. До поверхні масивного сталевого бруска болтами прикріплювали пластинку сталі 45. Дані експерименти стали основою розрахунку необхідної кількості екзотермічного порошку для отримання заданої температури зразка (1100...1200°С).

При вивченні нітроцементації зразків схема експерименту у всіх випадках була однаковою. Першим тонким шаром на зразок наносили активну пасту, що містить легуючий елемент і здатну при нагріванні передати його поверхні, що обробляється. Другим шаром на нього наносили термітний склад, що нагріває, знайдений з аналізу попередніх експериментів, в необхідній кількості. Для нагрівання зразків із сталі 45. використовували склад: порошок алюмінієво-магнієвого сплаву - 30%, порошок оксиду заліза - 30%, порошок оксиду кремнію - 30%, натрієвий порошок селітри - 10%.

До складу активної пасти вводили речовини, вибрані на основі аналізу літератури та теоретичних досліджень: деревне вугілля, сажу, прискорювачі - вуглекислі солі та жовту кров'яну сіль K4Fe(CN)6. Як зв'язок служили різні сорти відпрацьованого масла, мазут та декстрин.

Експерименти проводили на плоских зразках. Підготовка їх до експерименту була аналогічною викладеної вище. Температуру нагрівання зразків термітними пастами приймали 1100°С 1150°С. На один зразок із двох сторін наносили різні склади активних паст. Така методика дозволяла отримати більш об'єктивні дані про вплив різних компонентів на глибину дифузійного шару, ніж випробування зразків з однією поверхнею, що зміцнюється.

Для структурної оцінки кількості вуглецю в дифузійному шарі після

насичення при 1100°С випробувані зразки піддали 30-хвилинному відпалу при 850°С подальшому загартуванні у воді. Відпал проводили в муфельній електропечі та охолоджували на повітрі. Потім вони розрізалися посередині відрізним колом і з цих розрізів готували поперечний мікрошліф за стандартною методикою. Вміст легуючих добавок за глибиною зразка контролювали вимірюванням мікротвердості; Рівномірність зміцнення поверхні контролювалося також вимірюванням мікротвердості. У цьому розраховували варіацію твердості; Зміцнення вважали рівномірним, якщо коефіцієнт варіації мікротвердості не виходив межі 3 %. Металографічний аналіз виконували травленням зразка 10% азотної кислоти для виявлення структурних складових.

Після досліджень при поштучному зміцненні зразків вивчалася нітроцементація, при якій обробка проводилася відразу декількох деталей. При груповій цементації нагрівальний склад рівномірно розподіляли між деталями, що нагріваються. Після займання термітного складу і закінчення горіння зразки-охолоджували в піску до 700...800°С виймали з опоки. Після повного охолодження деталей (повітря і очищення їх від продуктів реакції виробляли загартування у воді від 860°С нагріванням в електропечі.

Можливість проведення одночасної нітроцементації кількох деталей перевіряли на трьох зразках. Зразки з нанесеною на них дифузійно-активною пастою розташовували в опоці на відстань 0,5 см один від одного в центрі опоки. Зразки встановлювали вертикально шар екзотермічного порошку. Потім простір між зразками засипали екзотермічним порошком, торцеві поверхні покривали екзотермічним порошком, а потім піском. Товщину порошку вибирали за результатами розрахунків необхідної кількості для отримання заданої температури при обробці (1200°С). Після займання екзотермічного складу та закінчення горіння зразки охолоджували в піску до 700...800°С виймали з опоки. Коли було досягнуто повне охолодження деталей на повітрі, робили очищення від продуктів реакції,

Після зміцнення перевіряли зміну розмірів зразків та їх деформацію у

процесі термохімічної обробки, визначаючи зміну розмірів зразків у трьох площинах координат за допомогою штангенциркуля з точністю ±0,1 мм та мікрометра з точністю + 0,01 мм.

Вимірювання твердості зразків до та після зміцнення-проводили» за методикою, зазначеною в розділі 2. Зразки для випробувань мікротвердості готували наступним чином: очищали від шлаків, промивали! дистильованою водою, знежирювали гасом КО-30, сушили в сушильній шафі при t=l00... 105°С охолоджували до кімнатної температури. Оксидну плівку знімали 5% розчином азотної кислоти.

Для виявлення в зміцненому шарі нітридів, карбідів та карбонітридів використовували спеціальні травники наступного складу:

1. Травник (40 мл НС1; 5г CuCh; 25 мл спирту; 30 мл НГО).

2. Травник (5 г КОН або NaOH; 95 мл НГО).

3. Травник (1г КОН або NaOH; 4г КМпід; 100 мл Н2О).

Визначення кількісного складу легуючих елементів у зміцненому шарі виконували на поперечних шліфах зразків після термодифузійної обробки.

Оцінку фізико-механічних властивостей зміцнених шарів здійснювали згідно з розробленою методикою. Вивчали абразивну зносостійкість, міцність та ударну в'язкість.

Основними компонентами екзотермічного складу були алюмінієво-магнієвий сплав та натрієва селітра. При зміні екзотермічного складу вмісту селітри в межах від 25...50 г і постійному складі сплаву масою 20 г температура нагріву зразків змінювалася за параболічним законом з максимумом в області 850±20°С. Вміст селітри у точці максимального нагріву було 42±5 г.

Необхідно зазначити, що нагрівання зразка було нерівномірним і його верхня частина виходу газів нагрівалася більше. Горіння супроводжувалося потужним смолоскипом вогню та дуже великою кількістю газоподібних продуктів реакції.

Підвищення швидкості реакції відповідно до теоретичних уявлень

розділу 2 призводило до пропорційної зміни тиску газів. За рахунок підвищеного тиску в зоні реакції та зміни фронту горіння відбувалося більше відділення продуктів реакції від поверхні зразка, ніж у першому випадку. Але, незважаючи на більший нагрів при вільному виході газів, така технологія менш бажана через рясне виділення газоподібних продуктів реакції. Тому було зроблено спроби підвищити температуру нагріву, не допускаючи рясного виділення газоподібних продуктів. З цією метою в порошок було додано металеве насіння зі сталі 45 діаметром 1 мм загальною масою 20 г.

При цьому виявилося, що навіть, незважаючи на додаткову витрату тепла на нагрівання металевих частинок, температура нагріву зразка зросла з 680 до 900°С (рисунок 2.16).

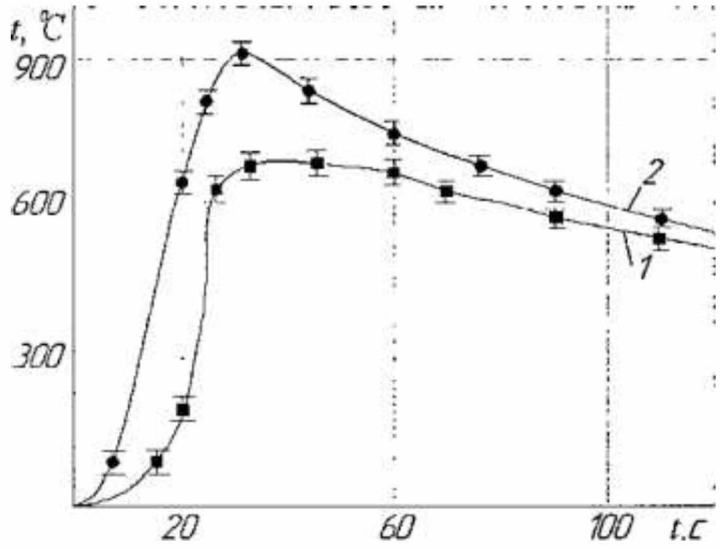

Рисунок 2.16 – Криві нагріву зразків при різному складі екзотермічного складу: 1 - порошок алюмінієво-магнієвого сплаву та натрієва селітра; 2 - той же порошок з добавкою металевої насічки зі сталі 45.

Отже, теоретичні ставлення до принципах вибору компонентів підтвердилося експериментально. Чим більша теплопровідність пасти, тим вище нагрівання зразків при однаковому тепловому ефект реакції.

Підвищити теплопровідність складу, як показав теоретичний аналіз, можна й іншим способом, використовуючи як окислювач Fe3O4. В цьому випадку відновлене залізо відіграватиме роль теплопровідного компонента в

продуктах реакції. Досліди, виконані з добавкою даного компонента, підтвердили викладене вище (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Впливи відновника (сплаву А1 - Mg) та окислювача на температуру реакції.

№ досліду	Склади пасти, г		Температура нагріву зразка,°С
	Відновник	Окислювач	
1	20	NaNO3-40	680
2	20	NaNO3 - 60	900
3	20	Fe3O4-40	930
4	20	Fe3O4-60	980
5	40	NaNO3 - 80	1000
6	40	Fe3O4 -1281	1220

Досліди дозволили встановити, що тепловий ефект реакцій у порошку з окислювачем NaNO3 більше, ніж з Fe3O4- Але за рахунок зменшення втрат тепла з газами, що виходять із зони реакції і збільшенням теплопровідності продуктів реакції, він дозволяє забезпечити більш високий нагрівання зразків (рисунок 2.17).

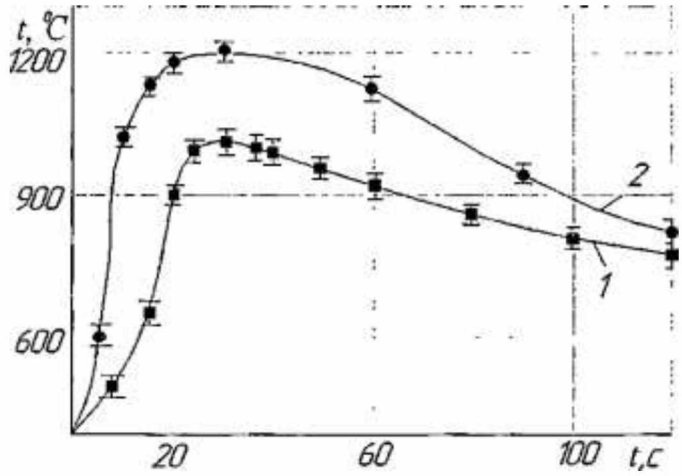

Рисунок 2.17 – Криві нагріву зразків екзотермічними складами на основі порошку сплаву (А1 - 60%, Mg - 40%) з використанням різних окислювачів: 1 -NaNO3; 2 - Fe3O4.

У дослідах було знайдено, що максимальна температура нагріву зразків знижувалася з 1200 до 1000°С і навіть до 900°С. Ймовірно, тепло реакції додатково витрачалося на нагрівання матеріалу прошарків, що розділяють. При дуже тонких прошарках (2...3 мм) відбувалося їхнє розплавлення.

Стосовно екзотермічних складів з окислювачем Fe3O4 такий вплив інертних добавок міг бути використаний для отримання рівномірного розподілу відновленого заліза в продуктах реакції.

Тому в якості інертних добавок у наступних дослідах були випробувані тугоплавкі оксиди. SiO2 і A12O3, а також порошок графіту.

Експерименти показали, що у складах № 1,2,3,7,8,10,11 — частина відновленого заліза (30…70 %) знаходиться у вигляді зливка, а решта заліза рівномірно розподілена за обсягом складу. При цьому найбільш рівномірний розподіл відновленого заліза спостерігалося у складах № 4 та 9 при використанні SiO2 та A12O3.

Графіт суттєво впливав на розподіл заліза між продуктами реакції у формі шлаку та формі злитка. Добавка 15% графіту повністю запобігала утворенню зливка.

Метою подальшого експерименту було порівняння складів.

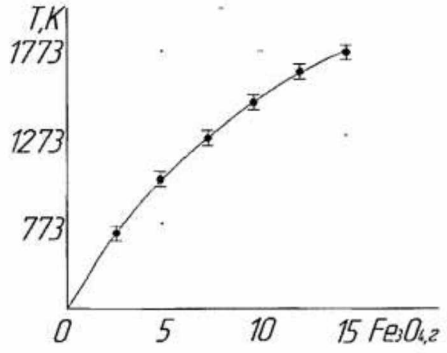

Рисунок 2.18 – Нагрів зразків термітними порошками при різному вмісті Fe3O4, г.

При вмісті Fe3O4 у пасті понад 15 г спостерігали відділення заліза в злиток без помітного підвищення температури нагрівання зразка. Таким

чином, вміст Fe3O4 понад 10 г практично недоцільно. Додавання в екзотермічний склад SiO2, не змінюючи істотно загального теплового ефекту реакції, впливає насамперед її швидкість, (рисунок 2.19).

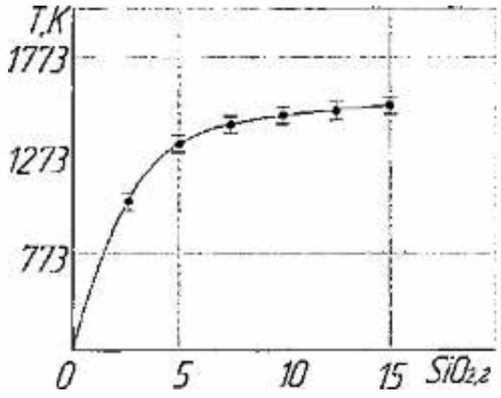

Рисунок 2.19 – Нагрів зразків при зміні екзотермічного складу із вмістом у ньому SiO2

Вміст в екзотермічному складі S1O2 менше 10 г (30 %) не бажано, тому що при цьому відбувається бурхливий перебіг реакції з інтенсивним викидом газів.

За результатами ЦКРП 22 отримано рівняння, що показує вплив Fe3O4 і SiO2 на температуру нагрівання зразків екзотермічної суміші.

$$y = 1213 + 3{,}52 \cdot x_1 + 22{,}33 \cdot x_3 - 11{,}81 \cdot x^2_1 - 44{,}31 \cdot x^2_3 \qquad (2.7)$$

Рівняння показує, що оксид кремнію і оксид заліза впливає на температуру нагрівання зразків, причому цей вплив параболічного характеру. А також видно, що Fe3O4 впливає на температуру горіння суміші більше, ніж SiO2.

Переведення рівняння в канонічну форму показав, що концентрація Fe3O4 близько 15 в екзотермічній суміші (60%A1 40%Mg) – 15 г є оптимальною і дозволяє отримувати температуру 1216 °С.

Добавка кремнію теж впливає на температуру, оскільки при підвищених температурах SiO2 теж вступає в реакцію з екзотермічною сумішшю. Однак

ефект взаємодії цих добавок щодо впливу на температуру горіння екзотермічної суміші виявився незначним, що й слід було очікувати, оскільки SiO2 у цьому випадку призначений для регулювання швидкості реакції.

Оцінка впливу кількості екзотермічного складу на нагрівання зразків при односторонньому нанесенні показала, що зі збільшенням товщини термітного шару до 16... 17 мм температурний ефект різко зростав і стабілізувався. Тому подальші досліди проводили при товщині порошку 0...17 мм. При цьому визначали зміну температури нагріву зразків при зміні варіюванні у складі кількості NaNO3 і Fe3O4 (рисунок 2.20).

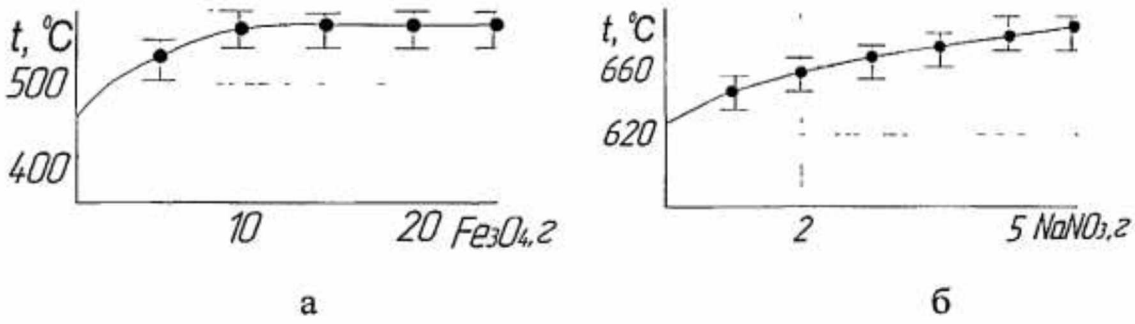

Рисунок 2.20 – Вплив вмісту NaNO3 (б) та Fe3O4 (а) в екзотермічному складі на температуру нагрівання зразків

Було встановлено, що добавки селітри впливають на температуру нагрівання. Підвищення вмісту NaNO3 у складі понад 3 г (10 %) недоцільно через появу схильності до відділення заліза в злиток та значного газовиділення. Зростання вмісту Fe3O4 до 10 г різко впливало збільшення температури нагріву зразків.

Таким чином, найбільш прийнятним сповільнювачем є SiO. Найбільш високу температуру нагрівання зразків при спалюванні термітного порошку можна отримати, використовуючи наступний його склад (у перерахуванні на A1+ Mg -20', Fe3O4 - 40, NaNOj-10; SiO2-ЗОУ. При горінні даного-складу, який можна визнати оптимальним, зразки нагріваються до температури 1200...1250°С (найвища температура).

При зміні маси порошку нагрівального складу у всіх випадках

досягалася максимальна температура нагріву зразків (рисунок 2.21). Перепад температури між зовнішніми та внутрішніми шарами, ймовірно, практично був відсутній.

У всіх випадках максимальна температура досягалася приблизно за 35...45 секунд.

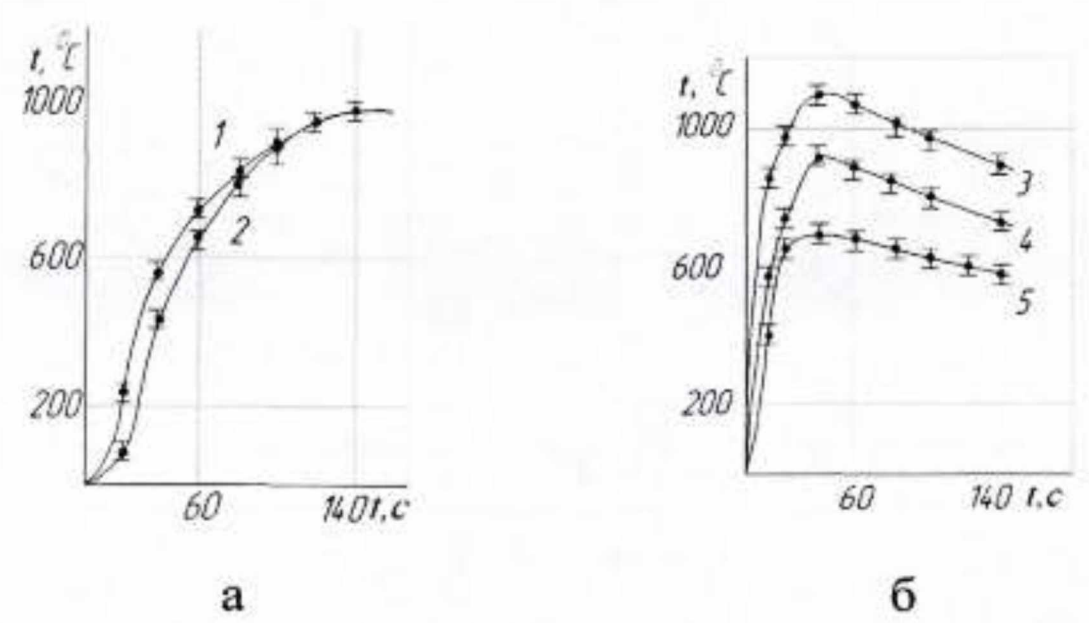

Рисунок 2.21 – Зміна температури поверхневого шару (а) та середини зразка (б) при витраті екзотермічного складу, г: 1 - 33; 2 - 66; 3 - 33; 4 - 66; 5-99.

Разом з тим, при односторонньому нанесенні пасти, має місце помітне тепловідведення через зразок у пісок. Ці обставини призводять до збільшення кількості екзотермічного складу понад 60...70 г товщина шару терміту 16... 17 мм. Більше повне використання тепла продуктів реакції можна отримати, поміщаючи зразок в термітний склад.

При розробці дифузійного складу зміцнювальної композиції першочерговим завданням був вибір зв'язки для його компонентів. Сполучне необхідно для формування компонентів складу пасти, яка повинна розподілятися тонким шаром на поверхні зразка, швидко твердіти, мати досить хороше зчеплення з поверхнею зразка.

Після додаткового нагрівання та гарту при температурі 860°С

мікротвердість зразка зросла до 7200 одиниць за шкалою Віккерса. Глибина дифузійного шару по травимості та мікротвердості становила близько 0,5 мм (рисунок 2.22).

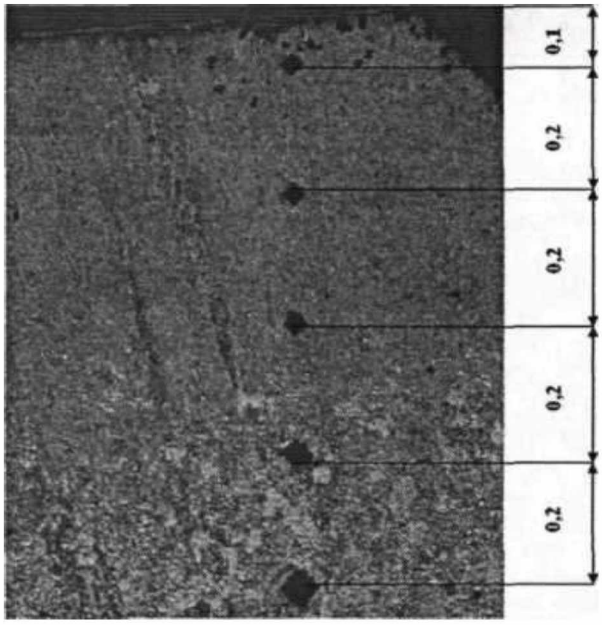

Рисунок 2.22 – Структура цементованого шару зразків із сталі 45 (х200)

Подвійна перекристалізація вела до подрібнення зерна та отримання більш однорідної структури, що привело до отримання більш високої твердості (рисунок 40). При груповій обробці та ж глибина цементації досягалася при відносно меншій питомій витраті складу, що нагріває (X/G)=l,39, що відповідала температурі нагріву 1200°С. Для групової обробки була характерна також стабільність одержуваних результатів по глибині дифузійного шару і твердості, яка становила 61 HRC на поверхні зміцненого зразка 30 HRC в області, не схильні до зміцнення (рисунок 2.23).

Для більш повного уявлення про вплив термодифузійного зміцнення на властивості деталей необхідно було перевірити фізико-механічні властивості деталей після обробки, що визначають їхню працездатність у процесі експлуатації: абразивну зносостійкість, міцність і ударну в'язкість. Дані випробування доцільно було виконати на сталі 45 (для отримання порівняльних даних) та сталі 65 Г (матеріал дисків лущильників).

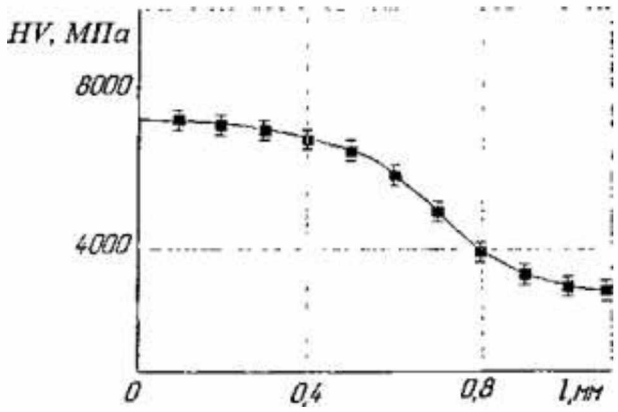

Рисунок 2.23 – Зміна мікротвердості за глибиною зміцненого шару при нітроцементації дифузійно-активної пастою та екзотермічного складу

Зразки готували за викладеною вище методикою термообробки, використовуючи оптимальний склад, знайдений раніше, і режими, встановлені вище. Еталоном служили сталь 45, загартована до твердості HRC - 30 і сталь 65 Г, загартована до HRC 58. Результати випробувань абразивної зносостійкості при терті про нежорстко закріплений абразив показали, що екзотермічно 8 разів більшу, ніж сталь 65 Г, загартована (таблиця 2.4). Отже, екзотермічне зміцнення дозволить збільшити зносостійкість дисків лущильника в 1,8 разів.

Таблиця 2.4 – Зносостійкість зразків із сталі 45 загартованої, сталі 65 Г загартованої та сталі 45 зміцненої екзотермічним методом

Зразки	Маса зразка, г		Знос, г	Інтенсивність зношування	Відносна зносостійкість
	До випробувань	Після випробувань			
Сталь 45, зміцнена термодифузійно методом	28,779	28,773	0,006	0,083	2,9
Сталь 65 Г, загартована	27,882	27,772	0,011	0,1494	1Д
Сталь 45 загартована	28,601	28,587	0,014	0,1992	0,5

Диск лущильника для нормальної працездатності повинен мати міцність, яка дозволяє витримувати навантаження не менше 1600 МПа. Це пов'язано з тим, що диск лущильника при обробці грунту піддається динамічним навантаженням. Якщо міцність буде меншою за 1600 МПа, то відбудеться деформація або поломка диска.

Перевірка міцності зміцнених зразків їх стисненням до появи тріщини показала, що вона відповідає умовам, наведеним вище (рисунок 2.24).

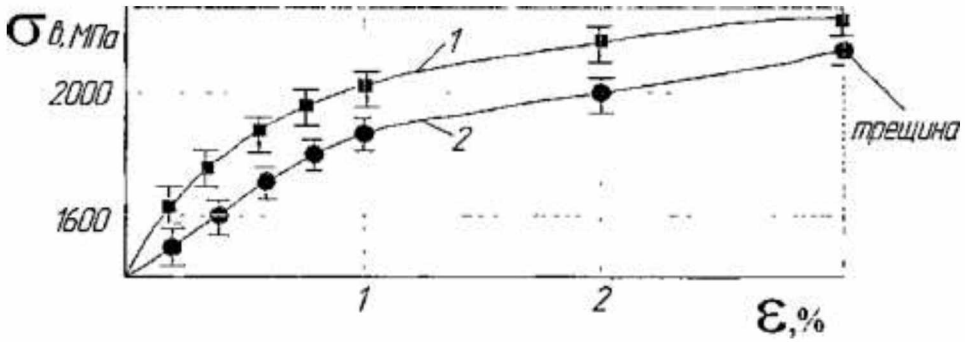

Рисунок 2.24 – Міцність зразків зміцнених екзотермічним методом, МПа.

Міцність зразків до руйнування зміцненого шару склала 2160 МПа, що свідчить про те, що метод екзотермічного зміцнення забезпечує міцність деталі, достатню для збереження цілісності деталі при впливі на неї динамічних навантажень.

Другим параметром стали результати перевірки ударної в'язкості зміцнених зразків, яка показала, що зміцнення екзотермічним методом дозволяє підвищити ударну в'язкість деталей порівняно зі сталлю 45 і 65 Г, загартованими.

Для визначення допустимого ударного навантаження при наїзді диска лущильника на кам'янисті включення під час обробітку ґрунту були здійснені випробування зразків, зміцнених екзотермічним методом, на ударну в'язкість.

Результати дослідження показали, що зразок сталі 45, зміцненої термодифузійним методом, має більшу ударну в'язкість, ніж сталь 65 Г.

Отже, порівняльне підвищення ударної в'язкості збільшилося проти сталлю 65 Г на 20 Дж/см^2. Таким чином, термодифузійне зміцнення дозволяє

підвищити фізико-механічні та експлуатаційні властивості оброблених деталей та покращити їхню працездатність.

Висновки

1. Досліджено та обґрунтовано склад шихти для зміцнення деталей ґрунтообробної техніки. Шихта повинна складатися з екзотермічної та дифузійно-активної частини, що пошарово наносяться на деталь. У шихті оптимального складу екзотермічна частина повинна містити: порошок алюмінієво-магнієвого сплаву – 30 %, порошок оксиду кремнію – 30 %, порошок натрієвої селітри – 10 %. Дифузійно-активна частина повинна містити: активоване вугілля – 60…65 %, жовту кров'яну сіль – 20 %, вуглекислий барій – 15…20 %, зв'язку – гудрон – 20 %, авіаційний бензин – 80 %.

2. Експериментально встановлено, що зміцнення сталі 45 при обробці шихтою оптимального складу дозволяє отримати твердість поверхні HRC 61 на глибину до 0,5мм.

3. Знайдено, що екзотермічне зміцнення деталей дозволяє підвищити зносостійкість в 1,8 рази міцність до втоми до 2160 МПа, ударну в'язкість до 25 Дж/см^2.

Розділ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Розробка запалу для зміцнення дисків лущильника термодифузійним методом

Першочерговим завданням розробки був вибір матеріалу та конструкції запалу замість електричного. Тому були розроблені вогнепровідні запали: спрямованої дії без наконечника, спрямованої дії з наконечником з гранульованого екзотермічного складу та дії, що розсіює. Запал спрямованої дії без наконечника складається з паперового циліндричного патрона, заповненого займистим складом, в який вставлений вогнепровідний полімерний шнур.

Паперовий патрон виготовляли з паперу товщиною 0,1 мм, який обертали навколо форми діаметром 10 мм і просочували клеєм ПВА. Після чого відбувалося сушіння та приєднання вогнепровідного шнура. Потім здійснювали засипку займаючого складу.

У зв'язку з можливою появою в ході горіння запалу реактивної тяги були випробувані інші конструкції запалів. Конструкція вогнепровідного запалу спрямованої дії з наконечником із гранульованого екзотермічного складу передбачала анігіляцію реактивної тяги (рисунок 3.1). Гранульований екзотермічний склад готували із суміші, що містить: Fe_3O_4 - 30%, алюмінієво-магнієвий порошок - 30%, $NaNO_3$ - 10%, SiC_2 - 30%. Сполучним служило рідке скло. Матеріал сушили на повітрі та подрібнювали в конусній дробарці на гранули діаметром від 2...3 мм. Такий склад найбільше підходив до енерговиділяючого. Різниця полягала в тому, що він був гранульованим. Цей запальний склад застосовували у запалах всіх конструкцій.

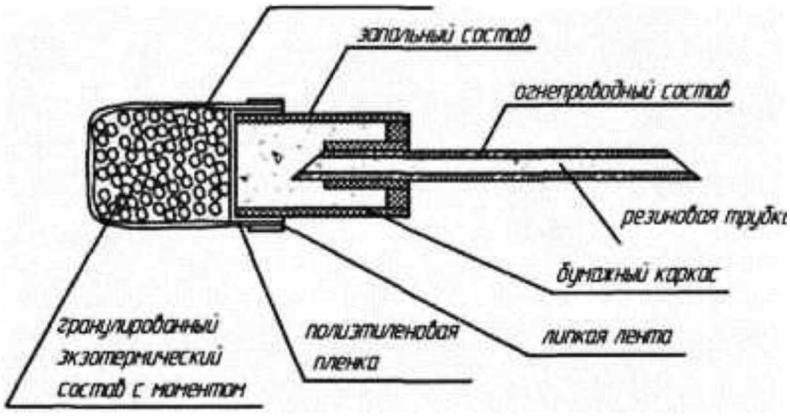

Рисунок 3.1 – Запал спрямованої дії з наконечником із гранульованого екзотермічного складу

Запал розсіювальної дії виготовляли із займистого наконечника, що мав вигляд капсули. Оболонку його виготовляли із поліетилену. Далі її заповнювали вищезаймистим складом і посиленим (з добавками 10% Fe3O4 для прискорення займання). Капсулу приєднували до вогнепровідного полімерного шнура полімерною липкою стрічкою.

За температуру горіння суміші приймали найвищу температуру горіння займистої суміші, яку контролювали протягом всього процесу від початку до кінця. Поряд із температурою вимірювали час горіння запалу, фіксуючи її за допомогою ручного секундоміра з точністю ±0,1 с.

Реактивну тягу визначали візуально. У процесі горіння запал внаслідок реактивної тяги виривався з наповнювача. Величину тяги визначали виміром шляху його польоту. Усі досліди проводили з 5-кратною повторністю. Хід випробувань був наступний:

– при визначенні температури горіння суміші запал поміщали не форми на поверхні металевого стелажу. Підпалювали та контролювали температуру горіння суміші та швидкість горіння запалу;

– для перевірки наявності реактивної тяги у запалу в процесі горіння його поміщали в металеву опоку, в пісок на глибину 3 см. Запальний шнур височив над поверхнею піску на 5 см.

Оптимальний вигляд та склад запалу повинен відповідати таким вимогам:

– температура займання запалу повинна бути більшою за температуру займання екзотермічного складу (t > 800°C);

– при використанні запалу має виникати реактивна тяга;

– простота виготовлення та використання доступних матеріалів.

3.2 Розробка форми для екзотермічного порошку

При розробці форми виходили з результатів експериментів, проведених на зразках малого розміру, викладених раніше, і враховували, що екзотермічний склад повинен рівномірно розподілятися по поверхні лущильника диска. Якщо ця умова не буде виконана, відбудеться розсіювання енергії у навколишнє середовище. Отже, потрібна підвищена кількість екзотермічного складу, щоб нагріти деталь для прийнятної температури, при якій станеться зміцнення за допомогою дифузійно-активної пасти та легуючих елементів, що знаходяться в ній.

Необхідність зміцнення всієї поверхні диска була викликана тим, що при обробці ґрунту абразивний і ударний вплив дрібних кам'янистих включень відчуває не лише робоча кромка, а й вся деталь.

Матеріал, з якого виготовляється форма, повинен бути міцним, щоб витримати вагу занурених у неї дисків лущильника і засипаного екзотермічного складу. Згоряти ця форма повинна без виділення газоподібних продуктів і не давати шкідливих компонентів.

Враховуючи викладене, для матеріалів форм були випробувані папір товщиною 0,1 мм, який накладався на спеціальну болванку кількома шарами та просочувався клеєм ПВА. Після сушіння повітря протягом двох годин готова паперова форма знімалася з болванки. Ця болванка виготовлялася з твердих порід дерева згідно з розмірами, отриманими розрахунками, і покривалася столярним лаком.

Форма має бути зручною для використання, тобто складатися з двох частин та дозволяти застосовувати дозовану кількість екзотермічного матеріалу. Перша частина є нижнім відділом форми, в яку укладаються диски лущильника; з нанесеною на них дифузійно-активною пастою та засипаються екзотермічним складом, а друга частина форми накладається зверху на нижню.

Точну конфігурацію форми вибирали, за результатами розрахунків, з урахуванням принципів математичного моделювання з урахуванням таких умов:

- маса екзотермічного порошку згідно з ранньо встановленим співвідношенням повинна бути при груповому зміцненні в 1,37 більше маси деталі, а при поштучному – в 2,19;

- форма з розташованим у ній екзотермічним складом повинна забезпечувати рівномірне нагрівання деталі через нижню і верхню поверхню диска лущильника.

Після розробки форми та зміцнення в ній дисків лущильника проводили перевірку якості отриманого нітроцементованого шару шляхом вирізування з диска лущильника зразків для визначення твердості, глибини-шару, зносостійкості, міцності втоми, ударної в'язкості. Зразки для цих досліджень вирізали відповідно до розмірів; вказаними у розділі 2, з різних секторів, на які був розділений диск лущильника від внутрішнього діаметра до зовнішнього. Виготовлення мікрошліфів та оцінку фізико-механічних властивостей виконували за методиками, викладеними вище.

3.3 Дослідно-виробничі випробування термодифузійного зміцнення дисків лущильника

Результати експериментів щодо вибору конструкції запалу та випробування горючих сумішей показали, що запал спрямованої дії без наконечника з займистим складом №1 таблиці, мав найвищу температуру

горіння 720 °С. Час його горіння становив 7 секунд, але з'являлася реактивна тяга, що призводило до вискаку запалу на 3 см з піску.

Запал спрямованої дії з наконечником з гранульованого екзотермічного порошку і займистим складом №1, показав найбільшу температуру 750°С час горіння 8 секунд. Реактивна тяга також з'явилася і призводила до вискаку запалу на 1 см з піску.

Запал розсіювальної дії із займистим складом №1, показав найбільшу температуру горіння 750°С. Час його горіння становив 5 секунд. Реактивна тяга не спостерігалася (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Середня температура горіння суміші в запальних пристроях

Вид запалу	№ складу запалу	Температура горіння, °С	Наявність реактивної тяги.	Висота польоту запала, мм.	Час горіння запалу, с.
спрямованої дії без наконечника	1	720	є	30	7
	2	710	є	35	7
	3	710	є	35	7
спрямованої дії з наконечником з гранульованого екзотермічного порошку	1	750	є	10	8
	2	730	є	15	8
	3	730	є	15	8
розсіювальної дії	1	750	ні	0	5
	2	730	ні	0	5
	3	730	ні	0	5

Аналіз результатів досліджень показав, що запали спрямованої дії без наконечника і спрямованої дії з наконечником, незважаючи на хороші

результати підпалювання екзотермічного порошку, мали реактивну тягу. Тому їхнє використання виявилося недоцільним.

Оптимальним запалом став запал розсіювальної дії з займистим складом №1, який показав, хороші результати при підпалі екзотермічного складу. Запалення його екзотермічного складу відбувалося легко. Не виникало реактивної тяги. У цього запалу була найпростіша конструкція при виготовленні. Виходячи з викладеного вище, запал розсіювальної дії був прийнятий для реалізації технології зміцнення дисків лущильника екзотермічним методом.

Розрахунки дозволили визначити обсяг, який має займати екзотермічний склад навколо диска лущильника при поштучному та груповому зміцненні екзотермічним методом. За допомогою розробленого алгоритму під час розрахунків було визначено габаритні розміри паперової форми.

Екзотермічний склад повинен рівномірно розподілятися по поверхні диска лущильника, щоб нагріти деталь до прийнятної температури, при якій відбудеться зміцнення за допомогою дифузійно-активної пасти. Отже, для даної технологічної операції розроблено форму, що розподіляє екзотермічний склад рівномірно по всій поверхні диска лущильника.

Використаний матеріал (папір просочений клеєм ПВА) показав хороші результати. Вони полягали в тому, що при поштучному та груповому зміцненні не відбувалося руйнування форми, а після згоряння вона легко видалялася з диска лущильника разом із шлаками екзотермічного складу. Виготовлені форми, що складаються з двох частин, дозволили дозовано засипати екзотермічний склад.

Перевірка деяких фізико-механічних властивостей зміцнених дисків лущильника таких, як твердість, глибина шару, зносостійкість, міцність втоми, ударна в'язкість показала результати, близькі до отриманих на зразках малих розмірів в межах помилки досвіду.

Для перевірки технології зміцнення екзотермічним методом 5 дисків лущильника в дослідних умовах використовували екзотермічний порошок (у

перерахунку на %), %: A1 + Mg - 20, Fe3O4 активну пасту складу, %: активоване вугілля - 65, жовта кров'яна, сіль - 20, вуглекислий барій - 15, зв'язка: гудрон - 20, авіаційний бензин - 80. Використовували запали розсіювальної дії та паперові форми для групової та поштучної нітроцементації. Для випробувань підготували 3 диски, зміцнених індивідуально, і 9 – при груповій обробці, при якій у паперову форму закладали по три диски лущильника, після зміцнення деталі були поставлені на випробування у ремонтних та сільськогосподарських підприємствах.

Диски встановлювали на лущильник ЛДГ-10 на окремі секції: з яких одна з дисками, зміцненими термодифузійним методом, та шість секцій серійних дисків. Диски лущильника відпрацювали 1360 га. Після кожні 140 га проводили оцінку зносу. Результати цієї оцінки показали, що у дисків, виготовлених із сталі 45 і зміцнених термодифузійним методом напрацювання була в 1,8 разів більше, ніж у серійних дисків, виготовлених із сталі 65 Г.

Позитивні результати дозволяють рекомендувати розроблену нами технологію для зміцнення інших деталей ґрунтообробної техніки, що безпосередньо контактують із ґрунтом, таких як дискові борони, сошники та інші.

Для перевірки якості зміцнення дисків у виробничих умовах було розроблено технологічну схему зміцнення дисків лущильника термодифузійним методом, що складається з кількох операцій.

Першою операцією є підготовка до зміцнення, для цього здійснюється промивання поверхні диска лущильника у проточній воді з наступним сушінням протягом 10...15 хвилин.

Наступною операцією є нанесення дифузійно активної пасти на всю поверхню диска. Це здійснюється зануренням диска на спеціальній підвісці дифузійно-активну пасту з наступною 10 хвилинної сушінням на повітрі. Потім звільняють диск з підвіски та додатково вручну покривають пастою непокриті місця. Так як зв'язкою пасти служить гудрон, розчинений в легкогасної гасу КО - 30, після обробки 20 ... 22 дисків лущильника

проводиться вимірювання в'язкості пасти віскозиметром. Якщо в'язкість менше 70 сСт, то до пасти додають бензин.

Поки відбувається сушіння дисків, готують металеву опоку. У неї засипають шар піску товщиною 50 мм (рисунок 3.2), який просушений при 105°С просіяний до розміру частинок 0,3...0,6 мм. На цей шар піску укладають паперову форму, до якої дозовано засипають екзотермічний склад до певного рівня. Даний рівень вказаний влучною маркером всередині форми згідно з проведеними розрахунками.

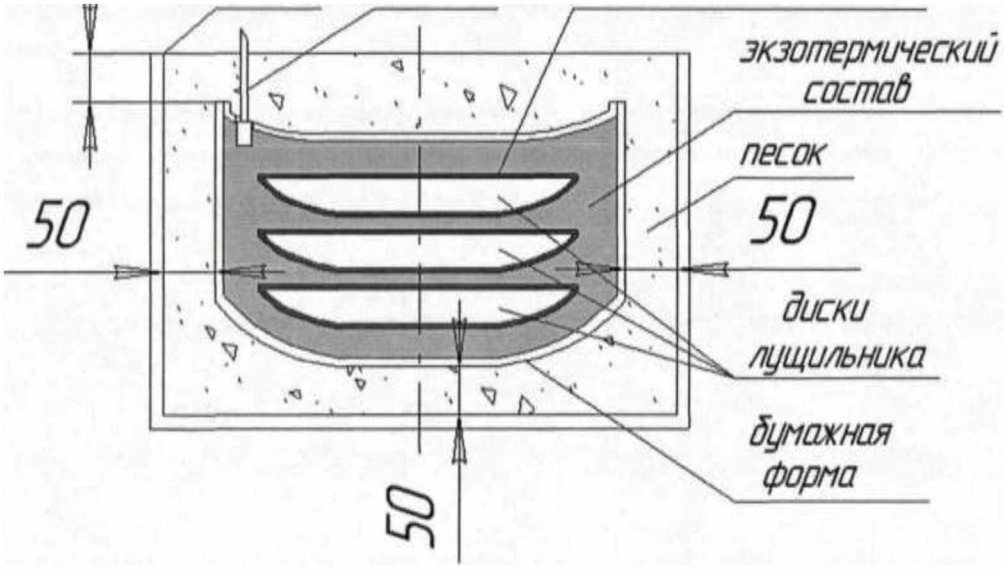

Рисунок 3.2 – Схема розташування дисків лущильника при груповій нітроцементації

Потім у форму поміщають підготовлений до зміцнення диск, дозовано засипають екзотермічним складом і прикривають верхньою частиною форми, вставляють запал дії, що розсіює, засипають шаром піску (до 50 мм) і виконують зміцнення.

Після згоряння екзотермічного складу деталь охолоджується у піску до 200...300°С. Потім проводиться вилучення дисків лущильника з опоки та очищення від шлаків. Шлаки є пухкий матеріал, який легко відокремлюється від поверхні дисків, і тому дана операція особливих труднощів не викликає. Операції нанесення пасти та зміцнення виконують під місцевою витяжкою або

у витяжній шафі.

Наступним. етапом у технологічній операції є почерговий нагрівання деталей у муфельній печі до температури 860°С подальшим вилученням і загартуванням у воді. Як тільки сталося загартування, диски дістають з води, протирають сухим ганчірком і просушують. Після цього диски піддають низькому відпустці, за нормальної температури 200...220°С. Останньою технологічною операцією є консервація, яка полягає в нанесенні солідолу шаром 0,1 мм широким пензликом на всю поверхню диска лущильника.

Технологію термодифузійного зміцнення можна застосовувати для лап культиваторів, лемешів, дискових борін, плужних корпусів та інших деталей, але при цьому необхідно дотримуватись певного при зміцненні співвідношення між масою деталі та екзотермічного складу, а також розробити окремі форми для кожного виду деталі.

Висновки

1. Розроблено та перевірено оптимальний вид запалу.
2. Виконано математичне моделювання конструкції форм. Розроблено алгоритм їх розрахунку, який конкретизований на прикладі дисків лущильника та використаний у розробці форм для них.
3. Розроблено технологічний процес термодифузійного зміцнення дисків лущильника та виконано його дослідно-виробничу перевірку.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІАЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Екологічна експертиза

Охорона навколишнього середовища регулюється відповідно до Закону «Про охорону навколишнього природного середовища» (№ 1268-XII від 26 червня 1991 р., що прийнятий ВВР, № 41, ст.547) [25].

Основні викиди в атмосферу, джерелом яких є станції технічного обслуговування та ремонтні майстерні, відбуваються в результаті випаровування палива. Бензин містить леткі органічні сполуки (ЛОС). ЛОС сприяють утворенню озону у приземній атмосфері. Відомо, що озон відіграє основну роль у освіті фотохімічного смогу, що спричиняє респіраторні розлади. Викиди ЛОС, до складу яких входять канцерогенні речовини (такі як бензол), є предметом національного та міжнародного законодавства у галузі охорони навколишнього середовища. Випаровування бензину відбувається в момент заправки/дозаправки автомобілів та ємностей для зберігання. У ЄС діє законодавство (і пропонуються для розгляду проекти законів) про заходи щодо вловлювання паливної пари під час розвантаження та зберігання бензину та під час наливання палива.

Основним джерелом забруднення атмосфери є викиди вихлопних газів під час руху або паркування автомобілів або під час роботи двигунів у статичному режимі для цілей тестування. Пари, що утворюються в результаті роботи бензинового двигуна або двигуна, що працює на газі (зрідженому нафтовому газі), містять до 10% окису вуглецю, який є отруйним газом. Тривалий вплив парів дизельного палива (особливо блакитного або чорного диму) може спричинити кашель, грудні інфекції та ядуху. Доведено, що внаслідок такого тривалого впливу підвищується ризик виникнення раку

легенів. Викиди у вигляді ЛОС можуть виникати в результаті випаровування розчинників, наприклад, при фарбуванні автомобіля методом пульверизації. Такі роботи також можуть підлягати контролю відповідно до вимог місцевого законодавства.

Скидання забруднюючих речовин у воду може статися в тих випадках, коли паливо, масла, миючі засоби, фарби та інші рідини змиваються через дощові стоки, або коли відбувається обробка водою автомобілів, автомобільних боксів або місць паркування. Внаслідок такої діяльності може статися забруднення дренажних систем та землі. Оператор об'єкта повинен буде дотримуватись вимог місцевого та національного законодавства. Може знадобитися установка масловідділювачів і пісковловлювачів для обробки стічних вод або накопичувальної ємності, якщо каналізаційна труба не веде до очисних споруд. У такому разі потрібно понести деякі витрати на забезпечення безпечного скидання шламу.

Забруднення ґрунту та ґрунтових вод може відбуватися під час транспортування, зберігання, використання та видалення хімікатів, палива та відходів. Зокрема, сильне забруднення може статися внаслідок зберігання та використання палива. Забруднення може статися при заливці паливних ємностей у разі переливу або через баки-сховища, що протікають, і підземних труб. Забруднення ґрунту також може відбуватися в процесі зберігання небезпечних речовин (таких як фарб, масел та гальмівних рідин) на об'єкті, а також у разі їх розливу або у процесі видалення. Це може вплинути на родючість ґрунту, забруднити ґрунтові води, вплинути на флору та фауну, що призведе до виникнення фінансових зобов'язань та зниження вартості ділянки.

При ремонті техніки утворюються шкідливі та безпечні відходи, до видалення яких необхідно підходити відповідально з дотриманням усіх вимог місцевого та національного законодавства. У відходи можуть потрапити деталі мащин, шини та акумулятори, олії та фарби. Роботи зі збору та видалення масляних відходів повинні проводитись операторами, що мають відповідну ліцензію.

4.2 Охорона праці

Загальні норми у реалізації законного права робітників на охорону їх здоров'я та життя під час виконання трудових обов'язків, на якісні, здорові і безпечні умови роботи визначено законом України «Про охорону праці», який був прийнятий наказом Верховної Ради № 2695-XII від 14.10.92 року [26]. За сприяння відповідних органів державної влади він регулює відносини між працівником і роботодавцем у питаннях гігієни праці, безпеки та виробничого середовища, а також встановлює загальний порядок організації охорони праці в Україні.

Працівники ремонтних майстерних стикаються з цілим рядом небезпечних виробничих і шкідливих факторів для здоров'я.

До них відносяться:

1. Ризик нанесення фізичної шкоди здоров'ю – працівники можуть отримати травми в результаті: ручних операцій з важким обладнанням або деталями; підковзування або спотикання; переміщення обладнання всередині майстерні, а також використання механізмів та інструментів.

2. Пожари та вибухи – є причинами великої кількості смертельних випадків та майнового збитку в ремонтних майстернях. Бензин є вогненебезпечною речовиною і створює ризик виникнення пожежі або вибуху. Більшість небезпечних випадків відбуваються в результаті неправильного поводження з бензином при спорожненні паливних баків і паливних трубопроводів. Але інциденти можуть виникнути і під час процесів, що пов'язані з полум'ям, іскор або тепла, ремонту місткостей для зберігання палива.

3. Робітники можуть піддаватися негативному впливу хімікатів, що відображається на здоров'ї, викликає дерматит, головний біль, стомлення, тошноту, головокружіння та астму. До цих речовин відносяться компоненти бензину (такі як бензол); використані моторні масла; асбест в гальмівних системах; розчинники; електроліт акумулятора, а також засоби для чистоти та

знежирювання. Додатковий вплив бензолу може призвести до серйозних захворювань крові такі, як анемія та лейкемія. Моторні масла також відносяться до класу канцерогенів. Наявність систем безпечної роботи забезпечують використання відповідних індивідуальних засобів захисту, високих стандартів особистої гігієни, а також наявність систем вентиляції та продувальних систем для видалення вихлопних газів, дозволяють контролювати ризики для здоров'я.

4. Надмірний рівень шуму становить серйозну небезпеку для здоров'я. Надвисокий рівень шуму прискорює втрату слуху і може стати причиною стресу. Під час виконання робіт, при яких використовуються пневматичні інструменти, працівники можуть піддаватися впливу дуже сильного шуму. Шкідливий вплив шуму можна зменшити, використовуючи засоби індивідуального захисту для ушей та інструменти і обладнання з низьким рівнем шуму.

4.3 Техніко-економічне обґрунтування досліджень

Техніко-економічна ефективність нітроцементації дисків лущильника екзотермічним способом враховує зниження витрат при обробітку ґрунту за рахунок підвищення напрацювання зміцненими ґрунтообробними робочими органами.

Економічний ефект технології зміцнення дисків лущильника розраховували за умовами використання продукції за розрахунковий період та її собівартістю за формулою [27]:

$$E = K - E_{зо} - E_{ел} - T - P, \quad (4.1)$$

де K – чистий дохід, що розраховується із добутку балансової вартості та напрацювання диска лущильника, грн;

$E_{зо}$ – амортизація обладнання, що використовується при зміцненні

дисків лущильника на малих ремонтних та сільськогосподарських підприємствах, грн;

$E_{ел}$ – вартість витраченої електроенергії на зміцнення диска лущильника, грн;

T – продуктивність праці при зміцненні диска лущильника та його вартість, грн;

P – витрати на витратні матеріали при зміцненні диска лущильника, грн.

Чистий дохід за розрахунковий період розраховували за формулою:

$$K = B - H, \tag{4.2}$$

де *B* – балансова вартість диска лущильника, грн;

H – напрацювання диска лущильника, зміцненого екзотермічним способом, грн.

Амортизацію обладнання, що використовується при зміцненні дисків лущильника на малих ремонтних та сільськогосподарських підприємствах, розраховували за формулою:

$$E_{зо} = \frac{З}{n}, \tag{4.3}$$

де *З* – витрати на один диск лущильника за час амортизації обладнання, що використовується для зміцнення диска лущильника, грн;

n – кількість дисків лущильника зміцнених екзотермічним способом за день, шт.

Вартість витрат електроенергії на зміцнення диска лущильника розраховували за формулою:

$$E_{ел} = C_{ел} \cdot t \cdot W, \tag{4.4}$$

де $C_{ел}$ – вартість електроенергії витраченої на обробку одного диска

лущильника, грн;

t – час, що витрачений на обробку деталі, с.

W – потужність обладнання, що споживає електроенергію, кВт.

Продуктивність праці при зміцненні диска лущильника екзотермічним способом розраховували за такою формулою:

$$T = З_р \cdot n_p \quad (4.5)$$

де $З_р$ – заробітна плата робітника, грн / год;

n_p – кількість деталей, зміцнених 1 робітником за 1 годину, шт.

Витрати на витратні матеріали при зміцненні диска лущильника розраховували за такою формулою:

$$P = Сп + Сз + Ст + Сф, \quad (4.6)$$

де: $Сп$ – собівартість витраченого піску при зміцненні диска лущильника, грн;

$Сз$ – собівартість запалу при зміцненні одного диска лущильника, грн;

$Ст$ – собівартість дифузійно-активного складу, що був витрачений на обробку диска лущильника, грн;

$Сф$ – собівартість паперової форми, витраченої на обробку диска лущильника, грн.

Для умов цього господарства витрати на виготовлення, придбання обладнання та обладнання для зміцнення та його амортизацію становили 84 грн на 1 диск за програми 100 дисків.

У розрахунках враховували витрати на придбання муфельної печі вартістю 16000 грн, виготовлення металевої опоки вартістю 295 грн, металевого ящика для дифузійно-активного складу вартістю 295 грн, затискачів для дисків, розчинника та солідолу сумарною вартістю 223 грн.

Вартість витраченої електроенергії на зміцнення одного диска лущильника становить 7,4 грн за споживаної потужності обладнання 35 кВт і собівартості 1,68 грн за кВт/год.

Витрати при зміцненні одного диска лущильника на витратні матеріали, які складаються з дифузійно-активного складу, паперової форми, запалу становлять 72 грн.

Результати розрахунків наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Економічні показники при зміцненні одного диска лущильника

№ п/п	Найменування економічних показників зміцнення одного диска лущильника	Показники, грн
1	Чистий дохід	466
2	Амортизація обладнання	84
3	Витрати на споживану електроенергію	7,4
4	Витрати на заробітну плату	30
5	Витрати на витратні матеріали	72
6	Економічний ефект	124

Виходячи із викладеного вище, економічний ефект на один диск лущильника, виготовленого зі сталі 45 і зміцненого екзотермічним способом, напрацювання якого в 1,8 разів вище, ніж у диска лущильника, виготовленого зі сталі 65 Г загартованої, становить 248 грн, при його вартості 795 грн. Економічний ефект для сільськогосподарського підприємства за потреби 70 дисків лущильника за один сезон становить 8680 грн.

Висновки

1. Узагальнено наукові дані та на їх основі розроблено технологічний процес зміцнення дисків лущильника екзотермічним методом. Для його здійснення не потрібне дороге обладнання.

2. Визначено фактичні витрати на початкове капіталовкладення, що складається з вартості обладнання, оснащення та витратних матеріалів та становить 32200 грн.

3. Установлено, що термодифузійне зміцнення дисків лущильників знижує витрати на експлуатацію на 124 грн, у розрахунку на один диск лущильника в порівнянні з серійними.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовані та експериментально підтверджені основні принципи термодифузійного методу зміцнення, робочих поверхонь деталей ґрунтообробної техніки нітроцементацією; виявлено взаємозв'язок між складом шихти термітів, температурою їх горіння та параметрами зміцнення поверхонь.

2. Вивчено закономірності тепловиділення при горінні екзотермічного складу та на їх основі запропонований простий і надійний спосіб підтримання температури розігріву деталі в межах 1200± 25°С, що забезпечує достатню ефективність протікання дифузійних процесів.

3. Експериментально встановлений взаємозв'язок між складом дифузійно-активної пасти та властивостями зміцненої поверхні-деталей, розроблений склад дифузійно-активної пасти, що дозволяє отримати нітроцементований шар товщиною до 0,5 мм і твердістю HRC 61.

4. Виконано порівняльні дослідження конструкцій та матеріалів запалів для займання екзотермічного; складу, розроблений найбільш простий і надійний запал розсіювальної дії.

5. Показано, що розроблений склад шихти дозволяє отримати зміцнений шар на диску лущильника товщиною 0,4...0,6 мм, що має підвищену твердість, зносостійкість; та ударною в'язкістю в порівнянні з серійними.

6. Розроблена проста у виготовленні та зручна у практичному застосуванні форма для зміцнення дисків лущильника термодифузійним методом.

7. Розроблено та перевірено в дослідно виробничих умовах технологічний процес зміцнення дисків лущильника термодифузійним методом. Експлуатаційні випробування підтвердили високу працездатність зміцнених деталей.

8. Технологічний процес термодифузного зміцнення дисків лущильника економічно ефективний за рахунок значного підвищення напрацювання деталей на відмову в 1,8 рази і становить 124 грн з одного диска.