

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМЕНІ
ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: „ Зміцнення лемешів плуга застосуванням електродів
для зварювання вуглецевих сталей ”

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-61
Спеціальності 208 „ Агроінженерія ”
(шифр і назва)

Жируха Андрій Андрійович

(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., в.о.доц. Рис В.І.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. Швець О.П.
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

УДК 631. 312

Зміцнення лемешів плуга застосуванням електродів для зварювання вуглецевих сталей. Жируха Андрій Андрійович – Кафедра експлуатації та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича – Дубляни, Львівський НУП – 2024. 65 с. – Рис. 20. - Табл. 18. – 33 джерела.

В дипломній роботі були розглянуті конструктивно технологічні характеристики лемешів плуга, особливості зношування робочих поверхонь. проаналізовано методи підвищення міцності та зносостійкості лемешів.

Проведено теоретичні та експериментальні дослідження, на основі яких розроблено високоефективну технологію термозміцнення поверхні плужних лемешів методом крокового наплавлення одиночними валиками із застосуванням електродів для зварювання вуглецевих сталей.

Також були розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: леміш, зношування, підвищення зносостійкості, зміцнення, зварювання.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
 РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	 8
1.1 Конструктивно-технологічна характеристика плужних лемешів, особливості зношування робочих поверхонь, критерії функціонального застосування.....	8
1.2 Технологічні методи підвищення міцності та зносостійкості лемешів при їх виробництві та відновленні.....	18
1.3 Основні висновки та завдання досліджень.....	21
 РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕРМОЗМІЦНЕННЯ ПЛУЖНИХ ЛЕМЕШІВ.....	 23
2.1 Технологічні чинники та критерії формування загартованих структур у зоні термічного впливу наплавленого валика.....	23
Висновки до розділу 2.....	34
 РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	 35
3.1 Загальна методика та структура досліджень.....	35
3.2 Методика польових випробувань зміцнених лемешів.....	35
 РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	 38
4.1 Оцінка технічного стану вибракованих лемешів та технологічних можливостей управління твердістю зміцнюваної поверхні.....	38
4.2 Польові випробування зміцнених лемешів.....	46
Висновки до розділу 4.....	50
 РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	 51

5.1. Структурно функціональний аналіз травмонебезпечних ситуацій впродовж виконання робіт.....	51
5.2. Моделювання виникнення травм та аварій.....	53
5.3. Розробка логічно-імітаційної моделі травм на виробництві.....	54
5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	58
Висновки до розділу 5.....	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62

ВСТУП

Розвиток сучасної ґрунтообробної техніки характеризується вдосконаленням експлуатаційних показників машин шляхом застосування нових матеріалів, що володіють особливими властивостями, оптимізацією режимів роботи агрегатів, підвищенням їх довговічності та продуктивності.

Підвищенню довговічності робочих органів ґрунтообробних машин на основі аналізу сучасних тенденцій конструювання, експлуатації, відновлення та зміцнення плужних лемешів присвячено безліч досліджень.

Леміш плуга є однією з найбільш відповідальних і швидкозношуваних деталей, який повинен забезпечувати при оранні мінімальний тяговий опір, мати достатній ресурс і відповідати необхідним агротехнічним вимогам.

В результаті прискореного абразивного зношування поверхні, що випереджає зношування та деформації носової частини леміша і затуплення ріжучої кромки збільшується тяговий опір орного агрегату, зростає витрата палива, знижується рівномірність оранки по глибині, що впливає на врожайність сільськогосподарських культур.

Недостатній ресурс лемешів збільшує витрата цих деталей як запасних частин і витрати на технічне обслуговування орних агрегатів.

Збільшення ресурсу плужних лемешів особливо актуально в умовах ринкових відносин, коли послаблений контроль за якістю запасних частин, які купують сільгосптоваровиробники.

Мета дослідження. Підвищення ефективності зміцнення плужних лемешів методом дугового наплавлення поверхні із застосуванням електродів для зварювання вуглецевих сталей.

Об'єкт дослідження:

- технологія термозміцнення лемешів методом крокового наплавлення поверхні одиночними валиками із застосуванням електродів для зварювання вуглецевих сталей та моделювання процесу в діалоговому режимі;

- показники твердості робочої поверхні лемешів і залишкових напружень за результатами зміцнення та зношування.

Наукова новизна:

- запропонований спосіб термозміцнення плужних лемешів кроковим наплавленням поверхні бар'єрними валиками із застосуванням електродів для зварювання вуглецевих сталей;

- технологічні критерії формування гартувальних структур у зоні термічного впливу основного металу та наплавленого валика;

- раціональні параметри зміцнення поверхні лемешів шляхом моделювання умов загартування вуглецевої сталі у навколошовній зоні термічного впливу;

- обґрунтування особливостей взаємодії наплавленої поверхні лемеша в області контактування ґрунтового пласта на основі зниження зв'язності ґрунту в контактному шарі поверхні лемеша;

- дані щодо визначення зносів поверхні лемешів за результатами експлуатації та польових випробувань з урахуванням показників твердості поверхні та рівня залишкових напруг.

Практична значущість роботи. Практична значимість роботи полягає в розробці рекомендацій з технології термозміцнення лемешів плуга формуванням геометричних і міцнісних характеристик поверхні тертя методом крокового наплавлення одиночними валиками із застосуванням електродів для зварювання вуглецевих сталей, що, приблизно в 2 рази підвищує напрацювання.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Конструктивно-технологічна характеристика плужних лемешів, особливості зношування робочих поверхонь, критерії функціонального застосування

Підвищенню довговічності робочих органів ґрунтообробних машин на основі аналізу сучасних тенденцій конструювання, експлуатації, відновлення та зміцнення плужних лемешів присвячено безліч досліджень вчених.

Лемішно - відвальні плуги використовують для оранки з оборотом пласта на засмічених камінням ґрунтів з питомим опором 0,1 МПа на глибину від 18 до 30 см [22-23].

Леміш призначений для підрізання ґрунтового пласта, його часткового кришення та подачі ґрунтової маси на відвал плуга. Він повинен зберігати протягом усього терміну його експлуатації основні функціональні якості, а саме здатність до заглиблення в ґрунтову масу, здатність до підрізання пласта і збереження постійної його товщини або ходу плуга по глибині. Леміш повинен забезпечувати при оранці мінімальний тяговий опір і мати достатній ресурс. Крім того, леміш повинен бути технологічний, простий в експлуатації, виготовлятися з відносно недефіцитних і недорогих матеріалів

Основним чинником зниження техніко-економічних показників орного агрегату є знос леміша.

Найбільш простим за конструкцією є трапецієподібний леміш, лезо якого розташоване паралельно до спинки (рис. 1.1). Основною перевагою цих лемешів є їх технологічність, обумовлена можливістю виготовлення зі смугового прокату. Найбільш істотним їх недоліком є швидка втрата здатності, і, як наслідок, різке зниження рівномірності ходу плуга по глибині.

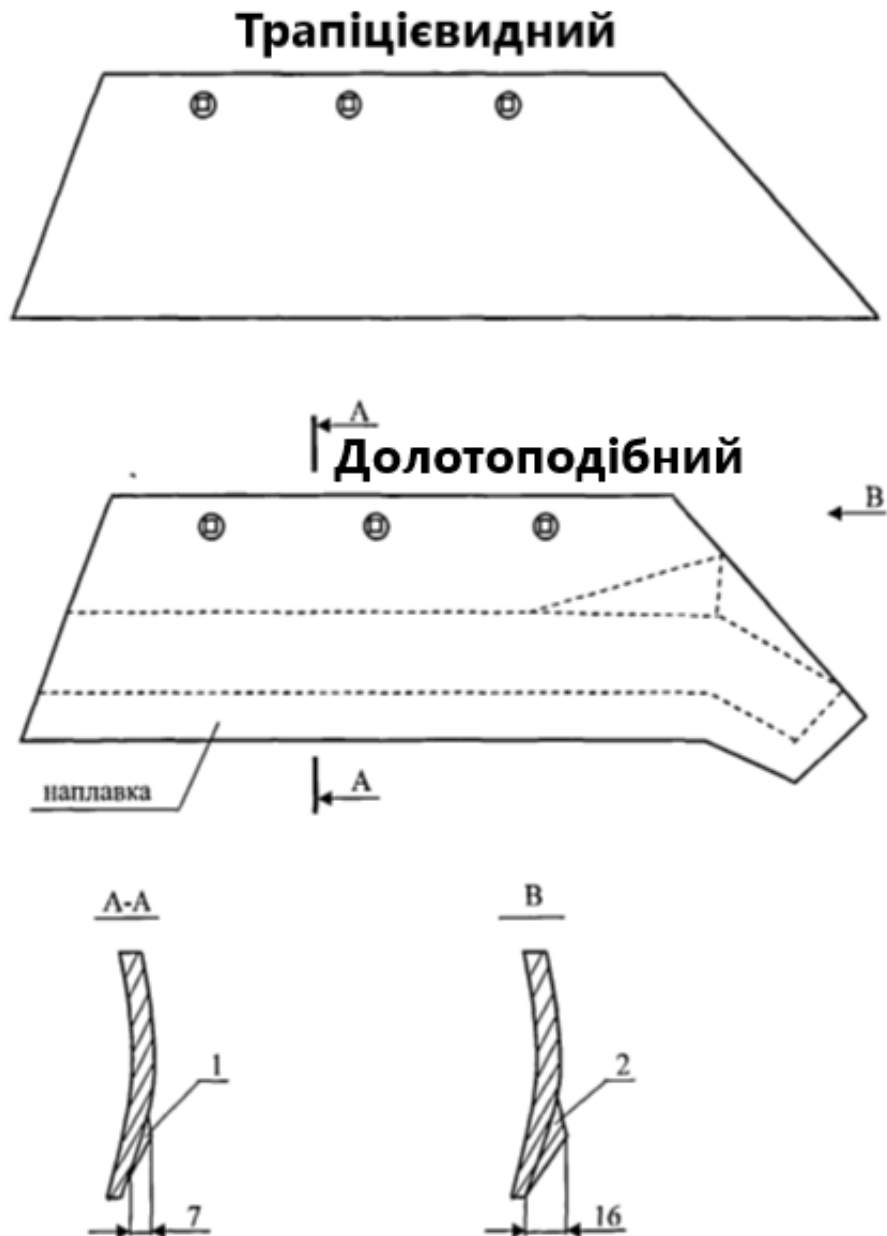


Рисунок 1.1 – Конструктивне виконання лемешів трапецієподібної та долотоподібної форми, що передбачає запас металу в області леза (1) та носки (2) на відтяжку в зону інтенсивного зносу ковальським способом [22, 23]

Долотоподібний леміш найпоширеніший в даний час для плугів загального призначення. Він має носову частину, що виступає перед лезом, що забезпечує локальну деформацію ґрунту і заглиблення лемеша. Виготовляється із спеціального лемішного періодичного прокату у виконаннях П - 702 та ПНЧС-702 з наплавленим лезом або без наплавлення. З тильного боку в зоні леза і носка долотоподібний леміш має запас металу для відтяжки в область зносу.

Інтенсивність зношування лемешів у своїй залежить від механічних властивостей ґрунтів, визначальних умови руйнації ґрунтового пласта.

Найбільша інтенсивність зношування лемешів по масі (260-450 г/га) відзначається під час роботи орних агрегатів на піщаних ґрунтах (80-95% фізичного піску) з великою кількістю кам'янистих включень [20, 25]. При оранці піщаних і супіщаних ґрунтів без кам'янистих включень інтенсивність зношування лемішних лез коливається не більше 100-260 г/га. При обробці глинистих та суглинистих ґрунтів (менше 80% фізичного піску) інтенсивність зношування становить 2-30 г/га. Таким чином, швидкість зношування лемешів на піщаних і супіщаних ґрунтах у 3-4 рази вища, ніж на глинистих і суглинистих.

Істотний вплив на знос лемешів має макрогеометрія елементарних частинок піску, яка визначається геологічними особливостями утворення ґрунтового масиву. За інших рівних умов інтенсивність зносу лемешів збільшується зі зростанням гостроти виступів і овальності абразивних частинок [20, 25].

На інтенсивність зношування лемешів істотно впливає твердість ґрунтів, що знижується зі збільшенням їх вологості. Як правило, зі зростанням твердості ґрунтів інтенсивність зношування підвищується внаслідок збільшення тисків у зоні контакту абразивної частинки з поверхнею лемеша. При оранці суглинистого чорнозему в умовах Західного Сибіру, наприклад з підвищенням твердості ґрунту від 0,8 до 2,8 МПа інтенсивність зношування носка лемеша зростає від 0,4 до 1,7 мм/га, а леза по ширині лемеша від 0,1 до 0,8 мм/га. Зі збільшенням абсолютної вологості від 12 до 28% знижується інтенсивність зношування шкарпетки долотоподібного лемеша від 1,6 до 0,4 мм/га, а лезо по ширині лемеша від 0,9 до 0,1 мм/га. Як видно, збільшення твердості ґрунту в 3 рази збільшує інтенсивність зношування лемеша до 8 разів, а 2 - кратне підвищення вологості ґрунту знижує інтенсивність зношування лемеша багаторазово.

Характер зношування лез, як правило, визначається видом руйнування ґрунтового пласта при косому різанні.

Залежно від умов різання [2] механічного складу і властивостей ґрунту, підрізаний пласт може руйнуватися з утворенням безперервної зливної стружки,

що характеризується безперервним переміщенням пласта щодо леза у вигляді суцільного потоку (рис. 1.2 а) або стружки, що складається з більших фрагментів типу брил, що утворюються відривом елементів пласта від дна борозни (рис. 1.2б), або стружки, що складається з дрібних фрагментів, поздовжні грані яких утворюються в зоні дії максимальних дотичних напруг (рис. 1.2в). При цьому переважаючий вид руйнування стружки залежить від співвідношення меж міцності ґрунту при зсуві і розтягуванні, а розмір фрагментів, при рівних умовах, зростає зі збільшенням глибини різання [2].

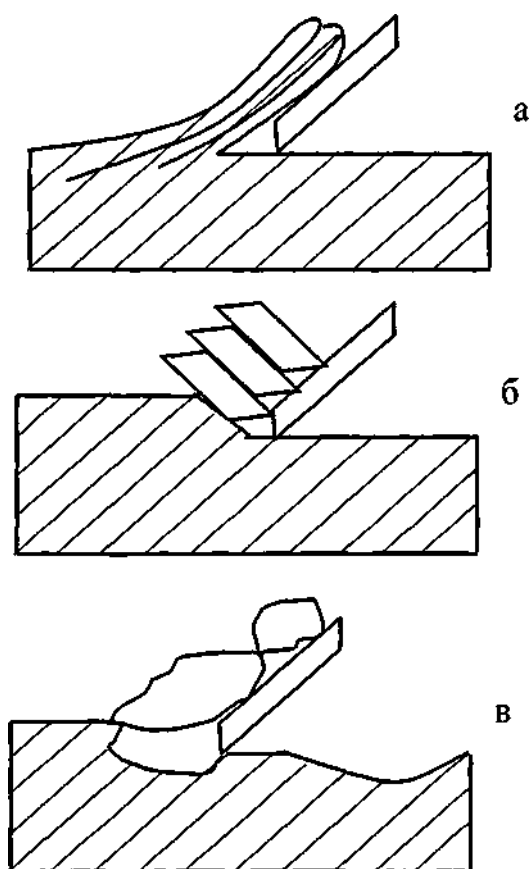


Рисунок 1.2 – Схема руйнування ґрунтового пласта при косому різанні

Відповідно до характеру контакту лезо зношується з лицьової сторони та з боку вістря з утворенням "потиличної фаски" (рис. 1.3 а) в умовах високої вологості і, як наслідок, слабкої закріпленості абразивних частинок у ґрунтовій масі.

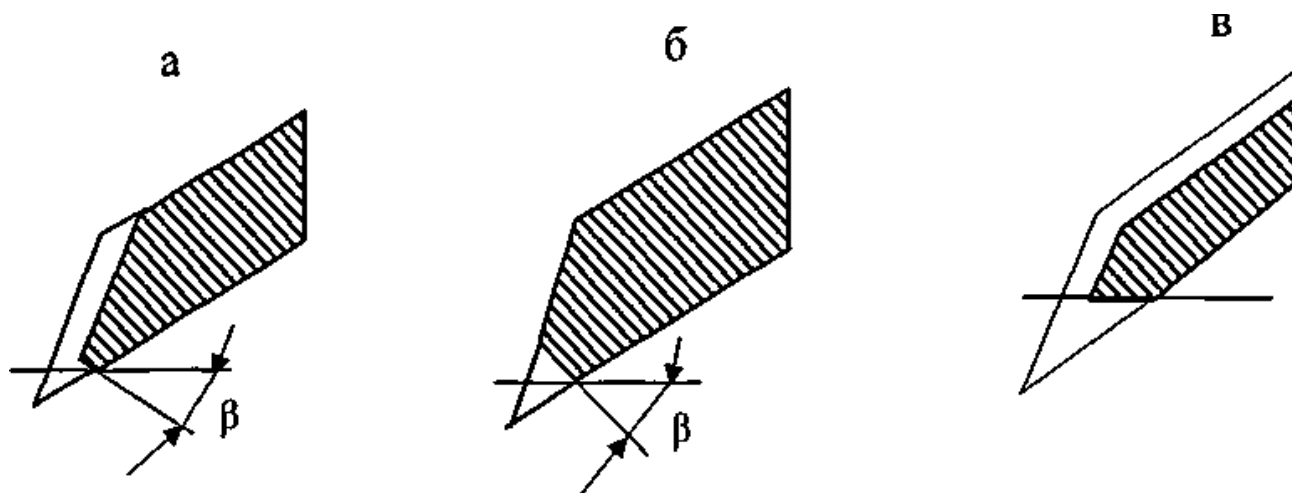


Рисунок 1.3 – Особливості зношування поверхні лемешів залежно від різновиду руйнування ґрунтового пласта при косому різанні

Руйнування підрізаного пласта під дією напруг відриву з утворенням великих фрагментів ґрунту спостерігається в основному при оранні сухих, вологістю менше 20%, глинистих і суглинистих ґрунтів, а також при оранні сухих (вологістю 5-8%) супіщаних і легкосуглинистих ґрунтів. Внаслідок фрагментарного контакту з утвореними брилами ґрунту лицьова частина леза лемеша зношується з меншою інтенсивністю (рис. 1.3 б). Вістря леза зношується більш інтенсивно з утворенням "потиличної" фаски, при цьому на вістря леза за допомогою ударного впливу ґрунтових брил утворюється притуплена кромка, радіус заокруглення якої досягає 8 мм [25].

Затуплення леза і утворення потиличної фаски призводять до збільшення тягового опору і зниження заглиблювальної здатності леміша. Описаний характер зносу та відмов лемеша найчастіше зустрічається на поширених суглинистих ґрунтах. Найбільш ефективним методом підвищення ресурсу та функціональних якостей лемеша в цьому випадку є зменшення вихідного кута заточування леза і, як наслідок, зниження розмірів потиличної фаски з подальшим збільшенням запасу на знос по ширині лемеша.

Руйнування пласта під впливом напруг зрізу реалізується при оранці піщаних і супіщаних ґрунтів вологістю 7-10%. Процес різання у разі супроводжується переміщенням великої кількості дрібних фрагментів ґрунту.

Через високий процентний вміст у піщаних і супіщаних ґрунтах мінеральних абразивних частинок, а також у відповідності з характером контакту лезо і леміш інтенсивно зношуються з лицьового боку, зменшуючи тим самим товщину лемеша і знизу з боку вістря, де утворюється горизонтальний майданчик (рис. 1.3). Лезо при цьому залишається гострим протягом усього терміну експлуатації, а леміш зберігає функціональні якості до граничного зносу по ширині до оголення башмака корпусу. Найбільш ефективним способом збільшення ресурсу в цьому випадку є підвищення зносостійкості матеріалу лемеша, за допомогою термічної обробкою сталевого лемеша на високу твердість, застосуванням в якості конструкційного матеріалу зносостійких вибілених чавунів або шляхом наплавлення лицьової ріжучої частини лемеша твердими сплавами зі збільшеною товщиною.

Інтенсивність наростання зносу лемеша поділяють на три зони (рис. 1.4).

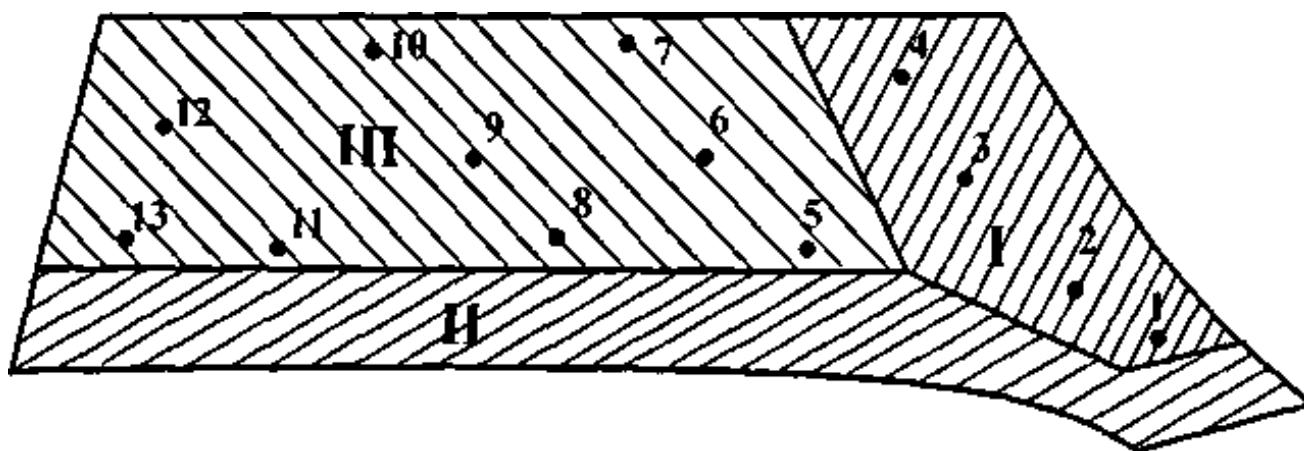


Рисунок 1.4 – Зони зношування поверхні лемеша: I – носова частина; II – лезо; III – середня зона, включаючи п'яту

Наведені дані про зношування лемешів за товщиною на піщаному ґрунті, залежно від швидкості руху (таблиця 1.1) показують, що найбільшому зносу схильна носова частина лемеша, більш чутлива до зміни режиму оранки.

Таблиця 1.1 – Зміна зносу лемеша за товщиною при різних швидкостях руху орного агрегату (мм/га)

Номери точок (рисунок 1.4)	Швидкість руху орного агрегату (м/с)				
	1,25	1,55	2,22	2,77	3,33
	Знос леміша по товщині (мм/га)				
1	0,39	0,53	0,87	1,16	1,21
2	0,28	0,54	0,76	1,08	1,15
3	0,26	0,38	0,45	0,45	0,51
4	0,25	0,31	0,37	0,34	0,39
5	0,09	0,11	0,25	0,37	0,45
6	0,11	0,14	0,18	0,24	0,25
7	0,04	0,06	0,07	0,09	0,12
8	0,15	0,20	0,23	0,25	0,29
9	0,10	0,14	0,15	0,14	0,17
10	0,08	0,10	0,11	0,10	0,11
11	0,12	0,13	0,17	0,19	0,20
12	0,14	0,15	0,15	0,17	0,18
13	0,10	0,17	0,18	0,20	0,21

Зростання швидкості руху від 1,25 до 3,33 м/с призводить до різкого збільшення зносу в точках, що лежать ближче до леза. У міру віддалення від носка до спинки лемеша відбувається поступове зниження зносу. Так, при збільшенні швидкості в 2,66 рази знос у точці 1 (рис. 1.4) зростає в 3,1 рази, у точці 2 - у 4,1 рази, у точці 3 - у 2 рази і в точці 4 - в 1,5 разів.

Така нерівномірність зношування в точках, розташованих на носку, а також у середній частині і п'яті лемеша, пояснюється різними питомими тисками і швидкостями ковзання часток, що контактуються в цих зонах при зміні швидкості руху.

Дані зношування різних зон лемеша за товщиною після оранки поля площею 4 га наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Зношування поверхні лемеша по товщині

Показники	Швидкість руху (м/с)				
	1,25	1,55	2,22	2,77	3,33
	Зношування поверхні леміша (мм/га)				
Середнє зношування поверхні лемеша в зоні носка	0,29	0,44	0,61	0,76	0,81
Середнє знос поверхні лемеша в середній частині та п'яті	0,14	0,17	0,16	0,19	0,22
Відношення середнього зносу в зоні носка до середнього зносу середньої зони та п'яті	2,10	2,60	3,80	4,00	3,70

Найбільш інтенсивне зношування лемешів по товщині і масі відбувається в першу чергу на піщаних ґрунтах, потім на важкій супіски і, нарешті, на суглинку.

Найбільш інтенсивне зношування лемешів спостерігається в період осіннього оранки після збирання зернових і технічних культур (липень - жовтень), що пов'язано з підвищенням твердості ґрунтів, внаслідок погодних умов, наприклад, через зниження вологості, або переущільнення культурного ґрунтового шару збиральною технікою. .

Середній обсяг осінньої оранки, виконуваної п'ятикорпусним плугом, становить 250-350 га, але на один леміш припадає 50-70 га. Недостатній ресурс лемешів призводить до необхідності їх трьох - семиразової заміни протягом орного сезону.

Абразивний знос лемешів у процесі їх експлуатації призводить до збільшення тягового опору (до 50%), зниження рівномірності оранки по глибині, що погіршує енергетичні показники орного агрегату та якість виконуваних технологічних операцій.

Крім того, причинами відмови лемешів є поломки або деформації їх носової частини. Частка відмов, викликаних недостатньою міцністю лемешів, становить від 20 до 40% [25]. Це обумовлено підвищенням навантажених лемешів внаслідок

збільшення швидкості орних агрегатів до 7-9 км/год, а також підвищення щільності ґрунтів через велику масу збиральної і транспортної техніки.

Таблиця 1.3 - Інтенсивність зношування лемеша [25]

Тип ґрунту	Швидкість оранки (м/с)				
	1,25	1,55	2,22	2,77	3,33
	Інтенсивність зношування лемеша (г/га)				
Пісчаний	51	75	82	91	97
Супісчаний	45	45	56	68	68
Суглинок легкий	30	36	47	50	53

Випереджаюче зношування носової частини лемеша по відношенню до леза долотоподібного лемеша один з головних критеріїв вибракування через втрату здатності лемеша до заглиблення. Зменшення товщини пласта, що підрізається, знижує якість оранки.

Головною агротехнічною вимогою до роботи плуга є збереження в заданих межах стійкої роботи плуга по глибині оранки. В іншому випадку змінюються агротехнічні показники його роботи, такі як закладення стерни, витяг на поверхню ріллі неродючих шарів ґрунту, фарбування пласта, гребнистість, нерівномірність тягового (питомого) опору та інші. Зазвичай перераховані показники знаходяться в нормі при стійкій роботі плуга, яка залежить від його експлуатаційно-конструктивних параметрів, твердості ґрунту і стану лемешів. Постійність ходу плуга по глибині оранки залежить від леза фаски, що утворюється з тильного боку леза, званої "потилицею".

Величина потиличної фаски є другим після носіння критерієм, що визначає функціональну якість та ресурс лемеша, який залежить від зносостійкості матеріалу лемеша.

Аналіз зносу робочих органів плугів на підзолистому ґрунті показав [23,26], що лемеші вибраковуються задовго до досягнення ними такої ширини, коли починає зношуватися стійка корпусу плуга. Ця обставина призводить до

необхідності введення більш відповідної таким ґрунтовим умов вибракувальної ознаки.

Леміша працюють на підзолистому ґрунті, вибраковуються внаслідок втрати стійкості ходу плуга по глибині, яка знижується через утворення і зростання на лезі потиличної фаски з негативним заднім кутом різання. Тому параметри її можна розглядати як вибракувальних ознак при оранні таких ґрунтів.

Відомо, що потилична фаска леза лемеша визначається двома розмірами: шириною та кутом нахилу до дна борозни. Дослідженнями встановлено, що кут нахилу її до дна борозни залежить від механічного складу ґрунту. Отже, питання про вибракувальні розміри фаски треба розглядати стосовно певного механічного складу ґрунту.

Визначено вибракувальні розміри фаски леза лемеша і для суглинистого підзолистого ґрунту.

На цих ґрунтах при зносі лемешів на лезі утворюється потилична фаска під кутом α , що дорівнює в середньому 20° . Таким чином, один із двох параметрів можна вважати встановленим.

Другий параметр – ширина потиличної фаски – при такому куті нахилу до дна борозни може змінюватися від 0 до 9 мм.

Відповідно до агротехнічних вимог мінімальна глибина оранки підзолистих ґрунтів при підйомі зябу дорівнює 18 см. Плуг обробляє ґрунт на цю глибину при ширині потиличної фаски 4,5 мм. З урахуванням зміни механічного складу, вологості та твердості цих ґрунтів ширину потиличної фаски в межах 4 - 5 мм можна вважати вибракувальним параметром, якщо кут нахилу її до дна борозни дорівнює в середньому 20° .

При оранці глинистого підзолистого ґрунту на лезі лемешів утворюється потилична фаска по куту $35 - 45^\circ$. Таким чином, кут її до дна борозни, рівний 40° , також можна прийняти за один з розмірів, що вибракуюють. За такого вугілля ширина потиличної фаски може змінюватися від 0 до 6 мм.

Плуг обробляє ґрунт на глибину 18 см при ширині потиличної фаски, що дорівнює 3 мм. Таким чином, при оранці глинистої підзолистої ґрунту таку

ширину фаски можна вважати вибракувальним параметром, якщо кут нахилу її до дна борозни дорівнює 40° .

Порівнюючи розрахункові вибракувальні розміри фаски з фактичними, встановлено, що вибракування лемешів на суглинистому підзолистому ґрунті проводиться при ширині фаски, що дорівнює 4,3 - 4,6 мм. Це вказує на відповідність розрахункових даних з фактичними і підтверджує можливість використання як вибракувальної ознаки параметри потиличної фаски леза лемешів.

1.2 Технологічні методи підвищення міцності та зносостійкості лемешів при їх виробництві та відновленні

Метод індукційного наплавлення леза твердим і порошковим сплавами застосовується на заводах галузі для запобігання негативному впливу потиличної фаски та забезпечення самозаточування лемеша. Теорія самозаточування двошарових лез [7,9,16,21] регламентує твердість, товщину шарів та їх співвідношення, що покликане забезпечити відтворення вихідного профілю та збереження його гостроти у міру зношування. Однак, як з'ясувалося, самозагострення спостерігається лише в окремих випадках за певних умов роботи орних агрегатів. Виявлено, що на вологих ґрунтах двошарове лезо перезаточується з наступним оголенням і зламом тендітного ріжучого шару, а на твердих сухих ґрунтах передчасно притупляється, що призводить до необхідності передчасного вибракування лемеша, що має ще значний запас зносостійкої наплати. Процес зношування двошарових ґрунторізальних лез пов'язаний з різною зносостійкістю матеріалів ріжучого та несучого шарів, обумовлений втомним механізмом їх зношування.

Враховуючи недоліки, властиві індукційному наплавленню твердими сплавами (висока енергоємність, нестабільність процесу, перепал) проводилися роботи зі створення двошарових біметалічних лез з використанням періодичного прокату. Проте промисловий випуск двошарових лез не відбувся через високу

вартість і технологічних труднощів зокрема таких, як розшарування прокату і відносне зміщення верств та інших.

Заміна лемеша П - 702 на леміх ПНЧС - 702, проведена на більшості плугів у певний час, призвела до збільшення згинального моменту від дії сили, зосередженої на кінці носіння. Запас металу, що знаходиться з тильного боку лемеша, іменованій "магазином", не досягає лінії небезпечного перерізу і практично некорисний для підвищення міцності носової частини. Зниження міцності викликане недосконалістю термічної обробки носової частини, яка проводилася за рахунок використання нагріву після закінчення наплавлення леза. Зростання числа поломок пов'язують з збільшенням швидкості оранки до 7-9 км/год, підвищенням твердості ґрунтів, обумовленої збільшенням маси самохідних сільськогосподарських і транспортних машин.

Аналіз вітчизняних досліджень у цій галузі дозволяє зробити висновок, що висока абразивна зносостійкість, в порівнянні зі звичайними середньовуглецевими і високовуглецевими сталями, досягається у разі застосування сплавів карбідного або ледебуритного класів, які характеризуються підвищеним вмістом карбідоутворювальних елементів у зокрема хрому, вольфрам ін., і потребують більш складної та дорогої технологічної обробки. За даними лабораторних випробувань зразків лез на установці "чаша, що обертається" збільшення зносостійкості приблизно в 2 рази спостерігається тільки у карбідній сталі Х12 з високим вмістом хрому. У сталей з меншим вмістом хрому (ХГ, ХВГ, 9ХС та ін) збільшення зносостійкості по відношенню до серійної сталі Л53 або 65Г не перевищує 30-60%. Внаслідок високої зносостійкості сталі Х12 або її модифікації Х12Ф1 були проведені роботи з її застосування для змінних лез складових лемешів і двошарових лез, що самозаточуються, одержуваних прокаткою [7,9,16,21]. Незважаючи на те, що зносостійкість леза зі сталей Х12 і Х12Ф1 в польових умовах виявилася вище зносостійкості лемешів із серійної сталі Л53 в 2,5-3,0 рази [16], високохромисті сталі не знайшли застосування внаслідок їх високої вартості та технологічних труднощів через недосконалість конструкції складового лемеха [25].

Слід зазначити, що зносостійкість легованих вуглецевих сталей типу ШХ15, 65Г, У12 та інших лише на 10-20% перевищує зносостійкість серійної сталі Л53 (С - 0,6...0,66%; Мп - 0.14...0,2%; Si - 0,7... 1%), що не виправдовує її заміну через ускладнення технології механічної та термічної обробки.

Для забезпечення ефекту самозаточування леза проводилися роботи з одностороннього загартування поверхні тертя лемешів, яка не отримала промислового використання як наслідок складності та нестабільності технології.

Стандартні лемеші з нижньою напавкою зношуються по ширині леза повільніше, проте носок зношується в 3-4 рази швидше за лезо. Носок лемешів є вибракувальним параметром, хоча по ширині леза вони зношені ще не значно. Застосувавши напавлення зі змінною товщиною зносостійкого сплаву, можна зміцнити носок і тим самим збільшити термін служби лемешів.

Відзначається найменша інтенсивність зносу по ширині леза у стандартних напавлених лемешів, яка спочатку знижується, а при напрацюванні 50-60 га/леміш зростає. Це викликано тим, що зносостійкий метал у цей час починає фарбуватися.

Інтенсивність зносу леза швидкозмінних лемешів з верхньою напавкою в початковий момент знижується і при напрацюванні 25-30 га/леміш стає майже постійною. Інтенсивність зносу їх дещо вище, ніж стандартних напавлених лемешів. Однак напрацювання у швидкозмінних лемешів з верхнім напавленням і зміцненим носком становить 80-85 га/леміш, тоді як у стандартних напавлених - в основному 50-55 га/леміш.

Стверджується, що за певної технології напавлення зносостійким сплавом швидкозношувані поверхонь трапеційдальних лемешів у процесі роботи зберігається їх правильна геометрична форма.

Аналіз конструкційних матеріалів зарубіжних лемешів показує, що багато зарубіжні фірми випускають гаму лемешів з 10-20 найменувань, призначених для експлуатації в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Більшість зарубіжних фірм використовують для виготовлення лемешів середньовуглецеві та високовуглецеві сталі, леговані марганцем і кремнієм типу 35Г сталь 65Г з невеликими добавками бору або титану.

Вітчизняні сталі та наплавні матеріали близькі до закордонних, проте поступаються їм за комплексом механічних властивостей.

Поруч із міцністю абразивна зносостійкість є визначальним параметром, яким оцінюють ефективність і доцільність застосування конструкційних матеріалів для плужних лемешів. Деякі результати лабораторних досліджень зносостійкості сталей і твердих сплавів, проведені у дослідниками на плоских зразках, вирізаних їх робочих органів, що випускаються різними фірмами або з листового прокату різних марок.

За зносостійкістю вітчизняні матеріали не поступаються закордонним. Однак зарубіжні сталі відрізняються комплексом підвищених механічних властивостей, зокрема ударною в'язкістю (до 80-85 Дж/м).

Лемех вітчизняного виробництва виготовляють із високоякісних сталей Л-65, Л-53, Л-50.

З урахуванням відомого досвіду наплавлення лемешів по довжині леза ресурс лемеша підвищується за рахунок збільшення абразивної зносостійкості леза в середньому в 1,5 рази на основі ефекту самозагострення двошарових наплавлених лемешів. В результаті абразивного зношування відбувається відтворення вихідного гострого профілю леза, що пов'язано із зовнішніми умовами тертя. На сухих твердих ґрунтах лезо затуплюється, що призводить до передчасного вибракування лемеша.

Наплавлення носової частини долотоподібного лемеша зносостійкими твердими сплавами УС - 25, ФБХ -6-2 дозволяє вирівняти швидкості зношування шкарпетки і леза і, як наслідок, підтримувати вихідну долотоподібну форму лемеша, що в цілому істотно збільшує ресурс лемеша.

1.3 Основні висновки та завдання досліджень

З проведеного аналізу літературних джерел, встановлено:

1. Напрацювання лемешів до граничного стану виготовлених із середньовуглецевої сталі та застосуванням традиційних способів зміцнення у кілька разів менше сезонного напрацювання, що потребує неодноразової заміни лемешів новими або відновленими деталями.

2. Основними напрямками підвищення довговічності лемешів орних агрегатів є:

- Застосування зносостійких матеріалів;
- Застосування біметалічних матеріалів, отриманих наплавкою;
- Застосування твердих сплавів;
- Зміна форми поверхні тертя лемеша при його конструюванні.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Удосконалити технологію зміцнення плужних лемішів шляхом застосування методу дугового наплавлення поверхні, що забезпечує зниження технологічних витрат на спеціальні матеріали.

2. Розробити критерії підвищення зносостійкості плужних лемішів на основі формування геометричних та міцнісних характеристик поверхні тертя методом дугового наплавлення з використанням електродів для зварювання вуглецевих сталей та термозміцнення.

3. Визначити раціональні параметри зміцнення поверхні лемішів кроковим наплавленням одиночними валиками на основі моделювання умов загартування вуглецевої сталі в навколошовній зоні термічного впливу.

4. Дати порівняльну оцінку зношування поверхні зміцнених лемішів за результатами експлуатації та польових випробувань з урахуванням показників твердості поверхні та залишкових напружень.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕРМОЗМІЦНЕННЯ ПЛУЖНИХ ЛЕМІШІВ

2.1 Технологічні чинники та критерії формування загартованих структур у зоні термічного впливу наплавленого валика

При зварюванні плавленням зварний шов (наплавлений валик) утворюється шляхом перемішування електродного та основного металу. Властивості зварних швів визначаються хімічним складом та структурою металу, одержуваної в результаті охолодження. Наприклад, при дуговому зварюванні в металі шва в залежності від умов охолодження і способу зварювання може утворитися як дрібнозернисті так і крупнозернисті структури. Зварному шву характерна лита структура металу первинної кристалізації. У зоні термічного впливу, що примикає до зварного шва в межах теплового впливу зварювального джерела нагріву, зокрема, дуги та зварювальної ванни основний метал отримує вторинну структуру.

Характерні зони термічного впливу при дії зварювального джерела теплоти на основний метал подано на малюнок 2.1.

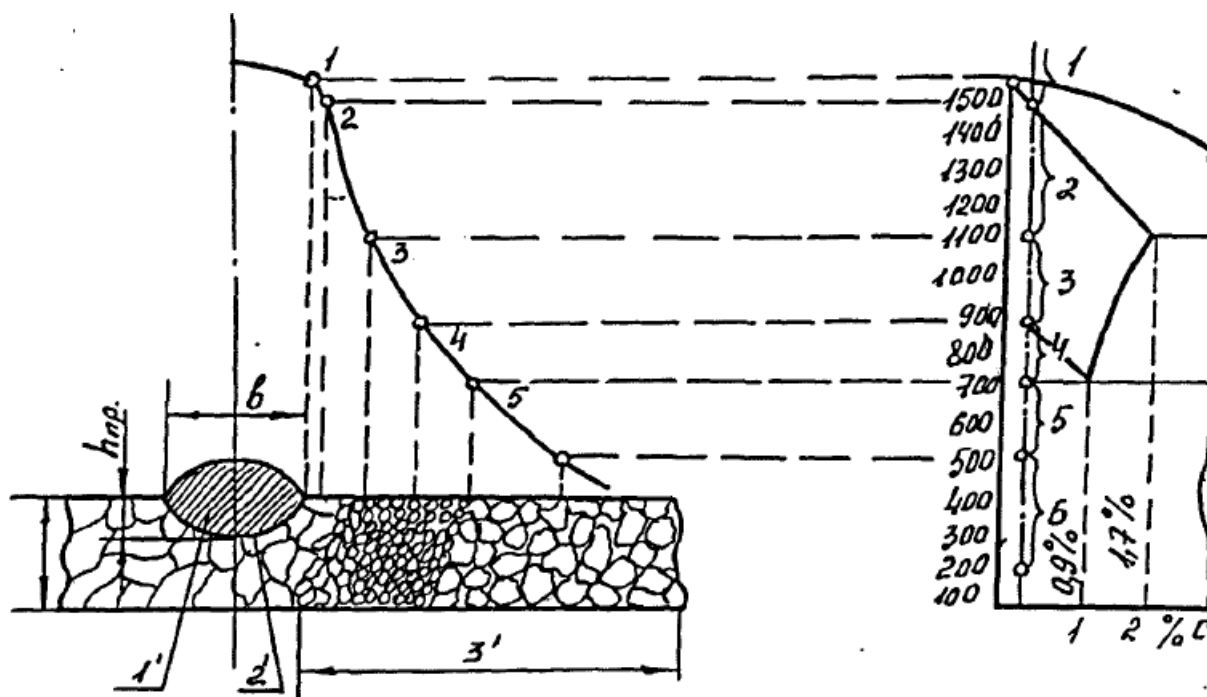


Рисунок 2.1 – Характерні зони термічного впливу при дії зварювального джерела теплоти на основний метал

1 - метал зварного шва; 2 - зона сплавлення зварного шва з основним металом; 3 - зона теплового впливу зварювального джерела теплоти на основному металі.

У технологічних процесах відновлення та зміцнення деталей з використанням зварювально-наплавних методів обґрунтування теплового впливу джерела зварювального нагріву на формування службових властивостей деталей відводиться особливе значення, що відзначається багатьма авторами [7,9,16,21].

Теорія і практика зварювання плавленням показує, що розміри зони термічного впливу на основному металі залежать від товщини металу, що зварюється або наплавляється способів і режимів зварювання, а також джерела нагріву (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Ширина ділянок зони термічного впливу (ЗТВ) при зварюванні сталі [13,28]

Спосіб зварювання	Товщина металу, що зварюється, мм	Ширина ділянок ЗТВ, мм					Загальна товщина ЗТВ, мм
		Зона плавлення	Ділянки нагріву вище Асз		Неповної перекристалізації	Збірної рекристалізації	
			Перегріву	Нормалізації			
		1	2	3	4	5	
Газова	3	0,2	4...7	3...5	3,0	4,0	12,0...13,0
	10	0,15...0,2	10...12	9...10	5,0	8,0	25,0...30,0
Електрошлакова	50	0,15	3...5	3...4	2...5	5...7	3,0...18,0
Дугова	10	0,1	1,0	1,5...2,0	1,0	1,5...2,0	3,0...5,5

Температурний інтервал ліквідус - солідус для різних способів зварювання плавлення дуже невеликий, тому зона сплавлення при дуговій зварюванні, що забезпечує міцне сплавлення з основою становить 0,08 ... 0,1 мм. З погляду зміни структури та механічних властивостей основного металу найбільший інтерес представляє ділянку перегріву з температурою 1100 °С - 1500 °С. У цій зоні

розвивається велике зерно, знижується пластичність та ударна в'язкість. Виявляється висока здатність сталі, при відповідному вмісті вуглецю та швидкості охолодження, до загартування та підвищення твердості.

Ділянка нормалізації охоплює частину металу з температурою 900°C - 1100°C , завдяки перекристалізації тут забезпечується отримання високих механічних властивостей сталі.

У міру зниження температури нагріву основного металу в навколошовній зоні з температурами між критичними точками A_c1 і A_{c3} утворюються структури з дрібним і великим зерном, а далі, де максимальна температура металу не перевищувала $500 - 525^{\circ}\text{C}$ має місце відпустка гартованих структур та деяке зниження межі міцності.

При цьому структура та властивості металу в зоні термічного впливу визначаються складом сталі, її вихідною обробкою до дії зварювання.

Розглядаючи середньовуглецеві сталі, що гартуються в умовах впливу зварювального термічного циклу, можна вважати, що ділянки металу, що нагріваються при зварюванні вище температури A_{c3} , в результаті швидкого охолодження набувають структуру загартування.

Для одних умов (хімічний склад сталі, що визначає кінетику розпаду аустеніту; погонна енергія, що визначається способом і режимом зварювання; розміри виробу, що впливають на швидкість охолодження металу при зварюванні та ін) кінцева структура цих ділянок може бути отримана мартенситної або змішаною. Ділянка прилеглий до межі сплавлення з температурою вище 1200°C утворює крупноігольчастий мартенсит, ніж при нагріванні трохи вище A_{c3} . Структура зони термічного впливу близька структурі ділянки перегріву.

Ділянка зони термічного впливу, яка при зварюванні нагрівалася у температурному інтервалі $A_{c1} - A_{c3}$ після охолодження отримує структуру неповної, тобто. часткового гарту, що узгоджується з класичною теорією термічної обробки. Твердість сталі виходить дещо нижчою, ніж в умовах повного гарту з нагріванням вище A_{c3} . Структура цих ділянок зони термічного впливу мало залежить від вихідного стану металу перед зварюванням. Якщо у вихідному

стані метал був загартований, то його нагрівання вище за A_{c3} (або відповідно між A_{c1} – A_{c3}) і подальше швидке охолодження призводить до утворення структур загартування. Якщо метал до зварювання був підданий відпустці, то нагрівання вище A_{c3} і швидке охолодження знову забезпечать отримання гартових структур.

Ділянки ЗТВ з температурою нагріву нижче A_c і для металу у вихідному загартованому стані, отримують відпустку при різних температурах і витримках. Короткочасна висока відпустка отримує ділянку прилеглу до ділянки неповного гарту. Він зазвичай характеризується структурою сорбіту відпустки. У міру віддалення від шва температура відпустки знижується, зменшується загальна тривалість витримки при підвищених температурах. Тому ступінь відпустки для загартованого металу знижується, і твердість зберігається підвищеною.

У ЗТВ гартують сталей у процесі охолодження або через деякий час після повного охолодження можуть виникати холодні тріщини. Холодні тріщини мають місце при температурах значно нижчих, ніж температура гарячої обробки, або за кімнатної температури. Такі тріщини можуть виникати в металі швів або поблизу межі сплавлення в навколошовній зоні, через недостатню деформаційну здатність, що викликається загартуванням і пластичною деформацією від нерівномірного охолодження, а також збільшення обсягу металу, загартованого на мартенсит.

Утворення холодних тріщин пов'язане з накопиченням пластичних деформацій від зміни розмірів і форми виробу, що нерівномірно охолоджується.

Найбільш характерними температурами виникнення холодних тріщин при зварюванні сталей, що гартуються, є температури, при яких вже стався розпад основної частини аустеніту, але може продовжуватися розпад залишкового аустеніту, наприклад, при температурах $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ і більш низьких.

Дієвим прийомом виключення холодних тріщин при зварюванні сталей, що гартують, є попередній підігрів металу, що зменшує швидкості охолодження при температурах розпаду аустеніту. При повному загартуванні стали мартенсит загартування менш пластичний, утворення тріщин у навколошовній зоні найімовірніше.

Метал зварного шва формується в залежності від складу застосовуваних зварювальних матеріалів, особливо металу електрода, який переміщується у зварювальній ванні з основним металом.

При правильно вибраних технологічних режимах формуються зварні шви без тріщин, у тому числі в зоні навколошовної термічного впливу. При дуговому зварюванні швидкість охолодження зварного шва у сфері температур кристалізації перебуває у межах 70-200 °C/с, а області температур 600-800 °C межах 20-70 °C/с [14].

Кінцеві структури і властивості металу при класичних методах термічної обробки залежать від тривалості витримки при відповідних температурах і швидкості охолодження, що визначають ступінь завершеності структурних перетворень, що відбуваються в металі.

Швидке нагрівання і мала витримка при нагріванні зварювальним джерелом теплоти призводять до меншого зростання зерна, ніж при повільному нагріванні і тривалій витримці за класичним варіантом термообробки, що передбачає великі швидкості охолодження.

В умовах зварювання швидкість охолодження є вирішальним фактором формування кінцевої структури та властивостей металу.

Миттєва швидкість охолодження металу в зварному з'єднанні, згідно Н.Н. Рикаліну описують [4,7,29] наступними рівняннями:

для умов наплавлення валика (шва) на масивне тіло

$$W_{\text{охл}} = 2\pi\lambda \frac{(T-T_0)^2}{q/V_H} \quad (2.1)$$

для умов наплавлення валика (шва) на лист будь-якої товщини.

$$W_{\text{охл}} = \omega \left[\frac{2\pi\lambda(T-T_0)^2}{q/V_H} \right] \quad (2.2)$$

де $W_{\text{охл}}$ - швидкість охолодження металу за температури T , C/с;

λ, c, ρ - коефіцієнт теплопровідності, кал/(см с °C) або Вт/(м°C); питома теплоємність, кал/(г °C) або Дж/(кг °C), і щільність, г/см³ або кг/м³ металу;

T_0 - початкова температура виробу, що зварюється, що зберігається при зварюванні на деякій відстані від шва протягом усього часу, °C;

q - кількість теплоти джерела кал/с (BT), що вводиться у виріб;

$V_{зв}$ - швидкість зварювання, см/с (м/с);

δ - товщина металу, що зварюється, см (м);

ω - безрозмірний критерій процесу охолодження.

Безрозмірний критерій залежить також від властивостей зварюваного металу та умов зварювання, виражених через безрозмірну величину $1/0$, визначувану за формулою

$$1/0 = \left(\frac{2q}{V_{зв}}\right) / [\pi \delta^2 c p (T - T_0)] \quad (2.3)$$

Під впливом обмеженості розмірів деталей швидкість охолодження металу на початку наплавлення в інтервалі температур кристалізації може бути в 10-20 разів вище, ніж в кінці наплавлення, що призводить до нерівномірності властивостей по довжині поверхні, що наплавляється [29].

На основі перетворень, що протікають при охолодженні сталі, нагрітої вище температур $A_{сз}$ і $A_{сі}$ в навколошовній зоні, лежать явища, що розглядаються теорією термообробки сталі. В основі фазових і структурних перетворень при охолодженні розглядають [29] процеси розпаду утвореного при нагріванні аустеніту з переходом його в різні фази і структури, що визначають відмінність властивостей охолодженої сталі.

При зварюванні і наплавці вуглецевих і низьковуглецевих сталей в результаті впливу зварювального термічного циклу вельми ймовірним є отримання гартових структур для всього об'єму металу, нагрітого вище $A_{сз}$ потерпілого при охолодженні аустеніту в продукти його розпаду, головним чином, за рахунок тепло холодні шари металу. Як зазначалося, можливість виникнення у загартованому металі тріщин пов'язують із заснуванням структурних напруг, у зв'язку з меншою щільністю мартенситу.

Про структуру та властивості різних ділянок навколошовної ЗТВ можна будувати висновки щодо зміни твердості основного металу (рисунок 2.2).

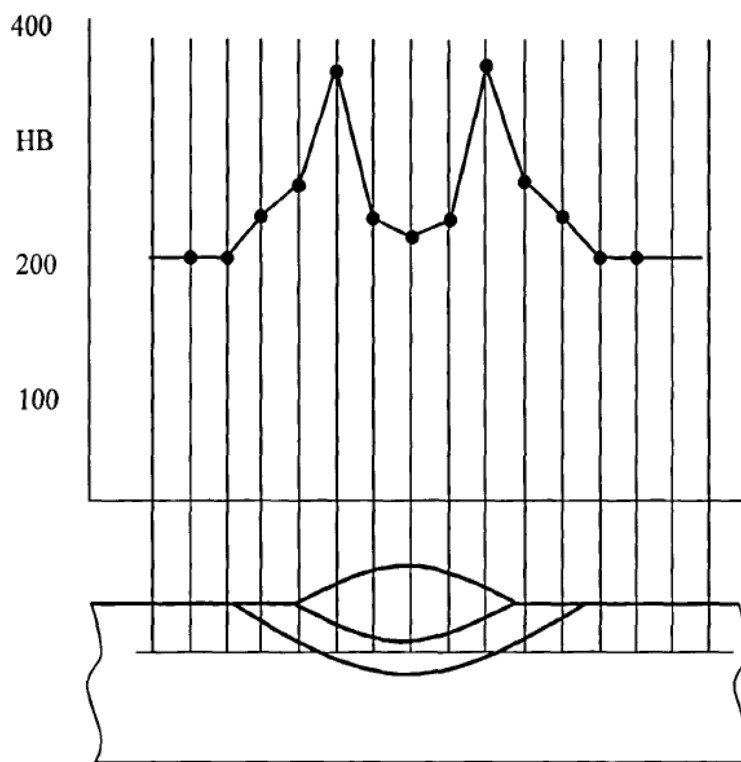


Рисунок 2.2 - Розподіл твердості металу у навколошовній зоні термічного впливу

Погонна енергія дугового зварювання - наплавлення визначається співвідношенням $\left(\frac{q}{V_n}\right)$

$$\frac{q}{V_n} = \frac{60IU_D}{V_n} \text{ Дж/см} \quad (2.4)$$

де I - зварювальний струм, А;

U_D - напруга дуги, В;

Q - як ефективна теплова потужність дуги введена в зварюваний виріб, кал/с

V_n - швидкість наплавлення, см/хв

При цьому визначення ефективної теплової потужності дуги, введеної у виріб здійснюють [29] за рівнянням

$$q = Q_D \cdot \eta_n = 0,24K \cdot I \cdot U_D \cdot \eta_n \quad (2.5)$$

де Q_D – теплова потужність дуги;

η_n - коефіцієнт представляє собою відношення ефективної потужності дуги до її повної потужності (визначається калориметруванням та вимірюванням електричних параметрів дуги);

0,24 - коефіцієнт переведення з електричних величин теплові, кал/(Вт·с);

K - коефіцієнт, що враховує вплив несинусоїдності кривих напруг і струму на потужність дуги (при постійному струмі $K = 1$; при змінному $K = 0,7 - 0,97$).

Значення η_H для деяких типових випадків зварювання наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Значення η_H для різних способів дугового зварювання

Спосіб зварювання	Зварювання неплавким електродом у захисних газах	Зварювання електродом, що плавиться (електродом з стабілізуючим)	Зварювання плавиться покритим електродом	Зварювання електродом, що плавиться під флюсом
η_H	0,45-0,70	0,65-0,75	0,75-0,85	0,75-0,90

Зварювальна дуга описується потужним нормально розподіленим джерелом теплоти (рисунок 2.3) щільністю теплового потоку $q(r) = q_{max} e^{-kr^2}$ (кал/см²·с), що рухається по поверхні пластина товщиною h з рівномірною швидкістю вздовж осі X .

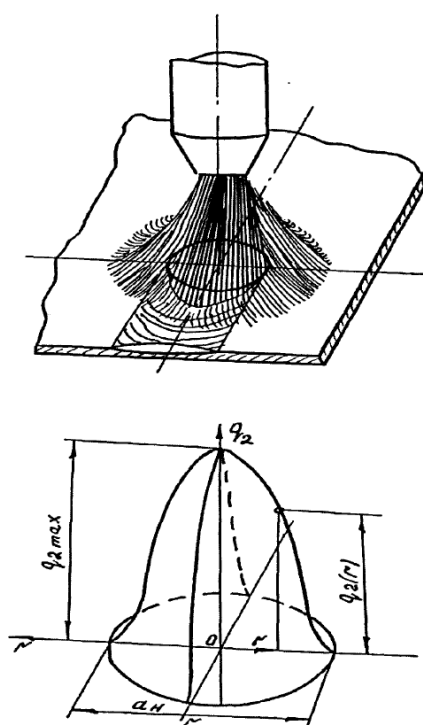


Рисунок 2.3 – Схема зварювальної дуги як джерела теплоти

Де q_{max} – найбільший питомий тепловий потік у центрі плями нагрівання (цг), обумовлений контактуванням дуги (таблиця 2.3); k - коефіцієнт зосередженості питомого теплового потоку дуги, см^{-2} ; r - відстань від осі джерела, см.

Таблиця 2.3 – Характеристики теплового потоку зварювальних дуг

Характеристика зварювальної дуги	Максимальний питомий тепловий потік, кал/($\text{см}^2 \text{с}$)	Коефіцієнт зосередженості до (см^2)
Дуга неплавного вугільного електрода	1000-2000	1-1,5
Дуга неплавлячого w - електрода в аргоні	500 - 600	6-14,0
Дуга електрода, що плавиться	1000-2000	1-1,5
Дуга електрода, що плавиться під флюсом	6000	6-10,0

Погонна енергія впливає на розміри навколошовної зони термічного впливу (ОЗТВ) та глибину проплавлення основного металу, яку приблизно [8] визначають за формулою

$$h_{пр} = 2 \sqrt{at_k \ln \frac{T_{ж}}{T_{пл}}} \quad (2.6)$$

де $t_k = \frac{T_{max} - T_3}{W_{cp}}$ тривалість контактування рідкого металу зварювальної ванни

з основним металом.

При цьому:

a – коефіцієнт температуропровідності основного металу;

$T_{ж}$ – середня температура рідкого металу зварювальної ванни;

$T_{пл}$ – температура плавлення основного металу;

W_{cp} – середня швидкість охолодження поверхні основного металу;

T_3 - температура затвердіння металу наплавлення

Щодо зварювання вуглецевих і низьковуглецевих сталей глибину проплавлення приблизно визначають співвідношенням

$$h_{пр} = (0,01...0,0125)I_{св} \quad (2.7)$$

На тривалість контактування металу зварювальної ванни з основним металом, а відповідно і на швидкість охолодження шва і ОЗТВ впливає обсяг зварювальної ванни, який збільшується при збільшенні потужності дуги, зниженні швидкості наплавлення - зварювання, застосуванні додаткових переміщень електрода.

За відсутності поперечних коливальних рухів кінця електрода ширина валика становить від 0,8 до 1,5 діаметра електрода. Такі шви чи валики називають вузькими чи нитковими. Їх застосовують при зварюванні або наплавці тонкого металу.

Отримання розширених швів, чи валиків, ширина яких зазвичай трохи більше (2...4) діаметрів електрода, можливе з допомогою коливальних переміщень торця електрода (рисунок 2.4).

Додаткові переміщення електрода збільшують ширину однопрохідної наплавки за рахунок теплових накладень шляхом одночасного підвищення потужності дуги і лінійної швидкості поперечних переміщень.

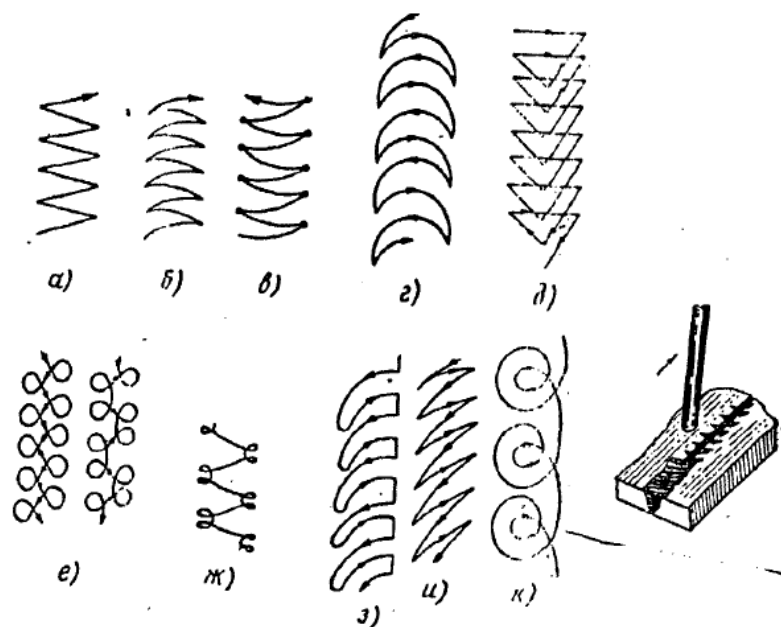


Рисунок 2.4 – Основні траєкторії переміщень торця електрода [25]

Наприклад, підвищення на порядок лінійної швидкості поперечних переміщень електрода, призводить до збільшення обсягу розплавленого металу зварювальної ванни. При цьому на порядок знижується швидкість охолодження

металу шва. Тривалість існування металу зварювальної ванни для випадку однопрохідного зварювання приблизно визначають ставленням [7,10]

$$t_K = L/V_{CB}$$

де L - Довжина зварювальної ванни (рисунок 2.5)

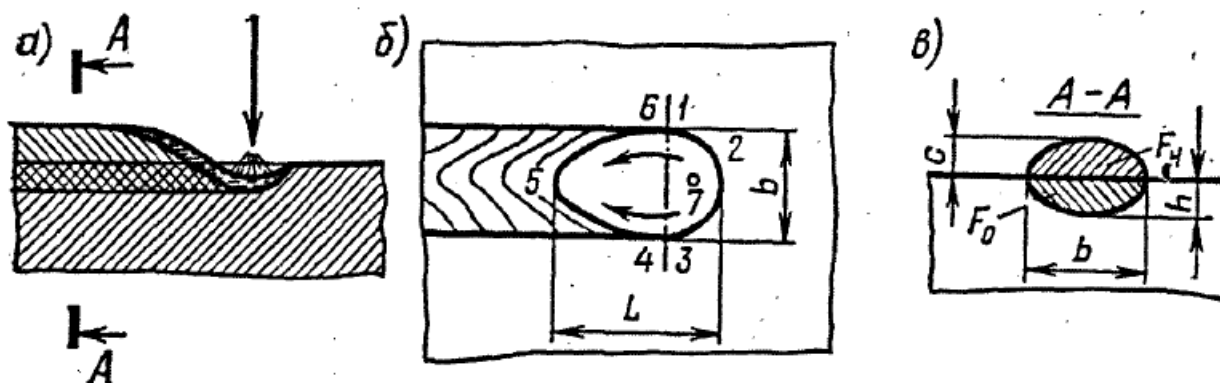


Рисунок 2.5 – Зварювальна ванна. Кристалізація металу при зварюванні та формування металу шва

де b - ширина зварювальної ванни;

c – висота валика;

h – глибина проплавлення.

Порівняно зі стаціонарною дугою, імпульсна дуга дозволяє регулювати проплавну здатність у великих межах. Додаткове регулювання швидкості охолодження відбувається за рахунок зміни тривалості періодів імпульсу та паузи.

При рухомих джерелах теплоти встановлюється квазістаціонарний стан теплового поля, яке переміщається спільно з джерелом.

Такий граничний стан настає не відразу. Наприклад, при дуговому зварюванні в початковий момент теплота вводиться в холодний метал, температура якого стала по всьому об'єму. У міру горіння дуги метал нагрівається, при цьому область нагрітого металу, що прилягає до зварного шву вже не збільшується, то можна вважати, що в навколошовній зоні настав граничний стан.

Період процесу поширення теплоти до досягнення граничного стану (стаціонарного при нерухомому джерелі і квазістаціонарного при рухомому)

характеризують періодом теплонасичення, на який вирішальний вплив надають розміри і маса деталі, технологічні режими зварювання - наплавлення визначають рівень погонної енергії. По завершенню дії джерела теплоти, накопичена в металі теплота поширюється за рахунок теплопровідності.

Період процесу поширення теплоти з припинення дії джерела характеризують періодом вирівнювання температури, що враховується в теорії Н.М. Рикаліна.

Середня температура зварювальної ванни при ручному зварюванні електродом, що плавиться (1770 ± 100 °C) визначена і створює перегрів металу при зварюванні, що впливає на утворення розмірів ЗТВ і швидкість охолодження металу, що наплавляється.

Висновки до розділу 2

Теорія і практика зварювання плавленням показує, що розміри зони термічного впливу на основному металі залежать від товщини металу, що зварюється або наплавляється способів і режимів зварювання, а також джерела нагріву.

Встановлено закономірності зміни глибини і ширини загартованої зони термічного впливу основного металу в залежності від теплових параметрів дуги і режимів наплавлення одиночних валиків покритими електродами.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Загальна методика та структура досліджень

На основі вивчення літературних джерел, теоретичних досліджень, а також виходячи з поставлених завдань загальною методикою передбачалося проведення експериментальних досліджень з наступних питань:

1. Оцінка технічного стану вибракованих після експлуатації лемешів.
2. Вивчення твердості, мікротвердості та залишкових напружень нових і вибракованих в результаті експлуатації лемешів.
3. Вивчення мікротвердості наплавленого валика, зони загартування та мікротвердості основного металу за результатами наплавлення поверхні лемеша електродами для зварювання вуглецевих сталей в умовах регулювання зварювального струму.
4. Проведення польових випробувань з оцінкою зносу по масі та напрацювання зміцнених лемешів за різними варіантами геометрії крокового наплавлення поверхні одиночними валиками.

3.2 Методика польових випробувань зміцнених лемешів

З метою підтвердження результатів теоретичних досліджень та оцінки ефективності застосування удосконаленої технології передбачено проведення польових випробувань термозміцнених лемешів у порівнянні з серійними деталями, що постачаються як запасні частини на прикладі деталей однієї партії.

Дана методика порівняльних польових випробувань серійних та термозміцнених методом дугового наплавлення плужних лемешів враховує основні положення методик, раніше розроблених співробітниками ВІСХО-Ма та ДЕРЖСНІТІ, що передбачають виявлення терміну служби лемешів та відмінностей у витраті палива з урахуванням ґрунтово-кліматичних зон та умов.

При проведенні лабораторно-польових випробувань повинна бути достатньою повторність дослідів, що визначається кількістю випробуваних однотипних лемешів, а також повинні бути дотримані вимоги щодо ідентичності умов випробувань, у тому числі щодо складу ґрунтів, їх вологості, схем виміру та

методів визначення інтенсивності зношування лемешів, що випробовуються.

Підготовка лемешів до польових випробувань полягала в наплавленні поверхні серійних лемешів паралельними одиночними валиками методом крокового наплавлення електродами для зварювання маловуглецевої сталі з витримкою для охолодження після кожного проходу.

При цьому на одному рівні витримувалися параметри режиму наплавлення, а саме: струм зварювання, напруга на дузі, швидкість зварювання, умови самоохолодження.

Наплавлення валиків проводилася електродами однієї марки без зміни його діаметра при ширині наплавленого валика 4...5 мм.

Весь цикл випробувань лемешів здійснювався на площі одного поля за вологості, отриманої в результаті відбору та дослідження обсягів проб у різних зонах поля, що становила від 18...25%. Тип ґрунту-супесь, оранка вироблялася навесні по стерні після зернових.

Методика випробувань передбачала послідовну заміну одноразово випробуваних деталей (по три лемеші) (рисунок 3.1) для оцінки втрати їх маси зважуванням через проміжок випробувань, що становить напрацювання площею в 3 га, з наступною заміною деталей іншої геометрії зміцнення поверхні. Цим досягалися умови ідентичності випробувань до настання стану вибракування за параметрами формування "човна" або утворення інших дефектів, пов'язаних з порушенням якості оранки.



Рисунок 3.1 – Встановлення випробуваних лемешів на плугах типу ПЛН-3-35.

Дані щодо витрати палива фіксували порівняно з випробуваннями серійних лемешів за варіантом наплавлення поверхні бар'єрними валиками.

Контроль розмірів поверхні випробовуваних лемешів здійснювали згідно зі схемою (рисунок 3.2) за допомогою штангенциркуля точністю 0,05 мм.

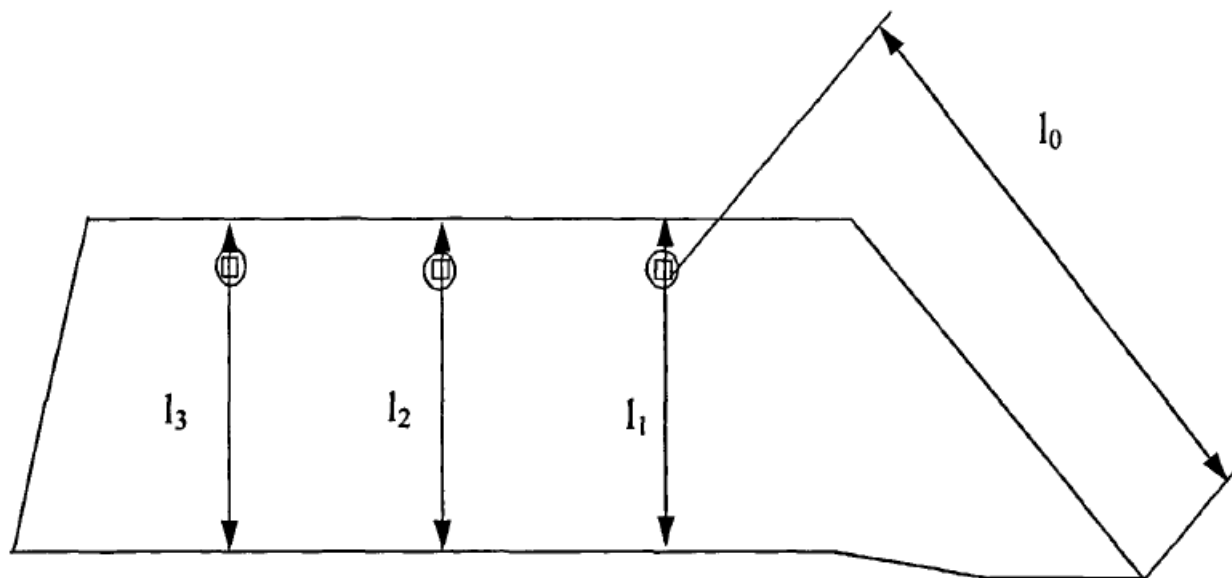


Рисунок 3.2 – Контрольовані розміри поверхні випробовуваних лемешів.

За результатами польових випробувань плужні лемеша піддавалися дослідженню їх напруженого стану.

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Оцінка технічного стану вибрактованих лемешів та технологічних можливостей управління твердістю зміцнюваної поверхні

Дослідження щодо вдосконалення технології зміцнюючої наплавки поверхні леміша засновані на порівняльній оцінці якості поверхні нових і вибрактованих плужних лемешів, які експлуатувалися на оранці піщаних і супіщаних ґрунтів [5,11].

Зношування визначалося на вибрактуванні об'ємом 25 вибрактованих лемешів (рисунок 4.1) за допомогою штангенциркуля точністю 0,05 мм.

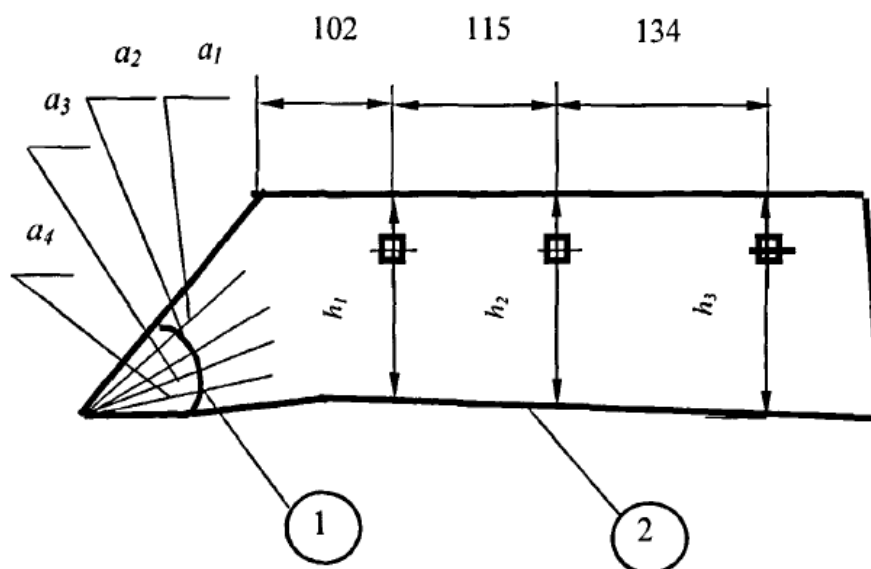


Рисунок 4.1 – Схема визначення розмірів вибрактованих плужних лемешів (1- знос носової частини, 2 - знос леза)

Вибрактування здійснювалося при наскрізному протиранні носка деталі причому розміри отворів, що утворилися, у всіх виробках були приблизно однакові. Ширина (h_1 , h_2 , h_3) контролювалася за трьома площинами, зміна розмірів носка по чотирьох променях (a_1 , a_2 , a_3 , a_4), проведених через $8^\circ 30'$ (рисунок 4.1). В останньому випадку використовувався шаблон леміша з нанесеними на нього лініями (променями). Досліджуваний леміш накладався на шаблон, і вимірювалися. Обробка отриманих даних проводилася за програмою Microsoft Excel [5,11].

Статистичний аналіз зміни розмірів носка леміша показав, що середнє

значення зносів перебувають у інтервалі від 63,4 до 79,2 мм, мінімальне значення становить 36 мм, а максимальне 133 мм (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Статистичні параметри зношування носка лемеша

Промені	a_1	a_2	a_3	a_4
Сума	1981	1584	1595	1908
Середнє	79,24	63,36	63,8	76,32
Дисперсія	375,1424	261,8304	318,72	548,7776
Ср. кв. відхилення	19,36859	16,18117	17,85273	23,426
Коефіцієнт варіації	0,244429	0,255385	0,279823	0,306944

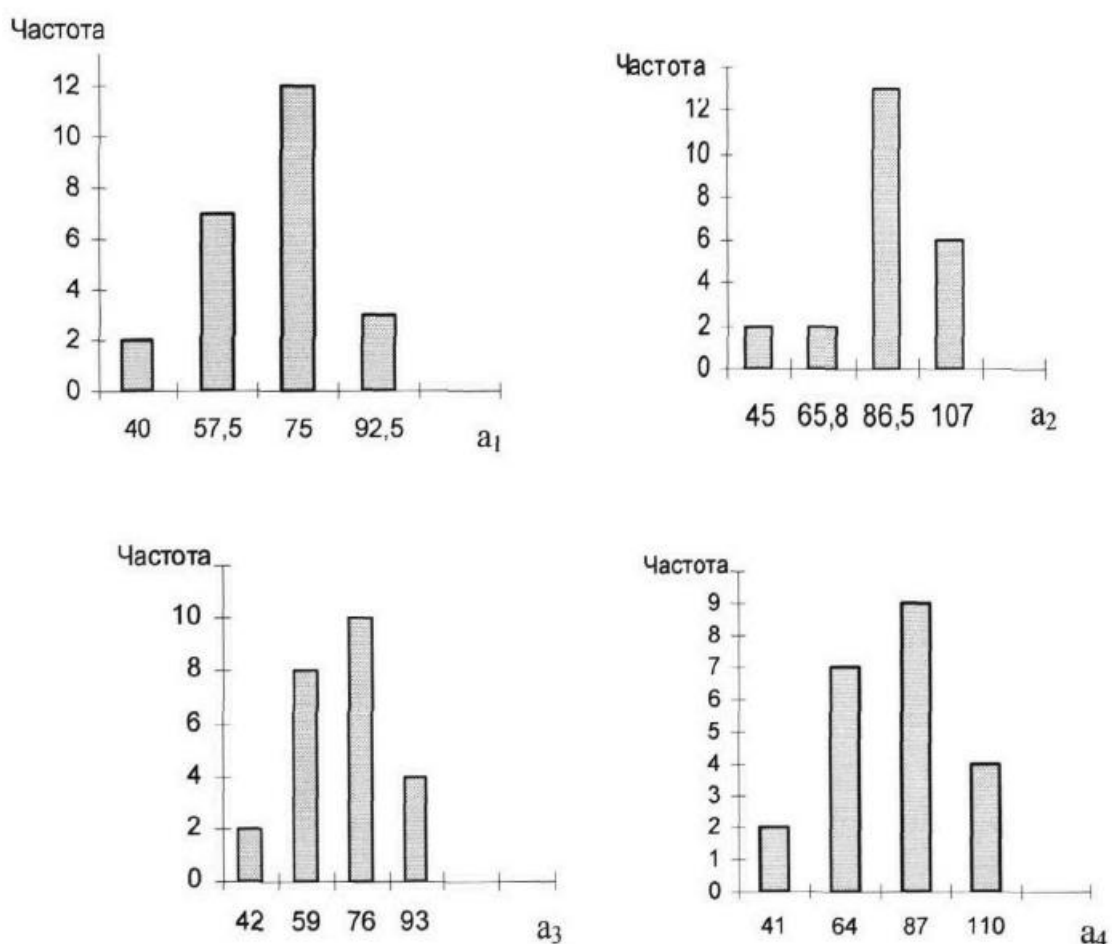


Рисунок 4.2 – Гістограма розподілу зносів носка леміша

Коефіцієнти варіації (V) у своїй не перевищують 0,3, вказуючи на нормальний закон розподілу отриманих результатів. Крім того, порівняно

незначні V говорять про невисоке розсіювання експериментальних даних і, отже, достатньої рівномірності і стабільності процесу зношування по кожній лінії вимірювання.

При розгляді гістограм розподілу значень зносів (рисунок 4.2 a_1, a_2, a_3, a_4) встановлено: для променів a_1 і a_4 найбільш ймовірний знос близько 87 мм, для a_1 і a_4 - частота 13, для a_4 - частота 9 [5,11].

Вивчення геометричних параметрів носіння лемеша після його експлуатації дає підставу рекомендувати технологію відновлення цієї частини деталі. Вона полягає у видаленні або зрізанні зношеної частини у вигляді форми трикутника зі сторонами 130x135x120 мм і подальшому приварюванні заздалегідь виготовленого нового елемента такої ж форми. В даному випадку довжина шва складе 120 мм, що забезпечить необхідну міцність зварного з'єднання.

Обробка статистичних даних із зносу леза лемеша дозволила встановити, що середнє значення зносу не перевищує 9 мм (таблиця 4.2), коефіцієнт варіації вказує на нестабільність протікання зношування цієї частини лемеша. У всіх випадках вимірів, їх розподіли підпорядковуються закону Вейбулла – Гніденка [5,11,17,24].

Таблиця 4.2 - Статистичні параметри зношування по лезу ножа

Знос	h_1	h_2	h_3
Сума	179	187	225
Сума	7,16	7,48	9
Середнє	13,5744	9,0496	12,8
Дисперсія	3,684345	3,008255	3,577709
Сер. кв. відхилення	0,514573	0,402173	0,397523

Мінімальний знос становив 2 мм, а максимальний 18 мм, такі значення не перевищують величини загартованої зони леза. Вплив же їх на якість оранки може бути нейтралізовано за рахунок відповідних регулювань плуга або додатковим зміцненням.

Гістограми зносу леза лемешів наведено малюнку 4.3.

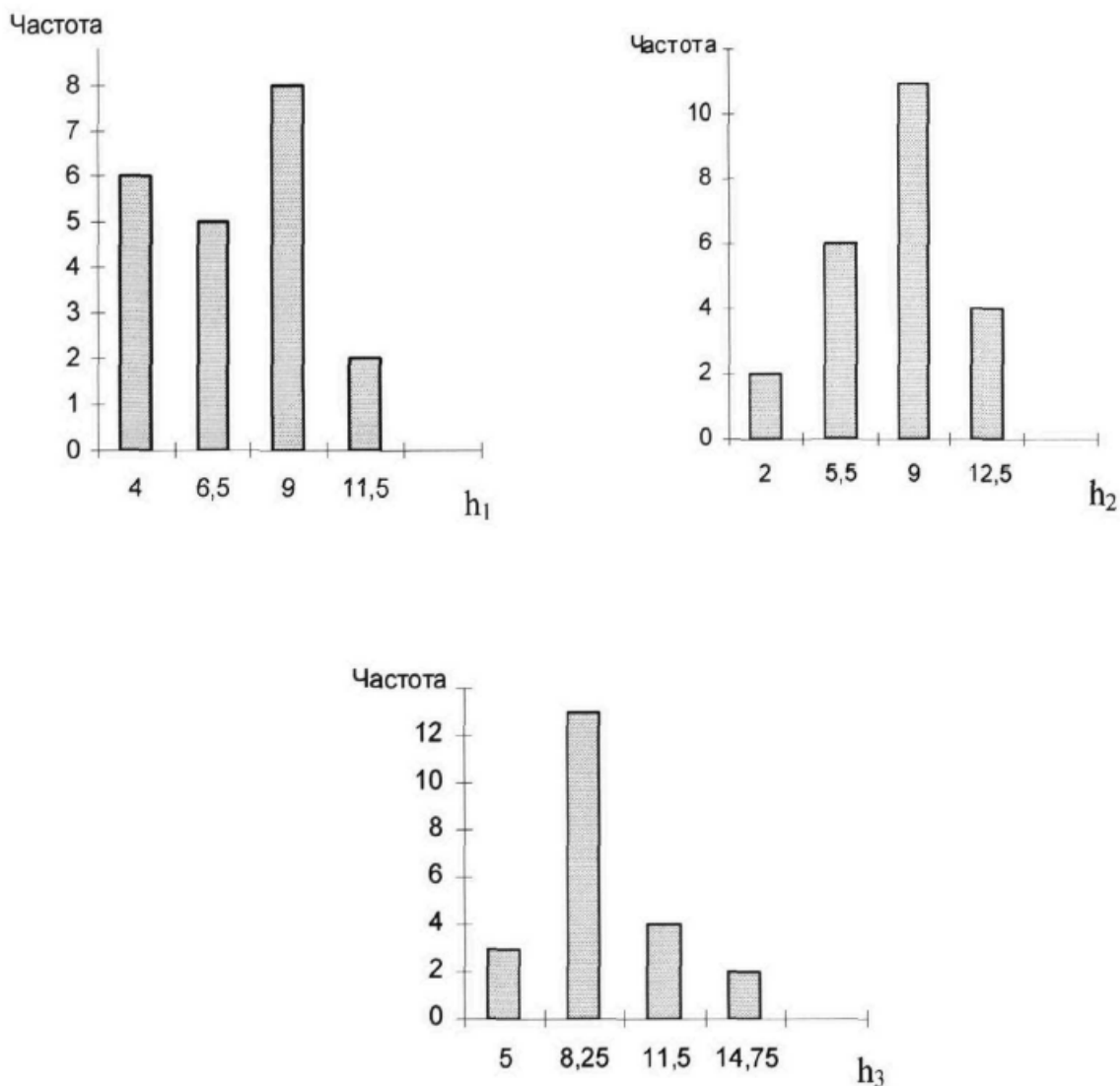


Рисунок 4.3 - Гістограми розподілу зносів леза леміша

Про якість поверхні нових і зношених плужних лемешів можна судити за даними, проведених нами вимірювань твердості металу в різних зонах тертя (таблиця 4.3, таблиця 4.4), а також мікротвердості вивирізаних зразків металу лише на рівні мікрошліфів, вимірної приладі ПМТ - 3 (таблиця 4.5, таблиця 4.6).

Дані показують, що твердість незагартованої зони лемешів не змінюється. Твердість загартованої зони у вибракovanому лемеші дещо знизилася [12]. Це пов'язано з тим, що в процесі експлуатації загартована частина лемеша перейшла в зону зношування, про що більш точно свідчать дані мікротвердості.

Таблиця 4.3 - Дані вимірювання твердості різних зон нового лемеша

Схема вимірювань	Зона вимірювання	Твердість	
		НВ	HRC
 <p>загартована зона</p>	1	203-215	
	2	204-220	
	3	227-240	
	4		35-40
	5		35-38
	6		35-40

Таблиця 4.4 - Дані вимірювань твердості різних зон вибракovanого лемеша

Схема вимірювань	Зона вимірювання	Твердість	
		НВ	HRC
 <p>загартована зона</p>	1	227-239	
	2	227-230	
	3	215-227	
	4		20-25
	5		25-28
	6		21-25

Таблиця 4.5 - Дані визначення мікротвердості металу нового лемеша*

Схема вирізки зразків для підготовки мікрошліфів	№ взірця	Мікротвердість
 <p>зона гартування</p>	1	182-193
	2	357-366
	3	197-210
	4	205-219
	5	520-533
	6	182-195
	7	186-193
	8	186-202

Таблиця 4.6 - Дані визначення мікротвердості металу вибракovanого лемеша

Схема вирізки зразків для підготовки мікрошліфів	№ взірця	Мікротвердість Н _μ
	1	224-233
	2	245-253
	3	249-257
	4	210-215
	5	220-233
	6	233-247
	7	520-530
	8	202-217

Про корінну зміну ситуації зі зносом поверхні лемеша, за рахунок його зміцнення валиковою наплавкою з отриманням гарту лемішної сталі в зоні термічного впливу, показують дані досліджень мікротвердості металу в перерізах наплавленого і основного металу з застосуванням різних марок електродів (таблиці 4.7...4.11) залежно від сили зварювального струму, а відтак і швидкості охолодження. Наплавлені елементи леміша показані малюнку 4.4

Таблиця 4.7 - Дані вимірювання мікротвердості наплавленого валика, зони загартування та основного металу при наплавленні електродом марки E50A - УОНІ - 13/55 - УО - А. d =4 мм.

Схема вимірювань	Сила струму I, А	Мікротвердість, Н _μ		
		Наплавленого валика	Зони загартування	Основного металу
	80	366-373	746-754	230-246
	100	375-384	675-683	270-278
	120	443-449	763-774	306-309
	140	493-497	731-738	281-287
	160	432-439	873-882	260-269
	180	449-453	609-612	247-253



Рисунок 4.4 - Елементи лемеша з наплавленими валиками

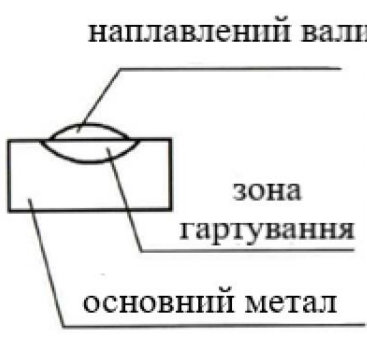
Таблиця 4.8 – Дані вимірювання мікротвердості наплавленого валика, зони загартування та основного металу при наплавленні електродом марки Е46 -МР -ЗПС - 4,0 - УО. $d_e = 4$ мм.

Схема вимірювань	Сила струму I, А	Мікротвердість, Нц		
		Наплавленого валика	Зони загартування	Основного металу
	80	370-381	840-853	221-227
	100	397-411	820-827	298-307
	120	345-358	710-717	219-228
	140	460-473	683-689	219-225
	160	547-559	595-613	240-248
	180			

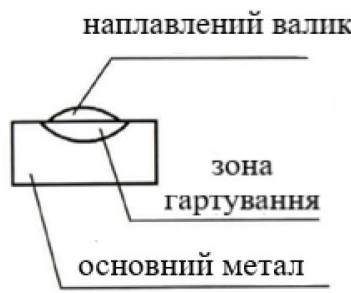
Таблиця 4.9 – Дані вимірювання мікротвердості наплавленого валика, зони загартування та основного металу при наплавленні електродом марки ЛЕЗ-УОНІ-13/55. $d_e = 4$ мм.

Схема вимірювань	Сила струму I, А	Мікротвердість, Нц		
		Наплавленого валика	Зони загартування	Основного металу
	80	290-301	650-657	228-243
	100	373-381	728-737	235-242
	120	380-389	680-683	271-276
	140	411-418	740-746	257-264
	160	682-687	793-798	256-263
	180	585-594	747-755	320-329

Таблиця 4.10 – Дані вимірювання мікротвердості наплавленого валика, зони загартування та основного металу при наплавленні електродом марки Е46-МР-6-Д-УД-2. $d_e=4$ мм.

Схема вимірювань	Сила струму I, А	Мікротвердість, Н _μ		
		Наплавленого валика	Зони загартування	Основного металу
	80	345-348	588-594	240-246
	100	356-363	586-588	230-236
	120	320-332	679-684	239-246
	140	513-519	672-678	233-238
	160	420-428	660-672	240-247
	180	482-485	702-714	232-244

Таблиця 4.11 - Дані вимірювання мікротвердості наплавленого валика, зони загартування та основного металу при наплавленні електродом марки Е46-МР-3М-У,0. $d_e=4$ мм.

Схема вимірювань	Сила струму I, А	Мікротвердість, Н _μ		
		Наплавленого валика	Зони загартування	Основного металу
	80	511-518	640-648	254-263
	100	407-413	765-772	231-236
	120	430-434	641-648	221-230
	140	680-683	696-704	240-244
	160	530-538	762-768	245-248
	180	488-492	657-662	232-236

Деякий розкид мікротвердості в основному металі пов'язаний з якістю лемешної сталі може її поставки.

Отримані дані про високу мікротвердість наплавленого валика свідчать про проплавлення основного металу і перемішування сплавів в обсязі зварювальної

ванни.

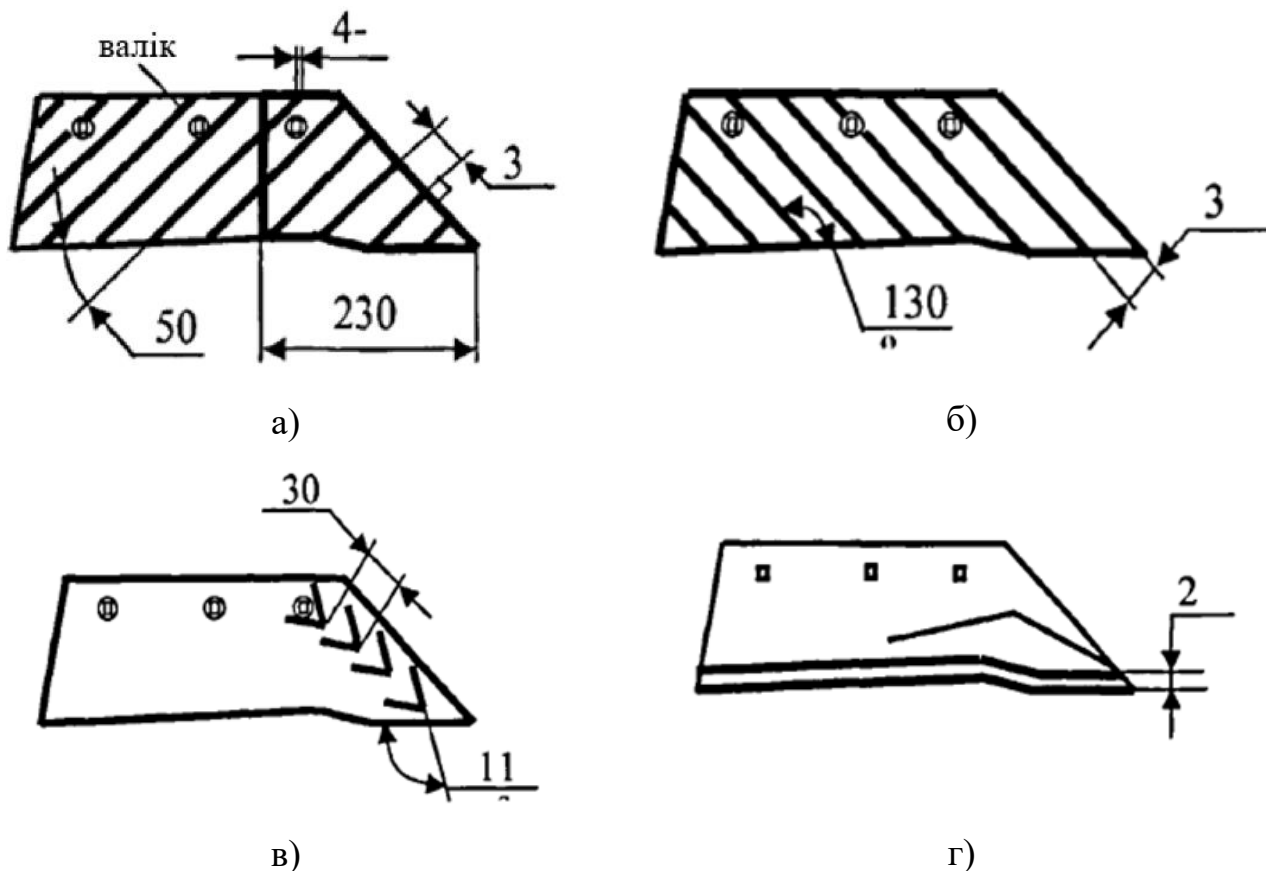
Загартування сталі в навколошовній зоні термічного впливу забезпечує високу твердість у галузі розрахункової глибини.

Використання методу термозміцнення поверхні лемеша, що розробляється, дозволить знизити також інтенсивність зношування носка і ле-хутра в цілому.

Враховуючи більш високу інтенсивність зношування носової частини лемеша, слід вживати заходів щодо вирівнювання швидкості зношування окремих складових поверхні лемеша, наприклад, шляхом наплавлення бар'єрних валиків, що відрізняються за твердістю.

4.2 Польові випробування зміцнених лемішів

Оранка здійснювалася тракторами МТЗ-82 і ХТЗ-17221, що агрегують плугами ПЛН-3-35 і ПЛН-5-35 відповідно, на які встановлювалися досвідчені наплавлені деталі. Дослідження піддавали лемеша, з наплавленням поверхні за різними геометричними схемами (рисунок 4.4).



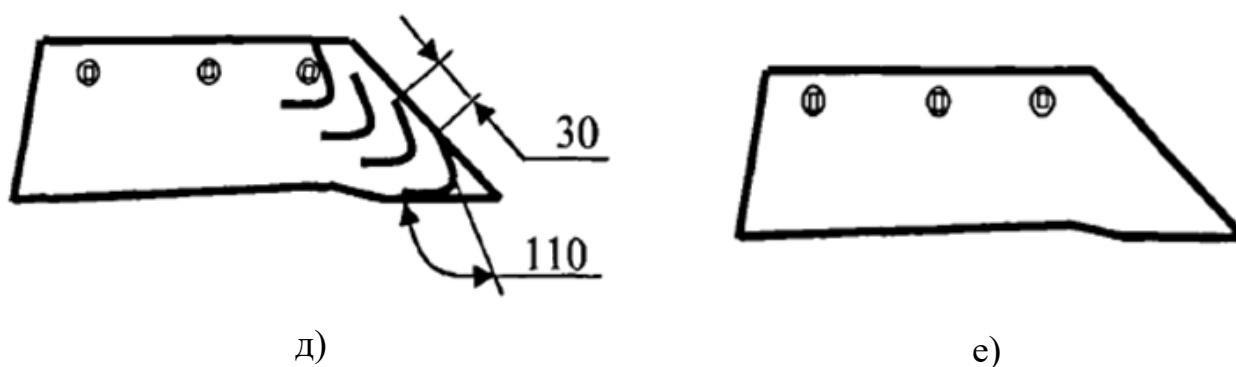


Рисунок 4.5 – Схеми зміцнення поверхні лемеша методом крокового наплавлення одиночними валиками

Варіант а - зміцнювальні валики нанесені перпендикулярно скосу носка лемеша та під кутом до ріжучої частини 50° з відстанню між ними 30 мм. Крок наплавлення валиків у всіх випадках був приблизно однаковий.

Варіант б - електродний матеріал наварюється паралельно скосу носка лемеша і під кутом до ріжучої частини 130° .

Варіант в - наплавлення виробляється в області найбільшого зносу у вигляді V - образних швів.

Варіант г - наплавлення 2-х валиків з тильного боку паралельно ріжучої частини. І тут відстань між швами становить близько 20 мм.

Варіант д - накладання швів у вигляді підкови в зоні, що найбільш зношується, аналогічно варіанту "в". Для порівняння показників по зносостійкості досвідчених варіантів випробуванню піддавалися лемеша в стані постачання (варіант е). Загальна кількість перевірених лемешів більше 250 штук. За кожним варіантом не менше 25 штук.



Рисунок 4.6 – Лемеші, наплавлені для польових випробувань

Як показники, що характеризують зносостійкість і експлуатаційні властивості лемешів, прийнята втрата маси і напрацювання до вибракування. Вибракування деталі (рисунок 4.7 та 4.8) проводилося у разі, коли мінімальна товщина носової частини в зоні "еліпсоїда зносу" становила не більше 1,5...2 мм.



Рисунок 4.7 – Лемеші, що мають найбільшу зносостійкість

Геометрію нанесених валиків характеризували такі параметри: n - кількість армуючих шарів; α - кут нахилу валика до ріжучої кромки деталі у разі якщо

валик не прямолінійний - варіанти "в" і "д" - кут приймався по проведеній до основи дотичної - (рисунок 4.5, д). Радіус кривизни валика для криволінійних швів прийнятий рівним 60 мм.

При аналізі отриманих даних (таблиця 4.12) та їх математичної обробки враховувалися фактори, що обмежили розміри лемеша носовою частиною довжиною 230 мм. Вибраковування визначалося зношуванням носка лемеша, прорізанням "еліпсоїда зношування" і зношуванням гострої (передньої) області носіння.



а



б

Рисунок 4.8 – Комплект нових (серійних) лемешів після проміжних польових випробувань при напрацюванні а - 4 га, б - 10 га (збільшений знос носка)

Таблиця 4.12 – Дані зносів лемешів за результатами польових випробувань

Варіанти випробовуваних лемешів	Знос по вибраківці					Напрацювання, га
	Знос по масі, гр	По зміні розмірів			Носової частини, мм	
		Ширина, мм				
			l_1	l_2	l_3	
а	1301	50,5	9,75	10,3	12,08	19
б	991	50,8	6,3	6,3	5,5	13
в	769	36,8	3,75	3,25	3,7	9
г	824	32,0	3,1	2,5	3,0	7
д	1050	45,3	5,5	4,5	5,0	13,4
е	978	45,5	3,25	5,5	5,5	9

Найбільше напрацювання мають лемеші, зміцнені за схемою "а", "б" і "д". У

порівнянні з новими їх ресурс на 47-89% вище, звідки випливає, що найбільш раціональною геометрією є наплавлення бар'єрними валиками за варіантом "а" - під кутом 50° до ріжучої кромки лемеша.

Варіант "г" показав зниження ресурсу до вибракування на 20%, так як при такому вигляді наплавлення відбувається збільшення реакції на леміш з боку польової борозни по тильній частині лемеша, що призводить до зростання сили тертя з боку ґрунту на робочу частину.

Напрацювання до вибракування при зміцненні за варіантом "в" фактично не відрізняється від напрацювання лемеша в стані поставки.

Висновки до розділу 4

Невисокий рівень залишкових зварювальних напружень металу термозміцнених плужних лемешів обґрунтовується особливими умовами утворення зон гартування в поєднанні з самовідпусткою, а також незагартованими проміжками, що відповідають кроковому наплавленню окремими валиками.

Критерієм зниження зношувальної здатності ґрунту є зниження його зв'язаності шляхом зменшення ступеня закріпленості абразивних частинок ґрунтової маси в зоні контактування металевої поверхні лемеша за рахунок зміни особливостей тертя та взаємодії абразивних частинок між собою та металевою поверхнею за допомогою формування бар'єрів на шляху тертя крокового наплавлення.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Структурно функціональний аналіз травмонебезпечних ситуацій впродовж виконання робіт

Кожний небезпечний виробничий фактор незалежно від його виду, рівня та інших властивостей має певну зону дії. Якщо розміри цієї зони мають чітко фіксовані значення, то її можна вважати постійною. Якщо у процесі роботи така зона може змінюватися внаслідок зміни рівня небезпечного чинника, його переміщень у просторі, то вона буде змінною. У деяких випадках (аварійна ситуація) небезпечний виробничий чинник може значно виходити за межі визначено (фіксованої) зони. При цьому небезпека травмування працюючого виникає уже за межами небезпечної зони. Тому кожен працівник на конкретній машині чи певному робочому місці завжди повинен знати про таку небезпеку. Постійні небезпечні зони існують або виникають у передачах, при обробці деталей на токарних, свердлильних, заточувальних верстатах, біля різальних інструментів, у пресах, пневматичних та гідравлічних молотах, штампувальних верстатах, під машинами та платформами, піднятими за допомогою гідравлічної чи іншої системи [6, 15].

У процесі роботи людина може потрапляти в небезпечну зону внаслідок відсутності там необхідного огороження, сигнальних пристроїв або попереджувальних знаків та написів, порушення відповідних правил, допущеної помилки або внаслідок аварії. При цьому виникає можливість дії на неї небезпечного виробничого фактора. Кожну дію, внаслідок якої людина потрапляє до небезпечної зони, позначається як небезпечна. Вона виникає внаслідок порушення регламентованого режиму роботи обладнання, нормативних вимог охорони праці, норм експлуатації споруд і будівель тощо. Таким чином, внаслідок небезпечних дій працюючий попадає в небезпечну зону, в якій потрапляє у небезпечні обставини. Вичерпні знання обставин, внаслідок яких виник нещасний випадок, або може виникнути аварія, травма чи більш тяжкі наслідки, необхідні для глибокого розуміння процесу зародження, формування та виникнення

небезпечних ситуацій – випадкових явищ, що передують виникненню травм, аварій, катастроф [6,15].

Небезпечні умови можуть визначатися недоліками конструкцій машин, технологічного обладнання і процесів, низьким рівнем організації виробництва (неефективність або відсутність необхідного контролю, низькі професійний рівень працюючих, підготовка їх з охорони праці), недостатньою надійністю виробничого обладнання тощо. Вони відіграють пріоритетну роль у формуванні й виникненні виробничих небезпек – певного стану, за якого виникає реальна загроза аварії або травми. Це пояснюється тим, що навіть при наявності кількох небезпечних виробничих факторів на певному робочому місці, але якщо жоден з них не має умов, за яких він міг би діяти на людину, то на цьому робочому місці відсутня реальна небезпека травмування. Інша справа, коли такі умови є, але про них працюючий не знає. Процес виявлення небезпечних умов у деяких випадках може бути досить складним, тому необхідно проводити спеціальні дослідження. Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що за характером дії їх можна поділити на групи, які [5,15]:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця (відсутність огороження рухомих деталей або робочих органів, відсутність або недосконалість спеціальних технічних засобів безпеки: блокувальних пристроїв, засобів сигналізації тощо), конструктивні недоліки окремого вузла чи машини та інші;

- спонукають працюючого допускати помилки у процесі праці (конструктивна недосконалість технологічного процесу роботи машин або самої машини чи певного обладнання), низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці, відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з б охорони праці;

- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону (відсутність огорожень небезпечної зони і сигналізації про наближення до небезпечної зони, неправильна організація робочого місця та інші);

- призводять до виникнення інших небезпечних умов (помилки у монтажі роторів, що обертаються, деякі конструктивні недоліки);

- безпосередньо призводять до травмонебезпечної ситуації (наявність плям масла на підлозі, неправильно організоване робоче місце, не обґрунтовані режими роботи обладнання та інші);

- призводять до виникнення небезпечних дій (низький рівень професійної підготовки й організації навчання з охорони праці, відсутність або неефективність контролю з охорони праці та інші). Небезпечні обставини розпізнаються аналогічно звичайним обставинам, на що вказує та чи інша обставина. Небезпечні обставини розкривають дії, стан чи ознаки небезпечного фактора і обстановку, при якій він діяв на людину. Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглядати як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина (технічний засіб) і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина (технічний засіб), раптово припинивши свої функції, внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це призвело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією [5,15].

5.2. Моделювання виникнення травм та аварій

Метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявлені при обстеженні робочих місць, окремих марок транспортних засобів, агрегатів, а також різних споруд, будівель, виробничих процесів і технологій. Але, як показали дослідження, будь-яка аварія може бути наслідком однієї з багатьох потенційних небезпечних ситуацій або їх поєднання. Тому метод логічного моделювання не може бути застосований для моделювання складних процесів, що імітують формування і виникнення складних аварій [5,15].

Метод, описаний Д. Хенлі і Х. Кумамото, дає можливість шляхом побудови “ дерева ” відмов і помилок операторів різних різних систем вести математичну

обробку моделі (“дерева”) з метою одержання ймовірності виникнення таких випадкових подій, як аварія та травма. Обчисленням рівня небезпеки можна спрямувати удосконалення конструкцій технічних засобів на зниження їх небезпеки, а також вживати термінових заходів для усунення небезпек з більш високим рівнем [5].

Метод “дерева”, “дерева несправностей” або “дерева несправностей і помилок оператора” застосовують для аналізу складних систем.

Аналіз умов, обставин та причин різних аварій, виробничих травм показав, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови “дерева” відмов та помилок оператора людино-машинних систем у автомобільному транспорті.

Вперше метод побудови “дерева” відмов техніки і помилок операторів був застосований авторами для дослідження людино-машинних систем, що працюють у сільському господарстві. Аналіз моделей процесів формування й виникнення аварій та травм показав, що вони повністю імітують усі процеси та явища, що беруть участь у їх зародженні й виникненні. У зв’язку з цим моделі, що одержали назву “дерево відмов” та “дерево відмов техніки і помилок оператора”, можна назвати імітаційними. А оскільки виникнення кожної наступної події знаходять шляхом логічного аналізу попередніх, то для кращого розуміння суті таких моделей їх можна назвати логіко-імітаційними.

Основні принципи побудови моделі такі. Вивчається виробництво, на якому мали місце раніше або можуть мати місце аварії, виробничі травми.

5.3. Розробка логічно-імітаційної моделі травм на виробництві

Для побудови логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи, що характеризують ті чи інші події. Як правило, побудова моделі починається з головної події, а наступні розміщують зверху вниз, аж до базових подій (рис 5.1) [5].

Кожен блок рисунка, позначений відповідним номером, означає подію (у загальному вигляді) або окремий етап побудови моделі:

- 1–відказ (аварія, травма) системи – головна подія;
- 2–послідовність подій, що призводять до відказу системи;
- 3–послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів “І”, “АБО” та інших;
- 4–усі вхідні і вихідні події, що входять до моделі, зображуються у вигляді прямокутників з відповідними написами всередині;
- 5–послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі;
- 6–базові події зображують у вигляді у вигляді кружечків із написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі (“дерева помилок”).

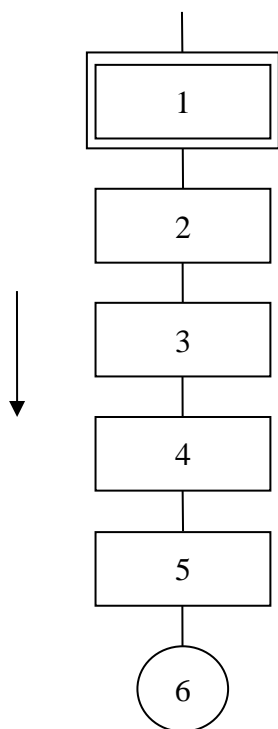


Рис. 5.1 Схема основних принципів побудови логіко-імітаційних моделей: 1–головна подія; 2-5 – проміжні події; 6–базова подія

Різні події моделі (“розкрита”, “не розкрита”, “головна”, “базова”, “подія–умова” тощо) зображують у вигляді символів: коло–базова подія з відповідними числовими даними; ромб–нерозкрита подія (подія, яка вимагає проведення відповідних досліджень); прямокутник–подія, що виникає як результат дії символа-оператора; овал–подія-умова, що використовується з оператором “Заборона”; хатка (п’ятикутник, в якого один з боків є основою),–подія, яка може відбутися або не відбутися; трикутник (рівносторонній трикутник) – символ перенесення.

Для прикладу зобразимо процес розробки методики логічно-імітаційної моделі. Головну випадкову подію, модель якої нам необхідно побудувати, вибираємо виходячи з оцінки відповідного об’єкта, виробництва чи окремої одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва може виникнути. Вибір головної події розпочинають

побудову моделі. Використовуємо оператори «I» та «АБО» – виступають у ролі набору ситуацій, які можуть призвести до тієї події, яка вибрана як головна [5,15].

Варто мати на увазі, що кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів.

Повністю побудована і перевірена модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірності базових подій визначають за даними виробництва. Наприклад, базова подія «стан контролю з охорони праці». Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об'єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50 або 30 %, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність «не здійснення контролю» становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідна ймовірність дорівнює 0.

Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої гілки «дерева», позначають номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі.

На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичної обробки. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують формули [5,15].

Побудуємо логіко-імітаційну модель процесу, формування і виникнення аварії та травми в процесі технічного обслуговування та ремонту автобусів і складемо перелік базових подій. Кожній події (пункту) присвоюємо певне значення ймовірності його виникнення:

- | | |
|-------------------------------------|---------------|
| 1. Відсутність елементів системи | $P_6 = 0,19;$ |
| 2. Професійний рівень зварювальника | $P_1 = 0,25;$ |
| 3. Наявність дефектів | $P_8 = 0,15;$ |
| 4. Відсутність захистів | $P_7 = 0,13;$ |

5. Досвід роботи зварювальника $P_2 = 0,18$;
 6. Пошкодження елементів системи $P_5 = 0,15$;
 7. Психо-фізіологічний стан слюсаря $P_3 = 0,13$;

Складені події дають можливість побудувати матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами.

Отже, розглядаємо травмонебезпечну ситуацію, яка може виникнути під час наплавки лемешів та призвести до травмування зварювальника, а також зробимо розрахунок ймовірності виникнення подій, що формують логіко-імітаційну модель в процесі наплавки лемешів.

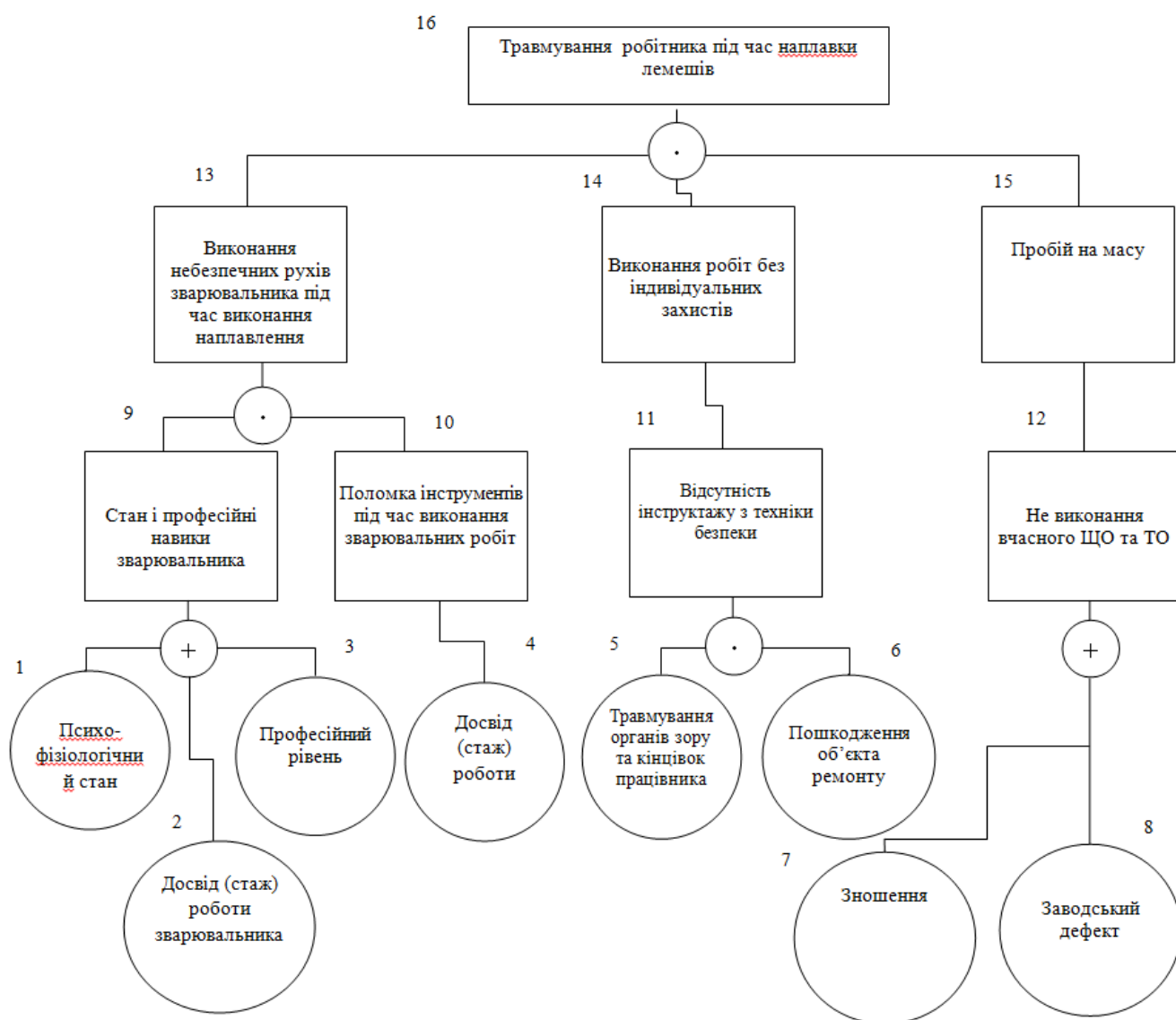


Рис. 5.1. Матриця логічних взаємозв'язків між окремими подіями травмонебезпечної ситуації.

Ймовірність виникнення події P_9 визначаємо наступним чином:

$$P_9 = 0,25 + 0,18 + 0,13 = 0,56;$$

Ймовірність виникнення події P_{10} визначаємо:

$$P_{10} = 0,19 \cdot 0,15 = 0,0285$$

Ймовірність виникнення події P_{11} визначаємо так:

$$P_{11} = 0,13 + 0,15 = 0,28;$$

Ймовірність події P_{12} :

$$P_{12} = (0,25 + 0,18 + 0,13) \cdot 0,18 = 0,1008;$$

Ймовірність події P_2 :

$$P_2 = 0,1008 \cdot 0,0285 \cdot 0,28 = 0,000804;$$

За нашими розрахунками ймовірність виникнення травми зварювальника під час наплавки лемешів є досить мала і становить $P_2 = 0,000804$.

Впровадження у практику підприємства логіко-імітаційних моделей дослідження аварій і травм, а також для обґрунтування заходів охорони праці, дають змогу знизити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій.

5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях

Від ефективності розроблення та впровадження в життя заходів із запобігання та ліквідації надзвичайної ситуації в разі її виникнення залежатиме життя та здоров'я персоналу та відвідувачів підприємств і розміри заподіяної шкоди.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту України, підготовка персоналу на підприємствах незалежно від форм власності до дій у надзвичайних ситуаціях здійснюється за спеціально розробленою схемою заходів захисту населення та територій.

Для великих і малих підприємств система заходів захисту від надзвичайних ситуацій включає [5,15]:

- планування та здійснення необхідних заходів для захисту своїх працівників, об'єктів господарювання;
- розроблення планів локалізації та ліквідації аварій з подальшим

- погодженням з Державною службою України з надзвичайних ситуацій;
- підтримання у готовності до застосування сил і засобів із запобігання виникненню та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
 - створення та підтримання матеріальних резервів для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій;
 - забезпечення своєчасного оповіщення своїх працівників про загрозу виникнення або при виникненні надзвичайної ситуації.

Наведені вище заходи мають загальний характер, вони не повністю враховують специфіку діяльності конкретного підприємства, чисельність працівників, обсяг і вид виробництва тощо.

Основною особливістю дій малих підприємств при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій є в першу чергу захист персоналу та відвідувачів.

Виходячи з цього, ст. 130 Кодексу цивільного захисту України передбачає, що на підприємствах з чисельністю персоналу 50 осіб і менше розробляються та затверджуються інструкції щодо дій при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій [5,15].

Крім того, у сфері промислового виробництва до малих підприємств можуть бути віднесені і такі, де чисельність працівників перевищує 50 осіб. Інструкції для таких підприємств розробляються за рішенням відповідного територіального органу Держслужби України з надзвичайних ситуацій.

Розроблена інструкція не повинна суперечити положенням та вимогам Кодексу цивільного захисту України.

Інструкція розробляється та підписується посадовою особою підприємства з питань цивільного захисту, затверджується керівником підприємства та доводиться до всіх працівників під підпис.

Крім інструкції, на малому підприємстві розробляється План евакуації при пожежі або загрозі вибуху. Особливо це важливо для тих об'єктів, на території яких може знаходитись значна кількість відвідувачів.

Деякі конкретні заходи, не відображені в нормативних документах підприємства, потребують внесення до посадових інструкцій працівників. Крім

того, на малому підприємстві необхідно розробляти й доводити до всіх працівників Порядок цілодобового оповіщення керівництва та працівників у випадку загрози або виникнення надзвичайної ситуації.

Всі працівники підприємства повинні бути навчені діям, чітко знати свої обов'язки та неухильно їх виконувати. Це також стосується адміністрації малого підприємства, яка в екстремальній обстановці не може приймати помилкові рішення або віддавати необґрунтовані розпорядження.

Уникнути цього дозволить якісно розроблена Інструкція щодо дій персоналу малого підприємства при загрозі або виникненні надзвичайних ситуацій [5,15].

Висновки до розділу 5

1. Структурний аналіз травмонебезпечних ситуацій дає можливість оцінити: небезпечність операції, рівень її безпеки, можливість уникнення та попередження травмонебезпечної ситуації, а у разі виникнення – уникнення її повтору. Також за допомогою аналізу травмонебезпечних ситуацій створюють комплекси з індивідуального захисту працівників.

2. Моделювання виникнення травм та аварій дає змогу моделювати процеси формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків, що у свою спрямовано на збереження життя та здоров'я працівників.

3. Розробка логіко-імітаційних моделей травм на виробництві дають змогу будувати матриці виникнення небезпечних, що у своє чергу дає визначити рівень безпеки виробничого процесу (операції) на життя та здоров'я працівника.

4. Здоров'я та життя працівників є основним пунктом в охороні праці, тому знання дій працівників у разі виникнення небезпечних ситуацій на підприємстві є дуже важливим.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі проведених досліджень розроблено високоефективну технологію термозміцнення поверхні плужних лемешів методом крокового наплавлення одиночними валиками із застосуванням електродів для зварювання вуглецевих сталей.

2. Встановлено закономірності зміни глибини і ширини загартованої зони термічного впливу основного металу в залежності від теплових параметрів дуги і режимів наплавлення одиночних валиків покритими електродами.

3. Основними критеріями формування гартової структури в зоні термічного впливу є підтримання критичної швидкості охолодження основного металу за допомогою технологічних режимів наплавлення та додаткового підстуджування.

4. В результаті термозміцнення основного металу в навколошовній зоні його мікротвердість підвищується в 2-3 рази, а мікротвердість наплавленого металу валика збільшується в 1,5-2 рази.

5. Невисокий рівень залишкових зварювальних напруг металу термозміцнених плужних лемешів обґрунтовується особливими умовами утворення зон гарту в поєднанні з самовідпусткою, а також незагартованими проміжками, що відповідають кроковому наплавленню окремими валиками.

6. Критерієм зниження зношувальної здатності ґрунту є зниження його зв'язності шляхом зменшення ступеня закріпленості абразивних частинок ґрунтової маси в зоні контактування металевої поверхні лемеша за рахунок зміни особливостей тертя та взаємодії абразивних частинок між собою та металевою поверхнею за допомогою формування бар'єрів на шляху тертя крокового наплавлення.

7. Формування геометричних і міцнісних характеристик поверхні тертя методом крокового наплавлення бар'єрними валиками і створенням напружень стиску шляхом гартування основного металу збільшує напрацювання на леміш практично в 2 рази в порівнянні з новими лемешами, загартованими за традиційною технологією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Армашов Ю.В. Надійність сільськогосподарської техніки: навчальний посібник / Ю.В. Армашов, П.К. Охмат. – Дніпропетровськ.: РВВ ДДАУ, 2008. – 208 с.
2. Бакалець Д. В., Савуляк В. І. Підвищення надійності та відновлення металоконструкцій транспортних та сільськогосподарських машин / Збірник наукових праць ВНАУ. Серія Технічні науки, 2012. Випуск 11(66). Т. 2. С.302–306.
3. Березін Л.Я., Хоменко М.М., Карпенко А.С. Засоби технологічного оснащення зварювального виробництва. Навчальний посібник. Чернігів: ЧДТУ, 2003. 142 с.
4. Биковський О.Г. Зварювання, різання й контроль якості під час виробництва металоконструкцій: підручник. Київ: Основа, 2021. 400 с.
5. Білуха М. Т. Методологія наукових досліджень: Підручник. Київ: АБУ, 2002. 480 с.
6. Городецький І. В, О. Тимочко. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: методичні рекомендації до виконання розділу у роботах ОКР ”Магістр” студентами факультету механіки та енергетики. Львів: Львівський НАУ, 2011. 16 с.
7. Гуменюк І.В. Іваськів О.В., Гуменюк О.В. Технологія електродугового зварювання: Підручник. Київ: Грамота, 2006. 512 с.
8. Деєв В.А. Оптимізація технології відновлення дугового наплавлення сталевих валів промислової та сільськогосподарської техніки / Автореф. дис. доктора техн. наук. Київ.: 1983. 30 с.
9. Драган С.В., Лабарткава А.В. Практикум зі зварювання: Навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2008. 68 с.
10. ДСТУ 2456-94. Зварювання дугове і електрошлакове. Вимоги безпеки. [Чинний від 1995-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1994. 48 с.
11. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників

надійності за експериментальними даними. Київ: Держстандарт України, 1995. 119 с.

12. ДСТУ ISO 6507-1:2007 Матеріали металеві. Визначення твердості за Вікерсом. Частина 1. Метод випробування (ISO 6507-1:2005, IDT) https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50443 (Дата звернення 20.09.2023р).

13. Карпенко А.С. Технологічна оснастка у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. Київ: Арістей, 2005. 268 с.

14. Кузнецов В.Д., Степанов Д.В. Технологія та устаткування для наплавлення. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів спеціальності 131 Прикладна механіка. Київ, 2017. 78 с.

15. Левченко О.Г. Охорона праці у зварювальному виробництві Навчальний посібник. Київ: Основа, 2010. 240 с.

16. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. 89 с.

17. Надійність сільськогосподарської техніки. / С.Г. Гранкін та ін. За ред. В.Ю. Черкуна. Київ: «Урожай», 1998. 208с.

18. Петраков Ю.В., Мельничук П.П. Автоматизація технологічних процесів у машинобудуванні засобами мікропроцесорної техніки: Навчальний посібник. Житомир: ЖІТІ, 2001. 194 с.

19. Петров О. В., СухоруковС. І. Технологічна оснастка : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2018. 123 с.

20. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2 / О.І. Сідашенко, та інші/ За ред. О.І.Сідашенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 491с.

21. Ремонт деталей зварюванням і наплавленням. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9016104/page:6/#8> (дата звернення 26.08.2023)

22. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І.Сідашенка, О.А.Науменка. Київ: Агроосвіта, 2014. 665 с.

23. Сідашенко О. І., Науменка О.А. Ремонт машин та обладнання Київ 2014, 665 с.

24. Теорія ймовірностей, математична статистика та імовірнісні процеси: навч. посіб. / Ю. М. Слюсарчук, Й. Я. Хром'як, Л. Л. Джавала, В. М. Цимбал ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2015. 364 с.

25. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. / Сідашенко О.І. та інші. Навч. посібник. Харків: ХНТУСГ, 2017. 361 с.

26. Черновол М.І. Надійність сільськогосподарської техніки. Кіровоград: Код, 2010. 320 с.

27. Швець О.П. Вивчення обладнання для механізованого зварювання в середовищі захисних газів (MIG/MAG): методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2018р. 19 с.

28. Швець О.П. Зварювання сталей в середовищі вуглекислого газу: методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2020 р. 10 с.

29. Швець О.П. Технологія зварювання металів і пластмас. Конспект лекцій для студентів ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування»,

208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (Частина 1). Львів: ЛНАУ, 2017. 78 с.

30. Швець О.П., Березовецький С.А., Шеремета Р.Б. Проектування та розрахунок зварних з'єднань» Методичні рекомендації до виконання практичної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2020. 16 с.

31. Швець О.П., Власюк І.В., Федорина Д.І. Вивчення технології ручного електродугового зварювання: методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Технології та обладнання зварювання металів і пластмас» студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2018р. 13 с.

32. Швець О.П., Власюк І.В., Федорина Д.І. Технологія зварювання металів і пластмас. Ручне дугове зварювання: методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами ОС «Бакалавр» спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування», 208 «Агроінженерія», 274 «Автомобільний транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Львів: ЛНАУ, 2017. 28 с.

33. Швець О.П., Коруняк П.С., Основи проектування технологічного оснащення. Методичні рекомендації для аудиторної роботи студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 133 Галузеве машинобудування заочної форми навчання. Львів: ЛНАУ, 2022. 8 с.