

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра інжиніринг машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення
стрільчатої лапи культиватора

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МЗм-61
спеціальності 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Горішний А. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Пулька Ч. В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Пулька Ч. В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Окіпний І. Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Сташків М. Я.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра на тему: "Обґрунтування параметрів технологічного процесу виготовлення стрільчатої лапи культиватора" складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 86 аркуші формату А4 і графічної частини об'ємом 8 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких розділів: аналітичний, науково-дослідницький, технологічний, конструкторський, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

Для висвітлення питань, які розглядаються у дипломній роботі магістра, розрахунково-пояснювальна записка містить 5 розділів, 44 рисунків, 13 таблиць. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 19 літературних посилань.

В роботі проведено аналіз існуючих методів наплавлення деталей машини в тому числі стрільчатих лап культиваторів. Показано, що найбільш прийнятний для даного виробу є метод індукційного наплавлення який має ряд переваг над іншими описаними в роботі методами наплавлення.

В роботі розроблено технологічний процесі обладнання для наплавлення лап культиваторів з використанням струмів високої частоти.

Проведено розрахунки для визначення режимів індукційного наплавлення, які впливають на геометричні розміри наплавленого валика які виготовлені із сталі 65Г та наплавлені зносостійким сплавом ПГ-С27. Розроблені пристосування дали змогу підвищити якість наплавленого шару металу і зменшити підготовчий час на операціях. Крім того завдяки з застосуванням запропонованих нововведень вдалося досягнути значного покращення умов роботи робітників наплавлювальників.

Ключові слова: індукційне наплавлення, індуктор, спеціальна частина, економічний показник, санітарно-гігієнічні умови, освітлення, зносостійкі порошкоподібні матеріали, стрільчасті лапи культиватора.

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1. Опис конструкції наплавленого виробу.....	7
1.2. Вимоги до конструкції виробу.....	12
1.3. Аналіз існуючих технологій (наплавлення)	13
2. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	23
3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	35
3.1. Обґрунтування способу наплавлення (спосіб наплавлення, матеріали, обладнання)	35
3.2. Опис наплавленого технологічного процесу виготовлення виробу.....	47
4. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	51
4.1. Розрахунок елементів наплавленого пристосування	51
4.2. Принцип роботи наплавленого пристосування	62
4.3. Економічна ефективність індукційного наплавлення лап.....	68
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	74
5.1 Заходи для захисту від ураження електричним струмом в спроектованому цеху (дільниці)	74
5.2 Розрахунок штучного освітлення для спроектованого цеху з використанням люмінесцентних чи ламп розжарювання.....	77
5.3 Пожежна профілактика в спроектованій дільниці.....	79
5.4 Стійкість роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях.....	81
ВИСНОВКИ.....	83
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	84
ДОДАТКИ.....	86

Вступ

Найбільш поширеною та важливою сферою сучасної зварювальної науки та техніки являється наплавлення – яке використовується для нанесення розплавленого матеріалу на поверхню деталі яка підлягає зміцненню. Між металом що наплавляється і основним металом утворюється нероз’ємний зв’язок, таким чином вони стають одне ціле. Тому при виготовленні деталі на її поверхню наносять сплави які володіють різними технологічними властивостями, такі як: зносостійкість, жароміцність, термостійкість, корозійну стійкість та ін.

Найчастіше наплавлення використовують для ремонту та відновлення швидкозношуваних деталей, переважно це сільськогосподарська техніка. Основним плюсом наплавлення є те, що одну і ту ж саму деталь можна наплавляти декілька раз, що в свою чергу призводить до економії витрат металу та запасних запчастин. І тому цим обумовлена вагома ефективність в економічній і технічній сфері.

Для наплавлення деталей можна підібрати різні джерела нагрівання в залежності до поставленої задачі та типу виробу який потрібно наплавляти. І для відновлення та зміцнення різних типів деталей в різних сферах виробництв найбільш широко застосовуються індукційне наплавлення, механізоване електродугове наплавлення, під флюсом або під відкритою дугою, електрошлакове наплавлення.

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Опис конструкції зварювального виробу

В представленій дипломній роботі виробом є стрільчата лапа культиватора. Вона призначена для розпушення ґрунту та знищення бур'янів перед посівом сільськогосподарських культур. Глибина оброблення 4...10 см. Ширина захвату 270 і 330 мм.

Лапа культиватора складається з таких основних частин: носок, лезова частина, крила.

Стрільчата лапа культиватора (рис. 1.1), а також схематичне зображення (рис. 1.2)- якій необхідно забезпечити збільшення строку служби робочої поверхні шляхом наплавлення технологічного покриття.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд стрільчатої лапи культиватора

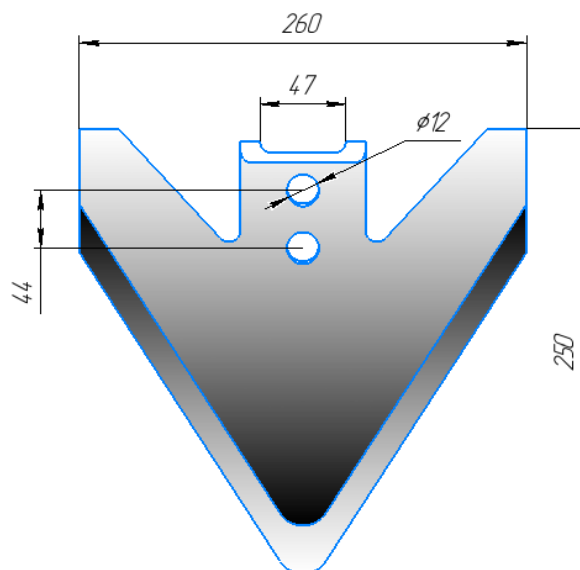


Рисунок 1.2 – Стрільчата лапа культиватора на кресленні

В залежності від способу використання стрільчасті лапи ділять на такі типи: розпушувальні, прополювальні, та підгортальні. До прополювальних лап відносять однобічні (лапи-бритви), стрільчасті плоскорізальні лапи а також стрільчасті універсальні. До розпушувальних лап – долотоподібні чи наральникові. До підгортальних – підгортальні лапи або підгортальні корпуси.

Однобічні плоскорізальні лапи культиватора (рис. 1.3) використовуються для підрізання бур'янів а також для розпушування ґрунтів на глибину не більше ніж 6 см. Будова такої лапи складається з :стояка, лез та щок які розташовані горизонтально. Щока робить не можливим присипання рослин землею. Також існують праві та ліві лапи культиватора. Праві - встановлюються з правої сторони ряду, а ліві – відповідно з лівого. Леза лап культиватора загострюють на верхній частині під кутом $8-10^{\circ}$. Товщина леза не перевищує 0,5 мм. Коли лапа переміщається в ґрунті її лезо зрізає корені бур'янів, підважує ґрунт, і проходить по поверхні лапи та розпушується. Ширина таких лап можу бути: 85, 120, 150, 165 і 250 мм.

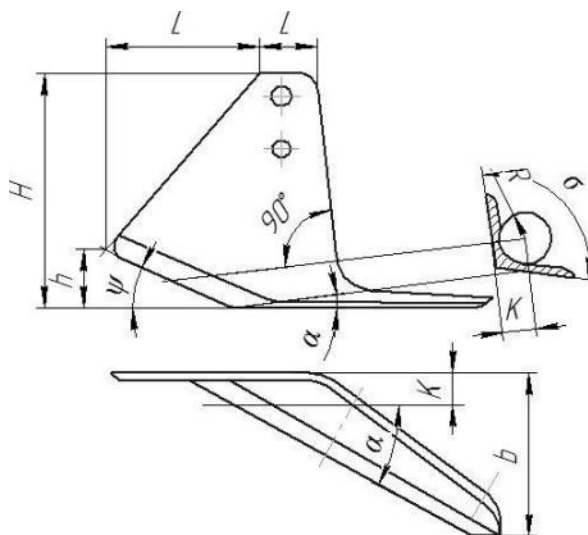


Рисунок 1.3 – Однобічна плоскорізальна лапа

Стрільчасті плоскорізальні культиваторні лапи (рис. 1.4) використовують для оброблення ґрунтів на незначні глибини (до 6 см) і деякого розпушування. Застосовують лапи з шириною 145, 150 і 260 мм.

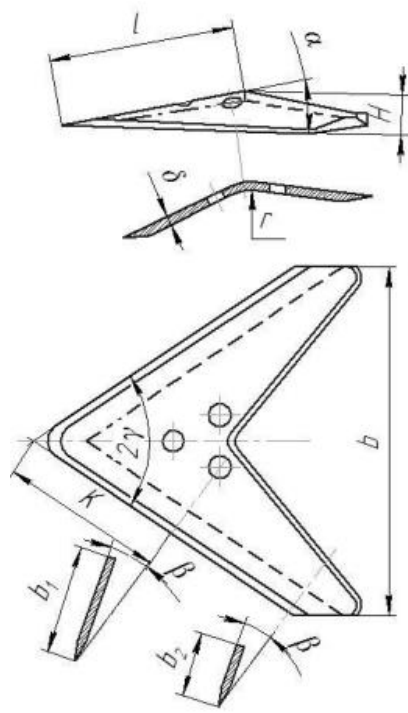


Рисунок 1.4 – Стрільчаста плоскорізальна лапа

Стрільчасті лапи універсального призначення (рис. 1.5) зрузають корені бур'янів та можуть добре розпушувати ґрунт на глибину до 12 см, головне їхнє застосування це оброблення міжрядь.

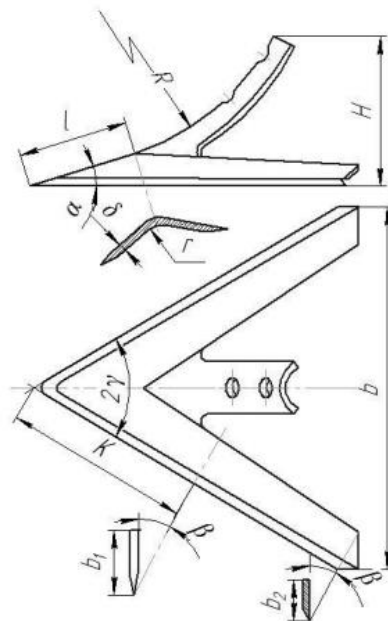


Рисунок 1.5 – Стрільчаста універсальна лапа

Розпушувальні долотоподібні лапи культиватора (рис. 1.6) призначені для розпушування міжрядь твердих ґрунтів на глибину до 16 см. У них зігнута нажня частина лапи в перед а носок загострюється у вигляді долота

шириною 20 мм. Лапа даного типу чудово занурюється в ґрунт і при переміщенні в землі перевертає і розпушує ґрунт на всю глибину.

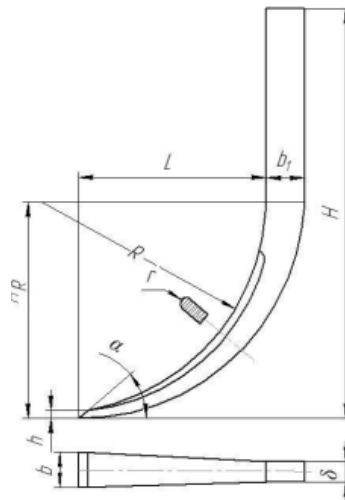


Рисунок 1.6 – Розпушувальна долотоподібна лапа

Підгортальні лапи (рис. 1.7) використовуються для підгортання врожаю, підрізання бур'янів і засипання бур'янів. Дана лапа складається з таких елементів: стояк, двобічна полиця з розсувних крил і носка-наральника, який загострений з боків. При експлуатації носок підважує ґрунт і перекидає його на ліву і праву робочі поверхні полиці, які направляють його в рядок, утворюючи насип. Висота насипу ґрунту може регулюватися зміною висоти крил.[1]

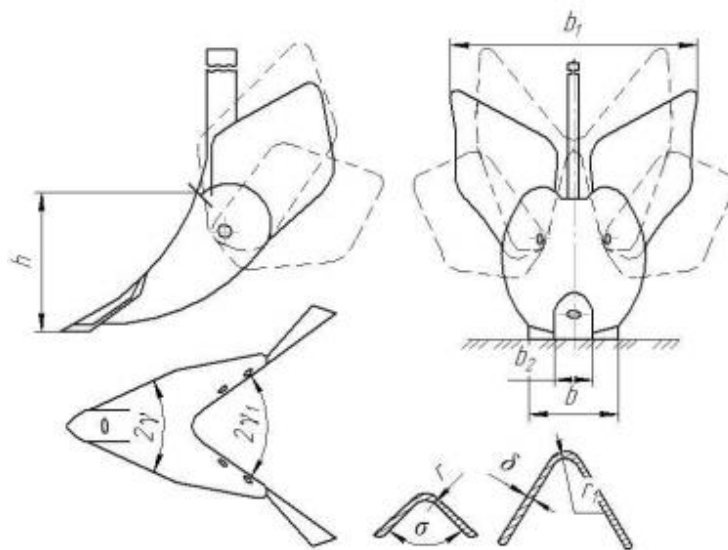


Рисунок 1.7– Підгортальна лапа



Рисунок 1.8 – Загальний вид експлуатації лап культиватора

Для виготовлення лапи культиватора зазвичай використовують сталь 65Г. Дана сталь являється конструкційною спеціального призначення з регламентованим хімічним складом та механічними властивостями.

Сталь марки 65Г вирізняється високою пружністю і зносостійкістю, і виготовляється за стандартами: ГОСТ 1577-81, ГОСТ 1577, ДСТУ 8429. Основними перевагами даної сталі є її міцні і пружні властивості. Це досягається за рахунок великої кількості марганцю – від 0,9 до 1,2%, кремнію – від 0,17 до 0,37%, хрому та нікелю і міді (0, 2%). Завдяки наявності марганцю, ця сталь стає зносостійкою, та міцною. Кремній покращує пружні властивості ст.65Г, але не значно знижує ударну в'язкість.

Механічні властивості та хімічний склад сталі наведено в таблицях 1.1 і 1.2 відповідно [2, с. 340].

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі 65Г, у %, згідно 1577 – 81 [2, с. 340]:

ГОСТ	Вид постачання	Переріз, мм	σ_B	σ_T	δ_5	ψ
			МПа		%	
1577-81	Листи нормалізовані і гарячекатані	80	-	80	730	-

Таблиця 1.2-Хімічний склад сталі 65Г, у %, згідно ГОСТ 1050 – 88 [2, с. 340]:

C	Mn	Si	Cr	P	S	Cu	Ni
0,62-0,70	0,90-1,20	0,17-0,37	Не більше				
			0,25	0,035	0,035	0,20	0,25

1.2. Вимоги до конструкції виробу

Стрільчата лапа культиватора має такі габаритні розміри: ширина 340 мм., довжина 280 мм., товщина 6 мм., а товщина наплавлення складає 0,8-1,5 мм..

Лапа культиватора працює при складних умовах ґрунтового середовища, а також при важких динамічних впливах на неї, для її виготовлення необхідно слідкувати за дотриманням якісних умов дометалу який наплавляється.

Даний виріб можна віднести до серійного виробництва, тому для її виготовлення потрібно використовувати більш сучасні та інноваційні технології та відповідні матеріали.

Матеріал для виготовлення лапи за хімічними складниками і механічними властивостями має відповідати усім вимогам державних стандартів та технічним умовам.

Якість так як і характеристика матеріалів обов'язково повинна бути перевірена та затверджена виробництвом у сертифікатах якості.

Поставлені вимоги до матеріалів, та їх використання, призначення, повинні відповідати усім рівням ГОСТ та ДСТУ.

Інші поставлені умови до матеріалів, які встановлені стандартами або технічними характеристиками, повинні обов'язково вказуватися в технічних документаціях.

Матеріал який використовується для наплавлення на лапи культиватора має бути більш міцніший і твердіший за метал деталі і має володіти кращими механічними властивостями, бути зносостійким та

стійким до абразивного спрацювання. Зміцнене покриття не повинно бути перевірене на наявність дефектів, таких як пори, тріщини, та відшарування.

Щоб отримати якісні властивості необхідно правильно вибрати який буде використовуватися для зміцнення та оптимальні технологічні параметри.

Необхідно щоб покриття забезпечувало такі властивості: стійкість до абразивного спрацювання, корозостійкість, товщина покриття в межах 0,8-1.5 мм, твердість HRC 50-65, пористість не перевищує 10%, шорсткість приблизно $Ra=0.32$ мкм, габаритні розміри відповідні до документації.

1.3. Аналіз існуючих технологій наплавлення.

Близько 60% стрільчастих лап культиватора втрачають працездатність через граничний знос лезової частини, носка і крил (рис. 1.9).

Щоб збільшити зносостійкість і ресурс стрільчастих лап культиваторів розроблено багато способів, найбільш ефективні серед яких: гартування працюючих елементів з нагріванням ТВЧ та відпуском; газотермічне напилення робочих органів порошками з зносостійких сплавів; [1].

Розглянемо деякі способи зміцнення культиваторних лап.

Для зміцнення робочої поверхні стрільчастих лап часто застосовують термічне оброблення (гартування), і може бути здійснене як на всю товщину металу, так і з застосуванням струмів високої частоти для твердості не менше 40 HRC і глибину загартовування 1-2 мм. Проте значного підвищення зносостійкості стрільчастих лап даний вид обробки не забезпечить [3].

Відомою є технологія хіміко-термічної обробки, яка використовується для зміцнення ріжучих зон стрільчастих лап. Коли застосовується дана технологія то отримуються дифузійні зміцнені шари глибиною до 300- 600 мкм, які мають високу абразивну стійкість та твердість[3].

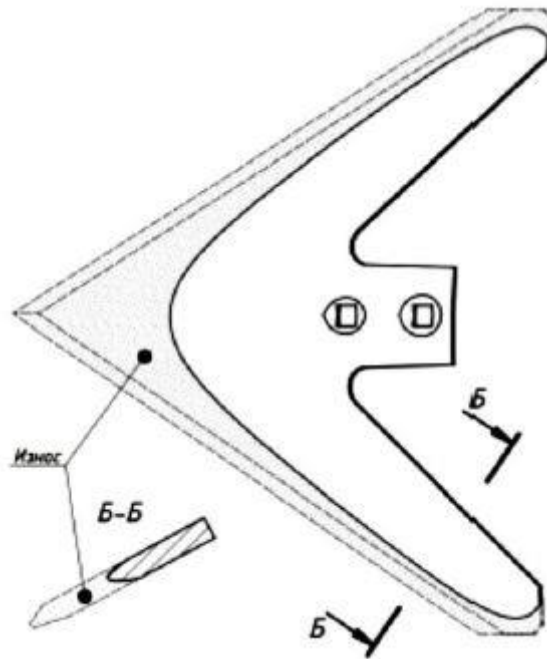


Рисунок 1.9 – Спрацьована лапа культиватора

Зносостійкість таких робочих органів менша в порівнянні з деталями, виготовленими з легованих матеріалів.

Поширений спосіб швидкісного електродугового зміцнення (ЕДЗ) ріжучих поверхонь стрільчастих лап культиватора. Сутність цього способу полягає в дифузійному насиченні лапи культиватора вуглецем під час горіння електричної дуги [3]. Даний спосіб володіє високою продуктивністю та не дорогим та розповсюдженим обладнанням. Також, він гарантує твердість поверхні деталі, що піддається зміцненню, в межах 55 -56 HRC.

Газотермічне напилення (ГТН) дозволяє забезпечити великий термін працездатності робочих поверхонь, скоротити час запилення а також і знизити їх вартість. При ГТН розпилений матеріал у вигляді порошку або дроту подається в зону нагріву. Газ розпилює нагріті частинки і надає їм прискорення в осьовому напрямку. У зоні нагріву при подачі дроту розпилюючий газ диспергує розплавлений матеріал. В ряді методів ГТН він виконує і функцію нагрівання. Частинки, що потрапляють на поверхню, мають велику швидкість зіткнення з основним металом, утворюючи міцні

міжатомні зв'язки та створюють умови для адгезії розпилюючого матеріалу за рахунок активації поверхневого контакту.

Методи напилення називають дуговою металізацією, плазмовим напиленням, газополуменевим напиленням і детонаційно-газовим напиленням. До газоелектричних відносяться перші два методи, останні - до газополуменевих .

Відомий спосіб відновлення стрільчастих лап культиватора [3] з одночасним зміцненням, що включає виконання відтягнення до відновлення нормованих розмірів, а з тильної її сторони формують запас металу в області носка і по довжині леза шляхом наплавлення електродом з отриманням необхідного обсягу наплавленого металу. Це забезпечує відновлення номінальних розмірів лапи, при цьому відтягнення лапи здійснюють гарячим деформуванням з використанням форми яка використовується для оправлення, що копіює форму носка і леза лапи, з подальшим зміцненням шляхом гартування (рис. 1.10).



Рисунок 1.10– Лапа з навареним запасом металу з тильної сторони

Раніше розроблений спосіб відновлення стрільчастих лап і культиваторів [3], що включає видалення зношеної робочої її частини шліфувальним відрізним кругом, з подальшим виготовленням нової робочої частини 2 з середньовуглецевої сталі у вигляді змінної кутової пластини, яку заточують з утворенням леза і зміцнюють з тильного боку. Перед зміцненням в ній виконують наскрізні подовгасті отвори 3 для її переміщення в міру зносу. На стрільчастій лапі культиватора яка відновлюється виконують різьбові отвори 4 для кріплення змінної кутової пластини за допомогою

гвинтів 8 (рис.1.11). Змінну кутову пластину піддають зміцнення з тильного боку шляхом нанесення зносостійкого покриття в три шари, при цьому перший 5 і третій шар 7 отримують електроіскровим нанесенням зносостійкого сплаву, а другий шар 6 отримують електродуговою металізацією.



Рисунок 1.11– Відновлена лапа культиватора

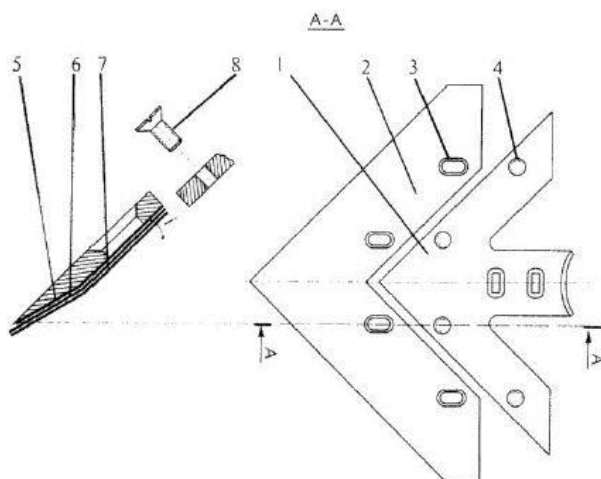


Рисунок 1.12– Стрільчата лапа культиватора із змінною кутовою пластиною зігнутою по формі ріжучої частини продовговуватими отворами

Одним із відомих способів утворення металокерамічних покриттів є карбовібродуговое зміцнення [4] для утворення якого використовують вугільні електроди та металокерамічні пасти.

Суть методу полягає в наступному. Спочатку на ріжучу поверхню стрільчастої лапи наносять пасту, яку висушують до затвердіння. Розплавлення пасти виготовляють з використанням вібруючого вугільного електрода. При горінні електричної дуги на ріжучій поверхні з компонентів пасти утворюється металокерамічне покриття, зміцнені лапи культиватора,

представлені на рисунку 1.13. Одночасно відбувається дифузійне насичення матеріалу стрільчастої лапи вуглецем за рахунок його дифузії при сублимації електрода. Відмінною особливістю КВДУ є відсутність значного теплового ефекту в деталях за рахунок вібрації вугільного електрода.

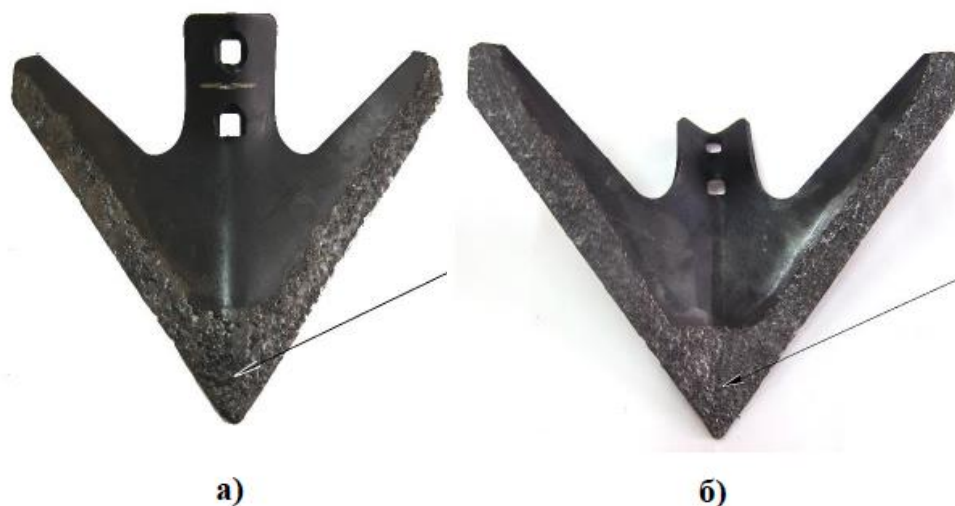


Рисунок – 1.13 Лапи культиватора зміцнені карбідодуговим методом

Одним з основних переваг даного способу є те, що його реалізацію можна здійснювати як на великих спеціалізованих заводах, що займаються виготовленням сільськогосподарської техніки і робочих органів до неї, так і в невеликих майстернях сільськогосподарських фермерських підприємств. Даний спосіб зміцнення дозволяє підвищувати зносостійкість ріжучих поверхонь стрільчастих лап ґрунтообробних знарядь, різних як за масою, так і за габаритними розмірами.

Авторами [3] розроблена стрільчата культиваторна лапа. Робоча поверхня леза якої з тильного боку зміцнена термодіформаційним впливом для забезпечення твердості тильної робочої поверхні лапи, що перевищує твердість зовнішньої поверхні леза, і збереження її геометрії (рис.1.14).

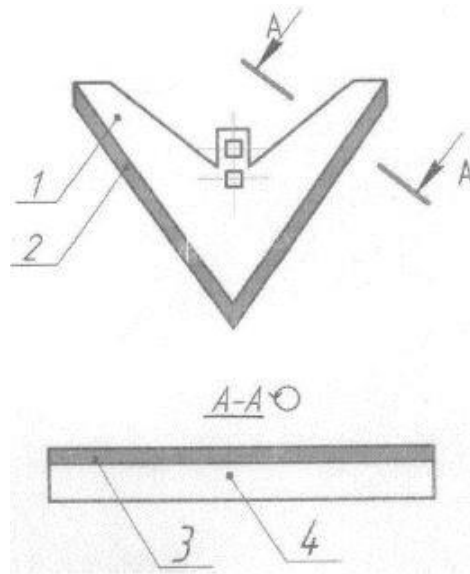


Рисунок 1.14 – Лапа культиватора: 1 - тильна сторона робочої поверхні; 2 - область леза; 3 - зона підвищеної твердості леза з тильної частини; 4 - зона з твердістю при заводському виробництві.

Також розроблено спосіб зміцнення лап культиватора з нижньої сторони твердосплавним матеріалом у вигляді кіл по всій довжині леза і лінійне зміцнення ріжучої кромки (рис. 1.15).

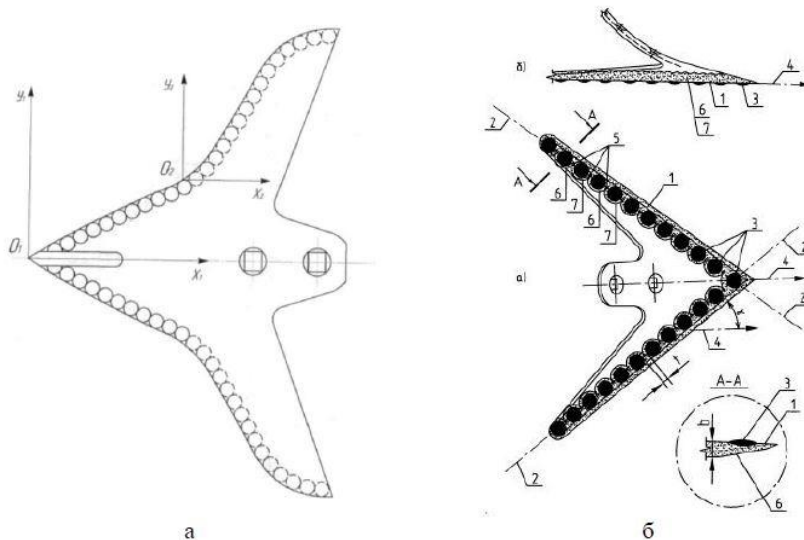


Рис. 1.15– Зміцнення лап культиватора наплавленням зон у вигляді кіл:
 а - схема наплавлення; б - 1 - культиваторна лапа, 2 - лінії армування, 3 - точки зносостійкого матеріалу, 4 - напрямок переміщення робочої поверхні, 5 - перекриття зон термічного впливу, 6 і 7 - сусідні точки

Відомо також способи зміцнення наплавленням армованих смуг на поверхню лап або різних по зносостійкості матеріалів. Згідно [3] робоча поверхня виконана з перемінною зносостійкістю, шляхом смугового зміцнення матеріалу. Це може бути досягнуто кількома варіантами (рис. 16). Перший - на лицьовій поверхні леза нанесені смуги, на тильній - суцільний шар зносостійкого матеріалу. Другий - зміцнюючі смуги нанесені з лицьової і тильної сторін в шаховому порядку. Третій - зміцнюючі смуги нанесені з лицьової і тильної сторін один проти одного.

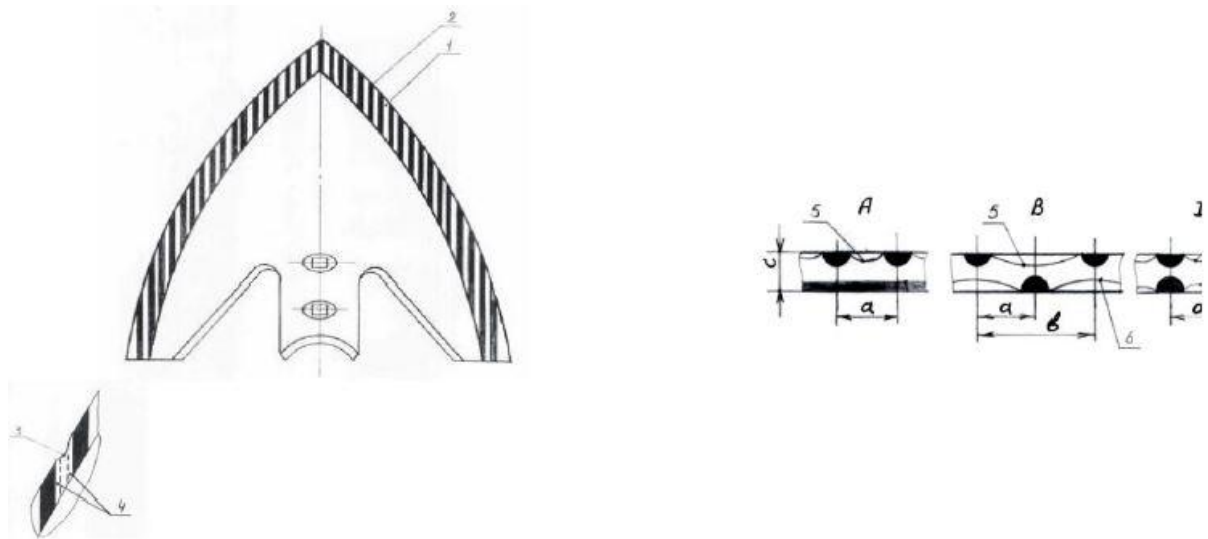


Рис 1.16– Схема нанесення зміцнюючих смуг: 1 - лезо, 2 зміцнюючі смуги, 3 - міжполосковий простір, 4 - прилягає до смуг простір, 5 - пляма лицьового фактичного зносу, 6 - пляма тильного фактичного зносу

Запропонований метод підвищення зносостійкості культиваторних лап, який здійснюється за рахунок наплавлення зносостійких валиків прямолінійної форми на робочі поверхні стрільчастої лапи культиватора, а саме: на носок, крила і лезову частину. Схема розташування зносостійких валиків і відновлена лапа представлені на рис. 16. Згідно цього способу на лезо стрільчастої лапи наносять ділянками матеріали, зносостійкість яких зменшується від носка лапи до кінця крила.

Запропоновано робочий орган культиватора [5] , що включає стрільчасту лапу робоча зона якої виконана у вигляді кривої поверхні (рис 1.17) , і вона проходить від початку її носка до кінця по бічним поверхням.

Профіль культиваторної лапи у напрямку руху зменшується з формуванням при експлуатації нового за рахунок нанесення на робочу поверхню смуг з тугоплавкого металу під різними кутами. Попередня оцінка такої технології зміцнення леза лапи робочого органа культиватора може бути ефективною при експлуатації за рахунок формування зубчастого профілю в процесі експлуатації і самозагострювання. Таку технологію підвищення зносостійкості лап культиватора рекомендується використовувати багаторазово при її експлуатації та зношування. Недоліком цього методу зміцнення є те, що смуги наносять на лезо, яке формують різними методами (механічною обробкою, пластичним деформуванням, і ін.), що призводить до накопичення в ньому напружень і додатково вони формуються на краю леза - основа лапи, де відсутнє наплавлення зміцнюючого шару. Крім того, на крилах лапи максимальний знос відбувається з їх протилежної поверхні крил, щодо леза носка, і їхній найбільший знос спостерігається з внутрішньої поверхні. Тому з урахуванням зон найбільшого зносу і схеми зміцнення, досягнення ефекту самозаточування неможливо.

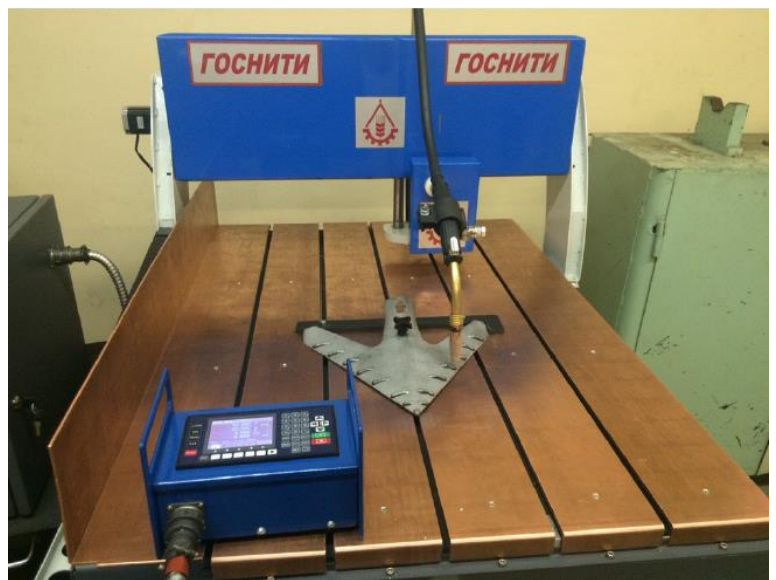
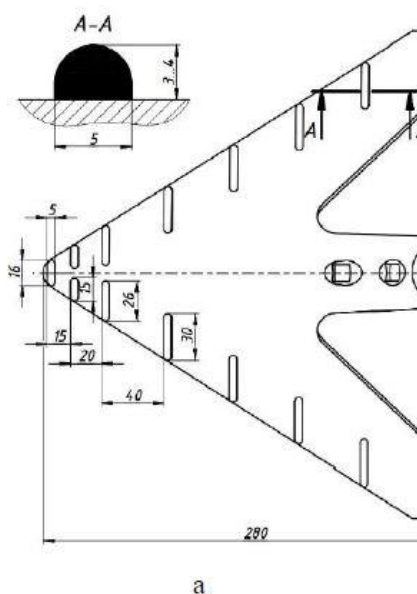


Рис. 1.17– Схема розташування зносостійких валиків (а) і наплавлена лапа культиватора (б)

До найбільш популярного методу для отримання зносостійких покриттів можна віднести дугове наплавлення твердими сплавами, правильність використання в якому залежить від нагрівання деталей які зміцнюються а також витрат на тверді сплави.

Для покращення властивостей тонких деталей, в тому числі стрільчатих лап культиватора, зазвичай застосовують індукційний спосіб наплавлення [6]. Для наплавлення використовують спеціальну шихту, до складу якої входять суміші порошкоподібного твердого сплаву який володіє зносостійкими властивостями та флюси. Шихту наносять на деталь в зоні де має бути здійснене зміцнення шаром необхідної товщини. Після нанесення шихти деталь вводять в індуктор який живиться від високочастотного генератора. Коли струм високої частоти проходить по індукторі у поверхневих зонах деталі, що підлягає наплавленню, утворюються вихрові струми, які нагрівають виріб, а від його поверхні в свою чергу плавиться шихта . До переваг способу відносяться: можливість наплавлення тонких шарів, висока продуктивність, можливість механізації і автоматизації процесу. Недоліками є висока енергоємність, перегрів основного металу, присадочні матеріали повинні бути більш легкоплавкими, ніж основний метал. Незважаючи на відмічене вище, на підприємствах, де випускають сільськогосподарську техніку, плуги, луцильники, лапи культиваторів та ін., цей спосіб є найбільш поширеним [6].

Усі наведені вище способи мають свої недоліки в порівнянні з індукційним наплавленням, а саме:

- виконання додаткових операцій, що може негативно вплинути на стабільність та доцільність технологічно процесу;
- утворення додаткових залишкових напружень, що впливає на конструкційну міцність деталі;
- затрата додаткового часу на наплавлення точками по всій ширині деталі;
- нерівномірна глибина проплавлення;

- занадто висока складність технології ;
- не висока стабільність шару наплавленого металу на виробі.

Найбільш раціональніше серед запропонованих вище способів зміцнення стрільчатих лап культиватора робимо висновок, що представлені вище технологічні методи мають недоліки в порівнянні із індукційним наплавленням.

2. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

Лапи культиватора виготовляють в основному з якісної марганцевої сталі 65Г або з сталі Ст.6 і мають твердість в межах 312-541 кГ/мм²(3210-5410 Мн/м²), яка досягається шляхом загартовування ріжучої кромки лапи по всьому контуру з попереднім відпуском при відповідній температурі.

Було встановлено, що при застосуванні індуктора з паралельними вітками, якість наплавленого шару яка необхідна для стрільчатих лап культиватора отримується при ступінчатому регулюванні параметрів режиму наплавлення які наведені в (табл. 2.1).

Для наплавлення стрільчатих лап культиватора використовуємо шихту марки ПГ-С27. Перш за все встановили максимальну вихідну потужність генератора на першій ступені. Тривалість нагрівання на цій ступені обирали таким чином, щоб температура поверхні яка зміцнюється, набула температури плавлення сплаву який наплавляється. Під час другої ступені потужність генератора зменшувалася, таким чином отримали мінімальне підігрівання основного і наплавленого металу.

Таблиця 2.1 Ступені регулювання параметрів режиму наплавлення [7]

Ступені регулювання параметрів режиму наплавлення	Час нагрівання, С	Анодний струм, А	Струм сітки, А	Анодна напруга, кВ
1	18	14,0...16,0	2,2...2,3	9,5...11,0
2	11	12	2,0	9

Поступове зменшення нагрівання на ступені наплавлення сплаву ПГ-С27 із застосуванням індуктора (рис. 2.1) з паралельними вітками робить неможливе перегрів основного металу деталі.

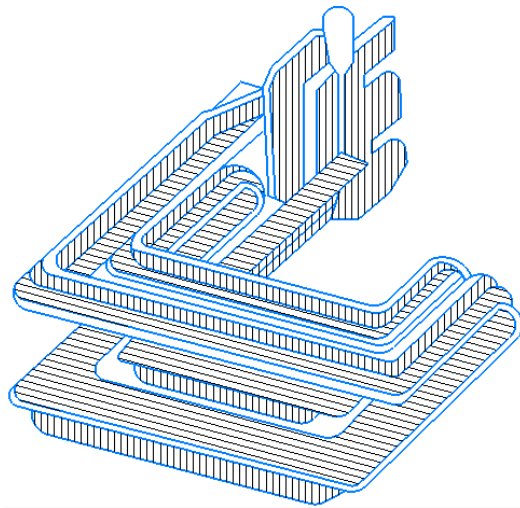


Рисунок 2.1 - Індуктор з паралельними вітками [8]

На відміну від орання, культивація являє собою процес обробки більш рихлого ґрунту і це впливає на характеристики спрацювання лап культиваторів.

На рис. 2.2 представлений загальний вид спрацювання стрільчатих лап культиватора з довжиною захвату 270 мм після культивації 20 га звичайного чорнозему і важкого чорнозему. Із схем видно, що найбільша інтенсивність спрацювання характерна для носка лапи, по мірі віддалення від носка інтенсивність спрацювання ріжучої кромки лапи зменшується.



а)

б)

Рис 2.2 – Стрільчаті лапи культиватора: а – нова; б – після експлуатації

Зміна інтенсивності спрацювання стрільчатих лап культиватора на різних ґрунтах показано на рис. 2.2. Величину спрацювання виміряли по нормалі до ріжучої кромки носка лапи. Інтенсивність спрацювання ріжучої кромки носка, як правило, значно вище, чим ріжуча кромка пера лапи. Але криві спрацювання в різноманітних розрізах ріжучої кромки по характеру аналогічні. Зі збільшенням щільності ґрунту знос носової частини лапи підвищується, при оброблюванні розрихленого або з грудками ґрунту знос по контуру лапи вирівнюється, тому що тиск на носок так само як і на пера лапи, невеликий.

На (рис. 2.3, 2.4) бачимо, інтенсивність зносу стрільчатих лап культиватора. Термін служби стрільчатих лап культиватора складає 40-100 год., що відповідає виробітку на одну лапу 80-200 гектарів, проте досліді проводилися з розрахунком на 15-20 гектарів.

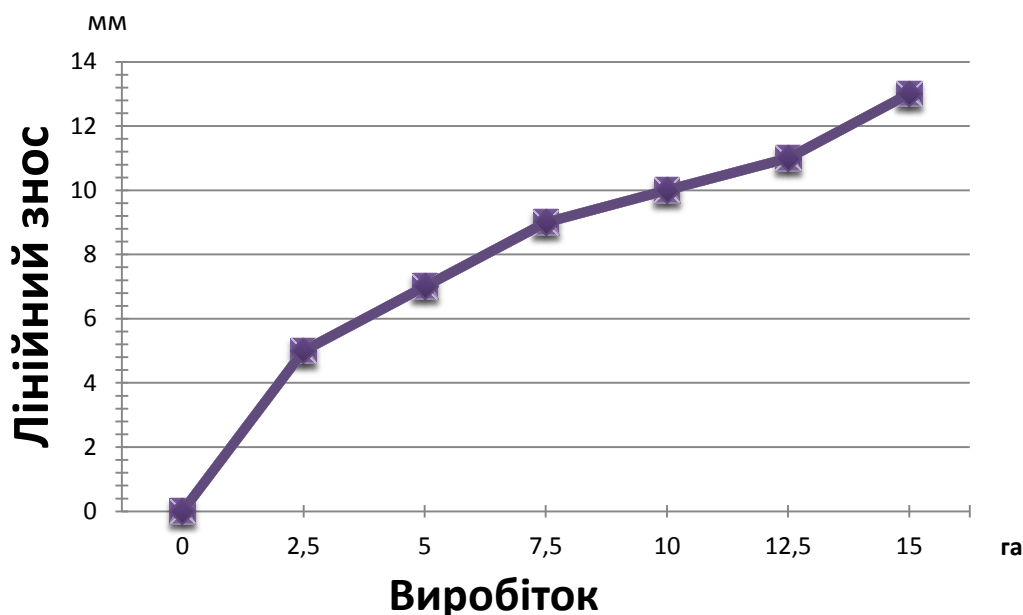


Рисунок 2.3 – Зміна інтенсивності зносу стрільчатої лапи культиватора

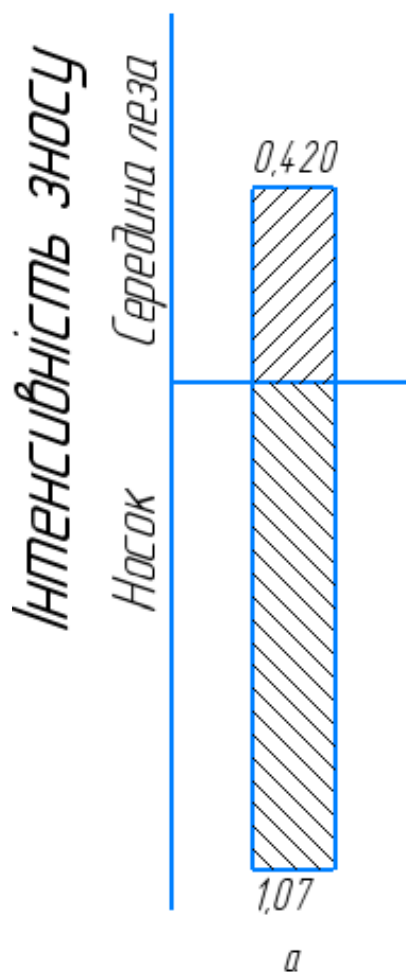


Рисунок. 2.4 – Інтенсивність зносу стрільчатих лап культиватора

Ріжуча кромка плоскоріжучих лап також зношується не рівномірно. Найбільш активний знос спостерігається в місці згину лапи, яка виконує функції «носка». В цьому випадку лапа приймає найбільше навантаження.

Досліди показують, що термін служби плоскоріжучих лап культиватора приблизно такий самий як і в стрільчатих.

Зміни конфігурації ріжучої кромки лез стрільчатих і плоскоріжучих лап в різних місцях різні. На (рис 2.5) представлені профілі лез стрільчатих лап після культивації ґрунту Тернопільської області. Носок лапи (рис. 2.5) не звертаючи увагу на інтенсивний знос, набуває загострену конфігурацію і в процесі роботи практично самозагострюється. Водночас в середній частині і на кінці пера лапи, кромка леза набуває округлену форму.

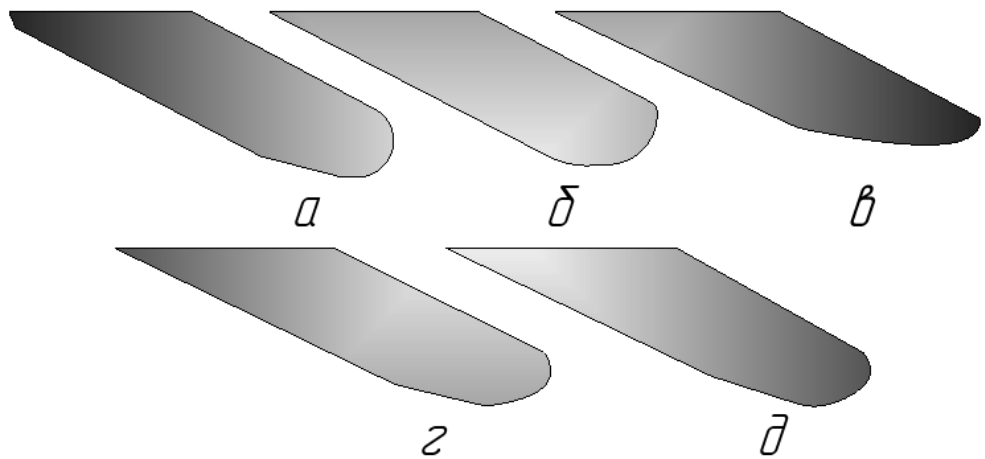


Рисунок 2.5 – Конфігурація лез спрацьованої стрільчатої лапи в різних перерізах: а, б, г, і д – пер; в - носка

Самозаточування носка леза, пояснюється підвищенням тиску на бокові поверхні леза при направленому зустрічному руху абразивної маси. На відмінну від носка ріжуча кромка пера лапи, розташована до осі руху під кутом 30° , крім зустрічного опору ще піддається впливу абразивних частинок, які ковзають вздовж леза. В результаті цього радіус затуплення ріжучої кромки значно збільшується. При збільшенні кута лапи в плані ковзання вздовж кромки може бути усунено і форма леза по всій довжині буде однаковою.

Типові профілі лез лап культиватора, які мають великий виробіток протягом одного сезону, представлені на (рис 2.6). Якщо порівняти профілі лез лап культиватора, зношених в різних ґрунтових умовах, то можна замітити, що в більшості випадків ріжуча кромка має округлену форму. Це можна пояснити тим, що культивацію проводять на невелику глибину (10-12 см). В цих умовах удари грудок землі об ріжучу кромку и ковзання її частинок вздовж лез сприяє затупленню ріжучої кромки.

Інтенсивність зносу лез зростає по мірі збільшення щільності ґрунту. Таким чином, лапа встановлена по осі руху культиватора, має інтенсивність зносу приблизно в 1.5 рази більшу ніж сусідня.

Характер зносу лап культиватора знаходиться в залежності від вологості типу ґрунту, тому протягом сезону на одній і тій самій ділянці ґрунту

конфігурація зносу може значно змінюватися. В процесі літнього міжрядкового оброблення, коли вологість ґрунту невелика, перевагу має знос верхньої грані леза. При обробленні вологого пухкого ґрунту інтенсивність зносу значно зменшується і верхня грань леза зношується дуже повільно.

Отже, при визначенні способу зміцнення лап культиватора необхідно враховувати специфіку їх експлуатації

Експлуатаційні випробування зміцнених стрільчатих лап культиватора. Половина випробовуваних лап була зміцнена з лицьового боку, а решта - з тильної (рис. 2.6)



а)



б)

Рисунок 2.6 - Стрільчасті лапи культиватора, зміцнені індукційним методом з лицьової і тильної сторони а); зношені лапи культиватора з лицьової і тильної сторони

Зміцнення лап як з одного, так і з іншого боку обумовлено тим, що традиційно для реалізації самозагострення і збільшення ресурсу стрільчастих лап їх ріжучі поверхні зміцнюють з тильного боку. У той же час деякі вчені висловлювали міркування про доцільність зміцнення лицьовій (верхньої) сторони лап. У зв'язку з цим ще одним завданням проведених випробувань в умовах експлуатації було визначення того, яку частину лапи найдоцільніше зміцнювати індукційним способом.

Експлуатаційні випробування зміцнених індукційним способом наплавлення стрільчастих лап проводилися в умовах експлуатації на полях. Виконувалися наступні види робіт: передпосівна підготовка ґрунту і культивування незайнятих парів.

Під час експлуатаційних випробувань стрільчастих лап відстежували знос носової частини лап і ширини їх крил. При виробітку стрільчастих лап саме ці критерії є основними. Випробовувані лапи встановлювалися в першому ряду культиватора, за винятком позицій по колії трактора, тому що ці лапи при експлуатації схильні до найбільшого зношування. Одночасно з зміцненими лапами на культиваторі встановлювали і не зміцнені лапи. Вимірювання зносу лап проводилося періодично, через інтервал 4 ... 5 га напруцювання, накладенням випробовуваної лапи на шаблон, який відповідає розмірам і формі нової серійної лапи. Для вимірювання зносу лап використовували штангенциркуль ШЦ-2-300 0,13 похибкою вимірювання не більше 0,05 мм.

Результати випробувань на зношування. При проведенні лабораторних випробувань на спрацювання зміцнених індукційним методом і не зміцнених зразків випробовувалися на однаковому контактному тиску і тривалості випробувань.

Результати проведені в порівняльних випробуваннях на зношування зміцнених індукційним способом і не зміцнені еталонні зразки зі сталі 65Г показали, що найбільший середній знос (0,47 г) мають еталонні зразки (рис. 2.7). Зразки, зміцнені індукційним способом, мають значно менший знос.

При цьому мінімальний знос забезпечують покриття, отримані при наплавленні (рис. 2.7).

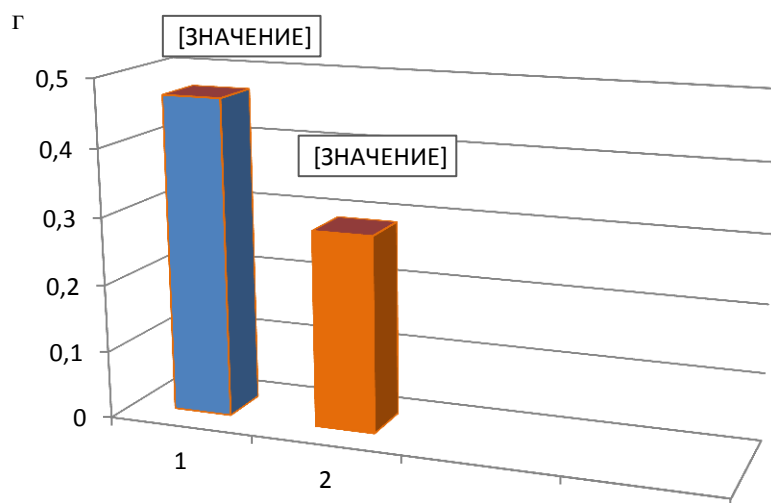


Рисунок 2.7 - Знос еталонних зразків лап культиватора (1), і зміцнених індукційним способом (2)

Швидкості зношування і зносостійкість еталонних зразків і зразків, зміцнених індукційним методом, визначені і зведені в (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Швидкості зношування і зносостійкість еталонних і зміцнених зразків після проведення їх випробувань на зношування.

Взірці	Швидкість спрацювання г/год	Зносостійкість г/год
Еталонні	0,047	21.27
Зміцненні індукційним наплавленням шихтою ПГ-С27	0,016	62,50

Проведені експлуатаційні випробування дозволили встановити, що залежність зносу носової частини лап культиватора від напрацювання при роботі на ґрунтах носить практично лінійний характер (рис. 2.8). Дана залежність має місце для всіх випробовуваних лап. Отримані результати добре узгоджуються з дослідженнями багатьох вчених, які вивчають

зношування зміцнених стрільчастих лап ґрунтообробних знарядь в експлуатації.

Результати проведених експлуатаційних випробувань стрільчастих лап культиватора показали, що серійні не зміцнені лапи досягають свого граничного стану (знос носка 50 мм) і повинні бути замінені при напрацюванні 34 га (рис. 2.8, крива 1). У той же час стрільчасті лапи, зміцнені індукційним способом з лицьової сторони, при таких же напрацюваннях мають знос носка 23,8 мм і 20,7 мм відповідно (рисунок 2.8, крива 2), що в 2,1 рази нижче, ніж у серійної не зміцненої лапи. Однак у лап, зміцнених з лицьового боку, в процесі випробувань спостерігається утворення широкої потиличної фаски. Це призводить до деякого згинання лапи і зниження глибини обробки. Тому кращим буде зміцнення досліджуваних стрільчастих лап з тильного боку.

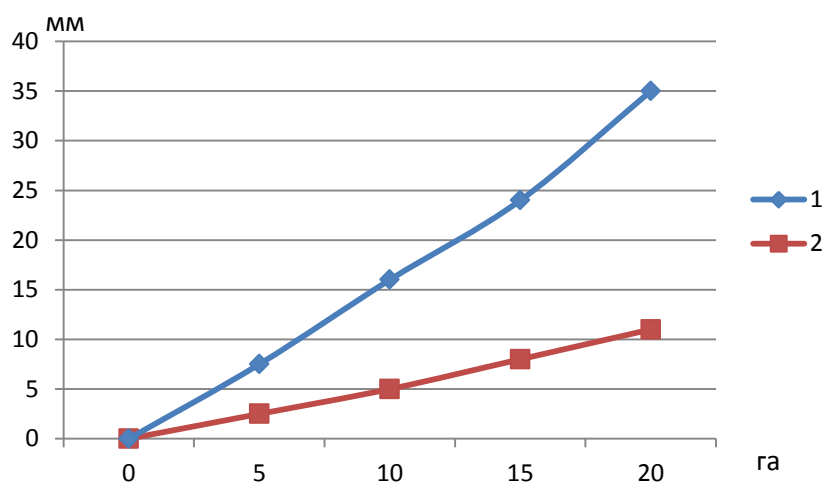


Рисунок - 2.8 - Залежність зносу носка стрільчастих лап культиватора від напрацювання : 1 - серійна не зміцнена лапа; 2 - лапа, зміцнена індукційним наплавленням

Зміцнення стрільчастих лап культиватора індукційним наплавленням дозволяє підвищити їх напрацювання на відказ до 71 ... 72 га (рисунок 2.9), що в 2,1 рази вище, ніж у серійних не зміцнених лап.

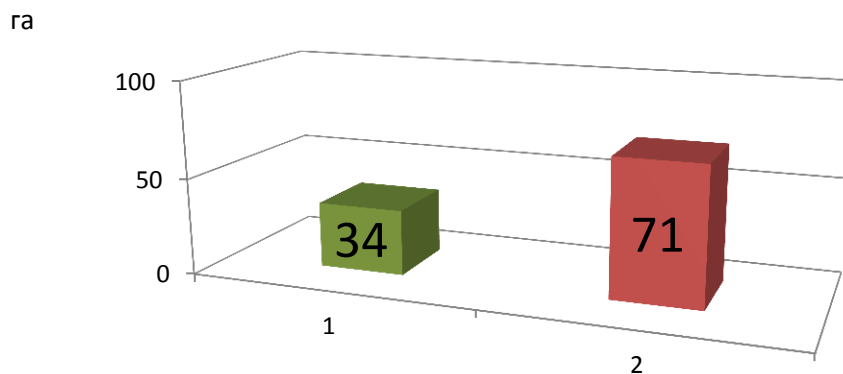


Рисунок 2.9 - Напрацювання до відказу стрільчастих лап культиватора: серійна не зміцнена лапа (1); лапа, зміцнена індукційним наплавленням (2)

Аналізуючи зміни інтенсивності зношування носка зміцнених і не зміцнених стрільчастих лап, видно, що даний показник зі збільшенням напрацювання для всіх випробовуваних лап також зростає (рис. 2.10). Найбільша інтенсивність зношування носка (1,42 мм / га) спостерігається у не зміцнених лап по досягненню ними граничного стану (рис. 2.10, крива 1). Інтенсивність зношування зміцнених індукційним способом стрільчастих лап в цілому виявилася істотно нижче, ніж у не зміцнених серійних лап. Так, найбільша інтенсивність зношування носка лап, зміцнених індукційним способом, склала 0,68 мм / га (рис. 2.10, крива 2), що в 2,1 рази нижче, ніж у не зміцнених серійних лап.

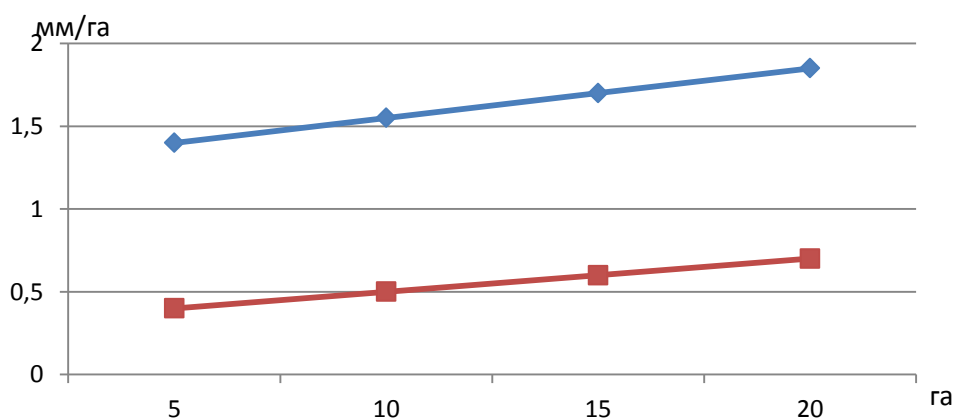


Рисунок 2.10 - Залежність інтенсивності зношування (I) носка стрільчастих лап культиватора від напрацювання: 1 - серійна не зміцнена лапа; 2 - лапа, зміцнена індукційним наплавленням

Крім цього, проведені дослідження дозволили встановити, що знос крил випробовуваних лап по ширині виявився значно нижчим, ніж знос їх носової частини. Так, знос крил не зміцнених серійних лап при досягненні ними граничного стану склав в середньому 19 мм (рис. 2.11, крива 1). Після індукційного наплавлення лап знос їхніх крил істотно зменшується і становить в середньому 6 мм (рис. 2.11, крива 2).

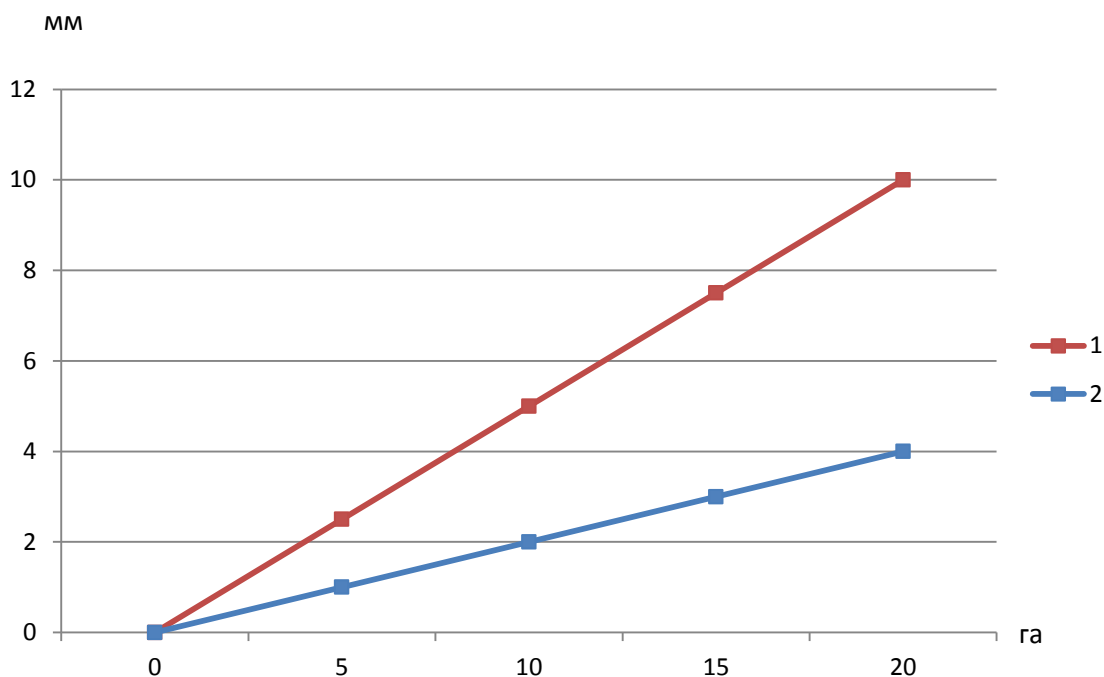


Рисунок 2.11 - Залежність зносу крил лап культиватора від напрацювання: 1 - серійна не зміцнена лапа; 2 - лапа, зміцнена індукційним наплавленням

Найбільша інтенсивність зношування крил по ширині (0,56 мм / га) спостерігається у не зміцнених лап по досягненню ними граничного стану (рис. 2.12, крива 1). Інтенсивність зношування зміцнених індукційним наплавленням стрільчастих лап в цілому виявилася істотно нижче, ніж у не зміцнених серійних лап. Так, найбільша інтенсивність зношування крил лап, зміцнених індукційним наплавленням, склала 0,18 мм / га (рис. 2.12, крива 2), що в 3,1 рази нижче, ніж у не зміцнених серійних лап.

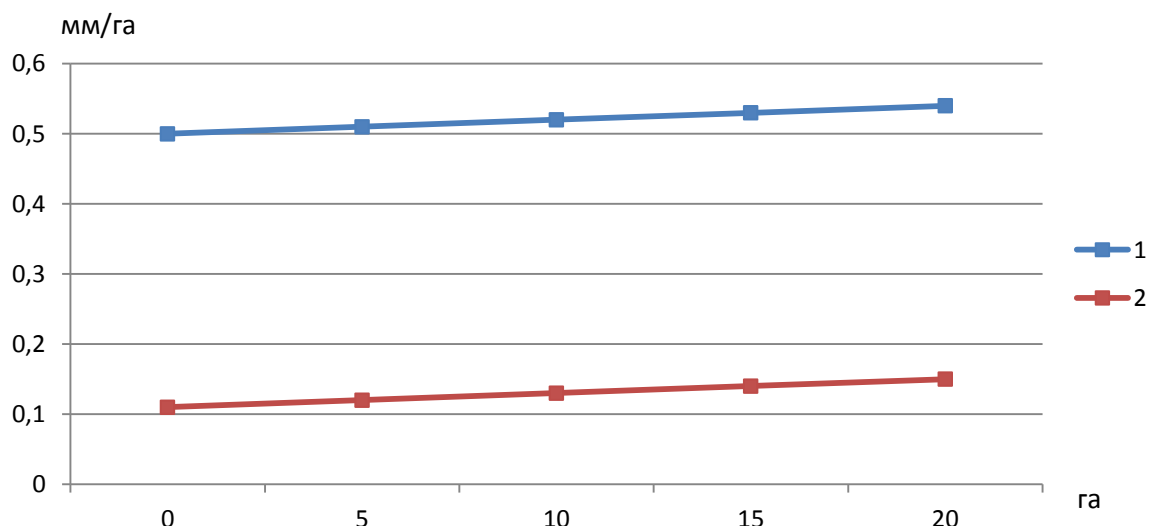


Рисунок 2.12 - Залежність інтенсивності зношування (I) крил стрільчастих лап культиватора від напрацювання (T): 1 - серійна не зміцнена лапа; 2 - лапа, зміцнена індукційним наплавленням

Таким чином, проведені експлуатаційні випробування показали, що головним критерієм граничного стану досліджуваних стрільчастих лап культиватора є знос їх носка. При цьому зміцнення розглянутих лап індукційним методом призводить до підвищення їх зносостійкості при роботі на ґрунтах в 2,4 рази (рис. 2.13).

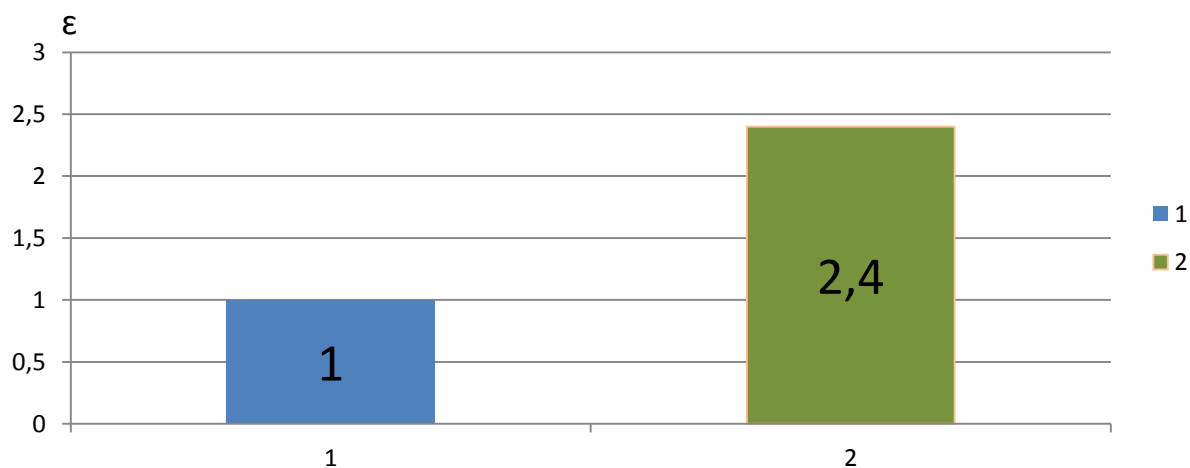


Рисунок 2.13 - Відносна зносостійкість стрільчастих лап культиватора: серійна не зміцнена лапа (1); лапа, зміцнена індукційним наплавленням (2)

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування способу наплавлення

Для визначення способу нанесення покриття на робочу поверхню лапи культиватора, виготовленого з сталі 65Г, рекомендується враховувати якісні характеристики покриття матеріалу, раціональну товщину покриття деталі, продуктивність і коефіцієнт доцільності застосування матеріалу, для різних способів нанесення функціонального покриття. Параметри та способи наплавлення (табл. 3.1)

Таблиця 3.1 Характеристики методів нанесення покриття [8]:

Параметри	Спосіб наплавлення				
	Індукційне	газополуменеве	плазмове	детонаційне	газодинамічне
Форма наплавленого матеріалу порошку	+	+	+	+	-
Міцність зчеплення, МПа	до 60 (>15)	до 50 (>10)	до 50 (>15)	до 100 (>30)	40-80
Пористість, %	5...15	10...15	5...10	до 0,5...1,5	3...7
Товщина покриття, мм	0,5...2,5 max 6,0	0,5...5,0 max 10,0	0,05...5 max 10,0	0,1...0,3 max 0,5	від 0,25
Форма напилюваного матеріалу	порошок	дріт, порошок, пруток	порошок дріт	порошок	порошок
Максимальна температура нагрівання лиспегованих часток матеріалу, К	до 3000	до 3000	до 4000	до 3000	до 600
Продуктивність, кг/год	2...50	1...10	3...11; 11...25	0,1...1,5	3...15
Коефіцієнт використання використаня матеріалу (КВМ)	0,8...0,95	0,8...0,95	0,7...0,9	1,3...0,6	0,7...0,9

Переглянувши представлену таблицю і товщину шару наплавлення металу 1,5 мм для зміцнення даного виробу найбільш доцільнішим є індукційне наплавлення. В даному способі є відносно велика продуктивність 2...50 кг/год, необхідна міцність зачеплення, висока температура нагрівання, пористість 5... 15%, змога нанести різноманітні покриття із різних матеріалів.

В основі індукційного наплавлення лежить використання струмів високої частоти для підігріву основного металу деталей і розплавлення присадкового матеріалу.

Най частіше застосовують твердий присадний матеріал, який має вигляд крупнозернистого порошку, перемішаний з флюсом, накладають на поверхню виробу який наплавляється, його температура плавлення повинна бути трохи нижчою, ніж температура плавлення основного металу. Індуктор нагріває виріб до температури яка, на 100-150°C має бути більшою температури плавлення присадкового матеріалу. Розплавлений флюс тече по деталі і очищає її, в наслідок чого міцний зв'язок наплавленого металу і металу деталі. До плюсів даного способу відносять: не велика глибина розплавлення основного металу, величини які добре регулюються режимами нагрівання; висока продуктивність процесу; автоматизація.

Деталь яка піддається наплавленню закладають в індуктор, який подає струм високої частоти від генератора.

Зменшення інтенсивності нагрівання основного металу виробу на стадії розплавлення твердого сплаву під час використання індуктора з забезпечує таку структуру, яка дорівнює ступені розплавлення. Під час цього відбуваються металургійні процеси, а також на 18-23% збільшується довжина евтектичної зони, і відповідно збільшується зносостійкість деталей які наплавляються і завдяки чому проплавлення металу виробу стає не можливим.

В основі методу індукційного наплавлення деталей ґрунтооброблювальних агрегатів лежить нагрівання та розплавлення випадочного матеріалу під дією струмів високої частоти. Для наплавлення

лап культиватора використовується спеціальна порошкоподібна шихта яка складається із гранульованого твердого сплаву та флюсів на основі бури а також борного ангідриду в визначеному масовому відношенні. Шихту наносять на поверхню виробу шаром, товщина якого має відповідати заданому розміру шару який наплавляється. Після чого зону деталі яка наплавляється, поміщають у спеціальний індуктор високочастотної установки.

Щоб виключити можливість перегрівання основного металу деталі на стадії наплавлення порошкоподібного сплаву ПГ-С27, зменшують інтенсивність нагрівання. При даному режимі можливе забезпечення автоматичного наплавлення лап культиватора.

На (рис 3.1) схематично представлено положення деталі яка наплавляється в індукторі. Коли струм високої частоти (більше 70 000Гц) проходить крізь індуктор то в поверхневих зонах металу виробу наводяться електричні струми тому зовнішній шар металу різко нагрівається. Щільність індукованих струмів залежить від: геометричних розмірів деталі що нагрівається, питомого опору та магнітної проникності матеріалу деталі а також частоти струму. Шар порошкоподібної шихти, знаходиться між індуктором і поверхнею що нагрівається, у зв'язку із високим опором слабо реагує на дію на нього магнітного поля. Шихта нагрівається теплом, яке в свою чергу передається від поверхні основного металу. Тому для забезпечення процесу наплавлення температура нагрівання поверхні основного металу повинна бути на 50-70⁰С вищою температури плавлення порошку твердого сплаву, а швидкість підводу тепла до поверхні деталі має відбуватися значно швидше його відводу в глибину виробу і втрат в навколишнє середовище.

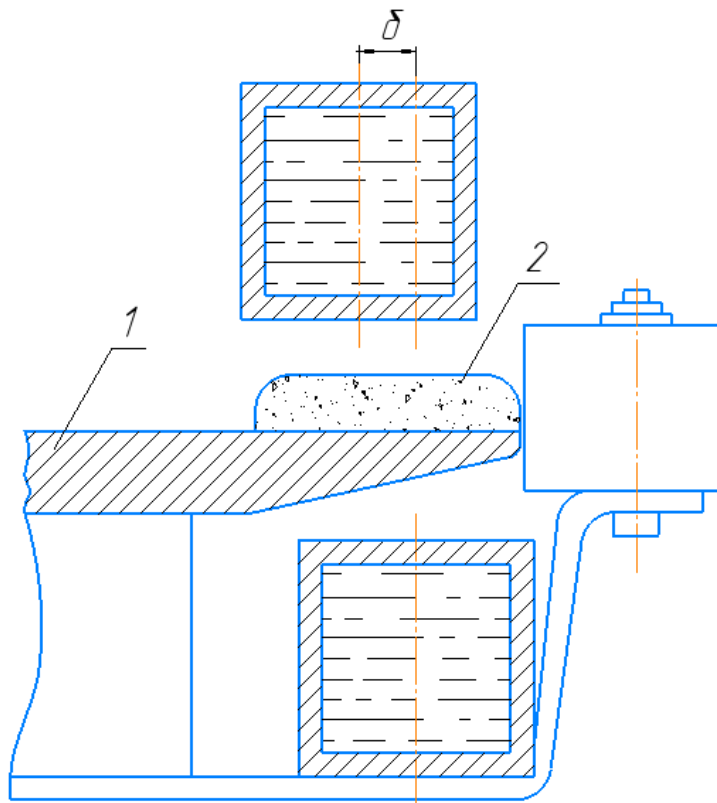


Рисунок 3.1 - Положення лапи культиватора в індукторі при наплавлюванні: 1- деталь; 2- шар шихти [8 ст.151]

Основними вузлами для високочастотного обладнання є високочастотний генератор, нагрівальний пристрій, індуктор. Переважно на підприємствах застосовують високочастотні лампові генератори які розраховані на робочу частоту більше 50 кГц [8].

Обладнання яке використовується для індукційного наплавлення ділиться на три групи:

- Технологічні пристрої і механізми, які забезпечують здійснення процесу наплавлення.

- Енергетичні-Джерела живлення нагрівальних індукторів струмами високої частоти: лампові генератори, машинні перетворювачі, джерела живлення і т. д.

- Допоміжне, для здійснення додаткових операцій такі як: транспортування деталей, очищення, закладання та приготування сумішей для наплавлення.

Найбільш поширені лампові генератори наведені в (табл. 3.2 [9])

Таблиця 3.2 Високочастотні лампові генератори [9].

Найменування	ВЧГ 160/0,066	ВЧС3- 250/0,44	ВЧС2- 400/0,44	ВЧГ9- 60/0,44
Напруга живильної мережі, В	380	380	500	380
Частота мережі, Гц	50	50	50	50
число фаз	3	3	3	3
Потужність, споживана від мережі (при коефіцієнті потужності не менше 0,85), кВт, не більше	235	357	540	200
Потужність коливальна, кВт, не менше	160 ± 16	250 ± 25	400 ± 40	60 ± 16
Частота робоча, МГц	0,44 ± 0,011	0,44 ± 0,011	0,44 ± 0,011	0,44 ± 0,011
Коефіцієнт корисної дії генератора, %, не менше	79	78	77	79
Напруга анодна, кВ	11,3 -12	11,5 -12,3	13,5 -12	11,3 -12
Струм анодний, А	19,0 - 22,0	29 - 33,5	37-39,5	19 – 22,0
Струм сітковий, А, не більше	3,5	5,0	9,5	3,5
Витрата охолоджуючої води, м ³ / год	6,0	7,8	14,0	2,2
Маса, кг, не більше	5500	6645	11300	1822

Відповідно до вимог, наведених вище у таблиці, і з розрахунком для високочастотного наплавлення для виготовлення стрільчатої лапи культиватора можна вибрати генератор типу ВЧГ9-60/0,44, який застосовується для живлення технологічних пристроїв індукційного нагрівання деталей, виробів та інструменту при різних технологічних операціях.

Високочастотний генератор ВЧГ9-60/0,44 (рис. 3.2) виконаний у вигляді трьох металевих шаф: блоку живлення, блоку генераторного і блоку контурів [10]:



Рисунок 3.2 - Загальний вигляд високочастотного генератора
ВЧГ9- 60 / 0,44

Генераторний блок розроблений і представляє собою шафу з двома дверима що був доступ до обладнання, розташованого в середині. Технічна характеристика високочастотного генератора показана в (табл. 3.2).

Конструкцією передбачено два варіанти розміщення блоків генератора. У першому варіанті всі блоки генератора встановлюються поруч впритул один до одного. Шафи всіх трьох блоків з'єднуються болтами між собою. У другому варіанті можливе розташування блоку нагрівального контуру на відстані до 15 м від блоку генератора.

З'єднання між блоками здійснюється за допомогою двох паралельно включених радіочастотних кабелів довжина яких становить не більше 15 м.

При відсутності кабелю а також необхідності розташування блоку нагрівального контуру на відстані до 5 м від блоку генератора, з'єднання між блоками можна здійснити за допомогою жорсткого фідера.

У разі необхідності дистанційного керування генератором в блоці живлення присутній спеціальний клемник для підключення дублюючих кнопок.

Таблиці 3.2 - Технічна характеристика високочастотного генератора ВЧГ9-60/0,44 [9]:

Найменування	ВЧГ9-60/0,44
Напруга живильної мережі, В	380
Частота мережі, Гц	50
число фаз	3
Потужність, споживана від мережі (при коефіцієнті потужності не менше 0,85), кВт, не більше	235
Потужність коливальна, кВт, не менше	160 ± 16
Частота робоча, МГц	0,44
Коефіцієнт корисної дії генератора, %, не менше	79
Напруга анодна, кВ	11
Струм анодний, А	20
Габаритні розміри, довжина, ширина, висота, мм	3100×2420×2000
Маса, кг	1822

В теперішній час для наплавлення деталей які працюють в умовах абразивного зносу, застосовують різноманітні тверді сплави. Властивості сплавів для наплавлення, з яких важливе значення має стійкість до стирання мінеральними частинками, в більшості визначається природою і кількістю зносостійких складників в структурі.

Специфіка індукційного наплавлення обмежує кількість сплавів, які можна було використати при вибраному методі. Можливість наплавлення твердого сплаву струмом високої частоти визначається його температурою плавлення. Для здійснення високочастотного наплавлення необхідно, щоб температура плавлення твердого сплаву була значно нижча температури

плавлення основного металу. Як правило, максимально допустимою температурою плавлення сплаву рахується 1350⁰С.

Шихта являє собою суміш порошків твердого сплаву і флюсів.

Флюси вводять в шихту, щоб зруйнувати окисну плівку на поверхні основного металу і крупинках твердого сплаву і видалити її. Крім того, шар шлаку який утворюється виконує захисні функції і не дає взаємодіяти розплавленому металу з киснем повітря і зменшує втрати тепла в оточуюче середовище. Флюси підбирають із такими складниками, щоби розкислення текучої ванни тривало не більше декількох секунд.

Для забезпечення цих функцій флюси повинні задовольняти ряд вимог.

1. Температура плавлення флюсу повинна бути значно нижча температури плавлення основного металу і твердого сплаву. Руйнування окисних плівок і утворення захисного шару шлаку повинно відбутися ще до початку плавлення твердого шару.

2. Розплавлений шлак повинен володіти невеликою в'язкістю, щоб забезпечити максимальне видалення парів і газів які утворюються в процесі плавлення і полегшити осідання дрібних крупинок твердого сплаву.

3. Щільність флюсу повинна бути набагато меншою щільності сплаву, щоб полегшити спливання капель шлаку на поверхню ванни.

4. Флюс повинен добре змочувати поверхню основного металу і розплавленого твердого сплаву і вкривати її щільним шаром.

Призначенні для індукційного наплавлення флюси, відносять до трьох груп: легування чавуну, сплави на основі кобальту і нікелю, псевдо сплави [8, с. 89]. До групи 1 можна віднести такі сплави: Сормайт №1 ; У45Х35ГЗР2С (ФБХ-6-2) ; У50Х40Н2С2Г (УС-25) ;КБХ; ХТ5У. До групи 2: ВСН-6; НХ13С2Р2; ПГ-ХН80С1Р2; ПГ-ХН80СР3; ПГ-ХН80СР4,0. До групи 3: ПГ-С1; ПГ-С26; ПГ-УС25; ПГ-ФБХ6-2; С-2М; КБХ, БХ; ФБХ6-2.

Для даного виробу та способу наплавлення най більш доцільніше використовувати флюси 3 групи, вони мають достатню ріжучу здатність та

зберігають структуру металу що наплавляється, хімічний склад порошків приведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Хімічний склад металевих порошків [11, с. 340]

Хімічний склад металевих порошків для індукційного наплавлення і твердість наплавленого ними металу							
Марка	Масова частка елементу %						Твердість, HRC
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Інше	
Порошки сплавів на основі заліза (ГОСТ 21448-75)							
ПГ-С1 (ПР-У30Х28Н4С4)	3,0	1,2	3,5	29,0	4,0	-	49-52
ПГ-С27 (ПР-У40Х27Н2С2ВМ)	3,8	1,2	1,5	26,5	1,8	0,3 W 0,1 Мо	51-54
ПГ-УС25 (ПР-У50Х38Н2С2Г2)	5,0	2,5	2,0	38,0	1,5	-	53-56
ПГ-Ф БХ6-2 (ПР-У45Х35ГСР)	4,5	3,0	1,8	35,0	-	1,6 В	55-60
Наплавлена суміші на основі заліза (ГОСТ 11546-75)							
С-2М (800Х24Г7С)	8,0	7,5	2,0	25,0	-	-	50-55
КБХ (450Х45РС)	5,0	0,5	1,3	47,0	-	-	56-60
БХ (50Х40Р7С)	0,7	0,5	1,0	40,0	-	8,0 В	60-65
Ф БХ6-2 (400Х30Г4Р2С2)	4,5	4,0	2,0	32,0	-	1,7 В	50-55

Отже, звернувши увагу на хімічний склад порошків, можна зробити висновок, що для наплавлення лап культиватора можна застосувати порошкоподібний сплав марки ПГ-С27 (табл. 3.3) який володіє відповідною зносостійкістю та відповідною твердістю, і використовується для наплавлення деталей ґрунтообробних конструкцій та механізмів.

Нагрів виробу зазвичай проходить при змінних температурах (на поверхні) і тепловому потоці. Їхня залежність по тривалості може бути дуже різноманітна. Однак можна виділити декілька характерних режимів, які не зустрічаються в досконало чистому вигляді, в тій чи іншій степені наближаються до режимів, які мають місце в практиці.

В літературі [12] інколи зустрічаються відомості, що залежність потужності в деталі яка нагрівається від часу має вигляд, показаний на рисунку 3.3, крива 1. При поясненні цієї залежності зазвичай використовують формулу [12 ст. 41]:

$$\rho_0 = 10^{-3} H_{me}^2 \sqrt{\rho \mu f}, \text{ вт/м}^2 \quad (3.1)$$

Де ρ_0 - питома потужність, вт/м²; H_{me}^2 - амплітуда магнітного поля на поверхні, а/м; ρ - питомий опір, ом*м; μ - відносна магнітна проникність; f - частота струму, гц.

Формула 3.1 отримується з формули [12 ст.42] при заміні густини струму δ_{me} і глибини проникнення струму в метал Δ їх значеннями (формул [12]). Поділивши вираз 3.1 на H_{me}^2 , отримаємо вираз для визначення ρ_0 і χ_0 . Таким чином, крива, приведена на (рис. 3.3), дає зміну в часі також активного і внутрішнього реактивного опору при чітко вираженому поверхневому ефекті.

Якщо припустити, що напруга магнітного поля постійна або, що майже те саме, постійний струм в індукторі, то при сталій частоті потужність залежить від добутку $\rho \mu$.

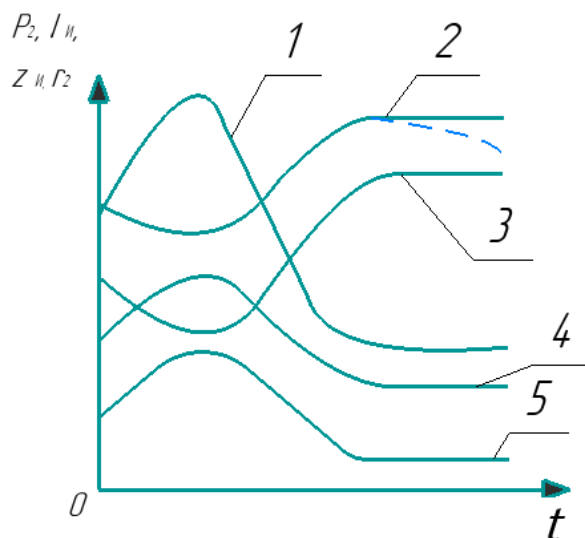


Рисунок 3.3 – Залежність потужності струму в індукторі і електричних параметрів від часу $t-P_2 = f(t)$ при $I_{И} = \text{const}$; $2-P_2=f(t)$ при $U_{И} = \text{const}$ і малому зазорі; $3-I_{И} = f(t)$; $4-z_{И} = f(t)$; $5-r_2 = f(t)$ [12]

Тому $\sqrt{\rho\mu}$ часто називають фактором поглинання. При температурах нижче точки магнітних перетворень фактор поглинання зростає на протязі часу внаслідок зростання питомого опору, тоді як магнітна проникність залишається майже незмінною. При досягненні поверхнею температури магнітних перетворень магнітна проникність, а разом із нею і потужність швидко спадають. В подальшому питома потужність знову починає повільно зростати за рахунок повільного зростання питомого опору, залишаючись набагато меншою не тільки своєю максимальною, але і початковою величиною.

Однак таке представлення процесу нагрівання являється дуже спрощеним і в багатьох випадках не правильним. Умови навіть приблизного сталого струму в індукторі спостерігається лише в окремих випадках. Найчастіше, зазвичай при частотах звукового діапазоні, застосовується стабілізація напруги генератора, яка приводить до приблизної сталості напруги на затискачах індуктора. При цьому струм в індукторі і потужність можуть в залежності від ряду умов змінюватися різним чином. Оглянемо найбільш характерні режими нагрівання при приблизній постійній нарузі на індукторі.

Якщо зазор між індуктором і деталлю яка нагрівається відносно великий і перевищує глибину проникнення струму Δ_2 в кінці нагрівання в декілька раз, тоді реактивний опір навантаженого індуктора x_i в основному визначається реактивністю розсіювання x_s , яка значно перевищує приведений реактивний опір x_{2m} і не залежить від режиму нагрівання.

Отже,

$$X_i = X_r + X_{2m} \approx X_s \gg r_i,$$

Де $r_i = r_1 + r_2$ - еквівалентний активний опір індуктора.

Тоді повний електричний опір індуктора

$$z_i = \sqrt{x_i^2 + r_i^2} \approx x_s = const$$

$$I_i = \frac{U_i}{z_i} = const.$$

Таким чином, при відносно великих зазорах режим нагрівання протікає приблизно так як і при постійному струмі в індукторі.

Практично режим, близький до розглянутого, зазвичай використовується при наскрізному нагріванні кованих заготовок, так як внаслідок необхідності розміщення теплової ізоляції в проміжку між індуктором і заготовкою зазор завжди великий по абсолютній величині і в декілька раз перевищує гарячу глибину проникнення струму Δ_k .

Цей режим в більшості випадків характерний для нагрівання на радіо частотах в наслідок малої по абсолютному значенню величини Δ_k .

Картина значно міняється, якщо зазор між деталями які нагріваються і індуктором малий. В цьому випадку $x'_{2,m}$, r'_2 і r_i одного порядку з x_s і одержують сильні зміни в процесі нагріву. В першій стадії нагріву, поки деталь феромагнітна, $x'_{2,m}$ і r'_2 росту в наслідок зростання питомого опору ρ_2 . Зростає і повний електричний опір z_i індуктора, в той час як струм індуктора $I_i = U_i / z_i = const / z_i$ спадає. В наступному по мірі втрати деталлю магнітних властивостей r'_2 і $x'_{2,m}$ падають, спадає z_i , а струм I_i зростає.

Корисна потужність в деталі $P_2 = I_i^2 r_2$. При достатньо чітко вираженому поверхневому ефекті, що являється необхідною умовою високого ККД індуктора, зростання I_i^2 переважає над спадом r'_2 і потужність до кінці нагрівання може навіть збільшитися, так як це показано на (рис. 3.3 крива 2).

Фактично внаслідок падіння напруги на контурних шинах і понижуючому трансформаторі напруга на індукторі при постійній напрузі на генераторі не падає. Тому замість зростання потужності до кінця нагріву може спостерігатися деяке її падіння.

Необхідно відмітити, що при поверхневому загартовування з нагріванням глибинного типу зміна параметрів r , x і z значно менша, ніж при наскрізному нагріванні чи при нагріванні поверхневого типу, коли

прогрівається шар, перевершуючи гарячу глибину проникнення струму. Тому навіть при відсутності стабілізації напруги зміни потужності видається доволі незначним і зазвичай не перебільшує 30% максимальної її величини, що дає підставу при розрахунках приймати питому потужність постійної і рівної деякої середньої величини. Такий режим більш енергетично вигідний, ніж режим з постійним струмом в індукторі, при якому внаслідок різкого коливання споживчої потужності використання генератора видається низьким.

Режим з постійним в часі питомою потужністю ми будемо рахувати основним. В практичних роботах, вказано, як відтворити приблизний облік зміни питомої потужності в часі. Необхідність в цьому зазвичай виникає при наскрізному нагріві кованих заготовок. Відмітимо також, що якщо гаряча глибина проникнення струму Δ_k видається близькою до радіусу циліндричної або до товщини прямокутної заготовки яка нагрівається, то до кінця нагрівання електричний ККД індуктора сильно падає. Внаслідок цього навіть при незначних змінах потужності яка приводиться до індуктора, потужність в заготовці яка нагрівається падає деколи в 2-2.5 рази. Які режими виявляються не вигідними і їх слід використовувати тільки в крайніх випадках, коли немає можливості збільшити частоту.

В спеціальних випадках поверхневого нагрівання, а особливо в високопродуктивних установках для наскрізного нагрівання, застосовується режим нагріву, характерний приблизно постійною температурою поверхні. Такий режим часто називають швидкісним або прискореним нагріванням.

Цей режим потребує або спеціального регулювання потужності, якщо використовується спосіб одночасного нагріву, або спеціальної конструкції індуктора при неперервно-послідовному нагріванні, а також при використанні нагрівачів методичної дії.

3.2. Опис технологічного процесу виготовлення лапи культиватора

Довговічність ріжучих деталей при їх виготовленні підвищують наступними способами [3]: - зміною хімічного складу; - термічною

обробкою; - поверхневим хіміко-термічним зміцненням; - наплавленням різними сплавами. Для зміцнення ріжучих деталей з потовщеним лезом широко застосовують різні види наплавлення лез твердим сплавом [3 ст.33]. Виробник культиваторних лап «Граніт» при виготовленні застосовує високотехнологічний вид різання металу з використанням різних активних газів на сучасному верстаті ЧПУ (рис. 3.4). За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення моделюються 3D форми і штампи для випускаються стрільчастих лап (рис. 3.5). Для забезпечення необхідних геометричних форм лапи культиватора застосовують гаряче штампування з використанням прес-форм власного виготовлення (рис. 3.6).



Рис 3.4 – ЧПУ плазмове різання



Рис. 3.5 – Наскрізне 3D моделювання штампів і прес форм



Рис 3.6 – Гаряче штампування на пресі

За даною технологією застосовують легування - найбільш перспективний метод поверхневого зміцнення. На відміну від традиційних

способів підвищення ресурсу культиваторних лап (наплавлення сормайт, індукційне гартування) їм досягається твердість вище за 65 HRC, що забезпечує стійкість ріжучої кромки і її самозагострювання при експлуатації. Фінішної операцією є абразивна обробка та порошкове фарбування. Абразивна обробка відбувається за допомогою високопотужною газодинамічною установкою власної розробки. Після обробки на поверхню деталей відразу ж наноситься порошкове фарбування, що забезпечує хорошу адгезію і якісний зовнішній вигляд.

Виробничий процес виготовлення лап культиватора побудований за принципом неперервного технологічного потоку, в якому здійснюються такі технологічні операції [8]:

- 1) фрезерування лез лап;
- 2) насипання і спікання шихти яка наплавляється;
- 3) наплавлення твердого сплаву;
- 4) нормалізація;
- 5) згинання лапи;
- 6) зенкування отворів;
- 7) загострювання;
- 8) консервація;
- 9) пакування.

Розкрій металу і вирубка заготовок відбувається на кривошипних пресах в заготівельному цеху.

Із заготівельного цеху заготовки лап поступають по конвеєру на склад, який розрахований на накопичення запасу штампованих заготовок лап. Деталі транспортують в спеціальній тарі ємністю 300 кг.

Зі складу заготовки лап поступають на фрезерну дільницю, на якій знаходяться вертикально-фрезерні станки. Біля кожного станка встановлена мара з заготовками і пуста, в яку складають фрезеровані лапи. Тара з фрезерованими лапами за допомогою автовантажника подається на ділянку наплавлення. Тут на поверхню лап, за допомогою напівавтоматичних

дозаторів наноситься шар шихти, після чого вони поступають на конвеєр прохідної газової печі, в якій шихта спікається при температурі 600°C протягом 18-20 хв. Після спікання лапи знімають з конвеєра печі і вкладають в спеціальну тару. Якість спікання контролюють вибірково.

На наплавлення лапи поступають після повного охолодження. На дільниці наплавлення встановленні в дві поточні лінії генератори типу ВЧГ9-60/0,44.

Наплавлення плоскоріжучої лапи в індукторі установки т.в.ч. відбувається в один прийом, так як вона має прямолінійну ріжучу кромку; стрічаті лапи наплавляють в два прийоми.

Після наплавлення лапи надають нормалізації, на автоматах конструкції НИИТМа [8]. Автомат складається з двох симетричних частин, які працюють синхронно. Нагрівальний індуктор живиться від високочастотної установки ВЧГ9-60/0,44. Продуктивність автомата складає 300 нормалізованих деталей в годину.

Наплавленні і нормалізовані лапи, розсортовані по типам, подають на дільницю згинання. Згинання відбувається в спеціальних штампах на фрикційних пресах. Перед згинанням деталі нагрівають т.в.ч. до 850°C і передають на фрикційний прес для згинання, після чого відправляють на дільницю охолодження. Охолодженні лапи кран-балкою подаються до свердлильного станку для зенкування отворів. Потім деталі передаються на заточують дільницю.

Лапи заточуються на універсальних двохсторонніх заточувальних станках, які обладнані спеціальними приспособами, вкладають в пусту тару і подають на дільницю контролю і клеймування.

4. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1. Розрахунок елементів наплавленого пристосування

Індуктор та його дані приведені на (рис. 4.1 [12, с. 113]).

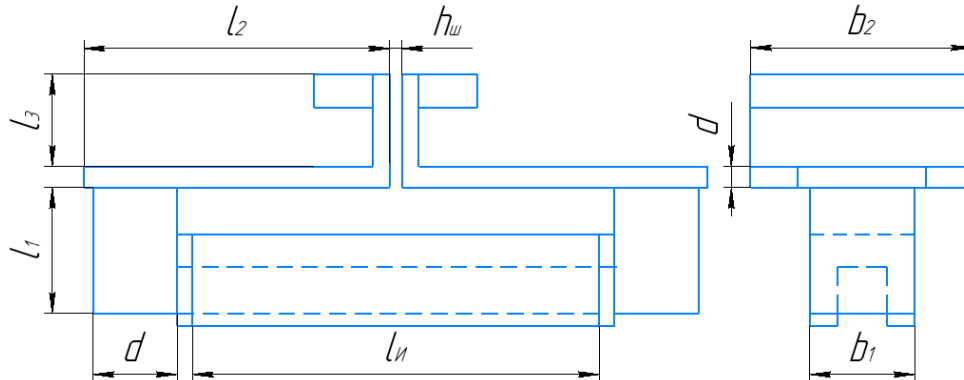


Рисунок 4.1 – Індуктор

Для розрахунку індуктора ман відомі такі дані як: товщина деталі $D = 6$ мм.; частота струму $f = 440000$ Гц; температура плавлення шихти $T_k = 1250$ °С; температура плавлення поверхні основного металу $T_0 = 1400$ °С.

Основною задачею є визначення питомої потужності ρ_0 і часу нагрівання t_k , для цього спочатку знайдемо залежність розподілу температури [12]:

$$T_0 / T_k = 1400 / 1250 = 1.12$$

Коефіцієнт температуропровідності α буде дорівнювати:

$$\alpha = \xi / D = 0,385$$

де ξ - глибина активного (по відношенню виділення тепла шару);

Відносна координата β_k знаходиться:

$$\beta_k = x_k / D = 0.6$$

де x_k - глибина шару нагрітого вище магнітних перетворень; D – товщина деталі

Тоді задаємо $\tau = 0,05$ і за допомогою інтерполяції визначаємо:

$$S(0.385; 0; 0.05) = 0,1090;$$

$$S(0.385; 0.6; 0.05) = 0.083$$

Тоді по формулі 2.40 [12] отримаємо:

$$T_0 / T_k = (0,05 + 0,1090) / (0,05 + 0,083) = 1.19$$

Задаємо $\tau = 0,1$, тоді отримаємо

$$S(0.385; 0; 0.1) = 0,1610;$$

$$S(0.385; 0.06; 0.1) = 0.1125$$

$$\text{Тоді } T_0 / T_k = (0,1 + 0,1610) / (0,1 + 0.1125) = 1,22$$

Задаємо $\tau = 0,15$, тоді отримаємо

$$S(0.385; 0.6; 0.15) = 0,1839;$$

$$S(0.385; 0.6; 0.15) = 0.156$$

$$\text{Тоді } T_0 / T_k = (0.15 + 0.1839) / (0.15 + 0.156) = 1.09$$

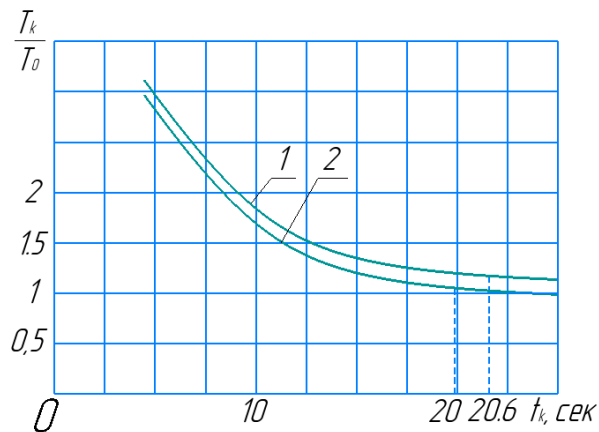


Рисунок 4.2 – Визначення часу нагрівання плоского тіла

По кривій 2 (рис. 4.2) знаходимо що $t_k = 20$ сек

Знаходимо питому потужність ρ_0 Вт/м² по формулі:

$$\rho_0 = \frac{\lambda T_0}{2R_2[\tau + S(a, l, \tau)]}, \text{ вт} / \text{м}^2$$

$$\tau = \frac{at_k}{D^2} = \frac{6.25 \cdot 10^{-6} \cdot 20}{6.25 \cdot 10^{-4}} = 0.2;$$

$$S(0.385; 0.; 0.2) = 0.1732;$$

$$\rho_0 = 41.87 \cdot 900 / [0.025 \cdot (0.2 + 0.1732)] = 4.03 \cdot 10^6 \text{ Вт/м}^2$$

$$\rho'_0 = 1.22 \cdot 4.03 \cdot 10^6 \text{ вт} / \text{м}^2 = 4.91 \cdot 10^6 = 0.491 \text{ кВ/см}^2$$

Отже ми отримали результат, який майже не відрізняється від попереднього. Це пояснюється тим, що зворотна сторона пластини при

такому режимі нагрівається тільки на 15.7°C , тому цим можна знехтувати. Таким чином при нагріванні на відносно малі глибини часто можна використовувати формули, отримані для тіла необмеженої товщини. Однак якщо $T_0/T_k < 1.1$, помилка буде швидко зростати, так як температура на протилежній стороні пластини буде рости, що вплине на розподіл температур в цілому.

Найбільш загальними і об'єктивними параметрами процесу індукційного наплавлення, являються максимальна температура і швидкість нагрівання вище точки магнітних перетворень (768°C).

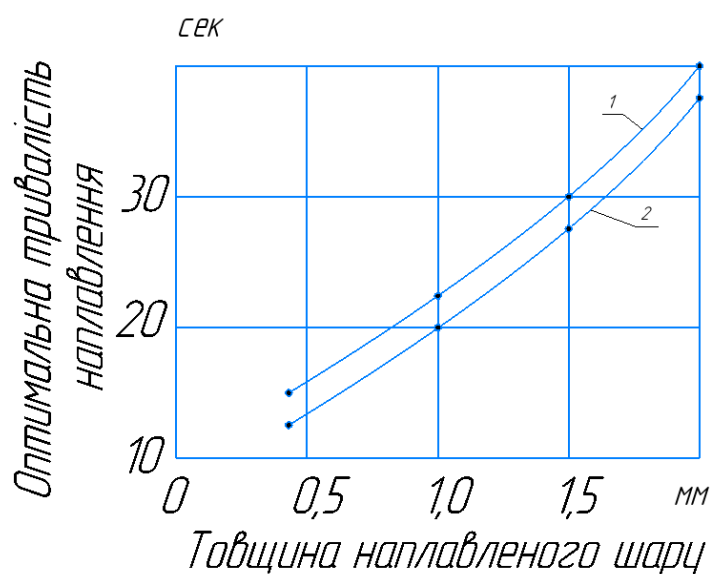
Тривалість нагрівання після повного розподілення присадочного матеріалу повинна бути мінімальною. Враховуючи можливу нерівномірність нагрівання деталі в виробничих умовах, режим наплавлення повинен бути підібраний таким чином, щоб степінь перегріву окремих зон деталі не перебільшувала 15-20%. При такому режимі наплавлення хімічний склад і властивості наплавленого металу буде приблизно визначена по формулі

$$\tau = 12 + mh$$

При безперервно-послідовному наплавленні

$$\tau = 12 + (mh)\left(\frac{L}{l} + 1\right) \quad [12]$$

Для приблизного визначення оптимальної тривалості наплавлення реальних деталей при різній товщині шару твердого сплаву можна користуватися кривими приведеними на (рис. 4.3), які побудовані на основі



узагальнення практичного досвіду.

Рисунок 4.3 – Вплив заданої товщини шару шихти на протяжність процесу наплавлення. 1 – шихта гідравлічного подрібнення, 2 – шихта механічного подрібнення

Параметри індуктора: довжина магнітопроводу $l_{и} = 50$ см; повна довжина індуктивного проводу $l_{и} = 53$ см; витки $\omega = 1$;

$l_1 = 8$ см; $l_2 = 26,4$ см; $l_2 = 5$ см; $b_1 = 9$ см; $b_2 = 19,5$ см; $b' = (8 + 18,5)/2 = 13,17$ см; $d_{ш1} = 6$ см; $d_{ш2} = d_{ш3} = 0,9$ см; $h_{ш} = 0,3$ см.

При одночасному нагріванні вказується ширина нагрітої смуги a_3 .

1. Ширина паза яка знаходиться магнітопроводі та індуктивного проводу.

Ширина паза визначається при одночасному нагріванні:

$$a \approx 1,1\alpha_3.$$

Коли відбувається безперервно-послідовне нагрівання, при заданій потужності генератора P_r , то:

$$a \approx \frac{0,64 \cdot P_r}{(P_0 \cdot l_{и})}$$

якщо, у випадку який розглядається, відома швидкість v , то

$$a = v \cdot t_k = 0,005 \cdot 4,4 = 0,022 \text{ м.}$$

Аби отримати необхідну ізоляцію, дріт вибирається так щоб його ширина була 1,5 - 4 мм менше ширини паза:

$$b = a - 2 \cdot \Delta b = 0,022 - 2 \cdot 0,001 = 0,02 \text{ м,}$$

де $\Delta b = 0,67 \div 2$ мм - товщина ізоляції. А якщо магнітопровід буде з фериту, то $\Delta b = 0$.

2. Знайти магнітну проникність можна відповідно до розрахунку індуктора.

При неперервно-послідовному нагріванні розрахунок проводиться тільки для гарячого режиму.

Задаємо $m = 0,56$ ($\mu_2 = 12$). З табл. 4.2, 4.3, 4.4 і 4.5 наведені нижче знаходимо: $K = 1,43$; $N = 2,84$; $\cos \varphi_2 = 0,911$; $\sin \varphi_2 = 0,412$;

Таблиця 4.2 Залежність повного електричного протидії

$K = z_0/z_{01}$ від відносної глибини зовнішнього шару

$k_1 x_k$	m						
	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0
0,0	1,856	2,334	3,000	4,000	5,600	9,000	∞
0,1	1,636	1,939	2,320	2,810	3,661	4,660	7,080
0,2	1,446	1,644	1,858	2,123	2,418	2,750	3,540
0,3	1,312	1,433	1,575	1,709	1,855	2,025	2,360
0,4	1,204	1,281	1,361	1,441	1,525	1,611	1,778
0,5	1,121	1,168	1,215	1,258	1,304	1,345	1,405
0,6	1,061	1,086	1,111	1,132	1,172	1,182	1,227
0,7	1,022	1,031	1,041	1,050	1,057	1,067	1,082
0,8	0,994	0,993	0,992	0,992	0,991	0,991	0,992
0,9	0,976	0,970	0,963	0,957	0,952	0,944	0,930
1,0	0,967	0,955	0,946	0,936	0,925	0,916	0,892
1,1	0,962	0,948	0,937	0,925	0,915	0,902	0,877
1,2	0,961	0,946	0,935	0,922	0,911	0,901	0,877
1,3	0,962	0,950	0,939	0,928	0,916	0,908	0,882
1,4	0,968	0,956	0,945	0,934	0,924	0,915	0,892
1,5	0,972	0,962	0,953	0,943	0,934	0,926	0,908
1,57	0,975	0,967	0,958	0,949	0,942	0,934	0,919

Таблиця 4.3 Залежність відношення напруження магнітних полів на поверхню ($N = H_{te}/H_{tk}$) від глибини зовнішнього шару

$k_1 x_k$	m						
	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0
0,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	—
0,1	1,204	1,262	1,336	1,486	1,683	2,090	∞
0,2	1,426	1,546	1,715	1,983	2,414	3,340	∞
0,3	1,676	1,866	2,130	2,540	3,230	4,620	∞
0,4	1,943	2,134	2,565	3,110	4,040	5,930	∞
0,5	2,230	2,555	3,020	3,720	4,900	7,230	∞
0,6	2,530	2,920	3,480	4,320	5,720	8,580	∞
0,7	2,845	3,320	3,975	4,960	6,620	9,920	∞
0,8	3,190	3,730	4,480	5,620	7,520	11,320	∞
0,9	3,545	4,170	5,030	6,320	8,470	12,800	∞
1,0	3,960	4,650	5,600	7,040	9,460	14,260	∞
1,1	4,370	5,130	6,190	7,800	10,460	15,770	∞
1,2	4,840	5,690	6,860	8,630	11,600	17,500	∞
1,3	5,320	6,260	7,550	9,510	12,750	19,300	∞
1,4	5,880	6,900	8,320	10,460	14,050	21,200	∞
1,5	6,500	7,620	9,170	11,500	15,440	23,300	∞
1,57	7,070	8,260	9,970	12,500	16,760	25,200	∞

Таблиця 4.4 Залежність $\cos \varphi$ від k_1, x_k

$k_1 x_k$	m						
	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0
0,0	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707	1,000
0,1	0,776	0,800	0,830	0,861	0,897	0,937	1,000
0,2	0,812	0,845	0,877	0,909	0,941	0,967	1,000
0,3	0,827	0,860	0,895	0,925	0,951	0,973	0,998
0,4	0,831	0,865	0,897	0,925	0,949	0,969	0,994
0,5	0,825	0,859	0,889	0,916	0,938	0,959	0,988
0,6	0,816	0,847	0,875	0,900	0,923	0,943	0,974
0,7	0,802	0,831	0,857	0,880	0,901	0,921	0,954
0,8	0,787	0,812	0,834	0,856	0,876	0,894	0,927
0,9	0,772	0,792	0,811	0,829	0,847	0,863	0,893
1,0	0,758	0,773	0,788	0,804	0,817	0,832	0,858
1,1	0,744	0,756	0,768	0,779	0,790	0,803	0,822
1,2	0,732	0,741	0,749	0,758	0,765	0,773	0,788
1,3	0,724	0,728	0,733	0,739	0,744	0,749	0,760
1,4	0,715	0,718	0,721	0,724	0,727	0,730	0,755
1,5	0,710	0,711	0,712	0,713	0,714	0,715	0,717
1,57	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707

Таблиця 4.5 Залежність $\sin \varphi$ від k_1, x_k

$k_1 x_k$	m						
	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0
0,0	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707	0,000
0,1	0,630	0,597	0,558	0,509	0,442	0,350	0,006
0,2	0,584	0,535	0,480	0,416	0,341	0,255	0,029
0,3	0,562	0,511	0,446	0,381	0,309	0,231	0,059
0,4	0,556	0,502	0,443	0,381	0,315	0,248	0,107
0,5	0,565	0,512	0,458	0,401	0,347	0,285	0,155
0,6	0,578	0,532	0,485	0,436	0,384	0,334	0,227
0,7	0,597	0,557	0,516	0,475	0,433	0,390	0,302
0,8	0,617	0,584	0,552	0,518	0,484	0,448	0,374
0,9	0,636	0,611	0,585	0,559	0,532	0,505	0,450
1,0	0,653	0,635	0,615	0,596	0,576	0,556	0,514
1,1	0,667	0,655	0,641	0,627	0,613	0,596	0,569
1,2	0,681	0,671	0,661	0,653	0,644	0,634	0,615
1,3	0,689	0,685	0,680	0,674	0,668	0,663	0,651
1,4	0,699	0,696	0,693	0,689	0,686	0,683	0,678
1,5	0,704	0,703	0,702	0,701	0,700	0,699	0,697
1,57	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707	0,707

$$H_{me} = \sqrt{\frac{1,55 \cdot 10^7 \cdot 10^6}{1,405 \cdot 1,43 \cdot 44,7 \cdot 0,911}} = 4,35 \cdot 10^5 \frac{a}{m};$$

$$H_{me} = \frac{4,35 \cdot 10^5}{2,84} = 1,53 \cdot 10^5 \frac{a}{m}.$$

По кривих які представлені на (рис. 4.4) то можемо знайти що $\mu_2 = 11,53$, що відповідає $m = 0,546$ наближено до прийнятого значення. Тому можна вважати ці результати як кінцеві.

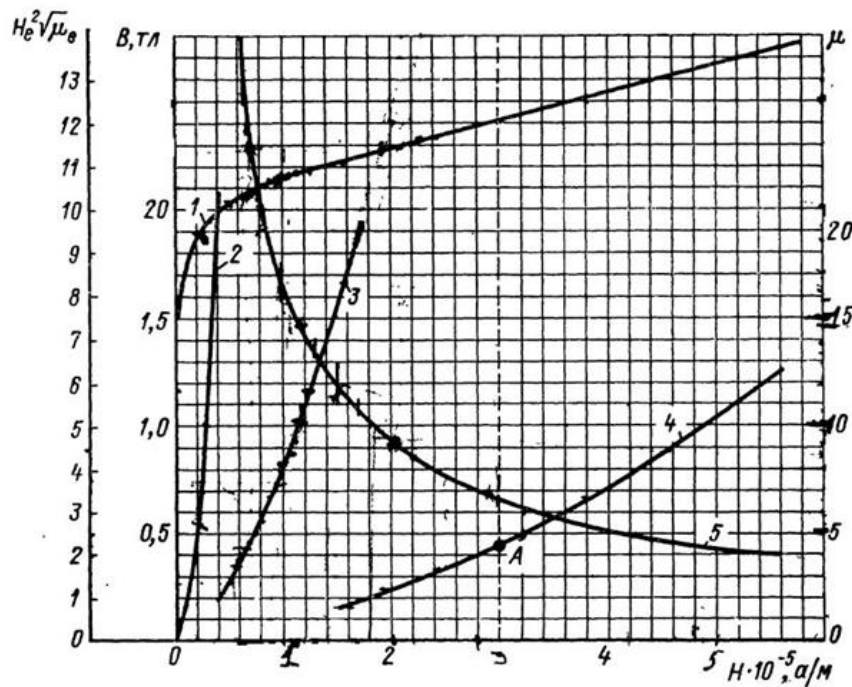


Рисунок 4.4 – Криві усереднені магнітні властивості

3. Повний електричний опір нагрівається шару

$$z_2 = \frac{z_0 \cdot I_u}{a}.$$

При холодному і проміжному режимах:

$$z_0 = \frac{1,68 \cdot p_e}{\Delta_e},$$

$$\Delta_e = 503 \cdot \sqrt{\frac{p_e}{(\mu_e \cdot f)}}, \text{ м.}$$

В холодному режимі $p_e = 2 \cdot 10^{-4}$ ом·м, в проміжному режимі $p_e = 6 \cdot 10^{-4}$ ом·м.

При гарячих режимах

$$z_0 = 2,81 \cdot 10^{-6} \cdot K \sqrt{f} = 2,81 \cdot 10^{-6} \cdot 1,43 \cdot 44,7 = 1,79 \cdot 10^{-4} \text{ ом.}$$

$$z_2 = 1,79 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{0,5}{0,022} = 4,08 \cdot 10^{-3} \text{ ом.}$$

4. Активний і внутрішній реактивний опір шару який нагрівається:

$$r_2 = z_2 \cdot \cos\varphi_2 = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ ом}; x_{2,m} = z_2 \cdot \sin\varphi_2 = 1,68 \cdot 10^{-3} \text{ ом.}$$

5. Магнітний опір шару який нагрівається:

$$Z_{m2} = \frac{\omega}{z_2} = \frac{2\pi \cdot 66000}{4,08 \cdot 10^{-3}} = 3,07 \cdot 10^6.$$

6. Магнітний потік в шарі який нагрівається:

$$\Phi_m = \frac{a \cdot H_{me}}{Z_{m2}} = \frac{0,22 \cdot 4,35 \cdot 10^5}{3,07 \cdot 10^6} = 3,12 \cdot 10^{-3} \text{ вб.}$$

7. Ширина магнітопроводу $c = \frac{\Phi_m}{B \cdot l_u}$.

При $f \leq 66$ кГц для сталі товщиною $0,35 \text{ mm}$ $B \leq 0,2 \text{ mm}$; для сталі $0,2 \text{ mm}$ $B \leq 0,6 \text{ mm}$; при $f \leq 8 - 10$ кГц для сталі $0,2 \text{ mm}$ $B \leq 0,2 \text{ mm}$; для сталі $0,1 \text{ mm}$ $B \leq 0,5 \text{ mm}$; для фериту $B \leq 0,4 \text{ mm}$; при $f \leq 45$ кГц для фериту $B \leq 0,1 \text{ mm}$; при великих індукціях питомі втрати в магнітопроводі неприпустимо зростають.

Як правило $c \approx (0,2 \div 0,75)\alpha$. Наступним кроком потрібно перевірити, що $\frac{r_2}{x_0} < 0,5$. У випадку якщо це не буде відповідати то в межах допустимого потрібно збільшити ширину черевика.

Сталь 60 товщиною $10,0 \text{ mm}$, тоді

$$c = \frac{3,12 \cdot 10^{-3}}{0,446 \cdot 0,5} = 0,014 \text{ м.}$$

8. Коефіцієнт приведення активного опору

$$x_0 = \frac{3,95 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot l_u \cdot c}{h} = \frac{3,95 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot 0,014}{0,005} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ ом.}$$

$$\frac{r_2}{x_0} = 0,33 < 0,5; c = \frac{1}{\left(\frac{r_2}{x_0}\right)^2 + \left(1 + \frac{r_2}{x_0}\right)^2} = 0,692.$$

9. Наведені активні і внутрішні реактивні опори шару який піддається нагріванню:

$$r_2 = c \cdot r_2 = 2,58 \cdot 10^{-3} \text{ ом}; x_{2,m} = c \cdot \left[x_{2,m} + \frac{x_{2,m}^2 + r_2^2}{x_0} \right] = 2,22 \cdot 10^{-3} \text{ ом}$$

10. В залежності від способу нагрівання підбираємо товщину індуктивного проводу, як це показано в § 5-6, [13, 114с.]

Вибираємо трубку $20 \times 10 \times 3$ мм; глибина проникнення струму

$$\Delta_1 = 0,0017 \text{ м}, d_1 = 0,003 \text{ м}, \text{ тоді } \Delta_1 < d_1.$$

11. Активний і внутрішній реактивний опір індукуючого приводу:

$$r_{1n} = \frac{p_1 \cdot l_u}{(b \cdot d_1)} = \frac{2,10 \cdot 10^{-8} \cdot 0,53}{(0,02 \cdot 0,002)} = 2,65 \cdot 10^{-4} \text{ ом.}$$

$$\frac{d_1}{\Delta_1} = 1,25; k_r = 1,23; k_x = 0,95, (\text{рис. 4.3})$$

$$r_1 = r_{1n} \cdot k_r = 3,26 \cdot 10^{-4} \text{ ом}; r_1 = r_{1n} \cdot k_x = 2,51 \cdot 10^{-4} \text{ ом};$$

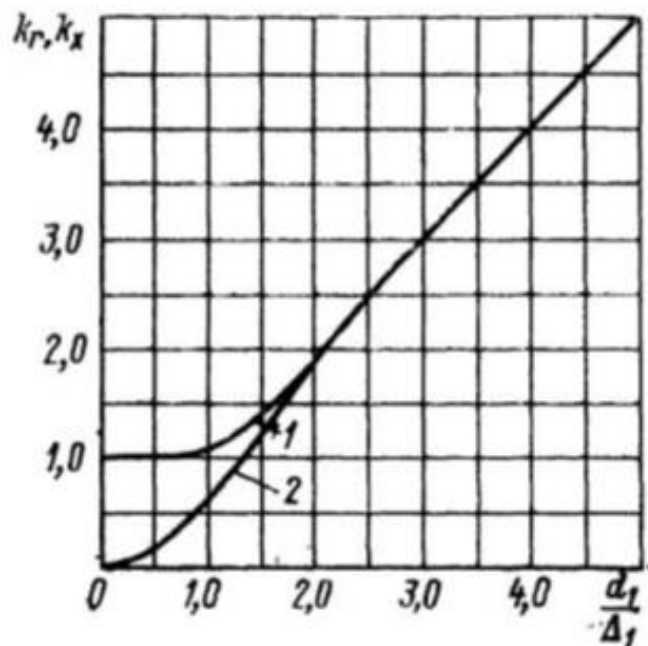


Рисунок 4.7 Залежність коефіцієнтів для розрахунку внутрішнього та активного реактивного опору в залежності від відносної товщини провідника

12. Реактивний опір розсіювання індуктора:

$$x_s = \frac{7,9 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot l_u \cdot (h + h')}{\alpha + x_{1,м}} = \frac{7,9 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,53 \cdot (0,005 + 0,001)}{0,022 + 2,51 \cdot 10^{-4}} = 2,54 \cdot 10^{-3} \text{ ом.}$$

В нашому випадку h' вибирається 0,5 – 1,5 мм щоб забезпечити захист індуктивного проводу від випадкового зіткнення з поверхнею яка нагрівається.

13. Активний опір підвідних шин визначається:

$$r_{шк} = r_{нк} \cdot k_{рк}; r_{нк} = \frac{p_1 \cdot l_k}{(b_k \cdot d_{шк})}$$

В прикладі який ми розглянули ділянки симетричні тому їх значення зменшується в два рази. $d_{шк}/\Delta_1 \gg 2$ на будь-якому з трьох ділянок.

Тому:

$$k_r \approx k_x \approx \frac{d_{шк}}{\Delta_1}; r_{шк} \approx \frac{2p_1 \cdot l_k}{(b_k \cdot \Delta_1)}$$

$$r_{ш} = \sum_1^3 r_{шк} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot \left(\frac{7}{8} + \frac{26,4}{13,25} + \frac{4}{18,5} \right)}{0,0016} = 7,7 \cdot 10^{-5} \text{ ом.}$$

14. Реактивний опір шини:

а) для ділянок які паралельні, та розташовані на близькій відстані один від іншого:

$$x_{шк} = \frac{7,9 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot l_k \cdot h_{ш}}{b_k + r_{нк} \cdot k_{рк}}$$

б) для «відокремлених» ділянок:

$$x_{шк} = \omega \cdot 2l_k \cdot \left(2,3 \cdot l_g \cdot \frac{2l_k}{b_k \cdot \Delta_1} + 0,5 + 0,223 \cdot \frac{b_k \cdot \Delta_1}{l_k} \right) \cdot 10^{-7}, \text{ ом.}$$

Якщо шини виявилися симетричні, то кінцевий результат відповідно подвоюється. Отже:

а)

$$x_{ш3} = \frac{7,9 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0,04 \cdot 0,002}{0,185 + 5,4 \cdot 10^{-6}} = 1,22 \cdot 10^{-5} \text{ ом;}$$

б)

$$x_{u2} = 2\pi \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 0,264 \left(2,3 \cdot \lg \cdot \frac{2 \cdot 0,0264}{0,1325 \cdot 0,0016} + 0,5 + 0,223 \cdot \frac{0,1325 \cdot 0,0016}{0,264} \right) \cdot 10^{-7} = 2,63 \cdot 10^{-3} \text{ ом};$$

$$x_{u1} = 2\pi \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 0,07 \left(2,3 \cdot \lg \cdot \frac{2 \cdot 0,07}{0,08 \cdot 0,0016} + 0,5 + 0,223 \cdot \frac{0,08 \cdot 0,0016}{0,07} \right) \cdot 10^{-7} = 4,57 \cdot 10^{-4} \text{ ом}.$$

Отримали:

$$x_{uu} \approx 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ ом}.$$

15. Еквівалентні активні, реактивні і повні опори індуктора:

$$r_u = r_1 + r_{uu} + r_2 = 2,98 \cdot 10^{-3} \text{ ом};$$

$$x_u = x_s + x_{uu} + x_{2m} = 7,86 \cdot 10^{-3} \text{ ом};$$

$$z_u = \sqrt{x_u^2 + r_{2u}^2} = 8,4 \cdot 10^{-3} \text{ ом}.$$

16. Компонент корисної дії визначається за формулою:

$$\eta_u = \frac{r_2}{r_u} = \frac{2,58}{2,98} = 0,867.$$

17. Реактивна потужність конденсаторної батареї :

$$P_r = P_u \cdot \operatorname{tg} \varphi_u = 197 \cdot 2,63 = 520 \text{ квар}.$$

З даного експерименту бачимо що: $U_{\text{н}} = 65 \text{ вт}; I_{\text{н}} = 8760 \text{ а}; \Pi_{\text{н}} = 82,4\%$;

$$\cos \varphi_{\text{н}} = 0,364.$$

Отримано:

$$r_1 + r_{uu} = 0,474 \cdot 10^{-3} \text{ ом}; r_u = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ ом}; x_u = 7,36 \cdot 10^{-3} \text{ ом};$$

4.2. Принцип роботи наплавленого пристосування

На рис. 4.8. [14] показана автоматична лінія для наплавлення, яка використовується для збільшення швидкості виробництва виробництва і покращення якості наплавлення.

Це досягається тим, що лінія обладнана механізмами для розвороту і орієнтації на деталі що наплавляються. Вони виконані у виді закріпленої на каретці порожнистої колонки, на якій співвісно з нею встановлений поворотний стакан з нерухомо закріпленим на ньому ложементом і двома важелями, які розташовані під кутом один до одного. В середині колонки вздовж її осі розміщені два штока які впираються один в одного і один з яких підпружинений відносно колонки в вертикальному напрямку разом із притисною планкою, а інший забезпечений роликот який взаємодіє з копіром, закріпленим на снові і забезпечує вертикальне переміщення першого штоку. Закріплені на поворотному стакані важелі також мають роликот, які по чергово взаємодіють з встановленими на основі в напрямку переміщення кареток боковими копірами і підпружинені відносно основи одноплечими важелями. На рис.1. зображена автоматична лінія.

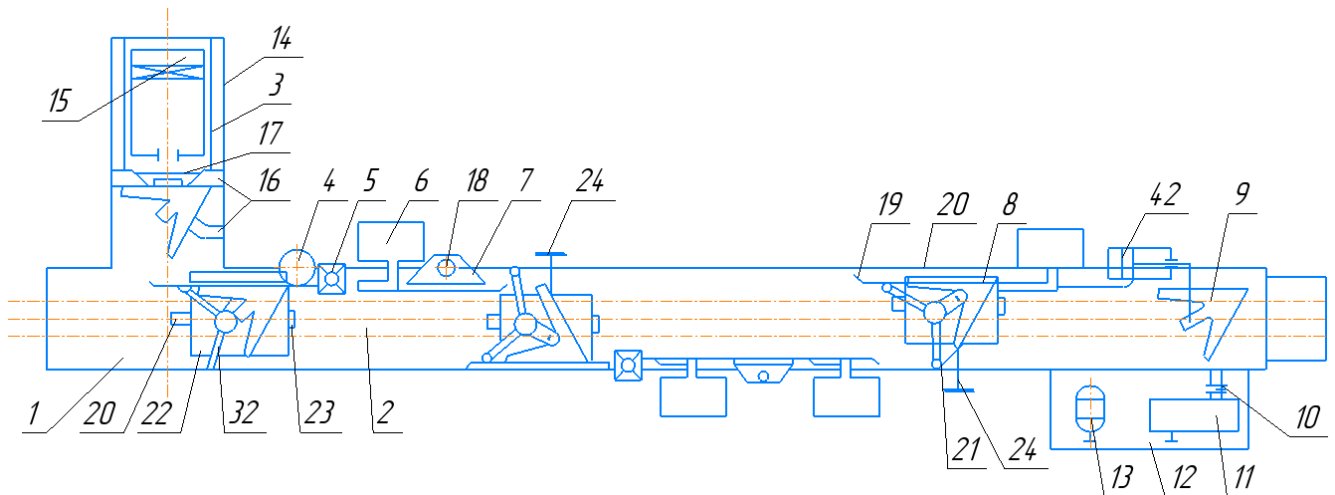


Рисунок 4.8 - Автоматична лінія [14]

Автоматична лінія для наплавлення стрілочних лап культиватора складається із станини 1, на якій змонтовані транспортери 2 і встановлені по ходу технологічного процесу завантажуючі пристрої 3, дозатор 4 для підсипання флюсу, дозатор 5 для насипання шихти, індуктор 6, пристрій 7

для охолодження; пристрій 8 для розвертання і орієнтації лапи культиватора яка наплавляється і скидач готових деталей.

Транспортер 2 виконаний в виді двох замкнутих ланцюгів, які охоплюють зірочки, дві з яких посаджені на вал, який через запобіжну муфту 10, редуктор 11 і клинопасову передачу 12 з'єднаний з електромотором 13.

Завантажуючий пристрій 3 складається з корпусу 14, на якому закріплений пневмоциліндр 15 і розташований між ними і транспортером 2 стійки магазину 16 заготовок. Шток пневмоциліндра 15 з'єднаний з шибером 17, який призначений для виштовхування нижньої заготовки з магазину 16 на транспортер 2.

Кожен пристрій 7 для охолодження виконано в виді корпуса з дифуззором, який служить для направлення потоку повітря і підвищення швидкості охолодження лапи культиватора після наплавлення, і повітропроводом 18 для закачування повітря.

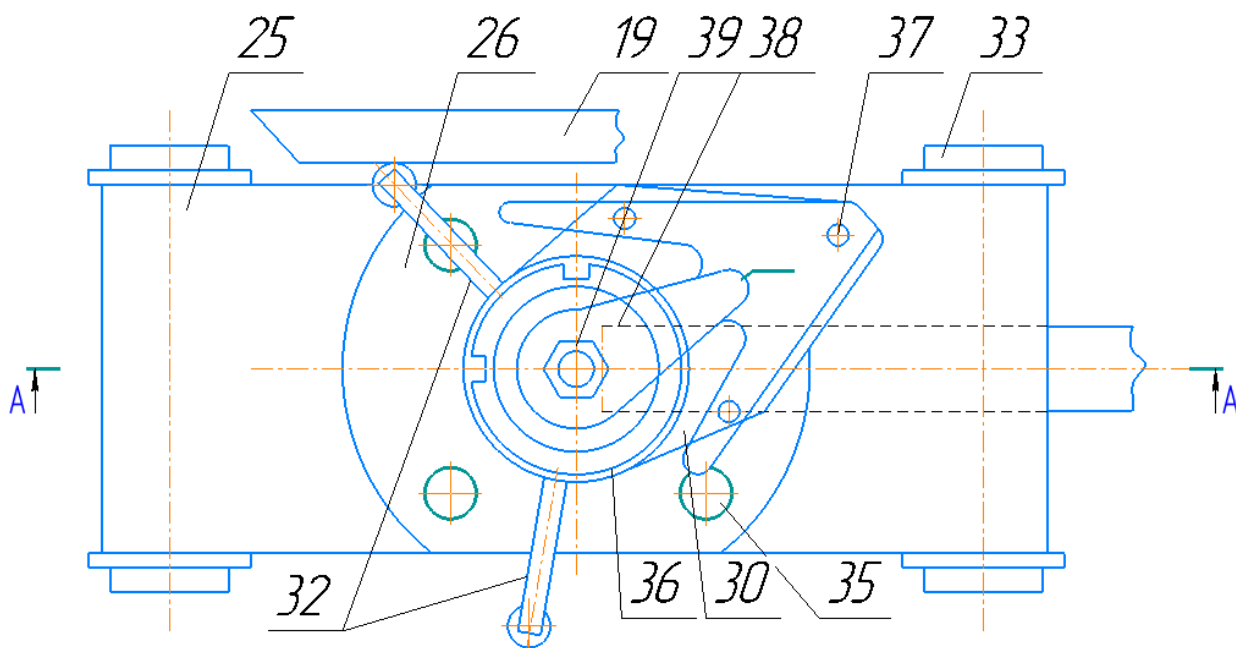


Рисунок 4.9 – Каретка та копіри

Завантажуючий пристрій 3 і призначені для наплавлення однієї сторони лапи культиватора дозатори 4 і 5, індуктор 6 для наплавлення, пристрій 7 для охолодження, четвертий по ходу технологічного процесу індуктор 6 для нормалізації і скидач 9 готових деталей встановлені з однієї сторони

транспортера 2, а призначені для наплавлення іншої сторони лапи культиватора другі по ходу технологічного процесу дозатор 5, індуктор 6 для наплавлення, пристрій 7, третій індуктор 6 для нормалізації і електродвигун 13 з редуктором 11, встановлені з іншої сторони транспортера 2.

Кожен пристрій 8 для обертання і орієнтації лапи культиватора яка наплавається, має боковий копір 19, нерухому направляючу лінійку 22 і одноплечевий важіль 21, між якими розташована каретка 22. Остання встановлена з можливістю переміщення в направляючих, під якими встановлений нижній копір 23. Боковий копір 19 розташований під направляючою лінійкою 20, яка призначена для базування однієї сторони лапи культиватора. Важіль 21 шарнірно закріплений на станині 1 і взаємодіє з вільним кінцем пружини 24, інший кінець якої закріплений нерухомо.

Направляючі лінійки 20 встановлені: перша – по ходу технологічного процесу між завантажуючим пристроєм 3 і першим дозатором 4 для підсіпання флюсу; друга – між першим пристроєм 7 для охолодження і другим дозатором 5 для насипання шихти; третя – між третім і четвертим індукторами 6 для нормалізації.

При цьому бокові копії 19 і направляючі лінійки 20 кожного пристрою 8 розташовані зі сторони яка відповідає індуктору 6.

Каретка 22 має встановлену на платформі 25 колонку 26, де розміщені два штоки 27 які впираються один в одного, і один з яких підпружинений пружиною 28. Зовні на колонку 26 надітий стакан 29, на якому закріплений в верхній його частині ложемент в вигляді планки 30 з штирями 31 і встановлені важелі 32.

Платформа 25 оснащена катками 33, посадженими на осі 34. Колонка 26 закріплена на платформі 25 болтами 35. На верхню частину колонки 26 закручена штопорна гайка 36, яка тримає стакан 29 від осьового переміщення. В нижній частині колонки 26 виконані співвісні наскрізні отвори, в яких встановлений штифт 37, пропущений через паз, виконаний в нижньому штоці 27 і призначений для утримання штока 27 від прокручення.

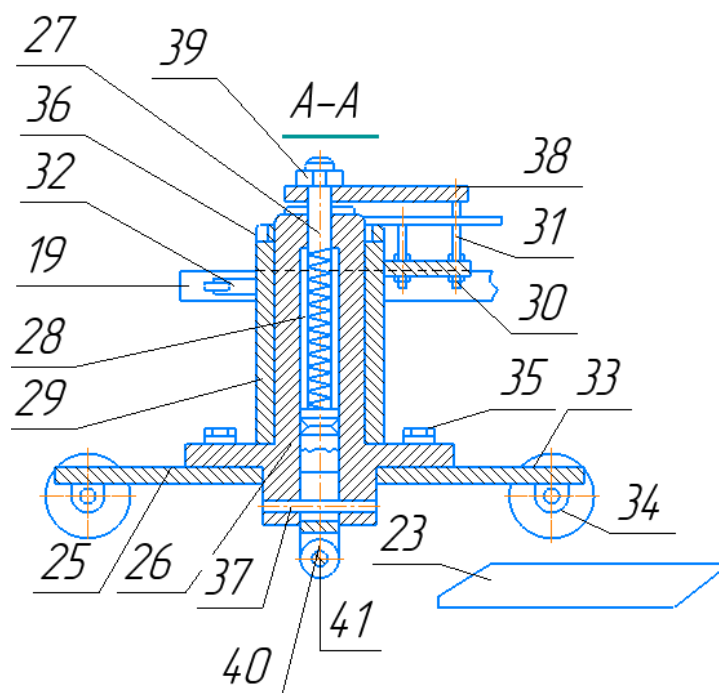


Рисунок 4.10 – Розріз по А-А (рис 4.9)

На виступаючому з колонки 26 кінці верхнього штоку 27 встановлена над планкою 30 притискна планка 38, яка служить для притискання лапи культиватора до регульованих штирів 31 і закріплена гайкою 39, а на протилежному кінці штоку 27 виконані заплечики, на яких встановлена пружина 28. Другий кінець пружини взаємодіє з внутрішньою стінкою колонки 26.

На виступаючому з колонки 26 кінці нижнього штоку 27 виконаний паз, в якому розміщений копірний ролик 40, посаджений на вісь 41 і який взаємодіє з нижнім копіром 23. Копірний ролик 40 призначений для піднімання притискної планки 38.

Стакан 29 встановлений з можливістю повороту в протилежні сторони відносно своєї вертикальної осі. Закріплені на планці 30 регульовані штирі 32 призначені для встановлення лапи культиватора, а закріплені на самому стакані 29 важелі 32 розташовані під кутом, який відповідає куту обертання лапи культиватора що наплавляється, відносно осі транспортера 2, який рівний $180^\circ - \alpha$, де α – кут між направляючими сторонами лапи культиватора.

Кожен важіль 32, який взаємодіє з відповідним боковим копіром 19, призначений для обертання лапи культиватора відносно вертикальної осі каретки 22, утримання її в цьому положенні і просторової орієнтації сторони лапи відносно відповідного індуктора 6 в процесі наплавлення.

Скидач 9 оснащений пневмоциліндром 42, шток якого з'єднаний з одноплечовим важелем. На вільному кінці плеча важеля шарнірно закріплена собачка.

Отож запропонована автоматична лінія працює наступним чином.

Попередньо завантажують дозатори 4 і 5 відповідним флюсом і шихтою, а магазин 16 заготовок – стільчатими лапами культиватора які будуть наплавлятися. Потім включають електродвигун 13, який через клинопасову передачу 12, редуктор 11, запобіжну муфту 10, вал і дві зірочки передає рух ланцюгами транспортера 2. При цьому одночасно з транспортером 2 непереривно переміщаються каретки 22 до магазину 16 заготовок спрацьовує пневмоциліндр 15 звантажувального пристрою 3. Шток пневмоциліндра 15 переміщує шибер 17, який виштовхує нижню лапу культиватора з магазину 16 заготовок на регульовані штирі 31 переміщуючої каретки 22. При подальшому переміщенні останньої лапи надходять на важіль 21, який під дією пружини 24 переміщує її до упора в направляючу лінійку 20 пристрою 8 для обертання і орієнтації першого по ходу технологічного процесу.

Після цього копірний ролик 40 каретки 22 переходить з першого нижнього копіру 23, відпускаючи нижній шток 27. При цьому верхній шток 27 під дією пружини 28 відпускає разом з притискною планкою 38, яка прижимає лапу з штирями 31 каретки 22.

При переміщенні каретки 22 під дозатори 4 і першим дозатором 5, дозатор 4 наносить порцію флюсу, а дозатор 5 насипає шихту на одну сторону лапи, яка потім подається кареткою 22 в перший індуктор 6 для наплавлення.

В процесі наплавлення під дією нагрівання лапа деформується, і набуває вигляд саблі. При цьому відповідний важіль 32 до сторони лапи, взаємодіє з відповідним боковим копіром 19, обертає стакан 29 з затисненою між притискною планкою 38 і регулюючими штирями 31 лапою, здійснюючи просторову орієнтацію деформованої лапи відносно індуктора 6 для наплавлення.

Після наплавлення каретка 22 подає наплавлену лапу в перший пристрій 7 для охолодження. Потім важіль 32 сходить з бокового копіра 19, а другий важіль 32 надходить на другий боковий копір 19, обертаючи при цьому стакан 29 разом з притисненою лапою на куті її повороту відносно осі транспортера 2. Далше копірний ролик 40 каретки 22 надходить на другий нижній копір 23 і піднімає нижній шток 27, який, долаючи супротив пружини 28, піднімає верхній шток 27 разом з притискною планкою 38, звільняючи лапу. Потім другий пристрій 8 для обертання орієнтації аналогічно першому пристрою 8 орієнтує другу сторону лапи відносно відповідної направляючої лінійки 20 і притискає лапу до регульованого штиря 31 каретки 22.

Робота других по ходу технологічного процесу дозаторів 5 для насипання шихти, індуктора 6 для наплавлення і пристрою 7 для охолодження ідентична роботі перших дозаторів 5, індуктора 6 і пристрою 7.

При подальшому переміщенні каретки 22 лапа проходить через третій індуктор 6, який її нагріває під нормалізацію. Після нормалізації одної сторони направленої лапи третій пристрій 8 для повороту і орієнтації аналогічно першому і другому пристроям 8 розвертають лапу і орієнтує іншу сторону лапи відносно відповідної направляючої лінійки 20. При подальшому переміщенні каретки 22 лапа проходить через четвертий індуктор 6, який нагріває іншу сторону лапи під нормалізацію.

При нормалізації притискна планка 38 каретки 22 звільняє наплавлену лапу, при проході каретки 22 під скидачем 9 готових деталей спрацьовує пневмоциліндр 42, шток якої при цьому переміщає важіль із собачкою, яка зіштовхує лапу з регульованих штирів 31 каретки 22 в тару.

Після цього цикл повторюється.

4.3 Економічна ефективність індукційного наплавлення лап

Індукційне наплавлення продовжує експлуатаційні здатності деталей в 2,5-4 рази, та при цьому під час наплавлення деталі не будуть потребувати додаткового ремонту.

По даних ГОСТ коефіцієнт рівномірності лапи культиватора при роботі у звичайному використанні дорівнює 0,432, а при експлуатації в таких же самих умовах наплавлених лап культиватора збільшується на 19,1 % і досягає 0,520.

Зміцнення робочих органів збільшує стабільність регулювання, при якому враховуються затрати на ремонтні роботи, встановлення деталей, та налагоджування машини за час її використання в роботі. При використанні на культиваторах зміцнених лап коефіцієнт сталості регулювань збільшується до 65%. Це означає, що зменшився час на проведення ремонтних робіт та обслуговування під час експлуатації.

Кінцевою оцінкою є економічний фактор, який оцінює доцільність зміцнення лап культиватора, в якому також враховується ефективність у використанні [15, 171с.].

У теперішньому плануванні а також матеріального стимулювання - підприємство розраховує фактори які впливають на покращення якості продукції. При цьому ціна має бути економічно доцільною, щоб одиниця продукту була не довша ніж одиниця не зміцненої деталі.

Різниця між фактичними та нормативними прибутком на одиницю виробу до наплавлення [15, с. 172]:

$$\Pi_a = (C_a - C_n) E_n \cdot K_a \quad (4.1)$$

а після зміцнення

$$\Pi_b = (C_b - C_n) E_n \cdot K_b \quad (4.2)$$

де P_a, P_b , - різниця між фактичними та нормативними доходами до і після зміцнення;

C_a, C_b - ціна одиниці продукції до і після її зміцнення, $C_a = 100$ грн., $C_b = 180$ грн.;

C_a, C_b - собівартість одиниці продукції до і після зміцнення, $C_a = 80$ грн., $C_b = 150$ грн.;

E_n - нормативний дохід фондів 65% з однієї деталі продукції, $E_n = 18300 \cdot 65\% = 12000$ грн.;

K_a, K_b - питомі капітальні вкладення або виробничі фонди які віднесені до одиниці продукції, $K_a = 550$ грн., $K_b = 390$ грн.;

Додатковий дохід визначається за формулою.

$$E = E_n \cdot (K_a - K_b) + (C_a - C_b) \div (C_b - C_a) \quad (4.3)$$

$$E = \frac{12000 \cdot (550 - 390) + (80 - 150)}{(180 - 100)} = 24000 \text{ грн}$$

Методи для підвищення якості здебільшого збільшують фондоємність виробів та собівартість, проте і ці затрати обов'язково мають бути закриті шляхом збільшення вартості виробу. Джерелом даного доходу є дохід, який утворюється при роботі машин із робочими вузлами.

Тому, економічна правильність випуску покращених виробів в області підприємства визначається зміною цін які забезпечують відповідний дохід.

У сфері експлуатації при роботі зміцненими робітниками органами крім економіки за рахунок зменшення витрат на ремонти чи придбання запасних частин різко зменшують втрати які виникли через простій техніки.

Не запланований простій техніки, зв'язаний з ремонтом робочих деталей які мають властивість затуплюватися, можна вирахувати коефіцієнтом простою [15, с. 173]:

$$K_n = \frac{\sum t_n}{T_n} \quad (4.4)$$

де $\sum t_n$ - час не запланованого простою деталей в %, $\sum t_n = 0,65\%$;

T_n - тривалість агротехнічного періоду в %, $T_n = 0,78\%$.

$$K_n = \frac{0,65}{0,78} = 0,83\%$$

Тоді бачимо, протягом часу коли лінія має все необхідне, то складає 82% часу, інших 16% - простій для ремонту, обслуговування, монтаж та демонтаж.

Величина K_n завжди є меншою за одиницю, але при цьому чим вона більша, тим для виконання необхідних обсягів роботи в встановлені агрономічні терміни буде потрібно більше машин для запасу і тим нижчою буде виробнича окупність агрегату.

За формулою можна визначити кількість необхідних резервних машин які ремонтуються:

$$Z = \frac{K_n}{1 - K_n} \quad (4.5)$$

$$Z = \frac{0,83}{1 - 0,83} = 4,88\%$$

Річні затрати C_n підприємства за один рік отримують за формулою:

$$C_r = Z \cdot C_i \cdot (e + d + l) + 0,5 \cdot g_\mu \cdot K_n \quad (4.6)$$

$$C_r = 4,88 \cdot 60000 \cdot (350000 + 3000 + 25000) + 0,5 \cdot 6000 \cdot 1105 \cdot 0,83 = 1,10 \cdot 10^7 = 11000000 \text{ млн грн / рік}$$

де e – ефективність капіталовкладень, часткою/рік, $e = 350000$ грн/рік;

d – ренноваційні відрахування 4% з однієї одиниці агрегату,

$d = 3000$ грн;

l – річні затрати на утримання машини при нормальних умовах,

$l = 25000$ грн/місяць;

g - середня заробітна плата одного працівника, $g = 6000$ грн/місяць;

μ - частка простою який оплачується, $\mu = 20$ грн/день = 460 грн/місяць;

C_i - вартість однієї одиниці генератора високої частоти $C_i = 60000$ грн.

Економія яка отримується від уникнення ремонтів, визначається:

$$C_{рем} = \left(\frac{W_{г}}{W_{рем}} - \frac{W_{г}}{W_{изм}} \right) \cdot t_{рем}, \quad (4.7)$$

де $W_{г}$ – вироблення одного агрегату за один рік
 $W_{г} = 20\% \cdot 60000 = 12000$ грн;

$W_{рем}$ - вироблення однієї деталі до затуплення $W_{рем} = 50\% \cdot 60000 = 30000$ грн;

$W_{изм}$ - вироблення однієї деталі бо стану браку, $W_{изм} = 90\% \cdot 60000 = 54000$ грн;

$t_{рем}$ – вартість разового ремонту робочої деталі
 $t_{рем} = 50\% \cdot 60000 = 30000$ грн.

$$C_{рем} = \left(\frac{12000}{30000} - \frac{12000}{54000} \right) \cdot 30000 = 4941,7 \text{ грн / рік.}$$

Для індукційного наплавлення використовується не мала кількість сплавів які мають зносостійкі властивості і відповідно ціну. Якщо виріб буде наплавлятися найдешевшим сплавом, без врахування його зносостійкості, тоді через це можуть бути завдані економічні збитки підприємству. В свою чергу, вибір виготовляти тільки по критерію зносостійкості, ця також може призвести до втрати коштів. В такому випадку потрібно вибрати доцільний варіант наплавлення який буде залежати від зносостійкості та техніко-економічних показників. Найбільш правильну залежність цих показників можна визначити за методикою, В. Г. Колесовим [15, с. 174]

При виборі сплаву для деталей які зміцнюються, техніко-економічний ефект можна порахувати за формулою:

$$E_a = \left(\frac{C}{L} - \frac{C_n}{L_n} \right) \cdot L_0 \cdot n \quad (4.8)$$

де C, C_n - собівартість не зміцненої та зміцненої деталі,
 $C = 80$ грн, $C_n = 150$ грн;

L, L_H - обсяг роботи яку виконав прилад до повного зношування не зміцненої та зміцненої деталі, $L = 8000$ грн., $L_H = 10000$ грн.;

L_o – тривалість роботи для якого знаходиться ефективність, $L_o = 50$

n - кількість деталей які встановлені на тестовому агрегаті, $n=10000/$

$$E_a = \left(\frac{80}{10000} - \frac{150}{8000} \right) \cdot 50 \cdot 10000 = 2000 \text{ грн.}$$

Відносну ефективність E , можна визначити по формулі:

$$E = \left(\frac{Ck}{C_n} \right) \quad (4.9)$$

де K – коефіцієнт відносної зносостійкості, і знаходиться:

$$k = \left(\frac{L_k}{L} \right) \quad (4.10)$$

$$k = \left(\frac{10000}{8000} \right) = 1,25\%$$

Тоді:

$$E = \left(\frac{150 \cdot 1,25}{300} \right) = 1,20\%$$

Тоді отримаємо що відносна ефективність - 1,20%.

Коли величина E менше одиниці, тоді даний спосіб можна рахувати як збитковий.

Собівартість зміцненої деталі приблизно можна визначити так:

$$C_n = C + Q_n \cdot k_m \cdot C_m + (b_n \cdot t_n + b_n \cdot t_n) \cdot (1 + H) + Q_n \cdot k_\phi \cdot C_\phi, \quad (4.11)$$

$$C_n = 300 + 38 \cdot 1,12 \cdot 0,38 + (30 \cdot 60 + 30 \cdot 90) \cdot (1 + 3) + 0,025 \cdot 0,2 \cdot 25 = 15100 \text{ грн.}$$

Q_n - маса сплаву який наплавляється, в кг., $Q_n = 38$ грн/кг.;

k_m - коефіцієнт, витрат сплаву; $k_m = 1,07 - 1,11$;

$b_n, i b_n,$ - годинна ставка робітника, $b_n = b_n = 30$ грн/ год.;

t_n, t_n - тривалість наплавлення деталі додатковий підготовчий час на 1 деталь, $t_n t_n = 90$ с.;

H - коефіцієнт, який показує допоміжні витрати; $H = 1,5 - 3$.

Час який затрачається на індукцію орієнтовно визначається за формулою:

$$k = \frac{Q_H}{q} \quad (4.12)$$

де q - погодинна продуктивність індукційного наплавлення в залежності від товщини шару який наплавляється.

Для прикладу представлені дані по техніко-економічній ефективності застосування матеріалів які наплавляються для зміцнення стрільчатої лапи культиватора (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Техніко-економічні ефективності для застосування матеріалів наплавлення для виготовлення лапи культиватора

Наплавлений матеріал	Ціна сплаву C_m грн/кг	Розхід сплаву Q_m грн/кг	Коефіцієнт розрахований на втрати сплаву K_m	Коефіцієнт флюсу в шихті K_f	Собівартість $C_{шт}$, грн	Коефіцієнт зносостійкості k	Ефективність E_6
ПГ-С27	38	25	1,1	0,2	18300	3,9	0,83

По даних (табл. 4.1) можна зробити висновок чи економічно доцільно використовувати для зміцнення стрільчатої лапи культиватора сплав ПГ-С27.

При використанні зміцнених індукційним способом лап культиватора, кошти які були витрачені на обробку 20га, в середньому на 10% економляться.

За цією ж схемою можна використовувати цей аналіз економічної компетентності застосування методу індукційного наплавлення для зміцнення і інших деталей які працюють при схожих умовах експлуатації.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Санітарно-гігієнічні умови та обов'язкові заходи щодо техніки безпеки регламентуються «Системою стандартів безпеки праці», «Будівельними державними нормами» (ДНБ, СНіП), при виконанні різних видів робіт, правилами безпечної експлуатації окремих типів устаткування, єдиним вимогам безпеки до конструкцій устаткування, різноманітними інструкціями, вказівками та іншими документами. Всі особи, які поступають на роботу, пов'язану із наплавленням, зобов'язані проходити попередні та періодичні медичні огляди [16, с. 80].

Міністерством охорони здоров'я України встановлені норми гранично допустимих концентрацій (ГДК), яка необхідна для розчинення шкідливих аерозолів до ГДК.

5.1 Заходи для захисту від ураження електричним струмом в спроектованому цеху (дільниці)

Головними вимогами безпеки, які ставляться до конструкції машин і механізмів, є безпека для здоров'я та життя людини, надійність та зручність експлуатації.

Загальні вимоги до виробничих процесів регламентуються ГОСТ 12.3.002-75. Вони передбачають: уникання безпосереднього контакту працівників з вихідними матеріалами, заготовками, напівфабрикатами, готовою продукцією і відходами виробництва, які спричиняють небезпечну дію.

Оскільки при виготовленні лап культиватора є можливість ураження робочого електричним струмом, опіків від розплавлених частинок металу чи шлаку, наявності рухомих частин приводу лінії та забруднення атмосфери.

Ураження струмом високої частоти можливе в таких випадках, коли машина незаземлена, або при пробі трансформатора, при перемиканні напруги без вимкнення трансформатора від мережі. У зварювальних трансформаторах передбачаються системи блокування, які запобігають

ураженню струмом, наприклад закрито доступ до перемикача при не вимкненому первинному колі; двері шаф, пультів, станин із відкритими струмоведучими частинами, які перебувають під напругою, мають блокування, що забезпечує зняття напруги при їх відкриванні.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом є:

1. уникнення контакту людини із струмоведучими частинами, котрі знаходяться під напругою;
2. уникнення небезпеки ураження електричним струмом при можливій появі напруги на корпусах чи інших частинах електрообладнання;
3. забезпечення недоступності струмоведучих частин для випадкового дотику;
4. застосування ізоляції струмоведучих частин;
5. використання методів колективного захисту від ураження електричним струмом:
6. захисного заземлення, занулення та автоматичного вимкнення;
7. періодичне перевіряння опору заземлення;
8. контроль і профілактика пошкоджень ізоляції.

Уникнення випадкового контакту людини із струмоведучими частинами електрообладнання забезпечується ізоляцією струмоведучих частин. Стан ізоляційного покриття характеризується електричною міцністю, діелектричними втратами і електричним опором. Ізоляція дає змогу запобігти протіканню струмів через неї завдяки великому опору.

Для уникнення небезпеки при ураженні електричним струмом, а також при появі напруги на корпусах та інших елементах електрообладнання обов'язково потрібно застосовувати захисне заземлення.

Захисне заземлення - це електричне з'єднання з землею або із її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, котрі можуть опинитись під напругою. Захисне заземлення призначається для усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при появі напруги на конструктивних елементах електрообладнання, тобто при замиканні їх на корпусах.

Захисне заземлення має основну мету зменшити напругу дотику між корпусом електроустановки і землею до 42 В, і менше, що виникає в результаті пошкодження чи оголення ізоляції струмопровідних частин. Захисне заземлення варто відокремити від заземлення для захисту від розрядів статичної і атмосферної електрики.

Для електроустановок, які живляться напругою до 1000 В від мереж малої довжини із малими струмами замикання на землю (не більше 5 А), опір заземлювального пристрою має бути не більше ніж 4 Ом. До таких мереж на виробництвах відносяться мережі з напругою 380/220 В, які прокладені на території виробництв від трансформаторних підстанцій для живлення споживачів електроенергії та освітлювальних установок.

Якщо електроустановка живиться від винесених трансформаторів і генераторів потужністю до 100 кВА опір заземлювального пристрою має бути не більшим 10 Ом. Такі мережі мають малу довжину і розгалуженість, а струми замикання на землю в них не перевищують 0,1-0,2 А. До таких мереж відносяться мережі живлення від дизель-генераторних установок (під час аварій у міських системах електропостачання).

Допоміжне з'єднання із землею нейтральних точок обмоток генераторів, силових та вимірювальних трансформаторів, дугогасних апаратів та інших ланцюгів для забезпечення нормальної роботи електроустановок називається робочим заземленням. Заземлення для захисту від розрядів статичної та атмосферної електрики здійснюється для відводу цих зарядів в землю.

Захисному заземленню підлягають металеві не струмоведучі частини обладнання, які через пошкодження ізоляції можуть опинитися під напругою і до яких можливий дотик людей [16, с. 89].

5.2 Розрахунок штучного освітлення для спроектованого цеху з використанням ламп розжарювання

Характер технологічних операцій в складально-зварювальних цехах (робота на нефіксованих місцях) визначає доцільність створення системи загального освітлення локалізованого або рівномірного загального з використанням переносних світильників місцевого освітлення. З урахуванням можливості використання газорозрядних джерел світла доцільно підвищити рівні освітленості при електрозварювальних роботах до 500 лк при загальному і місцевому освітленні і до 300 лк при одному загальному освітленні.

Під кранами мають бути підвішені додаткові світильники, які компенсують затемнення робочих місць. При зварюванні усередині місткостей слід використовувати світильники спрямованої дії, які розташовані зовні, або ручні переносні світильники, що мають захисну сітку (трансформатор має бути встановлений зовні, його вторинна обмотка заземлена; не допускається застосування автотрансформаторів).

Світильники, вікна і світлові ліхтарі необхідно очищати в міру забруднення (не рідше за один раз в три місяці).

Забарвлення стін доцільно виконувати спеціальними фарбами, що мають високий коефіцієнт віддзеркалення для видимої частини спектру і низький коефіцієнт - для ультрафіолетових променів [17].

Для роботи по виготовленню зварного з'єднання двотаврової балки при рівномірному розміщенні світильників загального освітлення і горизонтальної поверхні основним є, так званий, метод коефіцієнту використання світлового потоку.

Розрахунок проводиться за формулою [18, с. 85]:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_s}{N \cdot \eta}, \quad (5.1)$$

де Φ – світловий потік, потрібний для забезпечення заданої освітленості, ЛМ;

E_n – нормова освітленість, лк;

S – площа приміщення, м²;

$Z(1,15)$ – коефіцієнт, що враховує відношення середньої освітленості;

K_z – коефіцієнт запасу, що приймається в залежності від забрудненості повітря в приміщенні за таблицею [18, с. 91] в СНиП II-4-79 ($K_z=1,5$);

N – кількість ламп;

η – коефіцієнт використання світлового потоку; коефіцієнт використання світлового потоку η визначається за світлотехнічними таблицями. Для цього потрібно знайти індекс приміщення i та приблизно оцінити коефіцієнт відбивання поверхонь приміщення: I_c – стелі; I_{cm} – стін; I_p – робочої поверхні.

Індекс приміщення i знаходимо за формулою [18, с. 90]:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (5.2)$$

де S – площа ділянки цеху, м²;

h – розрахункова висота (відстань від світильника до робочої поверхні), м;

A і B – довжина і ширина приміщення, м; ($S=80$ м²; $h=3,4$ м; $A=4$; $B=20$ м).

$$i = \frac{80}{3,4 \cdot (8 + 10)} = 1,3$$

За таблицею знаходимо відповідні значення I :

$$I_c=70 \% ; I_{cm}=50 \% ; I_p=30 \% .$$

$$\Phi = \frac{300 \cdot 80 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{0,65} = 63692,3 \text{ ЛМ.}$$

Необхідну кількість ламп визначаємо за формулою [18, с. 89]:

$$N = \frac{\Phi}{2 \cdot E_n}, \quad (5.3)$$

де E_n – світловий потік лампи;

$$N = \frac{63692,3}{2 \cdot 2105} = 15 \text{ шт.}$$

Приймаємо 16 штук.

Для освітлення автомата використовуємо лампи ЛД-40-4, які мають наступні технічні характеристики [19, с. 91]:

- світловий потік – $E_{\text{л}}=2105$ ЛМ;
- довжина лампи – $L=1,213$ м;
- потужність – $P=40$ Вт;
- діаметр лампи – $d=0,04$.

Також використовуємо двохламповий світильник без перфорації з решіткою типу ЛДГ, що має такі характеристики:

- довжина – 1,3 м;
- ширина – 0,27 м.

Світильники розташовуємо в 2 ряди по вісім штук в кожному ряду. Відстань між рядами світильників розраховуємо за формулою:

$$L = \frac{8 - 2 \cdot 1,3}{2} = 2,7 \text{ м;}$$

$$L = \frac{10 - 8 \cdot 0,27}{8} = 0,98.$$

5.3 Пожежна профілактика в спроектованій ділянці

Ділянка рахується правильно спроектована у тому випадку, коли разом з вирішенням функціональних, міцнісних, санітарних та інших технічних і економічних вимог забезпечені умови пожежної безпеки.

Всі будівельні матеріали по займанню поділяються на три групи:

- незгораючі, які під дією вогню або високих температур не займаються і не обвуглюються;

- важкозгораючі, які можуть займатися і продовжувати горіти тільки при постійній дії стороннього джерела займання (наприклад, конструкції з дерева, які просочені або покриті вогнезахисними сумішами);

- згораючі, які можуть самостійно горіти після видалення джерела займання (до них відносять більшість пластичних матеріалів, в тому числі які застосовуються в будівництві).

Займання будівельних конструкції визначають, як правило, по займанню матеріалів з яких вони виготовлені.

В умовах пожежі, крім високих температур, на будівельні конструкції впливають їх власна маса та експлуатаційні навантаження, а також додаткові статичні навантаження (від пролітої при тушінні пожежі води або уламків конструкції, що завалилися) та динамічний вплив (водяні струмені або уламки, що падають). В результаті вказаних впливів несучі конструкції деформуються та втрачають міцність. Крім того, при пожежі конструкції можуть нагрітися до небезпечних температур, прогоріти або отримати наскрізні тріщини, що може привести до розповсюдження пожежі в суміжні приміщення [19, с. 353].

Підвищити вогнестійкість будівель та споруд можна облицюванням або оштукатурюванням металічних конструкцій. Перевагою користуються облицювальні матеріали, які мають мінімальну масу та мінімальний коефіцієнт температуропровідності.

Протипожежні стіни повинні бути виконані з незгораючих матеріалів, мати межу вогнестійкості не менше 2,5 годин і опиратися на фундаменти. Протипожежні стіни розраховують на стійкість з врахуванням можливості однобічного завалення перекриття та інших конструкцій при пожежі.

При виникненні пожежі люди повинні покинути будівлю на протязі мінімального часу, який визначається найменшою віддаллю від місця їх знаходження до виходу назовні [16, с. 357].

Як правило, виникнення пожежі в будівлях та спорудах супроводжується виділенням великої кількості диму, який затемнює приміщення та утруднює умови евакуації та гасіння пожежі. Крім того дим володіє задушливими властивостями.

Видалення газів та диму із приміщення, в якому виникла пожежа, проводиться через віконні прорізи, аераційні ліхтарі, а також за допомогою спеціальних димових люків, конструкцій, що легко скидаються. Димові люки призначені для видалення продуктів згоряння, забезпечення не задимлених суміжних приміщень та керування процесами горіння на пожежах (для того, щоб надати полум'ю бажаного напрямку).

Димові люки встановлюються у підвальних приміщеннях, в перекриттях складських та безліхтарних виробничих будівель [16, с. 358].

5.4 Стійкість роботи підприємства в надзвичайних ситуаціях

Цивільна оборона України зорганізується за територіально-виробничим принципом на всій території і являє собою сукупність структур державного управління, підприємств, організацій і спеціально створених органів керівництва та сил цивільної оборони. Заходи цивільної оборони проводяться на всій території держави, як правило, з врахуванням особливостей кожного району.

Територіальний принцип полягає в організації цивільної оборони на території областей, міст і районів, сільських місцевостей відповідно до адміністративного поділу території. Згідно з цим, відповідальність за стан цивільної оборони на цих територіях несуть виконавчі органи влади, а начальниками цивільної оборони, які безпосередньо здійснюють керівництво цивільною обороною є голови виконавчих органів влади.

Виробничий принцип полягає в організації цивільної оборони в кожній установі, підприємстві.

На цивільну оборону підприємства покладені такі основні обов'язки:

- оповіщення працівників та членів їх сімей при загрозі нападу, стихійного лиха і катастроф;
- забезпечення сховищами працюючої зміни, підтримка в сані постійної готовності захисних споруд і спеціальних споруд ЦО;
- проведення заходів, що забезпечують стійкість роботи об'єкту в мирний та воєнний час;
- створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкту.

Сучасний типовий комплекс промислового підприємства складають споруди і будівлі, в яких розміщуються виробничі цехи, верстатне і технологічне обладнання, будівлі енергетичного господарства, системи енергопостачання, інженерні і паливні комунікації, окремо розташовані технологічні установки, мережа внутрішнього транспорту, системи зв'язку і управління, складське господарство, різноманітні будівлі і споруди адміністративного, побутового і господарського призначення [20, с.196].

ВИСНОВКИ

В роботі проведено аналіз існуючих методів наплавлення деталей машини в тому числі стрільчатих лап культиваторів.

На його основі показано, що найбільш приємливий для даного виробу є метод індукційного наплавлення який має ряд переваг над іншими описаними в роботі методами наплавлення.

В роботі розроблено технологічний процесі обладнання для наплавлення лап культиваторів з використанням струмів високої частоти.

Проведені розрахунки для визначення режимів індукційного наплавлення, які впливають на геометричні розміри напавленого валика які виготовлені із сталі 65Г та напавлені зносостійким сплавом ПГ-С27. Розроблені пристосування дали змогу підвищити якість напавленого шару металу і зменшити підготовчий час на операціях. Крім того завдяки з застосуванням запропонованих нововведень вдалося досягнути значного покращення умов роботи робітників напавлювальників.

Обґрунтовано техніко-економічну ефективність запропонованих рішень дозволило підтвердити правильність прийнятих проектно-технологічних завдань які дозволять досягнути значних економічних показників при виготовленні лап культиваторів.

Також розглянуті питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Добрин Д. А., Селезнев А. В., Кашайкин С. И. / «Повышение ресурса и износостойкости стрелчатых лап культиватора методом наплавки износостойких валиков».
2. Марочник сталей и сплавов [текст] / Под ред. В.Г. Сорокина. –М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
3. Скобло Т.С., Рибалко І.М., Тіхонов О.В, Мартиненко О.Д. / «Аналіз способів виготовлення, зміцнення і відновлення стрільчатих лап культиваторів»
4. Виноградов В.В. / «Повышение износостойкости стрелчатых лап почвообрабатывающих орудий карбовибродуговым упрочнением их режущих поверхностей»
5. Некрасов Д.М. / «Упрочнение рабочей поверхности лап культиваторов электродуговой наплавкой износостойкими валиками»
6. В. С. Сенчишин., Ч. В. Пулька / «Современные методы наплавки рабочих органов почвообрабатывающих и уборочных сельскохозяйственных машин (обзор)»
7. Тимошенко В.П., Боль А.А., Лесков С.П. Программирование режимов индукционной наплавки долотообразных лемехов // Автоматическая сварка – 1988. - №10. - С.73-74.
8. Ткачев В.Н., Фиштейн Б.М., Казинцев Н.В., Алдырев Д.А. Индукционная наплавка твердых сплавов/– М.:Машиностроение, 1970.- 177 с.
9. Номенклатура высокочастотного, среднечастотного и ультразвукового оборудования (1985-1990гг.). – М.: Внешторгиздат. - №ЛЮ-362.-97 с.
10. Высокочастотные генераторы. Сайт <http://nvzm.ru/index.php/generatory-vysokoj-chastoty>.

11. Рябцев И.А., Сенченков И.К. Теория и практика наплавочных работ — К.: «Екотехнолопя», 2013.-400 с.
12. Слухоцкий А. Е. и Рыскин С. Е. Индукторы для индукционного нагрева. Л., «Энергия», 1974. 264 с.
13. Дослідження мікроструктури і властивостей наплавленого металу, отриманого при індукційному нагріванні / О. Шаблій, Ч. Пулька // Вісник Тернопільського національного технічного університету. - 2009. - Т. 66, № 1. - С. 46-55.
14. Алдырев Д. А., Зеленский Г. И., Ильницкий П. С., Егоров А. Т. / «Автоматическая поточная линия для наплаки»
15. Ткачев В.Н. Индукционная наплавка твердых сплавов. – М.: Машиностроение. Москва. 1970. –177с.
16. Охрана труда [текст] / [Е.Я. Юдин, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.]; Под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова. - М.: Машиностроение, 1983. -432 с.
17. Левченко О.Г. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві [текст] / Левченко О.Г.; -К.: Основа, 2004. -98 с.
18. М.П. Купчик Охорона праці. Лабораторний практикум [текст] / М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець. - К.: Основа, 1998. - 224 с.
19. Справочник сварщика [текст] / Под ред. В.В.Степанова. – М.: Машиностроение, 1983. – 560 с.
- Губський А.І. Цивільна оборона [текст] / Губський А.І. - К.:Міністерство освіти, 1995. -216 с.

ДОДАТКИ