

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(назва факультету)

Кафедра технології і обладнання зварювального виробництва  
(повна назва кафедри)

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

**магістр**

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: ***Розробка технологічного процесу індукційного наплавлення тонких елементів конструкцій***

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МЗмз-61  
спеціальності (напряму підготовки) \_\_\_\_\_

**131 Прикладна механіка**

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

	_____	<b>Бенза І.В.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник	_____	<b>Пулька Ч.В.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	_____	<b>Пулька Ч.В.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент	_____	<b>Сташків М.Я.</b>
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра на тему: " Розробка технологічного процесу індукційного наплавлення тонких елементів конструкцій " складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 94 аркуші формату А4 і графічної частини об'ємом 9 аркушів формату А1. Розрахунково-пояснювальна записка складається із таких частин: аналітична, дослідницька, технологічна, конструкторська, організаційно-економічна, спеціальна, охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, екологія.

Для висвітлення питань, які розглядаються у випускній кваліфікаційній роботі, розрахунково-пояснювальна записка містить 31 рисунків, 16 таблиць, 6 додаток. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 31 першоджерел.

В даній роботі проведено аналіз питань щодо розроблення технології індукційного наплавлення тонких елементів конструкцій, а саме ножів для зрізання сошяшнику.

Проведені металографічні дослідження наплавленого металу та мікрорентгеноспектральний аналіз перехідної зони сплавлення основного і наплавленого металу, досліджено вплив режимів наплавлення на властивості наплавленого шару металу та його геометричні розміри. Розроблено устаткування для реалізації запропонованого технологічного процесу індукційного наплавлення.

Внаслідок запропонованих інженерних рішень можна досягнути значних економічних показників.

Ключові слова: ІНДУКЦІЙНЕ НАПЛАВЛЕННЯ, ІНДУКТОР, ВИСОКОЧАСТОТНИЙ ГЕНЕРАТОР, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, ДИСК, ПОРОШКОПОДІБНИЙ ТВЕРДИЙ СПЛАВ.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	9
1.1 Опис конструкції виробу .....	9
1.2 Характеристика матеріалу виробу .....	10
1.3 Технічні умови до виробу що наплавляється.....	11
1.3.3 Вимоги до якості наплавленого виробу.....	12
1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення виробу та постановка завдання на дипломну роботу.....	13
2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА .....	15
2.1. Дослідження режимів індукційного наплавлення тонких елементів конструкцій .....	15
2.2. Металографічні дослідження наплавленого металу.....	17
2.3. Мікрорентгеноспектральний аналіз перехідної зони сплавлення основного і наплавленого металу .....	23
2.4. Дослідження впливів режимів наплавлення на властивості наплавленого металу .....	25
2.5. Вплив режимів наплавлення на геометричні розміри наплавленого валика і величину деформації тонких елементів конструкцій.....	27
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	30
3.1 Заготовки та методи їх одержання .....	30
3.2 Технічне обґрунтування вибраного способу наплавлення .....	31
3.3 Вибір наплавлювальних матеріалів.....	36
3.4 Вибір та підбір параметрів режиму наплавлення .....	37
3.5 Вибір і обґрунтування наплавлювального устаткування.....	38
3.6 Метод контролю якості наплавленого шару .....	39
3.7 Опис запропонованого технологічного процесу наплавлення.....	41
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	44
4.1 Автоматична лінія індукційного наплавлення.....	44
4.2 Пристрій одночасного засипання шихти .....	53

5 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ .....	56
5.1 Вихідні дані.....	56
5.2 Організаційна частина .....	56
5.3 Економічна частина .....	64
6 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	73
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	78
7.1 Оцінка спроектованого технологічного процесу з умов техніки безпеки, електробезпеки та пожежної безпеки .....	78
7.2 Розрахунок захисного заземляючого пристрою наплавлювальної установки.....	79
7.3 Вимоги до стійкості функціонування промислового підприємства.....	82
8 ЕКОЛОГІЯ.....	85
8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища.....	85
8.2 Забруднення довкілля, що виникають в результаті технологічного процесу наплавлення .....	86
ВИСНОВКИ.....	89
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	90
ДОДАТКИ.....	94

## ВСТУП

Підвищення довговічності і надійності деталей машин і механізмів являється важливою проблемою машинобудування. В сільськогосподарському машинобудуванні і інших галузях народного господарства ця проблема пов'язана з тонкими елементами конструкцій, в тому числі і з тонкими дисками.

До них відносяться диски лушпильників, ножі-гичкорізи, дискові ножі для різання шиферу і зрізання соняшнику, диски копачів бурякозбиральних комбайнів, фрези і т. п. З метою підвищення їх стійкості проти спрацювання і забезпечення самозагострювання в процесі експлуатації робочі поверхні їх зміцнюють різними методами наплавлення.

Найбільш широке розповсюдження для зміцнення робочих поверхонь вище названих деталей одержало індукційне наплавлення стійкими проти спрацювання порошкоподібними твердими сплавами по методу Ростовського-на-Дону Інженерного центру „Сплав”. В її основі лежить нагрівання і розплавлення присаджувального матеріалу під дією струмів високої частоти. Цей процес являється найбільш технологічним по причині нескладного обладнання, що використовується, простоті самого процесу наплавлення, і не вимагає високої кваліфікації оператора. При цьому використовують різного роду конструкції індукторів для неперервно-послідовного і одночасного наплавлення робочих поверхонь деталей з використанням генераторів частотою  $f=440$  кГц для відповідно названих вище товщин основного металу.

Метод індукційного наплавлення тонких дисків постійно вдосконалюється в напрямку підвищення продуктивності процесу, розробки режиму нагрівання з метою економії електроенергії, розробки нагрівальних джерел (індукторів і систем) для покращення механічних властивостей наплавленого металу із забезпеченням геометричних і експлуатаційних характеристик виробів, розробки технології і обладнання.

Особливу складність являє собою наплавлення тонких сталевих дисків як суцільної так і змінної форми з шириною наплавлення, більшою за висоту зуба, що пов'язано з конструюванням і проектуванням нагрівальних джерел (індукторів і систем), а також проведенням великої кількості експериментів, при розробці нових технологічних процесів для наплавлення дисків довільних діаметрів і розмірів зони наплавлення виходячи з потреб технології.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Опис конструкції виробу

Виробом являється плоский тонкий фасонний диск, діаметром 330 мм, товщиною 3 мм (рис. 1.1).

В даний час в ґрунтообробній і збиральній сільськогосподарській техніці використовують робочі органи у вигляді тонких елементів конструкцій (лемехи плугів, диски луцильників, лапи культиваторів, ножі-гичкорізи і ін.), які експлуатуються в умовах абразивного спрацювання, значних статичних і динамічних навантажень, повинні мати високу стійкість проти спрацювання і міцність. Процес спрацювання робочих органів ґрунтообробних машин протікає при неперервній взаємодії металу з ґрунтом і рослинами. Крім цього, для забезпечення різальних властивостей вони повинні бути схильні до самозагострювання. Досвід показує, що найкращим чином цим вимогам задовільняють біметалічні (двохшарові) робочі органи.

Міцність забезпечує сталь основного прошарку, а стійкість проти спрацювання – плакуючий прошарок, нанесений тим чи іншим способом на основний. Ефект самозагострювання залежить від співвідношення товщини і стійкості проти спрацювання основного і плакуючого прошарків.

$$\omega = \frac{\varepsilon_2 h_2}{\varepsilon_1 h_1} \quad (1.1)$$

де  $\varepsilon_2 h_2$ ,  $\varepsilon_1 h_1$  – стійкість і товщина відповідно основного і плакуючого прошарків.

Найкраще самозагострювання забезпечується при  $\omega = 1,5$ .

Ширина зони наплавлення більша за висоту зуба. Товщина наплавленого шару металу складає 0.8...1.5 мм, а ширина відповідно 28 мм.

Експлуатується ніж гичкоріз в абразивному середовищі.

Ширина зони наплавлення більша за висоту зуба. Товщина наплавленого шару металу складає ...1.5 мм, а ширина відповідно 20 мм.

Експлуатується ніж для різання шиферу в абразивному середовищі.

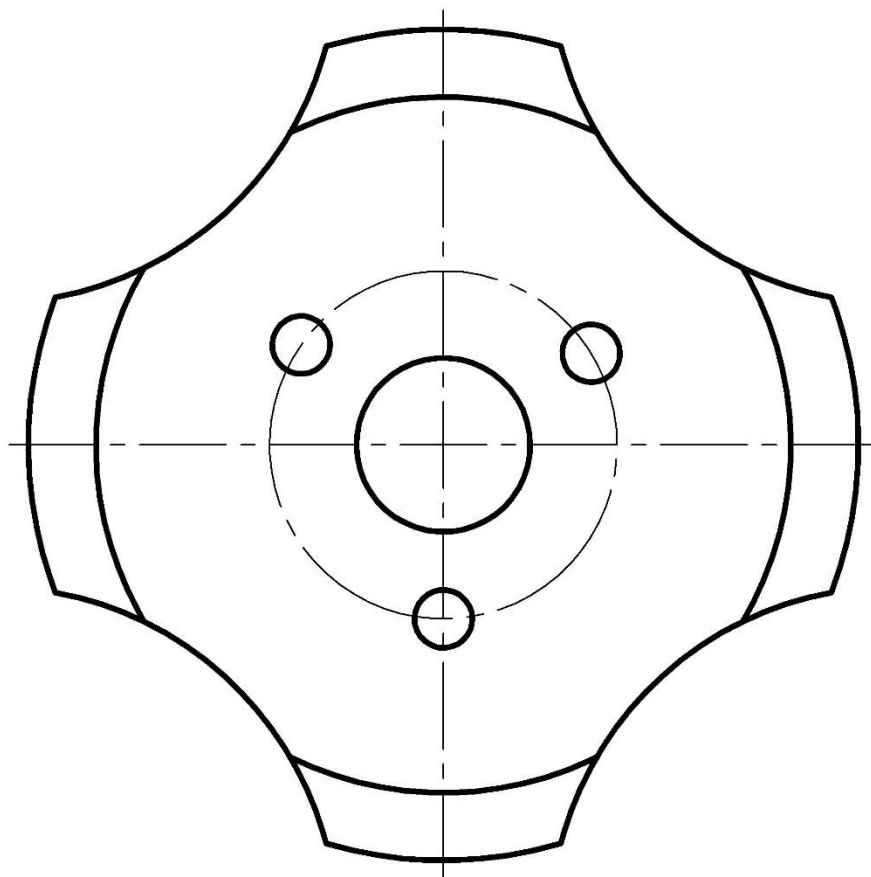


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд конструкції ножа для зрізання соняшнику

## 1.2 Характеристика матеріалу виробу

Для виготовлення диска використовуємо конструкцій ну маловуглецеву сталь звичайної якості ВСт3сп. Механічні властивості сталі ВСт3сп приведені в таблиці 1.1 та хімічний склад відповідно в таблиці 1.2.

Таблиця 1.1 – Механічні властивості сталі ВСт3сп за ГОСТ 380 - 71 [1, с. 24]

ГОСТ	Стан постачання	$\sigma_{0.2}$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta_5$	$\psi$
		не більше		%	
		не більше		не менше	
380-71	Листи гарячекатані	245	370-480	26	-



Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі ВСтЗсп ГОСТ 380 - 71, % [1,с.24]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	As
			не більше					
0,14-0,22	0,40-0,62	0.12-0.30	0.04	0.05	0.30	0.30	0.30	0.08

### 1.3 Технічні умови до виробу що наплавляється

Так як тонкі плоскі деталі працюють в важких умовах, та при складних динамічних навантаженнях, то при їх виготовленні необхідно дотримуватися умов якості наплавленого металу, та міцності з'єднання основного і наплавленого металу.

Виробництво тонких елементів конструкцій відноситься до масового виробництва, тому для виготовлення економічно доцільно використовувати більш вдосконалені технології і сучасне обладнання з використанням механізованих комплексів, які б звели до мінімуму використання роботи наплавщиків, що призведе до підвищення якості наплавлених виробів та продуктивності праці.

#### 1.3.1 Вимоги до матеріалів та напівфабрикатів, які використовуються для виготовлення виробу

Матеріал за хімічним складом і механічними властивостями повинен задовольняти вимоги державних стандартів і технічних умов.

Якість і характеристика матеріалів повинні підтверджуватися підприємством у відповідних сертифікатах.

Основні вимоги до матеріалів, їх межі застосування, призначення, умови роботи, види випробувань повинні відповідати вимогам ДСТУ щодо цих матеріалів.

Додаткові вимоги до матеріалів, які передбачені стандартами або технічними умовами, повинні бути обов'язково вказані в технічній документації.

Для виготовлення тонких елементів конструкцій використовується сталь ВСтЗсп (ГОСТ 380 - 71), яка нормується за хімічним складом і механічними властивостями, тому вона постачається вже з гарантованим хімічним складом і механічними властивостями.

Листи з яких виготовляюся плоскі деталі повинні бути ретельно очищені від іржі, окалини і бруду. Для попередження утворення пор поверхня, що піддається наплавленню повинна зачищатися від мастил і фарби.

### **1.3.2 Вимоги до шорсткості, геометричності форми та розмірів**

Так як тонкий диск виготовляється з металевих листів, то її шорсткість Rz40.

Забезпечення розмірів виробу у межах зазначених допусків (граничні відхилення розмірів згідно ГОСТ 10704-91) в значній мірі залежить від точності виконання і дотримання технологічних процесів при заготівельних операціях (штапмуванні, рихтовці).

Дотримування вимог до розмірів і форми виробу повинно забезпечуватися складально-зварювальними пристроями, які забезпечують необхідну точність виготовлення даного виробу.

### **1.3.3 Вимоги до якості наплавленого виробу**

Вибраний спосіб наплавлення повинен забезпечувати механічні властивості наплавленого металу не нижче норм, встановлених нормативно-технічною документацією. Корозійна стійкість основного і наплавленого

металу повинна відповідати вимогам проекту або технічним умовам на виготовлення даного виробу.

У наплавлених деталях не повинні виникати наступні зовнішні дефекти:

- тріщини всіх видів і напрямків;
- пористість зовнішньої поверхні наплавленого металу;
- нерівномірність по товщині наплавленого металу;
- напливи;
- нерівномірність ширини зони наплавлення, та інше.

Для усунення цих дефектів слід раціонально вибирати спосіб наплавлення, і виконувати процес на правильно підібраних режимах.

#### **1.4 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення виробу та постановка завдання на дипломну роботу**

Для тонких елементів конструкцій складної конфігурації і відносно великих розмірів з суцільною і переривистою робочою поверхнею (різальною частиною), використовується неперервно-послідовне наплавлення (рис. 1.2) [2].

При цьому сегментний індуктор закріплюється нерухомо до високочастотного генератора, а деталь з наплавлювальною шихтою обертається відносно нього.

Переваги цього способу: технологічна гнучкість, можливість здійснювати наплавлення деталей різних розмірів при відносно невеликій потужності високочастотних генераторів.

Індукційне наплавлення неперервно-послідовним методом має ряд недоліків: порівняно низька продуктивність, велика енергоємність, а також короблення деталі, що відображається на стабільності товщини шару

наплавлюваного металу, а для усунення деформацій диска необхідна додаткова операція – рихтування.

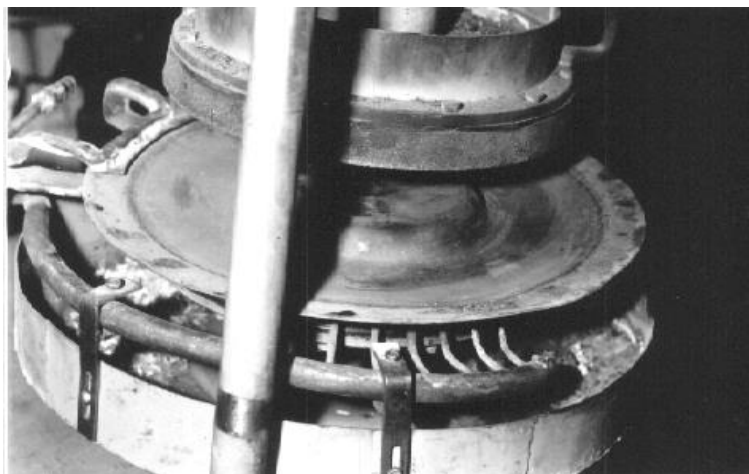


Рисунок 1.2 - Пристрій для наплавлення цільноштампованого суцільного ножа за допомогою сегментного індуктора [2]

Для усунення вищевказаних недоліків виникла необхідність у розробленні нової технології індукційного наплавлення тонких елементів конструкцій суцільної і зубчатої форми.

Продуктивність можна підвищити шляхом одночасного наплавлення елементів конструкцій по всій робочій поверхні з використанням більш потужних високочастотних генераторів, які випускаються в даний час вітчизняною промисловістю, з розробкою нових конструкцій індукторів, які забезпечують якісне формування наплавлюваного металу в зоні зміцнення.

Шляхом оптимізації режимів підведення потужності до індуктора, включаючи розробку обладнання, технологічного процесу наплавлення, що в цілому призведе до економії енергії.

Використання відомих багатоступеневих режимів індукційного наплавлення виробів з метою економії енергії за відповідний час [3] не дає позитивного ефекту, оскільки багат шарове і різке перемикання високочастотного генератора під час наплавлення призведе до виходу його з ладу.

## 2 ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

### 2.1. Дослідження режимів індукційного наплавлення тонких елементів конструкцій

Дослідження процесу наплавлення тонких елементів конструкцій були проведені при неперевно-послідовному та одночасному способах індукційного наплавлення.

При одночасному способі наплавлення застосовували двохвитковий кільцевий індуктор з прямокутним поперечним перерізом. За процесом розплавлення стійкого проти спрацювання порошкового сплаву ПГ-С1 здійснювали візуальне спостереженням [2].

Дослідження показали, що для рівномірного розплавлення порошкового сплаву по всій робочій поверхні, важливе значення має взаємне розташування витків відносно наплавленої поверхні, а також режими підводу потужності для забезпечення наплавленого валика шириною 10...50 мм і товщиною наплавленого металу 0,8...1,5 мм.

При проведенні попередніх експериментальних досліджень наплавленого металу необхідно було врахувати такі фактори, як рівномірність розплавлення порошкового сплаву, відсутність пор, рівномірність товщини шару наплавленого металу, твердість, стійкість проти спрацювання.

Вище відмічено, що в залежності від способу наплавлення та конструкції індуктора і їх взаємного розташування відносно наплавленої поверхні, можна змінювати характер електромагнітного поля в зоні наплавлення і тим самим досягти покращення товщини шару наплавленого металу за рахунок створення більш рівномірної температури на поверхні, яка підлягає наплавленню.

В результаті численних експериментальних досліджень було встановлено, що найкращими режимами наплавлення і схемами розташування двох витків індуктора, які забезпечують найбільшу продуктивність процесу, якість наплавленого металу, економію електроенергії, а також зменшення деформації дисків, є режими, які приведені в таблиці 2.1, що здійснюються одночасно по

всій робочій поверхні і відповідають зразкам Б, В. Всі ці режими досліджувалися в порівнянні з існуючим неперервно-послідовним процесом наплавлення за допомогою сегментного індуктора (зразок А, табл. 2.1).

Для проведення порівняльних досліджень властивостей металу, наплавленого двома способами були наплавлені відрізки диски соняшнику, виготовлені з сталі Ст.3.

Таблиця 2.1 Схеми розташування витків індуктора і режими наплавлення досліджуваних зразків

Позначення зразків	Схеми наплавлення	Режими наплавлення					тип генератора	Характер зміни питомої потужності індуктора $W \cdot 10^{-9} \text{ Вт/м}^3$
		Напруга на контурі, кВ	Анодна напруга, кВ	Струм сітки лампи, А	Струм анода лампи, А	Час наплавлення, с		
А		4,7	8,5	1,63	1,5	120	ВЧГ6-60/0,44	
Б		7,5	10	1,4	4	32	ВЧИ-63/0,44	
В		7,5	10	1,4	4	32	ВЧИ-63/0,44	

1-індуктор; 2-твердий сплав; 3-деталь

На першій стадії дослідження проводилися для трьох варіантів режимів наплавлення. В першому варіанті наплавлення здійснювалося неперервно-послідовним способом з допомогою сегментного індуктора (зразок А, табл. 2.1)

від генератора ВЧГ6-60/0,44 при напрузі на контурі 4,7 кВ, анодній напрузі 8,5 кВ, струму сітки 1,63 А і струму анода -1,5 А. Час наплавлення всієї робочої поверхні диска при сталій питомій потужності на індукторі  $W = \text{const}$  складав 2 хв. При цьому розплавлення шихти починалося через 19-21 с після подачі напруги на індуктор.

В другому і третьому варіантах наплавлення здійснювалося за допомогою генератора типу ВЧИ-63/0,44 (зразки Б, В, табл. 2.1) без обертання деталі. Технічні характеристики генератора для другого варіанту (зразки Б, В) складали: напруга на контурі – 7,5 кВ, напруга на аноді лампи – 10 кВ, струм сітки лампи – 1,4 А, струм анода лампи 4 А, час наплавлення всієї робочої поверхні складав 32 с, при сталій питомій потужності на індукторі протягом всього проміжку часу.

Початкові параметри генератора складали: напруга на контурі – 3,1 кВ, напруга на аноді 11,5 кВ, струм сітки 0,65 А, струм анода 2 А і відповідно кінцеві параметри 8, 5, 12, 1, 7, 5, 5.

Значення питомої потужності складала для зразків Б і В  $W = 0,37 \cdot 10^9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3}$ .

В наступному розглянемо металографічні дослідження наплавленого металу, одержаного з використанням способів за вище описаними режимами.

## **2.2. Металографічні дослідження наплавленого металу**

При проведенні металографічних досліджень використовували наплавлені зразки тонкі елементів конструкцій (обрізні диски). Вони являють собою суцільноштамповані тонкі диски (рис. 1.1) і виготовляються з сталі Ст.3, товщиною 3 мм. З метою підвищення довговічності і забезпечення самозагострювання в процесі роботи, робочу поверхню їх наплавляють стійким проти спрацювання порошкоподібним твердим сплавом ПГ-С1 (У30Х28Н4С4). Товщина наплавленого металу складає 0,8...1,5 мм.

Існуюча технологія наплавлення суцільних і зубчатих дисків передбачає обертання деталі відносно сегментного індуктора за допомогою

високочастотних генераторів типу ВЧГ6-60/0,44. При такому способі створюються умови несиметричного нагрівання, що приводить до короблення деталі, а для її усунення застосовують додаткову технологічну операцію – рихтування.

Мікроструктура наплавленого металу за існуючою технологією складається з  $\gamma$ -твердого розчину карбідної евтектики і виділень первинних карбідів (хромисті карбіди), які являють собою достатньо крупні пластини прямокутної або ромбовидної форми (рис. 2.1). Прямокутні і ромбовидні виділення карбідів різної дисперсності достатньо рівномірно розподілені в матриці. З сторони наплавленого металу до межі розподілу прилягають скупчення карбідної евтектики. Межа поділу між основним і наплавленим металом (у вигляді перехідної зони) має змінну ширину і знаходиться в межах 18...20 мкм. Мікротвердість структурних складових надлишкових карбідів – 13320,.. 14270, матриці – 5720, межі поділу в зоні сплавлення – 4640,..3510 Н/мм<sup>2</sup>. По краях наплавленого валика структура складається з суміші карбідів різної дисперсності, при цьому первинні крупні пластинчаті карбіди відсутні.

Для порівняльних досліджень властивостей наплавленого металу за існуючим (неперервно-послідовним) і розробленим (одночасним) способами, були наплавлені диски, виготовлені з сталі Ст.3.

В процесі проведення експериментів за вищеописаними варіантами (табл. 2.1) було випробувано декілька технологічних схем наплавлення. Зразок А був наплавлений за допомогою сегментного індуктора (існуюча технологія), а для порівняння – чотири зразки (Б, В, ), наплавлених за розробленою технологією з допомогою двохвиткових кільцевих індукторів.



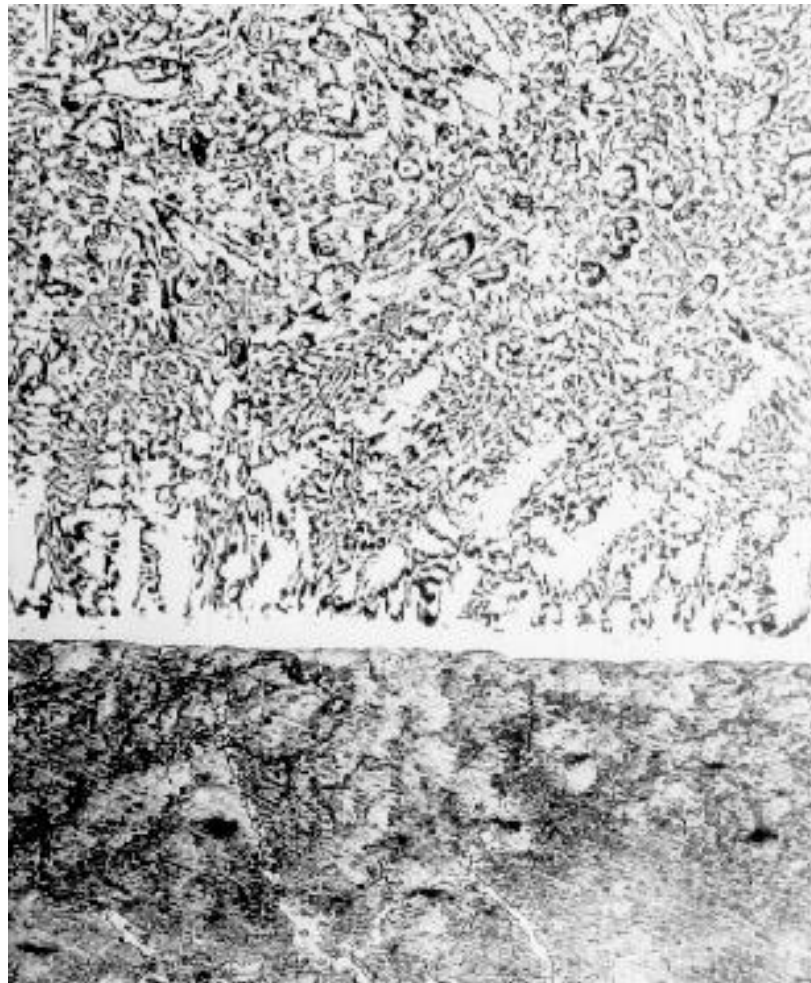


Рис. 2.1. Мікроструктура зразка А – перехідна зона X200, Ст.3+ПГ-C1

Встановлено, що за зовнішнім виглядом наплавлені зразки (товщина і ширина) практично мало відрізнялися один від одного; за структурою різниця є в основному за формою й характером розподілу надлишкових карбідів в центральній зоні наплавленого шару.

Загальною для всіх варіантів наплавленого металу є структура крайових ділянок наплавлень. Вона складається з карбідів хрому різної дисперсності при практично повній відсутності пластинчатих карбідів хрому. Останнє свідчить про те, що умови остигання крайових ділянок наплавлення були схожими між собою (товщини наплавленого шару металу практично однакові).

За характером розподілу і зовнішньому вигляді карбідів найбільш близькими до структури металу, одержаного за існуючою технологією (зразок А), є структури наплавлень зразків Б і В. Несуттєві відмінності, що є при цьому,

полягають в тому, що кількість надлишкових пластинчатих карбідів в них менша і вони дещо дисперсійніші (табл. 2.1, А, Б).

Крім того, ширина перехідної зони зразків Б і В менша (відповідно 10,4-15,6 і 13,0-15,6 мкм), ніж у зразка А.

Результати досліджень зразків Б і В показали, що за типом структури і величиною мікротвердості (рис. 2.2) вони практично ідентичні між собою і зразком А.

Мікроструктуру досліджуваних зразків вивчали на приладі НЕОФОТ-32 (Німеччина). Травлення зразків, наплавлених стійким проти спрацювання сплавом ПГ-СІ виконували електролітичним способом в хромовій кислоті - напругою 20 В, час витримки  $t=5$  с.

Відмінною особливістю виділень первинних карбідів в цій наплавці є віялоподібний характер їх виділень, а також наявність карбідів пластинчатої форми .

Характеристики мікротвердості структурних складових наплавлень А, Б приведені в таблиці 2.2.

Структура металу по краях наплавлення як по типу, так і по ширині перехідної зони практично не відрізняються від структури аналогічних ділянок зразка А. Мікротвердість карбідних частинок металу наплавленого зразка В в порівнянні із зразком А значно вища (табл. 2.2).

Зміна твердості структурних складових досліджуваних (карбіди хрому, матриця, біла смужка) зразків приведена на рисунку 2.3

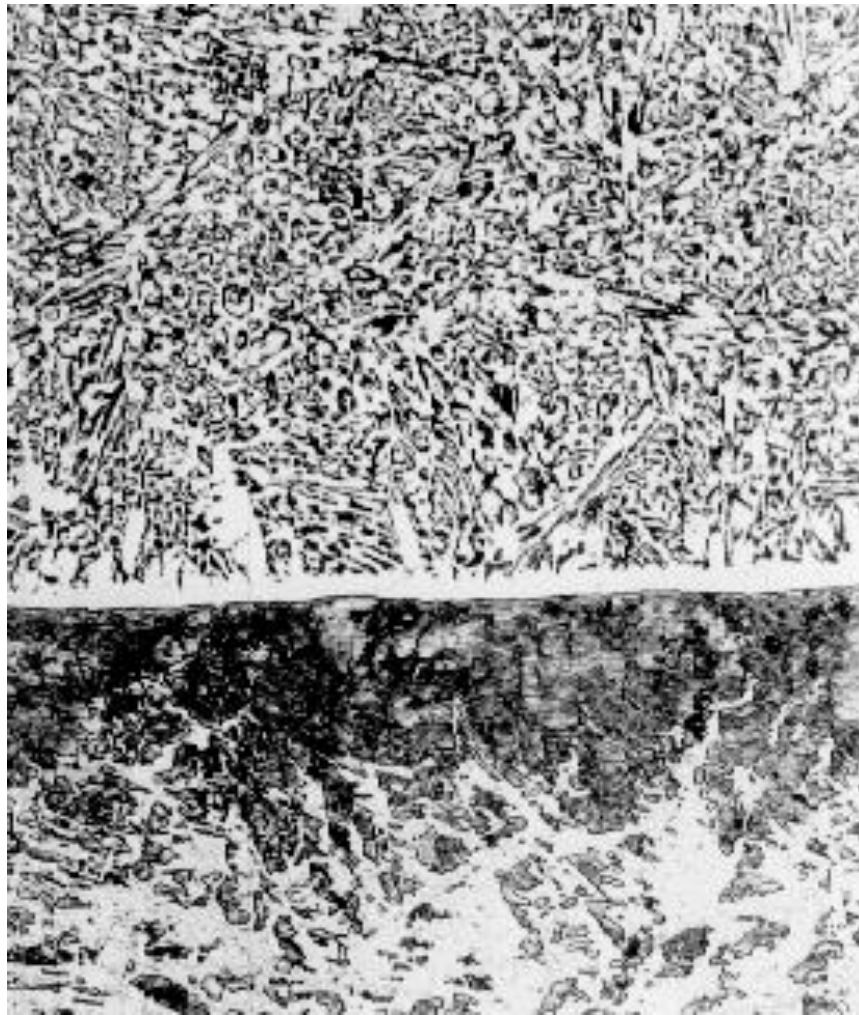
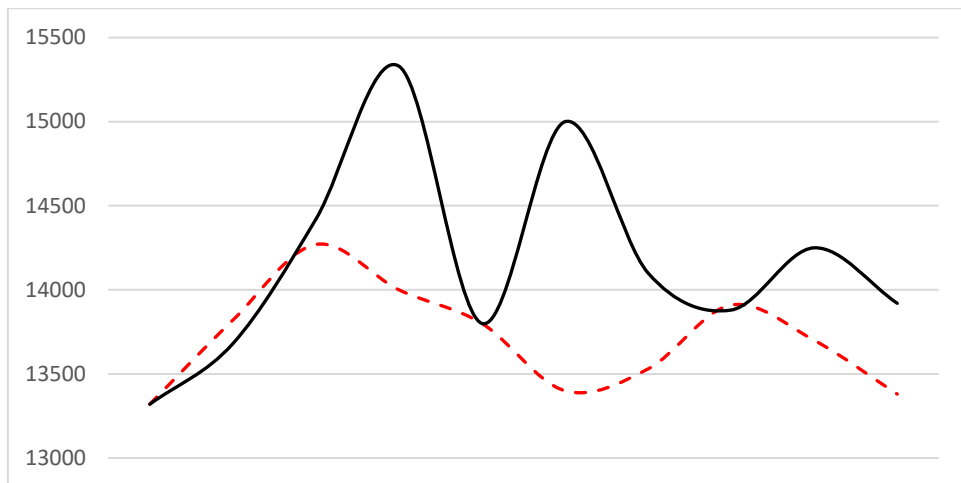


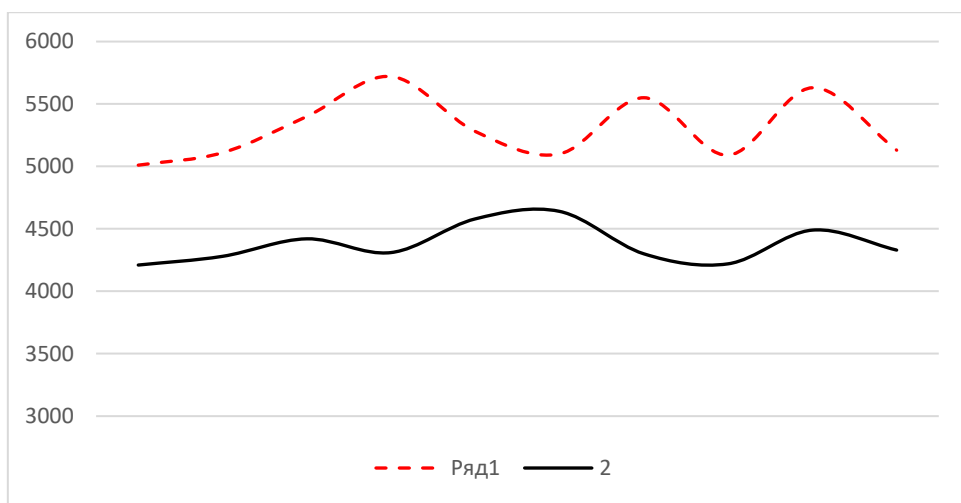
Рис. 2.2. Мікроструктура наплавленних зразків Б і В (табл. 2.1) – перехідна зона  
X 200, Ст.3+ПГ-СІ.

Таблиця 2.2 - Характеристики мікротвердості структурних складових (карбіди хрому, матриця, біла смужка)

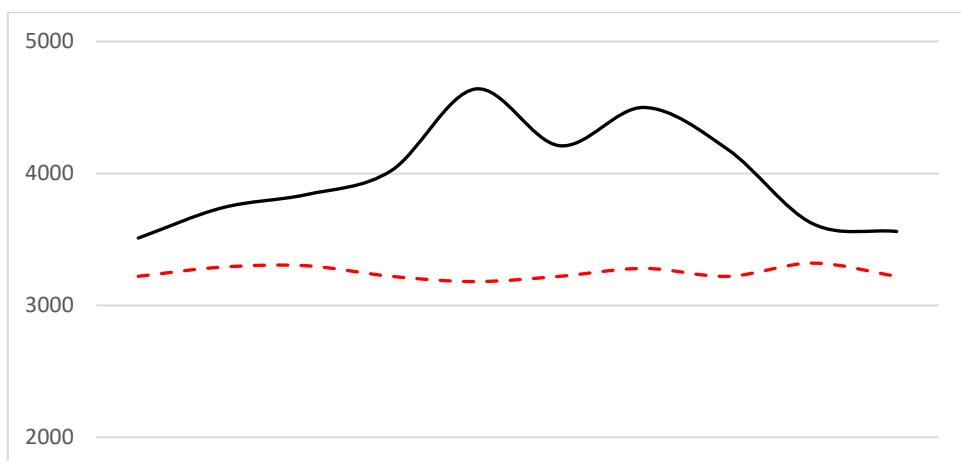
Позначення зразків	Мікротвердість структурних складових, Н/мм <sup>2</sup>		
	Карбіди хрому	Матриця	Біла смужка
А	12880...15000	4370...4640	3270...3570
Б	13320...15330	4210...4640	3220



а)



б)



в)

Рис. 2.3 твердості структурних складових досліджуваних (карбіди хрому (а), матриця (б), біла смужка (в)) зразків А та Б

### 2.3. Мікрорентгеноспектральний аналіз перехідної зони сплавлення основного і наплавленого металу

Досліджено також вплив режимів наплавлення на формування структури перехідної зони при індукційному наплавленні сплаву ПГ-СІ на сталь Ст.3 (зразків А, Б). Дослідження проводили на мікроаналізаторі MS-46 французької фірми САМЕСА. Вивчення розподілу вуглецю виконували на мікроаналізаторі КАМЕВАХ SX-50 тієї ж фірми [3].

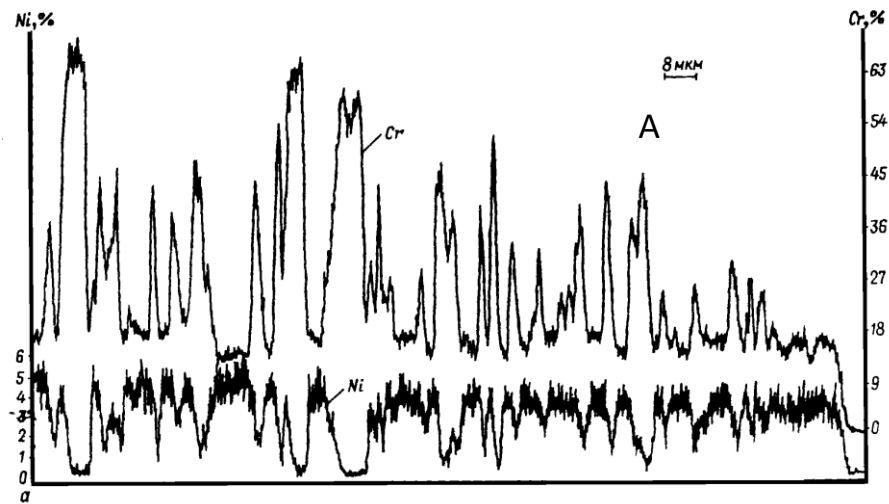
На рис. 2.4, а, б, в показаний розподіл нікелю і хрому в зразках (А, Б). У всіх випадках записи виконувалися в рівнозначних ділянках посередині ширини наплавлення, перпендикулярно лінії сплавлення, як правило, на глибині 200 мкм від основного металу.

Встановлено, що у зразка А (рис. 2.4, а) на відстані до 40 мкм від основного металу спостерігається зона, яка характеризується дрібнодисперсним виділенням карбідів з максимальним вмістом хрому до 30% і середнім вмістом нікелю в матриці біля 3%. На відстані 40 мкм виявлено наявність більш крупних карбідів, де концентрація хрому зростає майже до 60%. Вміст нікелю в твердому розчині складає біля 5%. В зразку Б (рис. 2.4, б) легко проглядається наявність трьох характерних ділянок. На першій ділянці, товщиною приблизно 90 мкм, структура характеризується наявністю твердого розчину з практично рівномірним (стабільним) розподілом хрому і нікелю порядку 17% і 3% відповідно.

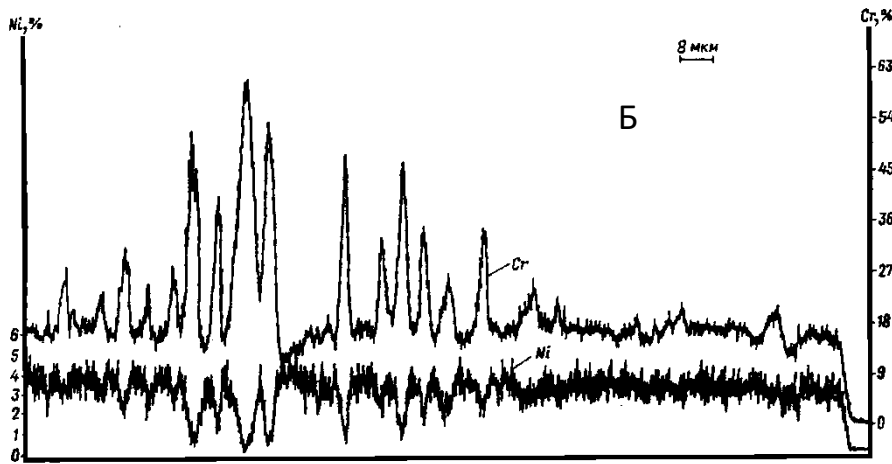
На другій ділянці, протяжністю 80 мкм, спостерігається наявність карбідів, що містять хром 60% і мінімальна кількість нікелю (порядка 0,5...1,0%).

Для третьої ділянки характерний більш стабільний розподіл хрому і нікелю з середнім вмістом їх відповідно 23 і 2,7%.

Відомо, що при підвищених температурах в зоні сплавлення зварного з'єднання різнорідних сталей може відбуватися дифузія вуглецю з менш легованого металу в більш легований, наприклад, з низьколегованого основного металу в аустенітний шов.



а)



б)

Рис. 2.4. Розподіл хрому і нікелю в зоні з'єднання в зразках А, Б Ст.3+ПГ-СІ

За даними рентгеноструктурного аналізу, одержані з'єднання відповідають карбідам  $(Fe, Cr)_7C_3$ . Одержання такої структури визначається саме вибором технології (режиму наплавлення).

Таким чином, як по мікроструктурі, так і по розподілу елементів технологічний варіант наплавлення зразка Б, вигідно відрізняється від варіанту А, що дає підставу вважати його найбільш оптимальним.

## **2.4. Дослідження впливів режимів наплавлення на властивості наплавленого металу**

Для підтвердження відмічених раніше припущень по збільшенню ресурсу роботи тонких елементів конструкцій (ножів для зрізання соняшнику) були проведені лабораторні випробування на стійкість проти спрацювання зразків А, Б (табл. 2.1) з вимірюванням їх твердості.

Твердість наплавленого металу заміряли за допомогою твердоміра 2137-ТУ (Віккерс) для існуючого і розробленого технологічних процесів, по радіусу  $R_1$  і  $R_2$ .

Діаграми розходжень твердості металу наплавленого за існуючим і розробленим технологічними процесами по режимах А, Б представлені на рис. 2.5.

Для зразка А твердість складає  $800 \pm 100$  HV, а для зразка Б відповідно  $800 \pm 85$  HV.

На рис. 2.6 подані діаграми відносної стійкості проти спрацювання наплавлених зразків (середні по трьох випробуваннях).

Як видно з рис. 2.5, найменшу стійкість проти спрацювання має зразок А – 2,16, а зразок Б – 2,60.

Високий рівень стійкості проти спрацювання зразка Б зумовлений більш сприятливим розподілом легованих елементів в структурі наплавленого металу.

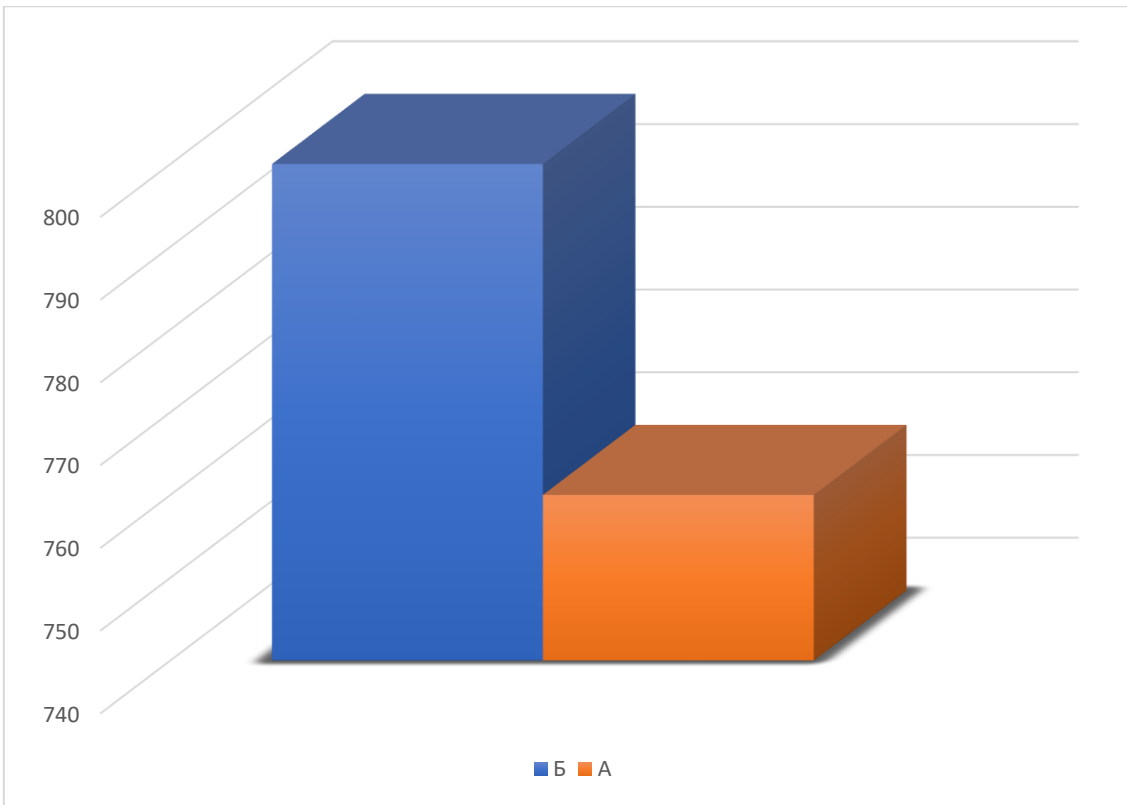


Рис. 2.5. Твердість наплавленого металу наплавлених зразків А, Б (табл. 2.1)

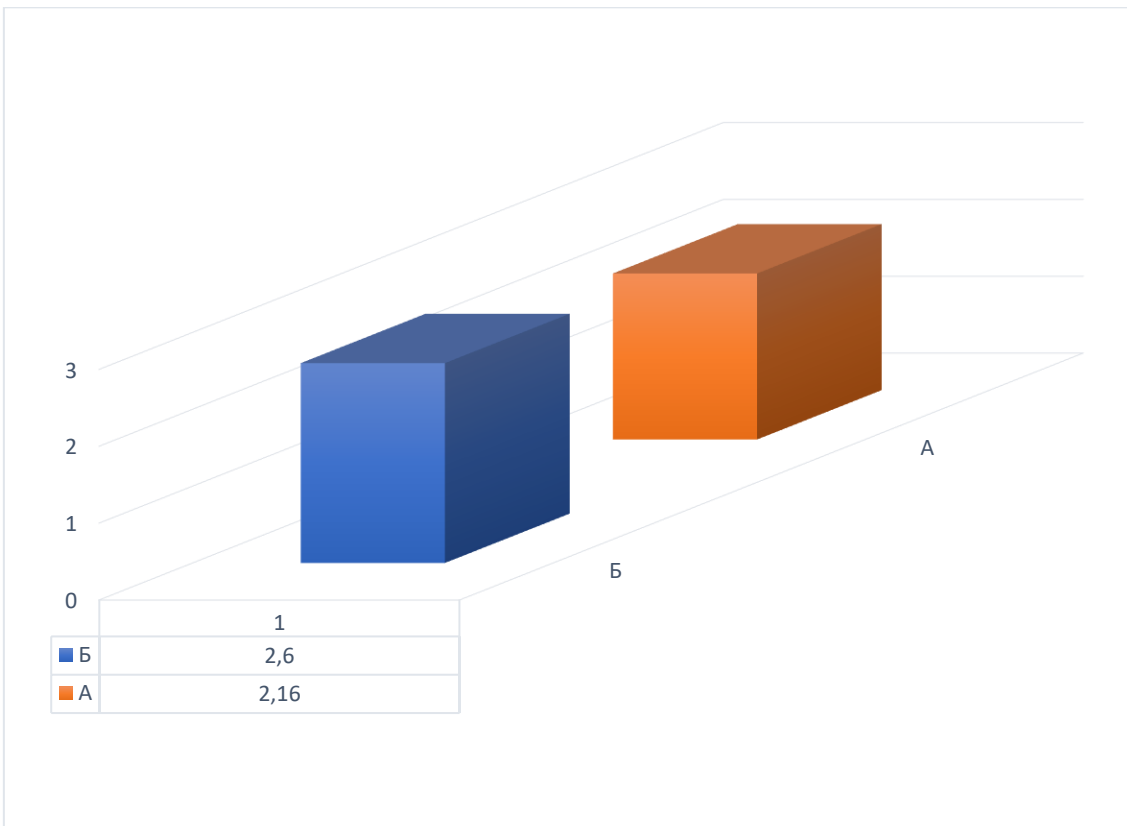


Рис. 2.6. Діаграма відносної стійкості проти спрацювання наплавлених зразків А, Б (табл. 2.1)



## 2.5. Вплив режимів наплавлення на геометричні розміри наплавленого валика і величину деформації тонких елементів конструкцій

Проводились дослідження товщини наплавленого шару і деформації зразків для двох схем наплавлення А і Б (табл. 2.1).

Товщину наплавленого шару визначали за наступною методикою [4].

На торці диска за допомогою спеціального інструменту з кулькою виконували напівсферичні виїмки в 36 точках по колу радіусом  $R_2 - 202,5$  мм (рис. 2.7), з сторони, протилежній зоні наплавлених поверхні диска.

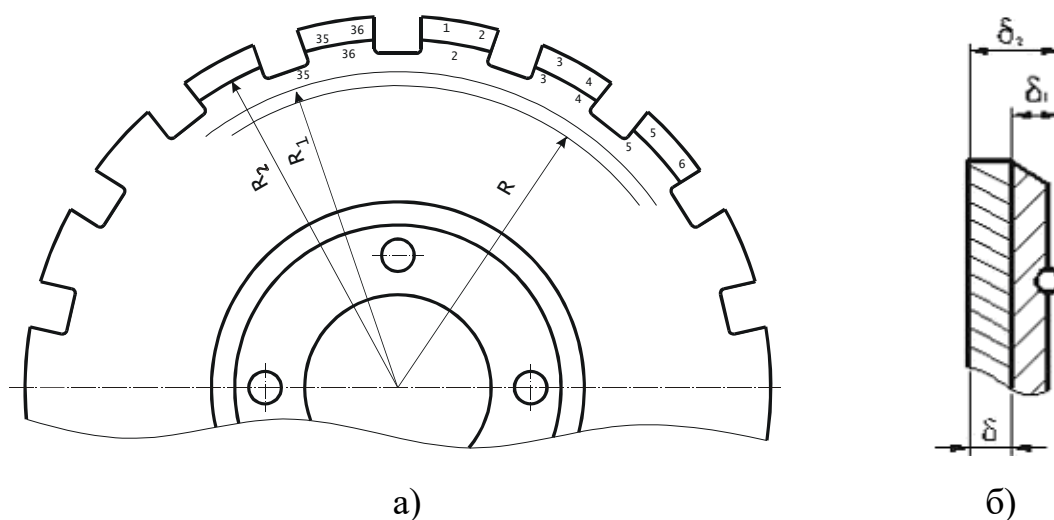


Рис. 2.7. а – елемент, підготовлений для вимірювання товщини наплавленого металу; б – переріз в зоні наплавлення

Потім за допомогою мікрометра, а також іншої кульки аналогічного діаметру, що служить опорою для губок мікрометра (одна губка якого напівсферична, а інша - з плоскою поверхнею) вимірювали товщину основного металу до наплавлення (рис. 2.9 б) розмір  $\delta_1$ . Кульки необхідні для підвищення точності вимірювання в кожній з 36 точок: оскільки при індукційному напавленні тонких дисків на поверхні, протилежній зоні наплавлення, утворюється окалина, що може призвести до великих похибок при вимірюванні мікрометром без кульок.

Товщина наплавленого шару визначалася як різниця товщин наплавленого і основного металу конструкції, тобто  $\delta = \delta_2 - \delta_1$ .

Криві розсіювання фактичних розмірів і криві нормального розподілу товщини наплавленого шару наплавлених за вище згаданими технологіями наведено на рис. 2.8 та 2.9. На рис. 2.8 наведено криву нормального розподілу товщини наплавленого металу при неперервно-послідовному способі наплавлення, а на рис. 2.14 наведено криву при одночасному наплавленні по всій робочій поверхні.

Не заштриховані області, що знаходяться під кривою нормального розподілу, теоретично являють собою відсоткову частку деталей, у яких товщина наплавленого металу перебуває в полі допуску.

Рівномірність товщини наплавленого валика, одержаного при одночасному способі наплавлення, в порівнянні з неперервно-послідовним способом, покращується на 6 %. Це досягається за рахунок енергоощадного режиму нагрівання по експоненціальному закону, а також утворенням єдиної рідкої ванни.

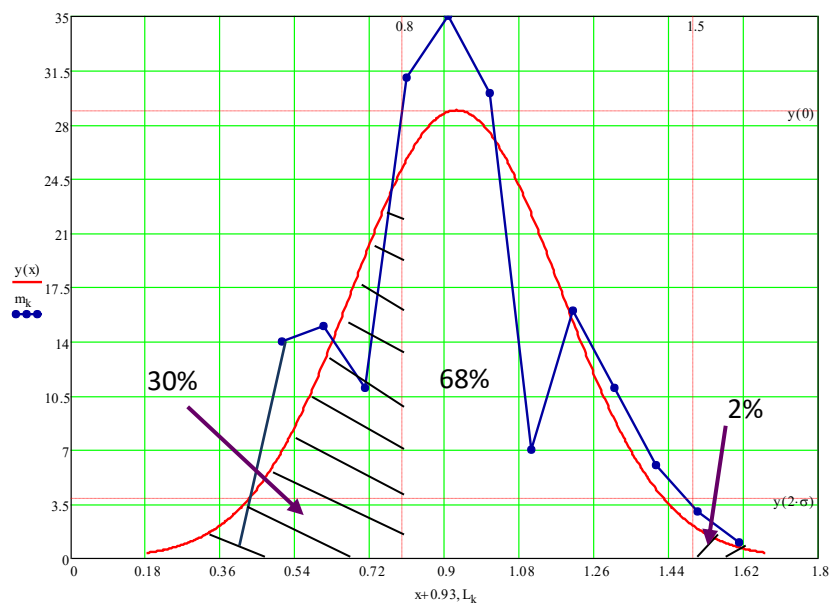


Рис. 2.8 - Криві нормального розподілу товщини наплавленого металу при неперервно-послідовному способі наплавлення

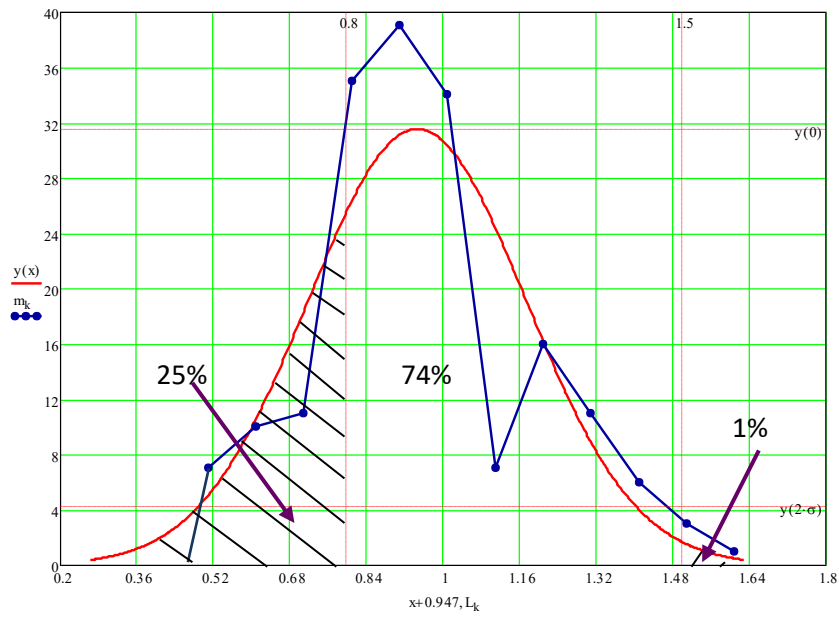


Рис. 2.9 - Криві нормального розподілу товщини наплавленого металу наплавленого одночасно по всій робочій поверхні

## 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Заготовки та методи їх одержання

Заготовки для тонких деталей виготовляють з листового металу товщиною 3 мм.

Листи постачаються на підприємство заводом-виробником в пачках. Потім при допомозі допоміжного транспорту подається на ділянку розмічування. Після чого листи розрізають на установці повітряно - плазмового різання металу з ЧПУ Plasma75 (рис. 3.1). Установка призначена для виконання розкрою листового металу з максимальною рекомендованою товщиною різання до 25 мм деталей складної форми.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд установки повітряно - плазмового різання металу з ЧПУ Plasma75

Технологічний процес виготовлення виробу з листів починається з підготовки листів, різання, і може включати наступні операції: правлення, зачищення.

### 3.2 Технічне обґрунтування вибраного способу наплавлення

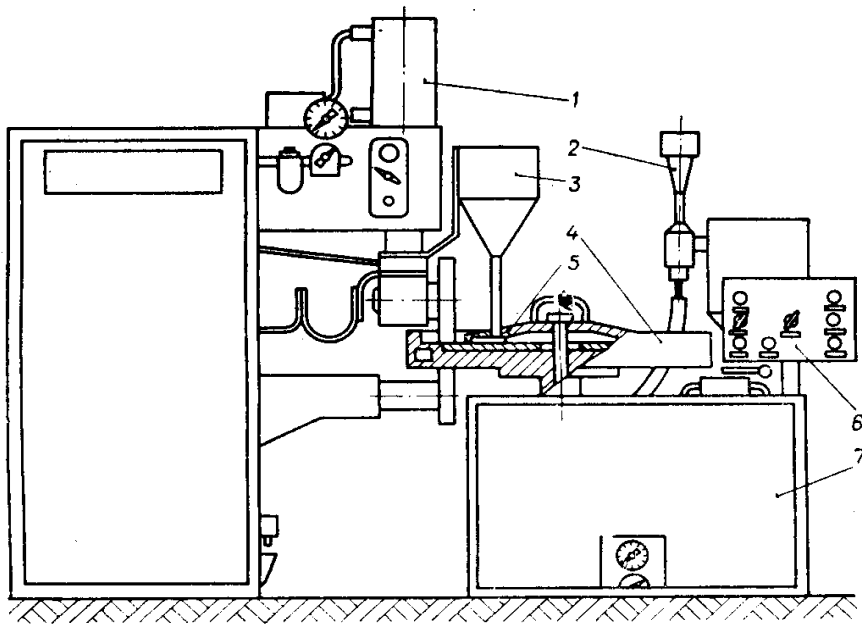
Газове наплавлення пропонується використовувати для ножів бурякозбиральних комбайнів, деталей сіялок і луцильників [9]. Джерелом нагрівання в даному процесі служить ацетиленокисневе полум'я, в якості присаджувального матеріалу використовуються дріт або порошки стійких проти спрацювання сплавів. Розроблено декілька багатополуменевих наконечників до стандартних пальників [9]. Наплавлення пальниками з такими наконечниками може проводитися не тільки вручну, але й механізованим способом.

Перевагами газового наплавлення являються: незначне проплавлення основного металу і мінімальне перемішування (8...10%) основного металу з наплавленим, простота і доступність обладнання і технології, можливість одержання наплавленого металу практично будь-якої системи легування.

Основні недоліки способу – низька продуктивність, нестабільна якість наплавленого металу, яка залежить від кваліфікації робітника.

Відомий спосіб наплавлення з використанням електроконтактного нагрівання [9 - 12]. Присаджувальним матеріалом при електроконтактному наплавленні можуть бути порошки, дріт і стрічки. Схема установки електроконтактного наплавлення дискових ножів з присаджуванням порошків стійких проти спрацювання сплавів приведена на рис. 3.2.

На рис. 3.3 показана установка для приварювання стрічки до дискового луцильника.



1 – контактна шовна машина МШ-3201; 2 – бункерний дозуючий пристрій; 3 – пневмопритискач; 4 – водоохолоджуюча планшайба; 5 – ежекторний пристрій; 6 – пульт керування; 7 – основа

Рисунок 3.2. Схема установки для електроконтактного наплавлення дискових ножів [16]



Рисунок 3.3 - Загальний вигляд установки для приварювання стрічки до дискового луцильника на базі модернізованої машини МШПР-300/1200 [13]

Перевагами даного способу являються: відсутність проплавлення основного металу, мінімальні деформації наплавлених деталей, можливість наплавлення прошарків малої товщини. Недоліки – низька продуктивність процесу, відсутність серійного виробництва обладнання і нестабільна якість наплавленого металу.

Для одержання біметалевих робочих органів, а саме деталей лушчильників, пропонується застосовувати спосіб електроконтактного плакування стійкою проти спрацювання стрічкою. Для забезпечення заданої міцності і пружності дискові ножі перед плакуванням піддаються об'ємному загартуванню і відпуску. Окалина, яка утворилася в процесі прокатування і термообробки, видаляється травленням в 20% розчині сірчаної кислоти з додаванням 1% інгібітора ОП-1, підігрітого до температури 70°C. Після травлення, промивання і сушіння деталь вважається придатним до плакування стрічкою. Основними недоліками цього способу являються велика трудоемкість підготовчих робіт, труднощі з виготовленням стрічок з високостійких проти спрацювання сплавів, невисока міцність зварних прошарків.

В ІЕЗ ім. Е. О. Патона розроблений спосіб наплавлення стисненою дугою – плазмове наплавлення. В роботах [9, 14-15] описана технологія плазмового наплавлення різних деталей і інструментів, в тому числі робочих органів ґрунтообробних машин. В якості матеріалів для наплавлення таких деталей можна використовувати порошки сплавів на залізній основі і самофлюсуючих сплавів на нікелевій основі. Спосіб відрізняється малим проплавленням основного металу, високою якістю наплавленого металу, можливістю наплавлення тонких прошарків з використанням широкої гама присаджувальних матеріалів. До недоліків цього способу необхідно віднести відносно низьку продуктивність і необхідність в складному і дорогому обладнанні. Високі вимоги до гранулометричного складу і форми гранул порошків для плазмового наплавлення порошковими матеріалами приводять

до її значного подорожчання. Все це обмежує застосування цього способу наплавлення, в тому числі і в сільськогосподарському машинобудуванні.

Для зміцнення робочих поверхонь різних плоских деталей, в тому числі робочих органів ґрунтообробних машин, використовують методи плакування вибухом і прокатуванням [15]. До переваг плакування вибухом відносять високу швидкість процесу; можливість одержання з'єднання металів, які іншими способами одержати неможливо або складно; відносну простоту технології (відсутність необхідності застосування складного обладнання) [12]. В Чехії технологію наплавлення вибухом використовували при виробництві біметалічних ножів та інших елементів конструкцій [14]. Оцінки ефективності технології в порівнянні з традиційним металургійним способом ливарного плакування показали, що її застосування технічно і економічно обґрунтоване.

В ІЕЗ ім Е. О. Патона розроблений і випробуваний спосіб одержання стійкого проти спрацювання біметалу при прокатуванні пакетів з порошком ПГ-С1, який базується на принципі автовакуумного зварювання тиском. Автори роботи [16] застосували цей спосіб для одержання інструментального біметалу з плакуючим шаром з порошку ПР-10Р6М5. Основним недоліком способу являються технологічні складності при складанні пакету великих розмірів, які пов'язані з необхідністю ущільнення порошку для створення мінімального об'єму повітря в порожнині пакету. Попереднє пресування порошку дозволяє усунути цей недолік. Так, в роботі [17] показано, що при одержанні біметалічного профілю для робочих органів ґрунтообробних машин порошок плакуючого прошарку ПГ-С1 попередньо компактували методом гарячого газостатичного пресування, однак промислового використанню цієї технології перешкоджає складність і висока трудоемкість. Більш перспективні способи отримання біметалів, що використовують для нанесення і компактування порошкового прошарку енергію вибуху.

В роботі [18] описані результати експериментів з вибухового плакування стійкими проти спрацювання порошками робочих органів сільськогосподарських машин. Відмічено задовільні властивості біметалічної сполуки



і високу стійкість проти спрацювання плакуючого прошарку з порошків. Метод вибухового плакування порошками простий у втіленні (не потребує застосування дорогого обладнання), однак його практичне використання ускладнюється через велику тривалість підготовчих операцій, значних деформацій виробів і заготовок, що мають невелику товщину і розвинуту поверхню плакування. Крім того, проблематичною постає можливість одержання якісних покриттів великої товщини.

Проведений аналіз показав, що найбільш перспективним з розглянутих способів наплавлення для зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин типу тонких фасонних деталей є індукційне наплавлення шихтою у вигляді порошків стійких проти спрацювання твердих сплавів.

Більш конкретно технологічні особливості цього процесу, обладнання і задачі по їх вдосконаленню розглянуті нижче.

Для усунення вищевказаних недоліків неперервно-послідовного способу запропонована технологія індукційного наплавлення, яка полягає в одночасному нагріванні по всій робочій поверхні ножів. При застосуванні даного способу можна значно підвищити продуктивність процесу наплавлення в 4-5 разів, економити електроенергію на 15-25%, зменшити деформацію тонких сталевих деталей, а також усунути операцію рихтування в порівнянні з неперервно-послідовним процесом наплавлення.

Продуктивність процесу наплавлення в даному випадку досягається за рахунок одночасного наплавлення всієї зони, а зменшення деформації здійснюється за рахунок єдиної рідкої ванни, створюваної наплавлюваним металом.

Розроблена технологія одночасного індукційного наплавлення по всій робочій поверхні деталей дозволяє наплавляти деталі лише певного розміру і ширини зони наплавлення.

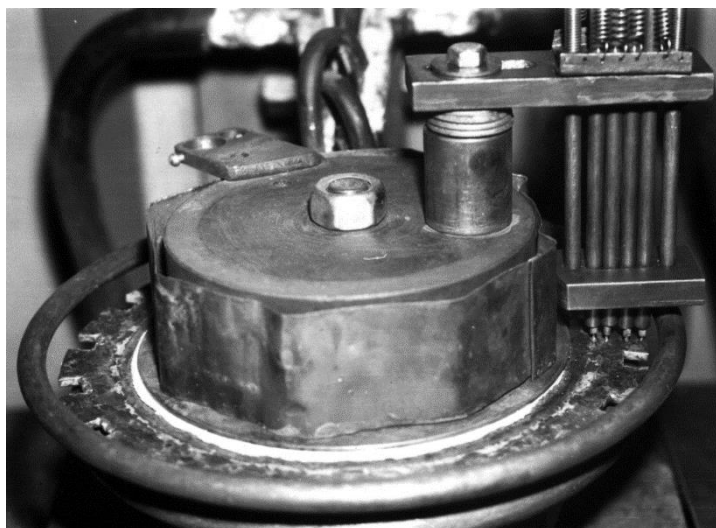


Рисунок 3.4. Пристосування для встановлення деталі в кільцевому двохвитковому індукторі

Таким чином, при розгляді методів індукційного наплавлення тонких елементів конструкцій виникає необхідність у вдосконаленні даного методу, в розробці нових способів.

### **3.3 Вибір наплавлювальних матеріалів**

Як правило при індукційному напавленні, в якості присадкового матеріалу використовується порошкоподібний твердий сплав. Для напавлення розроблено державний стандарт ГОСТ 11930.0-79 - Материалы наплавочные.

Вибір наплавлювального матеріалу визначається умовами отримання бездефектних структур напавленого металу, що задовольняє по своїх властивостях вимоги, які висуваються до нього умовами експлуатації конструкції, в даному випадку твердості та зносостійкості.

В більшості випадків при напавленні метал без пор отримують при застосуванні таких матеріалів, як тверді порошки типу ПГ-С1, ПГ-АН5, ПГ-АН8, ПГ-АН9, що забезпечують рівномірність і структуру напавленого металу (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Хімічний склад порошкоподібних твердих сплавів [ 17]

Наплавлюваний матеріал		Хімічний склад, %									Твердість наплавлюваного металу (HRC)
тип	Марка	C	Cr	Si	Ni	Mn	B	Cu	W	Fe	
порошки	ПГ-С1 сормайт № 1 (У30Х28Н4С4)	2,5-3,3	27-31	2,8-4,2	3,0-5,0	0,4-1,5	-	-	-	основа	51
	ПГ-АН5 (НХ 1603Р3)	0,9-1,4	14-18	2,5-3,5	основа	-	2,2-3,0	-	-	н.б. 3,0	45÷55
	ПГ-АН8 (НХ30С3Р4)	1,4-2,0	28-32	2,8-3,5	основа	-	3,2-4,6	-	-	н.б. 3,0	56÷65
	ПГ-АН9 (НХВС2Р3П)	0,3-0,9	6-10	1,5-2,5	основа	-	3,6-3,2	-	-	н.б. 3,0	46÷58

Тож для наплавлення ножа зі сталі Ст3 використовуємо порошкоподібний твердий сплав сормайт (ПГ-С1), який з поміж інших володіє найбільшою твердістю та зносостійкістю, і використовується для індукційного наплавлення деталей ґрунтообробних машин.

### 3.4 Вибір та підбір параметрів режиму наплавлення

Згідно експериментальних даних було встановлено, що найкращим режимом наплавлення технологія з використанням двохвиткових прямокутних індукторів, які забезпечують найбільшу продуктивність, та підвищують якість напавленого металу.

Даний режим порівнювався з технологією неперервно-послідовного наплавлення.

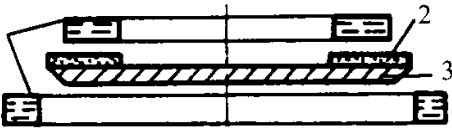
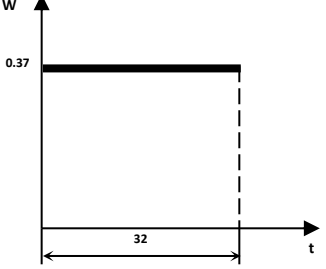
Наплавлення проводили одночасно по всій робочій поверхні генератором типу ВЧГ3-100/0,44 без обертання деталі. Технічні характеристики генератора для нагрівальної системи склали: напруга на контурі – 7,5 кВ; напруга на аноді лампи – 10 кВ; струм сітки лампи – 1,4 А; струм анода лампи – 4 А; час наплавлення всієї робочої поверхні деталі складав 32 с.

### 3.5 Вибір і обґрунтування наплавлювального устаткування

Установки для високочастотного наплавлення складаються з високочастотного генератора, індуктора та спеціалізованого наплавлювального оснащення. Для здійснення процесу індукційного нагрівання в промисловості застосовуються високочастотні лампові та тиристорні генератори-перетворювачі. Лампові - мають робочу частоту більше 50 кГц, а тиристорні - 0,5... 8,0 кГц.

Найбільш широке застосування отримали лампові генератори з робочою частотою 60...74 кГц (ЛПЗ-2-67, ВЧИ-63/0,44, ВЧИЗ-160/0,066 тощо). Із застосуванням в промисловості високочастотного зварювання та наплавлення у виробництво були впроваджені лампові генератори з частотою струму 440 кГц і потужністю від 160 до 600 кВт (ВЧС 1 250/0,44; ВЧС 1 600/0,44 тощо).

Таблиця 3.2 – Параметри режиму індукційного наплавлення

Позначення зразків	Схеми наплавлення	Режими наплавлення					тип генератора	Характер зміни питомої потужності індуктора $W \cdot 10^{-9}$ Вт/м <sup>3</sup>
		Напруга на контурі, кВ	Анодна напруга, кВ	Струм сітки лампи, А	Струм анода лампи, А	Час наплавлення, с		
Б		7,5	10	1,4	4	32	ВЧИ-63/0,44	

З врахуванням параметрів режимів наплавлення вибираємо високочастотний генератор типу ВЧГЗ-100/0,44 [11]. Технічна характеристика якого приведена в таблиці 3.3.

Генератор типу ВЧГЗ-100/0,44 призначений для живлення технологічних пристроїв індукційного нагрівання при різних технологічних операціях.

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика генератора типу ВЧГЗ-100/0,44 [9]

Напруга мережі живлення, частотою 50 Гц, В			380
Потужність, що споживається від мережі, кВт			141
Коливальна потужність, кВт			100 <sub>-10</sub>
Робоча частота, МГц			0,44±0,011
Коефіцієнт потужності при анодній напрузі 10,5-11,5 кВ, не менше			0,85
Відхилення стабілізованої анодної напруги при регулюванні в межах 3,5 – 10,7 кВ при зміні напруги мережі живлення в межах ±5 % від номінального значення, %, не більше			±0,5
Розхід охолоджуючої води, м <sup>3</sup> /год			3,4
Тиск води охолодження, МПа			0,2
Габаритні розміри, мм	генераторного блоку	в плані	2200×1400
		висота	2730
	блоку нагрівального контуру	в плані	1000×1330
		висота	2030
Маса, кг			3000

### 3.6 Метод контролю якості наплавленого шару

Вибір методів контролю якості визначається характером отримання необхідної інформації, особливостями контролюючого об'єкту є можливість його застосування в конкретних виробничих умовах. Зовнішні дефекти наплавлених деталей виявляють візуальним методом контролю. Його

проводять неозброєним оком, або за допомогою лупи. Це проста, але дуже важлива контрольна операція. Її необхідно виконувати старанно і кваліфіковано, з обов'язковою реєстрацією всіх зовнішніх дефектів для їх аналізу і виявлення причин.

Для наплавлених деталей необхідною умовою якості є забезпечення товщини наплавленого шару, який не повинен мати відхилення  $1_{-0,2}^{+0,5}$  мм.

Оцінку якості наплавленого шару наплавлених за двома способами – неперервно-послідовним і одночасним, – була застосована методика, яка описана в роботі [19] і наведена нижче.

На деталь за допомогою спеціального інструменту з кулькою на торці виконували напівсферичні виямки в 36 точках по радіусу  $R_2=202,5$ мм. з сторони, протилежної поверхні деталі, що підлягає наплавленню (рис. 3.5).

Потім за допомогою мікрометра, а також другої кульки аналогічного діаметру, що служить опорою для губок мікрометра (одна губка якого напівсферична, а інша з плоскою поверхнею) заміряли товщину  $\delta_1$  основного металу до наплавлення.

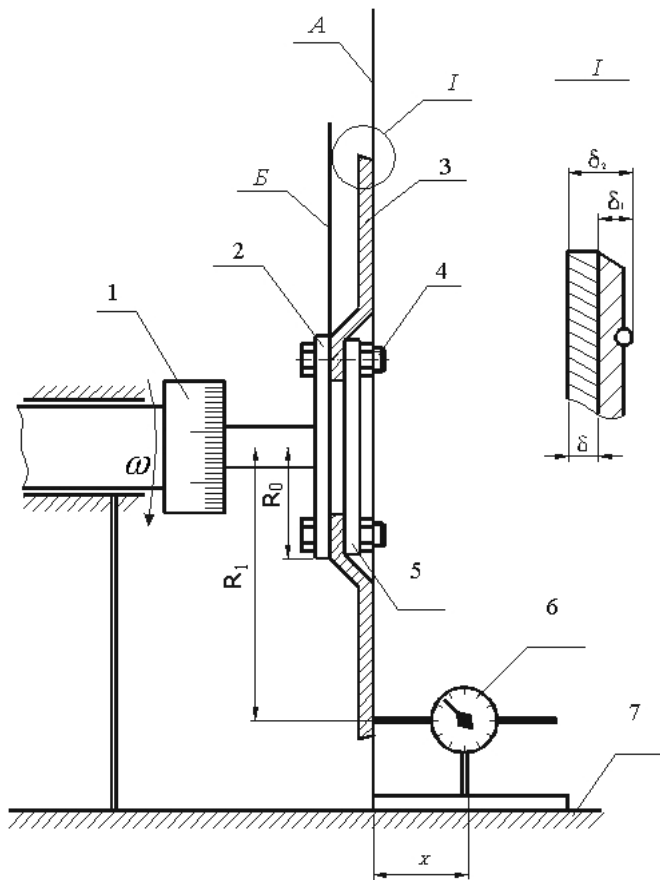
Кульки необхідні для підвищення точності вимірювання товщини наплавленого шару в кожній з 36 точок.

Товщина  $\delta$  наплавленого шару визначалась як різниця товщин наплавленої деталі  $\delta_2$  і основного металу  $\delta_1$ .

Опрацювання замірювань проводили за допомогою методів математичної статистики.

При індукційному наплавленні робочої частини тонких елементів конструкцій складної конфігурації і відносно великих розмірів важливе значення має точність виготовлення заготовок для наплавлення, від якої залежить якість наплавленого шару (рівномірність товщини шару, відсутність перегрівання окремих частин деталей, повне розплавлення шихти). Особливо ця точність необхідна при одночасному наплавленні, при

якому необхідно з достатньою точністю фіксувати заготовку відносно індуктора.



а – загальна схема; б – розріз ножа по перерізу  $I$  для вимірювання товщини наплавлюваного шару

Рисунок 3.5 - Схема установки для вимірювання деформацій деталі

Отже, запропонована методика дає можливість здійснити якісну оцінку технологічних процесів в залежності від способів наплавлення.

### 3.7 Опис запропонованого технологічного процесу наплавлення

Технологічний процес наплавлення виробу складається з таких операцій:

- заготівельні;
- наплавлювальні;

- опоряджувальні;
- допоміжні;
- контрольні.

### **3.7.1 Заготівельні операції**

При отриманні заготовок під наплавлення проводять наступні операції:

- зачищення;
- правлення;
- різання
- штампування.

Зачищення листів проводимо на листозачисній машині, де зачищення здійснюється одночасно з обох боків спеціальними щітками. Зачищенню піддають тільки забруднені або, чи частково забруднені листи.

Правлення проводили на листопрямильній машині. Завдяки правленню листи набувають правильної форми. Правленню піддаються тільки деформовані листи, які деформувалися при транспортуванні, чи неправильному зберіганні.

Операцію вирізання заготовок ножів-дисків із заданою конфігурацією здійснюємо на установці повітряно-плазмового різання металу з ЧПУ Plasma75, що дозволяє усунути операцію штампування.

### **3.7.2 Наплавлювальні операції**

Перед наплавленням візуально-оптичним методом перевіряють відповідність конструкції виробу вимогам креслень і технологічного процесу. Після цього засипають порошкоподібну шихту у відповідній кількості на вказану висоту. Наступним кроком є подача деталі в індуктор, в якому відбувається нагрівання і одночасно наплавлення. По закінченню процесу наплавлення заготовку знімають і подають на опоряджувальні операції.



### **3.7.3 Опоряджувальні операції**

Наплавленні деталі зачищають від шлаку механічними методами.

До механічних методів зачищення відносяться: пневмошліфмашини, шліфувальні верстати. Після зачищення виріб піддають методам контролю наявності внутрішніх дефектів.

### **3.8.4 Допоміжні операції**

При виготовленні даного виробу до допоміжних операцій відносять:

- налагоджувальні;
- перевантажувальні;
- роботи з приймання і видавання інструменту, наплавлювальних матеріалів.

Перед початком наплавлення проводимо налагоджувальні роботи з обладнанням, засипають шихту.

При виконанні перевантажувальних і піднімально-транспортних операцій здійснюємо перевезення заготовок з дільниці на дільницю, транспортування продукції на склад.

### **3.8.5 Контрольні операції якості наплавленого виробу**

Контроль готової продукції проводиться в два етапи:

1 етап. Контроль зовнішнім оглядом ( візуальний контроль ), при якому виявляються дефекти зовнішньої частини наплавленого металу;

2 етап. Контроль рівномірності товщини наплавленого металу, цей контроль є вибірковим.

## 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 4.1 Автоматична лінія індукційного наплавлення

На першій стадії, з метою автоматизації процесу наплавлення була розроблена механізована лінія [22]. Вона дозволяє механізувати процес їх наплавлення, включаючи завантаження заготовок, переміщення їх в роторному пристрої по позиціям установки деталі, насипання шихти, наплавлення і розвантаження її після наплавлення при суміщенні цих операцій, що дало можливість повністю механізувати процес їх наплавлення.

На рис. 4.1 показана автоматизована лінія, загальний вигляд; на рис. 4.2 – вигляд по стрілці А на рис. 4.1 (вигляд зверху); на рис. 4.3 – вигляд по стрілці Б на рис. 4.2; на рис. 4.4 – вузол І на рис. 4.3; на рис. 4.5 – розріз В-В на рис. 4.3; на рис. 4.6 – кінематична схема механізму переміщення дисків; на рис. 4.7 – схема механізму поштучної видачі дисків; на рис. 4.8 – кінематична схема механізмів завантаження та розвантаження дисків; на рис. 4.9 – вигляд по стрілці Г на рис. 4.1; на рис. 4.10 – розріз Д-Д на рис. 4.2; на рис. 4.11 – вигляд по стрілці Е на рис. 4.9; на рис. 4.12 – розріз Ж-Ж на рис. 4.2; на рис. 4.13 – розріз И-И на рис. 4.9.

Лінія складається з основи 1, на якій розташовані механізми завантаження та розвантаження дисків 2, механізм 3 засипання і повернення частково висипаної шихти з поверхні деталі, механізму переміщення дисків у позиціях 4, механізму поштучної видачі заготовок 5, механізму приймання наплавлених дисків 6, високочастотного генератора 7 і пристосування 8 для з'єднання клем індуктора з генератором 7.

Механізм 2 завантаження та розвантаження дисків 9 складається з коромисла 10, на кінцях якого встановлені електромагніти 11, встановленого з можливістю вертикального і обертального переміщення за допомогою пневмоциліндра 12 і повороту за допомогою електроприводу 13, 14, на вихідному валу якого розміщена вільно обертаюча шестерня 15 і

електромагнітна муфта 16. Шестерня 15 взаємодіє з шестерню 17 валу 18 коромисла 10.

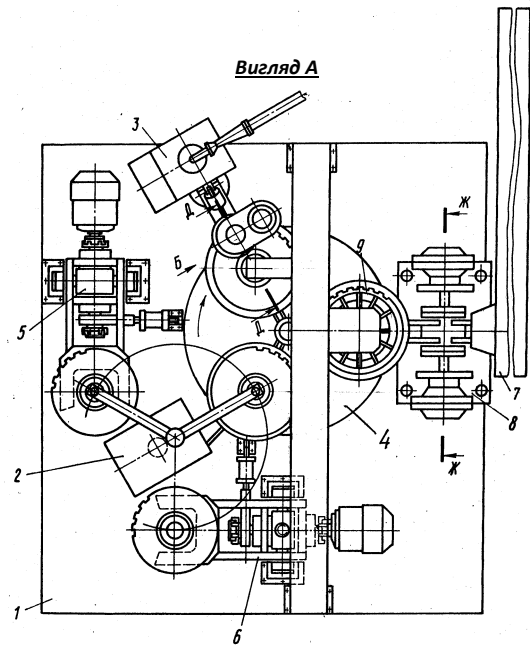
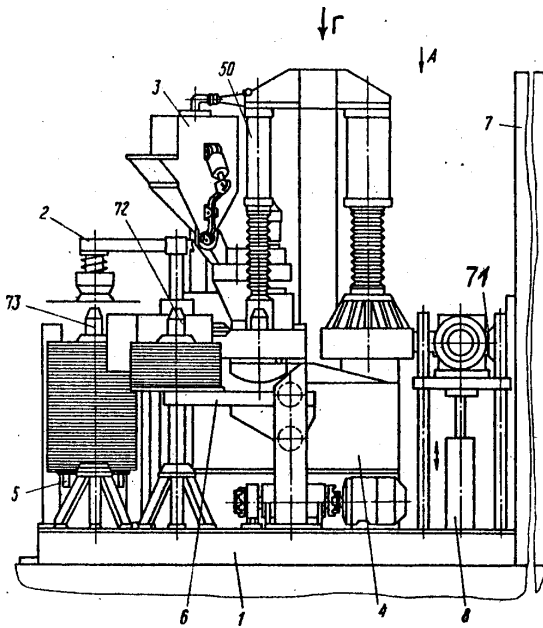
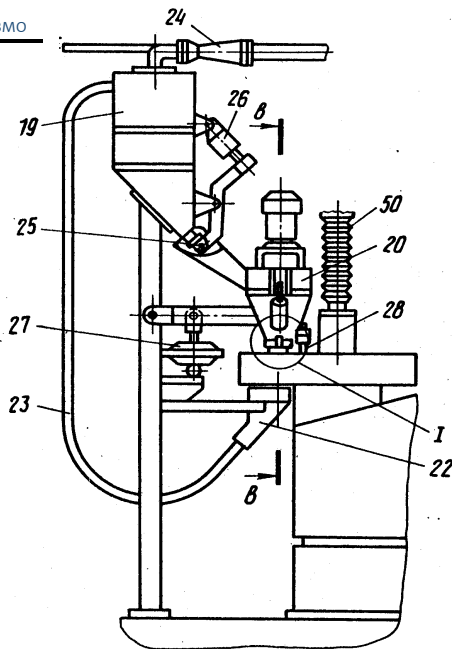


Рис. 4.1. Автоматична лінія для одночасного індукційного наплавлення

Рис. 4.1. Загальний вигляд лінії зверху

**Вигляд Б**

Від пневмо системи



**I**

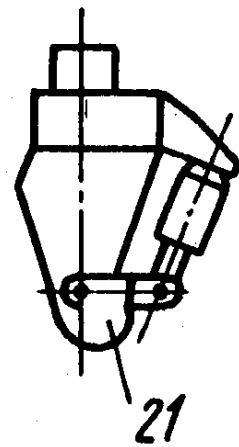


Рис. 4.3. Механізм для заповнення шихти

Рис. 4.4. Дозатор із заслінкою

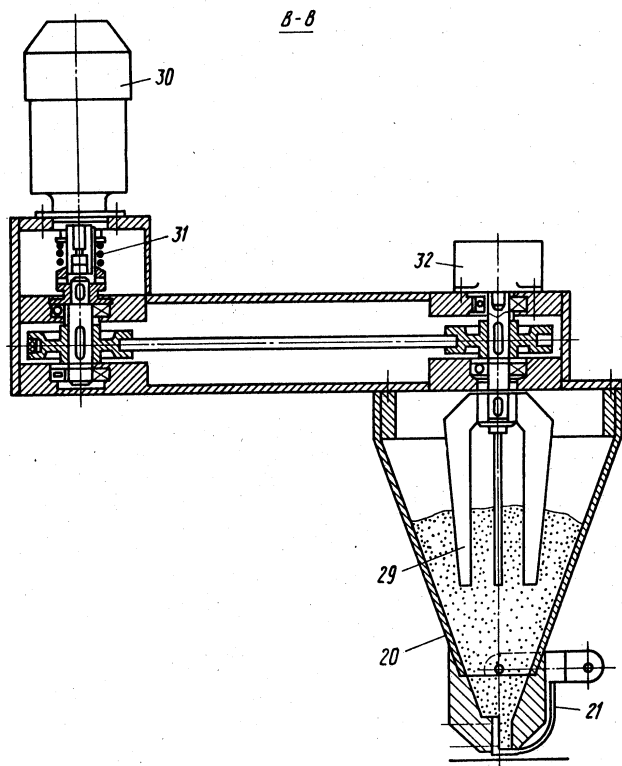


Рис. 4.5. Пристосування з дозатором для контролю рівня шихти в бункері-живильнику

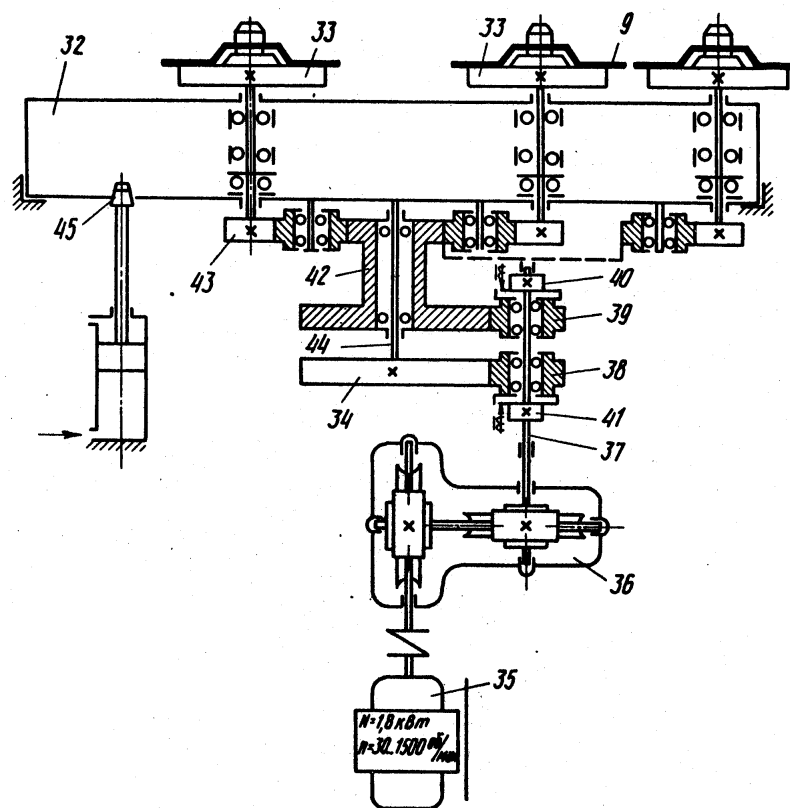


Рис. 4.6. Кінематична схема механізму переміщення деталей на позиції

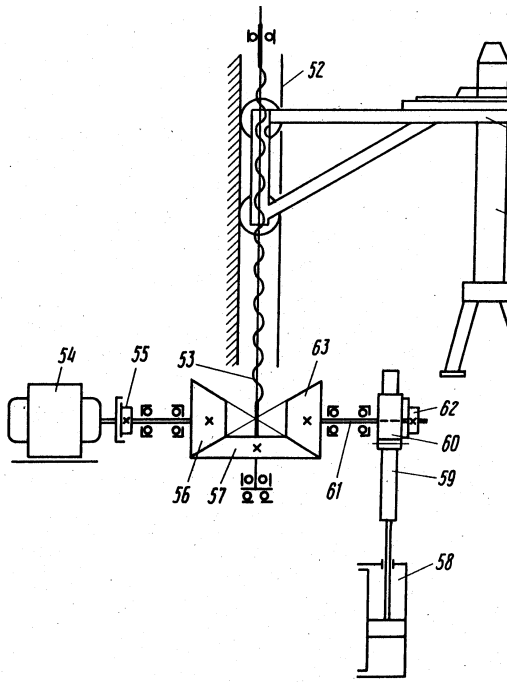


Рис. 4.7. Кінематична схема механізму поштучної видачі дисків

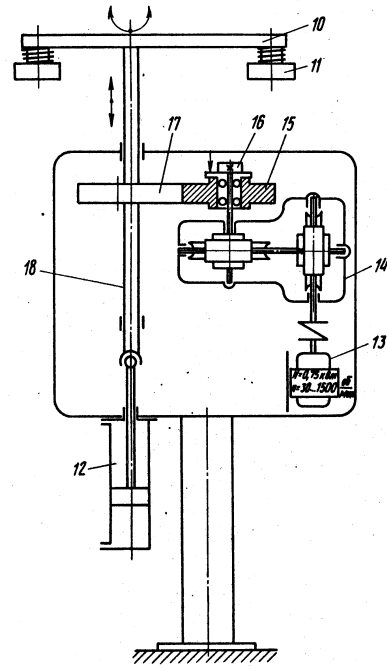


Рис. 4.8. Кінематична схема механізму завантаження та розвантаження дисків до і після наплавлення

**Вигляд Г**

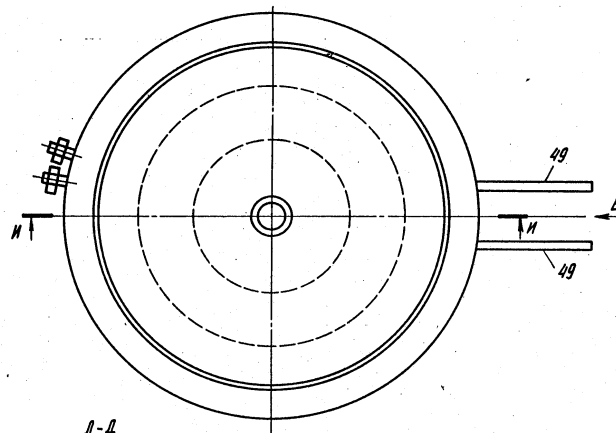


Рис. 4.9. Пристосування для притискання деталі під час наплавлення

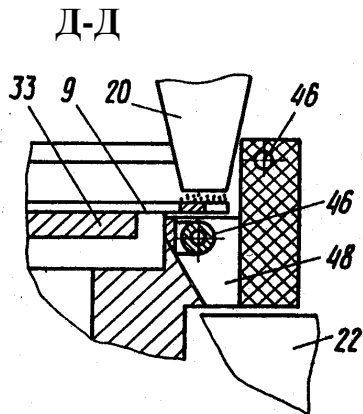


Рис. 4.10. Взаєморозташування деталі і дозатора в індукторі під час засипання шихти на деталь

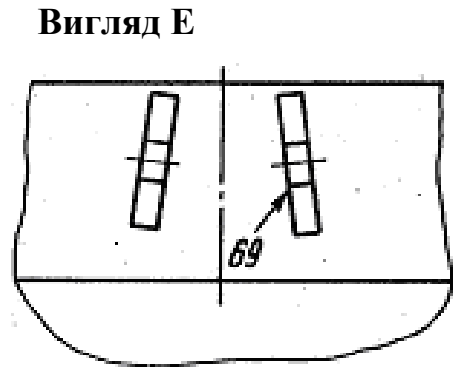


Рис. 4.11. Розташування клем індуктора в момент під'єднання їх до високочастотного генератора

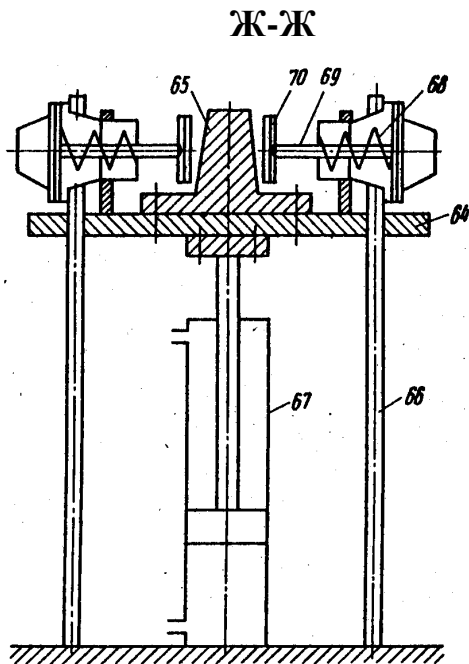


Рис. 4.12. Пристосування для з'єднання клем індуктора з генератором

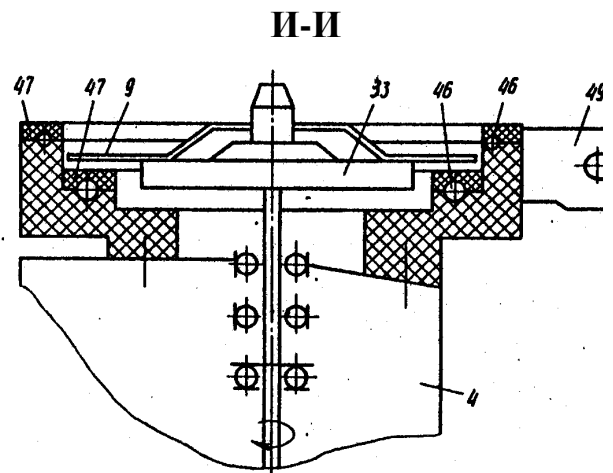


Рис. 4.13. Розташування деталі і індуктора в механізмі переміщення по позиціях

Механізм 3 засипання та повернення частково просипаної шихти складається з бункера-живильника 19, який коливається у вертикальній площині дозатора 20 і має щілинну воронку з заслінкою 21 - челюстного типу, вакуумного відсмоктування просипаної шихти, який складається з приймальної воронки 22, трубопроводу 23 і ежектора 24. Бункер-живильник 19 являє собою конусну ємкість з воронкою, яка закривається заслінкою 25 приводом 26. Коливальний дозатор 20 має привід піднімання 27 та копіювальний ролик 28, який регулюється по висоті.

Дозатор 20 оснащений лопатевою крильчаткою 29, що з'єднана з електродвигуном 30 фрикційною муфтою 31. На валу крильчатки 29 встановлений датчик обертання 32, який зв'язаний електрично з приводом 26 заслінки 25.

Механізм 4 переміщення дисків 9 являє собою поворотній стіл 32 з трьома поворотними планшайбами 33 для базування дисків 9 і шестерні 34, яка зв'язана з електроприводом 35 через редуктор 36, на вихідному валу якого закріплений шліцевий вал 37. На шліцевому валу 37 з можливістю вільного обертання встановлені шестерні 38 і 39, а також жорстко з'єднані з ним електромагнітні муфти 40 і 41. Шестерня 38 взаємодіє з шестернею 34 поворотного стола 32, а шестерня 39 зв'язана з блок-шестернею 42, яка встановлена з можливістю вільного обертання на валу 34, і взаємодіє з шестернями 43, які встановлені на валу кожної поворотної планшайби 33. Механізм 4 має фіксатор 44, який взаємодіє з гніздами 45 поворотного стола 32.

На поворотному столі 32 виконані отвори, в яких встановлені двохвиткові кільцеві індуктори 46, які зафіксовані за допомогою пластин 47. Гнізда 45 і пластини 47 армовані діелектричним матеріалом, а витки індуктора 46 розташовані по обидві сторони базової поверхні кожної поворотної планшайби 33. В нижній частині отворів виконані пази 48 для просипання шихти в приймальну воронку 22 вакуумного відсмоктування.

Кожний індуктор 46 має клеми 49, які виступають з-за поворотного столу 32. Механізм 4 має також пристосування 50 для фіксації дисків 9. Механізми 5 і 6 поштучної видачі і приймання наплавлених дисків складаються з вертикально-рухомої вилки 51, яка встановлена на направляючих 52 і зв'язана з ходовим гвинтом 53. Гвинт 53 зв'язаний з електродвигуном 54 безпосередньо електромагнітною муфтою 55 і конічними шестернями 56 і 57.

Для опускання вилки 51 на один крок механізми 5 і 6 мають механізм крокового переміщення, який виконаний у вигляді силового циліндра 58 з зубчатою рейкою 59, яка взаємодіє з шестернею 60, що встановлена на валу 61, який оснащений електромагнітною муфтою 62 і конічною шестернею 63, який знаходиться в зчепленні з шестернею 57 гвинта 53.

Пристосування 8 для під'єднання клем індуктора з генератором 7 складається з плити 64 з упором 65 у вигляді зрізаної піраміди, яка встановлена з можливістю переміщення по направляючих 66 з допомогою приводу 67. На плиті 64 по обидві сторони упору 65 встановлені пневмокамери 68. На кінцях штоків 69 пневмокамер 68 шарнірно вмонтовані діелектричні прокладки 70.

Високочастотний генератор 7 оснащений вивідними клемами 71, які розташовані навпроти клем 49 одного з індукторів 46 поворотного столу 32. Лінія оснащена змінними касетами 72 і 73 для дисків 9.

Автоматизована лінія працює таким чином. На лінію подається змінна касета 72 з пакетом дисків 9 і встановлюють її на вилку 51 механізму 5 поштучної видачі дисків. Порожня змінна касета 73 встановлюється на механізм 6 приймання дисків 9.

Силовим циліндром 58 через зубчату рейку 59 здійснюється обертання зубчатої пари шестерень 57 і 60, які повертають гвинт 53 на один крок. При цьому коромисло 10 опускається вниз до дотикання електромагніта 11 з диском 9, який лежить в касеті 72, а також до дотику другого електромагніта 11 диска 9, який пройшов наплавлення і встановлений на одній з обертаючих планшайб 33. Електромагніти 11 захоплюють диски 9, а силовий циліндр 58 вертається в початковий стан і піднімає коромисло 10, знімаючи диск 9 із



штиря касети 72 і наплавлений диск 9 з обертаючої планшайби 33. Електродвигун 13 через редуктор 14 та шестерні 15 і 17 при ввімкненій електромагнітній муфті 16 повертає коромисло 10 на 120° градусів. В кінцевій точці повороту електромагнітна муфта 16 автоматично вимикається і коромисло 10 опускається вниз силовим циліндром 12. Диск 9 встановлюють на поворотну планшайбу 33 механізму 4, а наплавлений диск 9 опускають на штир касети 72 механізму 6.

Коромисло 10 силовим циліндром 12 піднімається вверх і електродвигуном 13 повертається в попереднє положення. В той же час після зняття диска 9 з касети 73 і вкладання наплавленого диска 9 в касету 73 механізму 6 відбувається переміщення вверх вилки 51 механізму 5 на висоту, яка рівна товщині одного диска 9, а також опускання гвинта 51 механізму 6 на висоту, яка рівна товщині одного диска.

Переміщення вилки 51 здійснюється при вмиканні силового циліндра 58 при вимкненій муфті 55 і ввімкненій муфті 62, при цьому рейка 59 обертає через шестерню 60, конічну шестерню 63, яка повертає гвинт 53. Провертають поворотний стіл 32 механізму 4 і здійснюють подачу диска 9 в зону засипання шихти, диска 9 з шихтою в зону наплавлення, а наплавлений диск – в зону розвантаження.

Обертання стола 32 здійснюється електродвигуном 35 через редуктор 36, електромагнітну муфту 41, яка з'єднана з валом 37 редуктора 36 і вільно обертаючу шестерню 38, яка взаємодіє з шестернею 34. Після закінчення повороту стола 32 вмикають фіксатор 44, який входить в гніздо 45 стола 32 і фіксує його. На кожній позиції здійснюються відповідні технологічні операції.

В зоні механізму засипання шихти диск 9 притискається пристосуванням 50 для фіксації до поворотної планшайби 33 з метою запобігання можливості її провертання відносно поворотної планшайби 33 під час засипання шихти. Потім здійснюють переміщення дозатора 20 приводом 27 до дотикання копірувального ролика 28 з поверхнею диска 9, після чого відкривають заслінку челюстного типу 21.

Шихта в дозатор 20 поступає з бункера-живильника 19 при відкриванні заслінки 25 приводом 26.

Сигнал на відкривання заслінки 25 поступає від датчика 32 контролю обертання крильчатки. При наявності достатньої кількості шихти в дозаторі 20 пелюстки крильчатки 29, які засипані шихтою до певного верхнього рівня, не обертаються при періодичному вмиканні електродвигуна 30 за рахунок тертя (опору) поверхні крильчатки з стійким проти спрацювання твердим сплавом (шихтою). Обертальний рух від електродвигуна 30 передається крильчатці 29, а разом з нею і датчику контролю обертання крильчатки 29, через фрикційну муфту 31 та клинопасову передачу.

При відсутності обертання крильчатки 29, тобто при достатній кількості шихти в дозаторі, фрикційна муфта 31 проковзує. В мірі витрати шихти в дозаторі 20 пелюстки крильчатки 29 звільняються і крильчатка починає обертатись, а разом з нею починає обертатись датчик контролю 32, який подає сигнал на відкривання заслінки 25. Відкривання заслінки 25 можливе тільки при закритій челюсті заслінки 21 і вимкненому інжекторі 24. Засипання шихти на деталь здійснюється дозатором 20 при обертанні її разом із планшайбою 33 від електроприводу 35. В зоні високочастотного генератора 7 плита 64 разом з упором 65 піднімається приводом 68 по направляючих 66 до суміщення упору 65, клемми 49 двохвиткового кільцевого індуктора 46 з клемми 71 генератора 7. Силкові пневмокамери 68 штоками 69 притискають діелектричні прокладки 70 до клем 49 і 71 до упору трапецевидної форми 65. Вмикають індуктор 7 і здійснюють нагрівання диска 9 двохвитковим індуктором 46.

Після закінчення наплавлення здійснюється вимкнення силових пневмокамер 68, які відводять штоки 69 з діелектричними прокладками 70 від клем індуктора 49 і генератора 71. Привід 67 опускає плиту 64 з упором 65 в попереднє положення.

Дозатор 20 приводом 27 відводиться в початкове положення. Фіксатор 44 вмикають і здійснюють поворот стола 32 на 120°, після цього цикл роботи повторюється.

Після витрати всієї партії дисків 9 вилку 51 при допомозі електродвигуна 54 через муфту 55 і конічну шестерню 56 швидко опускають вниз.

Лінія дозволяє пришвидшити процес нагрівання дисків шляхом розташування на поворотному столі двохвиткового кільцевого індуктора, який охоплює диск з двох сторін і забезпечити при цьому рівномірну товщину наплавленого металу.

Модернізована лінія одночасного наплавлення з використанням більш потужного обладнання типу ВЧГ 7-160/0,44, дозволяє підвищити продуктивність процесу наплавлення в 4-5 разів, підвищити якість наплавленого шару, зменшити затрати електроенергії на 15-25% і значно зменшити деформацію деталей.

## **4.2 Пристрій одночасного засипання шихти**

Для підвищення продуктивності процесу наплавлення шляхом автоматизації процесу засипання шихти розроблений ще один пристрій [21], який показаний на рис. 4.14, а, б, в, в якому дозатор шихти має привідний затвор, шток приводу якого закріплений з прижимним механізмом, виконаним з двох пустотілих конусів, вставлених один всередині другого, при цьому внутрішній конус жорстко закріплений із своєю вершиною з штоком приводу затвору (дозатора). Зовнішній кінець встановлений на цьому штоці з зазором і виконаний таким, що охоплює диск, що підлягає наплавленню, який має конусну воронку, яка повернута раструбом до дозатора.

При цьому у верхньому положенні штока між внутрішнім і зовнішнім конусами утворюється замкнута порожнина, об'єм якої дорівнює об'єму дозатора. Крім цього, з метою економії наплавлених матеріалів пристрій забезпечений двома горизонтально рухомими напівкільцевими лотками, встановлених на направляючих, виконаних на столі для встановлення виробу.

В початковому положенні притискний механізм у вигляді двох конусів 9 і 10 знаходиться на деякій відстані від поверхні стола 1. За допомогою спеціального додаткового пристрою деталь 2 подається на підпружинений пружиною 4 вертикально-рухомий вал і встановлюється на його торці на деякій відстані від поверхні стола 1. В цей момент затвор 8 дозатора 12 знаходиться вище отвору, виконаного в дні дозатора 12, утворюючи зазор для пропуску порції порошку, необхідного для одночасного засипання по поверхні деталі. Порошок поступає через конусну воронку 11, яка є в верхній частині зовнішнього конуса 10, в замкнуту порожнину, утвореної між внутрішнім конусом 9 і зовнішнім конусом 10. Вмиканням гідроприводу 7, внутрішній конус 9 і зовнішній конус 10 разом із затвором 8 дозатором 12 переміщуються вниз і відбувається закривання отвору дозатора 12 за допомогою конуса 11. Оскільки зовнішній конус виконаний таким, що охоплює диск, що підлягає наплавленню, а внутрішній своєю вагою міцно притискається до поверхні диска, тоді виключається можливість висипання шихти 6 на індуктор 3 при засипанні шихти на поверхню диска 2. При можливому частковому висипанні порошку (шихти) через зазори, які утворюються між торцем деталі 2 і конусом 10 (через неточності виготовлення деталі) він попадає в два рухомі напівкільцеві лотки 15, 16, які переміщуються в горизонтальному напрямку по направляючих 18 за допомогою двох приводів 17. Напівкільцеві лотки 15 і 16 переміщуються одночасно під деталь в той момент, коли відбувається охоплення деталі 2 за допомогою зовнішнього конуса 10. Після закінчення засипання шихти 6 на поверхню, що підлягає наплавленню, здійснюється зворотньо-поступальне переміщення лотків 15 і 16, а при вмиканні гідроприводу 7 відбувається наступне переміщення вниз деталі 2 разом з плитою, а також дозатором 12, який має можливість вертикально переміщатися до зіткнення верхньої торцевої частини стола 1 з нижньою поверхнею деталі. Дозатор 12 встановлений на рамі 13. При подачі струму високої частоти на індуктор 3 відбувається одночасне наплавлення деталі 2.

Після наплавлення здійснюється вертикальне переміщення плити із заготовкою 2 і дозатором 12 вгору за допомогою вертикально рухомого підпружиненого вала 5 до верхнього граничного переміщення дозатора 12 при ввімкненому гідроприводі 7. За допомогою гідроприводу здійснюється вертикальне переміщення вгору внутрішнього конуса 9 до зіткнення з зовнішнім конусом 10, утворюючи з ним замкнуту порожнину з одночасним відкриванням отвору дозатора. При підйманні затвору 8 до відповідного рівня здійснюється висипання порошку, а наплавлювану деталь спеціальним додатковим пристроєм транспортують в тару завантаження. Подача порошку з бункера 14 в дозатор 12 відбувається при притисканні деталі 2 до столу 1.

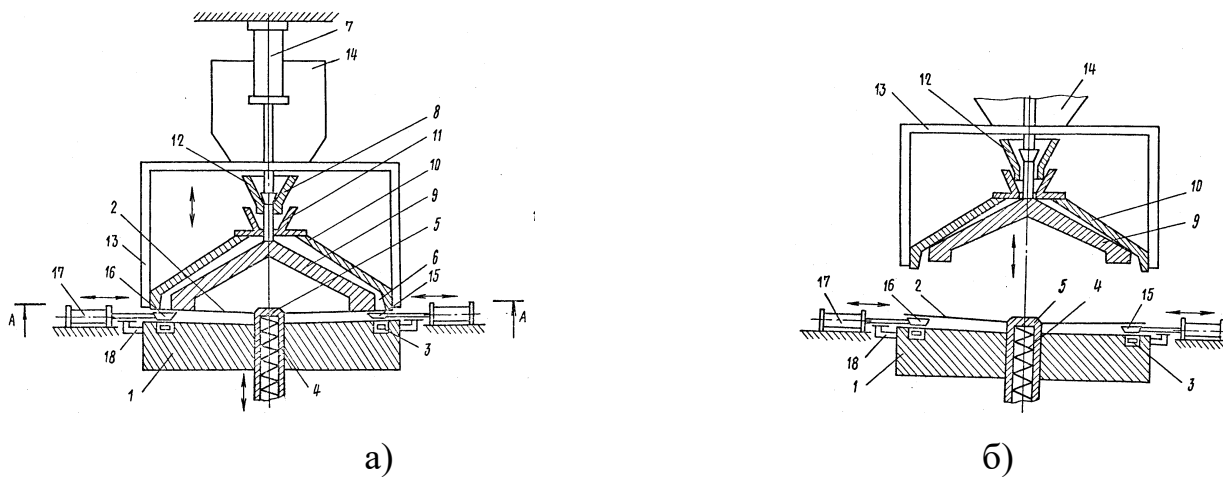


Рис. 4.14. Пристрій для індукційного наплавлення дисків з одночасним засипанням шихти: а - загальний вигляд пристрою; в - також в момент дозування шихти

## 5 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 5.1 Вихідні дані

Виробнича програма дільниці з випуску деталей визначається за формулою[24]

$$N_B = N_{\text{пот}} + N_K + N_{\text{зп}} \quad (5.1)$$

де  $N_{\text{пот}}$ - потреба в деталях на річну програму виробів, шт;

$N_K$  - потреба в деталях інших заводів (поставки по кооперації);

$N_{\text{зп}}$  - кількість деталей, що використовуються в якості запасних частин до випуску виробів. Кількість деталей, що використовуються на протязі року по заводу визначається за виразом[24]

$$N_{\text{пот}} = N_i \cdot D \quad (5.2)$$

де  $N_i$  - програма випуску виробів;  $D$  - витрата деталей на  $i$ -тій виріб, шт.

Тоді  $N_{\text{пот}} = 6000 \cdot 12 = 72000$  шт.

За даними заводу-виробника

$N_K = 78000$  шт;       $N_{\text{зп}} = 30000$  шт.

Сумарна програма випуску продукції

$N_B = 72000 + 78000 + 30000 = 180000$  шт.

### 5.2 Організаційна частина

#### 5.2.1 Визначення балансової вартості устаткування

На дільниці, яка проектується проводиться обробка тонких плоских деталей.

Спочатку проводиться загострення диска на токарному верстаті, а потім наплавлення робочої поверхні з метою підвищення зносостійкості.

Наплавлення здійснюється індукційним методом на спеціальних установках. Зведений технологічний процес виготовлення деталі і розрахунок трудомісткості річної програми представлений в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 - Зведений технологічний процес виготовлення деталі і розрахунок трудомісткості річної програми

Найменування виробів за програмою	Кількість, тис. шт.	Наплавлення	
		Норма часу, хв, на програму	Норма часу, хв на один виріб.
тонкий деталь	180	228600	1,27

### 5.2.2 Розрахунок капітальних затрат, кількості обладнання та його завантаження

Потрібна кількість обладнання визначається за формулою [24]:

$$C = \frac{\sum T_{шт} N}{60 \Phi_d S \cdot K} \quad (5.3)$$

де  $C$  - розрахункова кількість обладнання, шт.;

$T_{шт}$  - трудомісткості обробки деталі, хв.;

$\Phi_d$  - дійсний річний фонд часу роботи; верстата в I зміну, в годину;

$K$  - коефіцієнт виконання норми;

$S$  - число робочих змін;

$N$  - річний випуск виробів, шт.;

$$\Phi_d = \Phi_n \left( 1 - \frac{K_p}{100} \right) \quad (5.4)$$

де  $\Phi_n$  - номінальний фонд часу роботи верстата в I зміну;

$K_p$  - коефіцієнт, що враховує втрати часу на ремонт обладнання (приймаємо рівним 2%).

$$\Phi_d = 2070 \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 2070 \cdot 0.98 = 2030 \text{ год.}$$

$$C = \frac{0.76 \cdot 180000}{60 \cdot 2030 \cdot 2 \cdot 1.01} = 0,56$$

Приймаємо  $C = 1$  шт.

Коефіцієнт завантаження обладнання [24]:

$$Z_d = \frac{C}{C_{\text{пр}}} = \frac{0.56}{1} = 0.56 \quad (5.5)$$

Дані розрахунку якостіобладнання і його видів зводимо в таблицю 5.2

Таблиця 5.2 – Розрахунок кількостіобладнання

№п/п	Показники	Направлення
1	Нормована трудоємкість (н.год.)	1500
2	Дійсна трудоємкість (н.год.)	1428
3	Дійсний фонд часу роботи верстатів (год)	4015
4	Розрахункова кількість верстатів (шт.)	0,56
5	Прийнята кількість обладнання (шт.)	1
6	Коефіцієнт навантаження обладнання	0,56

Коефіцієнт завантаження установки для направлення рівний 0,56, що недостатньо для серійного типу виробництва.

Для підвищення коефіцієнта завантаження рекомендується використовувати установку для термообробки деталей, що мають форму дисків, або для інших деталей, попередньо виготовивши індуктор відповідної конфігурації і форми.



### 5.2.3 Розрахунок повної собівартості обладнання

Якщо нове обладнання створюється на базі існуючого і відрізняється від нього окремими деталями (як в даному випадку при модернізації), то його повна собівартість визначається на етапі проектування за формулою:

$$C_x = C_x^0 - C_{\text{хпол}}^0 + C_{\text{хпр}}^0 \quad (5.6)$$

де  $C_x^0 = 112081.2$  грн. - повна собівартість існуючого обладнання;  
 $C_{\text{хпол}}^0 = 0$  - повна собівартість деталей, які анулюються при модернізації;  
 $C_{\text{хпр}}^0$  - повна собівартість нових,запроектованих деталей.

Повну собівартість новихзапроектованих деталей визначаємо методом розрахунку собівартості за показниками питомих затрат, що припадають на одиницю маси створюваного устаткування.

Повна собівартість обладнання на основі показника питомих витрат, що припадають на одиницю маси обладнання, яке проектується.

Повна собівартість обладнання на основі показника питомих затрат на одиницю маси [24]:

$$C_{\text{хпр}}^0 = C_x G \quad (5.7)$$

$C_x = 17$  грн/кг – питомі затрати на одиницю ваги;

$G = 160.9$  кг – вага нових вузлів.

Отже

$$C_{\text{хпр}}^0 = 17 \cdot 160.9 = 2735.3 \text{ грн.}$$

Повна собівартість модернізованої установки визначиться за формулою:

$$C_x = 112081,2 + 2435,3 = 114816,5 \text{ грн.}$$

### 5.2.4 Розрахунок балансової собівартості обладнання

Балансова або відпускна собівартість модернізованого обладнання визначається як сума повної собівартості і сума прибутку.

За даними заводу прибуток становить 15% від повної собівартості.

Значить [24]

$$Ц = Cx + П \quad (5.8)$$

де  $П=1722,25$  грн. – прибуток;  $Cx$  – повна собівартість модернізованої установки.

$$Ц = 114816.5 + 17222.5 = 132039.0 \text{ грн.}$$

Вартість високочастотного генератора – ВЧГЗ -100/0,44 – 150 тис грн.

Вартість монтажу, пакування, транспортування, а також накладні витрати приймаються рівними 10% від вартості технологічного обладнання за оптово-відпускними цінами [24].

Зведена відомість устаткування і його вартість зведені в таблицю 3.

Вартість енергетичного обладнання, - його монтажу, пакування, транспортування в середньому приймається в розмірі 40 грн. на 1 кВт встановленої потужності.

Вартість транспортних пристроїв, а також контрольно-вимірювального обладнання для механічних та інструментальних цехів приймається в середньому по 600 грн. на 1 верстат.

Вартість інструменту та пристосування приймаємо укрупнено, рівної 20% від вартості обладнання. З цієї суми 50% складають інструменти та пристосування, що служать більше року або вартістю понад 100 грн. за 1 шт. і включені в основні фонди, а інші 40-45% являють собою спеціальну оснастку, малоцінний інструмент і пристосування, що швидко зношується, і які включаються в відомість цехових витрат по статті «Знос інструмента».

Таблиця 5.3 – Відомість обладнання та його вартість

Назва	Кількість, шт.	Потужність електроустановки (кВт)		Ціна, грн..		Затрати на транспортування та монтаж (грн..)	Сума всіх затрат	Категорія складності ремонту
		Одного верстата	Всіх верстатів	Одного верстата	Всіх верстатів			
Установка для наплавлення	1	20,8	20,8	13203,9	13203,9	1263	14466,9	9
Високочастотний генератор ВЧГЗ 100/0,44	1	100	100	15000	15000	1500	16500	28
всього	2	120,8	120,8	28203,9	28203,9	2763	30966,9	-

### 5.2.5 Визначення розміру площі-ділянки і вартості будівель

Розмір виробничої площі визначається виходячи з площі в м<sup>2</sup>, яка припадає на один верстат [25]. Генератор відноситься до великих верстатів, установка - до середніх.

$$P_{\text{пр}} = 1 \cdot 25 + 1 \cdot 35 = 60 \text{ м}^2.$$

Площу під допоміжні приміщення діляниць приймаємо рівною 40% від верстатної площі [25].

$$P_{\text{нд}} = 60 \cdot 0,4 = 24 \text{ м}^2,$$

Висота виробничих будівель 6 м, допоміжних - 4м. Загальна площа дорівнює внутрішній площі збільшеної на 10% за рахунок площі, що займають стіни:

$$P_{\text{пр}} = 60 + 6 = 66 \text{ м}^2,$$

$$P_{\text{нд}} = 24 + 2,4 = 26,4 \text{ м}^2.$$

Вартість будівель

$$Z_{\text{пр}} = (66 \cdot 6) 2500 = 990000 \text{ грн.},$$

де вартість 1 м<sup>3</sup> будівель прийнята за рекомендаціями [24]

$$Z_{\text{доп}} = (26.4 \cdot 4) 2500 = 264000 \text{ грн.}$$

де 2500 - вартість 1 м<sup>3</sup> допоміжних будівель [25].

Отримані суми капіталовкладень вносимо в зведену відомість основних засобів проектованої ділянки в таблицю 5.4

Таблиця 5.4 – Відомість капітальних затрат

№ п/п	Найменування статей затрат	Сума, грн	Амортизація		
			Норма, %	Сума, грн	
1	2	3	4	5	6
1.	Будівля і споруда				
	А) виробниче приміщення	990000	5.5	1425.6	
2.	Б) допоміжні приміщення	264000	5.5	141.75	
	Разом	1254000		1900.8	
	Обладнання				
	А) виробниче	303390	15.1	42855.1	
	Б) енергетичне	72320	13.6	9835.5	
	В) транспортне	1200	6.3	72.0	
	Г) інші	4450	9.0	400	
	Разом	381900	11.09	53161.6	
	Інструменти і пристосування	33432.3	6.7	225.0	
	Виробничий і господарський інвентар	3500	6.7	235.5	
	Разом	36932.3		2475.5	
	Всього	1672832,3		55636.1	

### 5.2.6 Розрахунок кількості робочого персоналу

Чисельність основних робітників відрядників розраховується виходячи з нормо-часу і заданої річної програми по формулі [25]

$$P = \frac{T_{\text{шт}} \cdot V_{\text{г}}}{60 \cdot \text{Фдр} \cdot K \cdot M'} \quad (5.9)$$

тут

Фдр – дійсний річний фонд часу робочого (год.);

M – коефіцієнт багатостатного обслуговування.

$$P = \frac{0.76 \cdot 180000}{60 \cdot 1830 \cdot 1.1 \cdot 1.2} = 0.95.$$

Приймаємо  $P=1$  робітника.

Результати розрахунку представлені в таблицю 5.5

Таблиця 5.5 – Зведена таблиця складу виробничих робітників

Пофесія	Кількість	В тому числі				
		I	II	III	Середній розряд	Середній тарифний коефіцієнт
Терміст	I	-	I	-	2	I.09
Разом	I	-	I	-	2	I.09

Середній тарифний коефіцієнт визначається як середня арифметична величина із тарифних коефіцієнтів, підвищена за числом робочих (робіт) в кожному розряді [24].

$$K_c = \frac{\sum K \cdot P}{P} \quad (5.10)$$

де  $K_c$  – середній тарифний коефіцієнт робочих (робіт);  $K$  – тарифні коефіцієнти відповідних розрядів;  $P$  – кількість робочих відповідних розрядів

$$K_c = \frac{1.09 \cdot 1}{1} = 1.09$$

Число допоміжного персоналу становить 40% від числа основного персоналу

$$P_{дрп} = 1 \cdot 0.4 = 0.4$$

Приймаємо  $P_{дрп}$  1 роб.;

Число ІТП (інженерно технічного персоналу)

$$P_{итп} = 1 \cdot 0.15 = 0.15$$

Приймаємо 1 робітник

Результати розрахунків зводимо в таблицю 5.6

Таблиця 5.6 - Зведена відомість потреби робочої сили

Назва	Кількість	По змінах		В %від виробничих робітників
Виробничі робітники	I	I	-	-
Допоміжні робітники	I	I	-	40
ІТП	I	I	-	15
Разом	3	3	-	

### 5.3 Економічна частина

#### 5.3.1 Розрахунок фонду заробітної плати

Річний фонд заробітної плати виробничих робітників і допоміжних робітників включає основну і додаткову заробітну плату.

Додаткова заробітна плата включає всі решта види доплат (відпустку, виконання державних обов'язків і т.д)

Фонд відрядної заробітної плати по нормованій трудомісткості визначається за формулою[25]:

$$\Phi_0 = c_1 k_c \Sigma T V_p, \quad (5.11)$$

де  $c_1$  – годинна тарифна ставка розряду, грн.;

$c_1 = 6.0$ ;  $k_c$ - середній тарифний коефіцієнт робіт;

$T$  - сумарна трудомісткість обробки однієї деталі по всіх операціях в нормо годинах з урахуванням багатостанкового обслуговування;

$V_p$  – річна виробнича програма в штуках по кожному виробу.

$$k_c = 1.09; T = 1.27 \cdot \frac{10^{-2} n}{\text{годин}}$$

$$\Phi_0 = 6.0 \cdot 1.09 \cdot 1.27 \cdot 10^{-2} \cdot 180000 = 14950.5 \text{ грн.}$$

Середній тарифний коефіцієнт допоміжних робітників вище на 0.5 від середнього тарифного коефіцієнта основних робітників

$$K_c = 1.09 + 0.5 = 1.59$$

Фонд зарплати погодинних робітників (основних і допоміжних) розраховується на підставі встановленої чисельності цих робітників і дійсного фонду часу роботи робітника

$$\Phi_0 = P \cdot C_1 \cdot K_c \cdot \Phi_d \text{ грн,} \quad (5.12)$$

де  $P$  – чисельність робітників даної категорії,  $K_c$  – середній тарифний коефіцієнт робітників,  $\Phi_d$  – дійсний фонд часу робітника

$$\Phi_0 = 1 \cdot 6.0 \cdot 1.09 \cdot 1855 = 12131.7 \text{ грн,}$$

Додаткова зарплата, включаючи доплати по преміальних системах для виробничих і допоміжних роботодавців від основної заробітної плати.

Фонд заробітної плати ІТП встановлюється за штатним розкладом. Місячний оклад 1400 гривень на людину. Нарахування на соц. страх від суми основної та додаткової зарплати.

Результати розрахунку річного фонду заробітної плати зводимо в таблицю 5.7.

Таблиця 5.7 – Річний фонд заробітної плати

№	Категорії працюючих	Основна заробітна плата				Плата додаткова		Фонд заробітної плати	Премії винагороди з фонду матеріального заохочення		Всього фонду заробітної плати	Середня місячна зарплата
		Тарифна з/плата	Премії 20%	Інші доплати	Разом	%			%			
1	Виробничі робото-давці	14950.5	2590.1	747.5	18688.7	10	1868.8	20556.9	15	3085.0	23640.4	1970
2	Допоміжні роботи	12131.7	2426.3	606.6	15165.6	10	1516.4	16681.0	15	2502.1	19183.1	1598.6
3	ІТП	2520			2520			2520	40	1008.0	3528.0	291.1
	Разом	29602.2	5416.4	1355.1	36373.3		3385.2	39752.9		6595.1	46351.5	3862.6
	Нарахування на соцстрах							5565.4				
	Всього							45325.0				



### 5.3.2 Визначення потреби основних і допоміжних матеріалів

Розрахунок потреби основних і допоміжних матеріалів зводимо в таблицю 5.8 [24].

Таблиця 5.8 - Зведена відомість витрат на матеріали

№ п/п	Найменування матеріалу	Марка	Витрата на одиницю, кг	Річна витрата, т	Ціна т (грн/т)	Сума в грн	Транс-портно заготовельні витрати	Загальна вартість
A	Заготовка	Сталь	5.94	1069.2	8500	9088200	8306.6	9096506.6
B	Сормайт	ПГ-СІ	0.3	54	12000	648000	531.9	648531.9
	Разом					9736200	8838.5	9745038.5
	Допоміжні матеріали							
	Разом							9745038.5

### 5.3.3 Витрати на ремонт та утримання технологічного обладнання

Витрати визначаються виходячи із ремонтної складності встановленого обладнання і величини затрат, що припадають на одиницю ремонтної складності [25]

$$P_{об} = R_{об} - Y_p \cdot \Pi_{об} \quad (5.13)$$

де  $R_{об}$  – категорії ремонтної складності устаткування;

$Y_p$  – річна вартість ремонту і утримання одиниці ремонтної складності, електричної та механічної частини верстата(3);

$\Pi_{об}$  – Кількість обладнання даного типу.

За проектом

$$P_{об}^I = 9 \cdot 5.4 \cdot 1 = 396.0 \text{ грн}$$

$$P_{об}^{II} = 28 \cdot 5.4 \cdot 1 = 1232.0 \text{ грн}$$

$$P_{об}^{III} = P_{об}^I + P_{об}^{II} = 1628.0 \text{ грн}$$

### 5.3.4 Витрати на силову і технологічну енергію

Витрати на силову і технологічну енергію визначаються за формулою[25]:

$$e_c = \frac{M_{уст} \cdot \Phi_d \cdot K_1 \cdot m \cdot K_2}{K_c \cdot K_d} \quad (5.14)$$

тут

- $e_c$  – річна витрата електричної енергії в кВтгод;
- $M_{уст}$  – установлена потужність устаткування верстатного, транспортного та іншого в кВт;
- $\Phi_d$  – дійсний річний фонд часу роботи одиниці обладнання в 1змін у годину;  $m$  – число змін роботи обладнання на добу;  $K_2$  – коефіцієнт одночасної роботи устаткування, для верстатів 0.6...0.7;  $K_1$  – коефіцієнт завантаження устаткування,  $K_c$  – коефіцієнт, який враховує втрати в мережі 0.06;  $K_d$  – к.к.д двигунів, 0.9;  $\text{Ц}_0$  – ціна однієї кіловат-години електроенергії в гривнях.

$$E_c = \frac{103.8 \cdot 4015 \cdot 0.56 \cdot 0.7 \cdot 2}{0.96 \cdot 0.88} = 386763.11 \text{ кВт год.}$$

Затрати на електроенергію

$$Z_e = 386763.11 \cdot 0.02 = 464115.73 \text{ грн}$$

Річні витрати електроенергії для освітлення в середньому становить 12-15 Вт/год на 1м<sup>2</sup>площі цеху при 2300-2500 годин часу горіння в рік при 2-х змінній роботі[25].

$$15 \cdot 92.4 = 1386 \text{ Вт}$$

$$Z_{осв} = 1.386 \cdot 1.2 \cdot 2400 = 3991.68 \text{ грн}$$

Плата за підведену потужність

$$O_m = 1808.0 \cdot 42 = 75936 \text{ грн}$$

*Стиснуте повітря*

Розхід стиснутого повітря приймаємо 2000-3000м<sup>3</sup> на 1 верстат при 1 зміні роботи.

Ціна 1 м<sup>3</sup> стиснутого повітря 3.76 грн .

$$Z_{c.п} = 2.5 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 3.76 = 37.6 \text{ грн.}$$

*Вода*

Для виробничих потреб 1 м<sup>3</sup> – 1,5 грн, для господарських потреб (т.і очищена вода) 1 м<sup>3</sup> - 10 грн.

$$Z_{в.т} = 10 \cdot 3 \cdot 1,5 = 45 \text{ грн}$$

$$Z_{в.п} = 35 \cdot 230 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 44,8 \text{ грн.}$$

*Пара*

Річна потреба пари на опалення і вентиляцію в тонах становить

$$Q = \frac{q_n \cdot H \cdot V}{C \cdot 1000}, \quad (5.15)$$

де  $q_n = 15$  ккал/год – розхід тепла на 1 м<sup>3</sup> будівлі,

$H$  – число годин в опалювальному сезоні,  $H = 4320$  год;  $V = 570$  м<sup>3</sup> – об'єм

будівлі;  $C = 540 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}$  – теплота випаровування

$$Q = \frac{15 \cdot 4320 \cdot 587}{540 \cdot 1000} = 68.4 \text{ т}$$

$$Z_{\text{пар}} = 68.4 \cdot 5.66 = 3187.0 \text{ грн.}$$

### 5.3.5 Розрахунок собівартості одиниці продукції

Після складання кошторису витрат на виробництво продукції розраховується собівартість деталі(виробу). Собівартість являє собою комплекс витратділянки, яка припадає на одиницю продукції.

Розрізняють цехову, заводську (виробничу) і повну собівартість. Собівартість – комплекс затрат цеху, що витрачається на одиницю продукції.

Собівартість матеріалів

$$M_0 = \frac{9745038.5}{180000} = 54,14 \text{ грн.}$$

Собівартість енергії для технологічних цілей

$$P_{\text{пр}} = \frac{115033.1}{180000} = 1.64 \text{ грн.}$$

Собівартість по додатковій платі виробничих робітників

$$З_{\text{пр}} = \frac{1868.8}{180000} = 1,03 \text{ грн.}$$

Аналогічно проводимо розрахунок за іншими статтями собівартості за статтями калькуляції зводимо в таблицю 5.11.

Таблиця 5.11 - Калькуляція собівартості виробу

№ п/п	Найменування статей	Витрати на одиницю, грн.
1.	Основні матеріали(за вирахуванням відходів)	15.46
2.	Енергія для технічних цілей	1.64
3.	Основна заробітна плата	0.3
4.	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	0.1
5.	Відрахування на соцстрахування з зарплати виробничих робітників	0.16
6.	Витрати по освоєнню виробництва нових видів продукції	0.09
7.	Відшкодування зносу інструменту та пристроїв цільового призначення та інші спеціальні витрати	0.13
8.	Витрати з експлуатації та утриманню обладнання	1.38
9.	Цехові витрати	0.13
10.	Цехова собівартість	17.9
11.	Загальнозаводські витрати	0.62
12.	Разом заводська собівартість	17.96
13.	Позавиробничі витрати	0.13
15.	Загальна собівартість	13
	Прибуток	5.42
	Оптова ціна	19.5

### 5.3.6 Розрахунок рівня рентабельності і визначення ефективності капітальних вкладень

Загальна рентабельність визначається як відношення балансового прибутку ( $\Pi_{\text{б}}$ ) підприємства до середньорічної вартості основних фондів ( $\Phi_{\text{о}}$ ) і нормованих оборотних коштів ( $\Phi_{\text{об}}$ )

$$P_{\text{об}} = \frac{\Pi_{\text{б}}}{\Phi_{\text{о}} + \Phi_{\text{об}}} 100\% \quad (5.16)$$

$$P_{\text{об}} = \frac{25915.39}{41883.3 + 48021.7} = 25.2\%$$

Розрахунок річного економічного ефекту від застосування нових технологічних процесів, механізації та автоматизації виробництва, способів організації виробництва і праці, що забезпечують економію виробничих ресурсів провадять розрахунок за формулою:

$$E = (Z_1 - Z_2)A_2 = ((C_1 + E_{\text{н}}K_1) - (C_2 + E_{\text{н}}K_2))A_2 \quad (5.17)$$

де  $E$  – річний економічний ефект, грн;  $Z_1, Z_2$  - наведені витрати одиниці продукції (роботи) виробленої за допомогою базової і нової техніки, грн;  $A_2$  – річний обсяг виробництва продукції за допомогою нової техніки в розрахунковому році, в натуральних одиницях.

$$K_1 = 27.1.$$

$$K_2 = 23.3.$$

$$E_p = ((1.49 + 0.15 \cdot 27.1) - (1.296 + 23.3 \cdot 0.15))180000 = 451800 \text{ грн.}$$

### 5.3.7 Розрахунок рівня механізації та автоматизації

Рівень механізації та автоматизації визначається за формулою [25]:

$$V_{\text{м}} = \frac{P_{\text{м}}}{P_{\text{м}} + P_{\text{с}}} \cdot 100\%, \quad (5.18)$$

де  $P_{\text{м}}$  – кількість робітників, які виконують роботу механізованим (автоматизованим) способом, чол.;

$P_B$  – кількість робітників, які виконують роботу вручну, чол..

$$Y_m = \frac{2}{2 + 0} \cdot 100\% = 100\%.$$

### 5.3.8 Розрахунок терміну окупності капітальних вкладень

Термін окупності додаткових вкладень визначається за формулою [24, с. 36]:

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{осп} - \Phi_{осз}}{E_{ур}}, \quad (5.23)$$

де  $\Phi_{осп}$  – вартість основних виробничих фондів по проектному варіанту, грн.;

$\Phi_{осз}$  – вартість основних виробничих фондів по заводському варіанту, грн.;

$E_{ур}$  – умовна річна економія, грн.

Умовна річна економія (грн.) визначається за формулою [24, с. 35]:

$$E_{ур} = B \cdot (C_{nz} - C_{nm}), \quad (5.24)$$

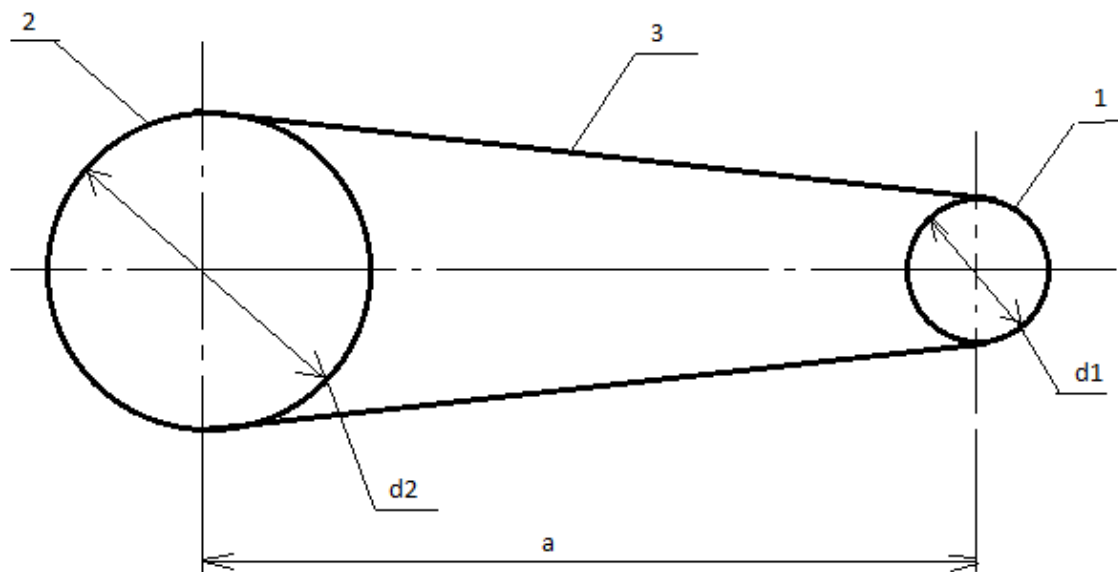
$$E_{ур} = 7200 \cdot (26,5 - 16,5) = 72000 \text{ грн.};$$

$$T_{ок} = \frac{48021,7 - 21021,7}{72000} = 0,33 \text{ року.}$$

## 6 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 6.1 Принцип роботи механізму

Принципову схему клинопасової передачі можна проаналізувати за наступною схемою [26]:



1-ведучий шків; 2-ведений шків; 3-пас;  $d_1$ - діаметр ведучого шківа;  
 $d_2$  – діаметр веденого шківа;  $a$ - міжосьова відстань.

Рисунок 6.1- Схема клинопасової передачі

Електродвигун обертає ведучий шків 1 ,який через клиновидний пас 3 обертає ведений шків 2.

### 6.2 Розрахунок клинопасової передачі

Вихідні данні для розрахунку:

Частота обертання валу двигуна, об/хв.-  $n_1 = 800$

Частота обертання веденого шківа, об/хв.-  $n_2 = 250$

Потужність двигуна, Вт-  $P = 1000$

Крутний момент на валу ведучого шківа, Н• м :

$$T_1 = \frac{30P}{\pi n_1} \quad (6.1)$$

$$T_1 = 11.973 \cdot 10^3$$

Діаметр ведучого шківa, мм:

$$d_1 = 4\sqrt[3]{T_1} \quad (6.2)$$

$$d_1 = 91.508$$

Приймаємо згідно ГОСТ 1284.3-80 діаметр ведучого шківa  $d_1=90$  мм.

Передаточне відношення

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (6.3)$$

$$i = 1.705$$

Для передач з регульованим натягом пасу:  $\varepsilon = 0.01$

Діаметр веденого шківa, мм:

$$d_2 = d_1 i \cdot (1 - \varepsilon) \quad (6.4)$$

$$d_2 = 285.12$$

Приймаємо згідно ГОСТ 17383-73 діаметр веденого шківa  $d_2=280$  мм.

Міжосьова відстань, мм:

$$a = 2 \cdot (d_1 + d_2) \quad (6.5)$$

$$a = 740$$

Приймаємо значення  $a=700$  мм.

Довжина пасу, мм:

$$L = 2 \cdot a + 0.5\pi \cdot (d_1 + d_2) \quad (6.6)$$



$$L = 2.061 \times 10^3$$

Приймаємо згідно ГОСТ 1284.3-80 значення  $L=2000$ мм.

Уточнюємо міжосьову віддаль з урахуванням довжини пасу:

$$w = 0.5\pi \cdot (d_1 + d_2) \quad (6.7)$$

$$w = 312.814$$

$$y = (d_2 - d_1)^2 \quad (6.8)$$

$$y = 2.595 \times 10^3$$

$$a = 0.25 \cdot \left[ (L - w) + \sqrt{(L - w)^2 - 2 \cdot y} \right] \quad (6.9)$$

$$a = 702.984$$

Отже, приймаємо значення  $a=700$  мм.

Визначаємо кут обхвату ведучого шківа:

$$\alpha_1 = 180 - 57 \cdot \frac{d_2 - d_1}{a} \quad (6.10)$$

$$\alpha_1 = 164.529$$

Визначаємо необхідну для передачі заданої потужності кількість пасів:

$P_0$ - потужність, кВт, яка допускається для передачі одним пасом

$$P_0 = 0.7$$

$C_1$ - коефіцієнт, який враховує вплив довжини паса

$$C_1 = 0.96$$

$C_2$ - коефіцієнт режиму роботи

$$C_2 = 1$$

$C_3$  - коефіцієнт кута охоплення пасом

$$C_3 = 0.98$$

$C_4$  - коефіцієнт, який враховує кількість пасів в передачі

$$C_4 = 1$$

$$z = \frac{P \cdot C_2}{P_0 \cdot C_1 \cdot C_4 \cdot C_3} \quad (6.11)$$

$$z = 1.063$$

Приймаємо значення:

$$z = 1$$

Визначаємо попередній натяг віток клинового паса, Н:

$\Theta$  - коефіцієнт, який враховує відцентрову силу,  $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$

$$\Theta = 0.1$$

$v$  - швидкість руху паса, м/с:

$$v = \pi \cdot d_1 \cdot \frac{n_1}{60} \quad (6.12)$$

$$v = 3.77 \times 10^3$$

$$F_0 = 850 \cdot P \cdot C_2 \cdot \left( \frac{C_1}{z \cdot v \cdot C_3} \right) + \Theta \cdot v^2 \quad (6.13)$$

$$F_0 = 1.421 \times 10^6$$

Сила, яка діє на вали, Н:

$$F_1 = 2 \cdot F_0 \cdot z \cdot \sin\left(\frac{\alpha_1}{2}\right) \quad (6.14)$$

$$F_1 = 1.5625 \times 10^6$$

Визначаємо робочий ресурс паса, ( год.):

$N_0$ - базове число циклів

$$N_0 = 4.6 \cdot 10^6$$

$\sigma$  - межа міцності, МПа, для клинових пасів:

$$\sigma = 7$$

$\sigma_1$ - макмимальне напруження в перерізі ремня, МПа:

$$\sigma_1 = 6.04$$

$K_1$  і  $K_2$  – коефіцієнти , які враховують передаточне відношення і циклічність навантаження, відповідно:

$$K_1 = 1.6$$

$$K_2 = 5.4$$

Робочий ресурс паса:

$$H = N_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \left(\frac{\sigma}{\sigma_1}\right)^8 \cdot \frac{L}{60 \cdot \pi \cdot d_1 \cdot n_1} \quad (6.15)$$

Отже :  $H = 5.85 \times 10^3$

Оскільки робочий ресурс паса  $H$  більший допустимого значення (5000 год при даному режимі роботи), то розрахований пас і в цілому клинопасова передача задовільняють умови надійності і довговічності роботи даного механізму.

## **7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **7.1 Оцінка спроектованого технологічного процесу з умов техніки безпеки, електробезпеки та пожежної безпеки**

До основних технічних засобів безпеки, спрямованих на боротьбу з виробничим травматизмом при індукційному наплавленні відносять : механізацію та автоматизацію виробничих процесів; огорожувальні пристрої, сигналізацію, застосування запобіжних знаків і надписів; впровадження дистанційного керування; виявлення спеціальних пристроїв; використання індивідуальних засобів захисту [27].

Дані положення стосуються також і при виготовленні обичайки балона.

До індивідуальних засобів захисту відносять : спецодяг, спецвзуття, діелектричні килимки, дерев'яні решітки, рукавиці, щитки. Для роботи на стаціонарних постах зварник використовує фартух, який захищає від розбризкування.

Робоче місце повинно утримуватись в чистоті , не допускаючи нічого зайвого, що заважає на робочому місці, а також в переходах. Деталі і заготовки повинні знаходитись в стійкому положенні на підкладках і стелажах. Висота штабелів не повинна перевищувати півтори ширини чи півтори діаметра основи штабелів і в усіх випадках не повинна бути більшою ніж 1м.

Електробезпека – система організаційних і технічних заходів і засобів, які забезпечують захист робочого персоналу від шкідливої і небезпечної дії електричного струму та електромагнітного поля.

Основними причинами ураження електричним струмом при наплавленні є взаємодія електричного струму, який проходить у індукторі, дотикання до відкритих струмопровідних частин і проводів, ізоляція яких пошкоджена; дотикання до металевих частин обладнання, які випадково опинились під напругою.

Для запобігання ураження електричним струмом при появі напруги на конструктивних частинах електрообладнання, в тому числі при замиканні на корпус обладнання, яке застосовується для аплавлення, заземляють.

Для швидкодіючого захисту, який забезпечує автоматичне вимкнення електроустановки при виникненні в ній небезпеки ураження струмом застосовують аварійне вимкнення. Основними частинами пристрою аварійного вимкнення є прилад аварійного вимкнення і автоматичний вимикач.

На ділянці цеху, де виготовляють дану конструкцію, для швидкої ліквідації пожеж передбачені засоби гасіння вогню: вогнегасник, ящик з піском, лопата, відро.

Виходячи з вищевказаного можна зробити висновок, що при наплавленні обрізного диска соняшника запропонований технологічний процес задовольняє вимоги електробезпеки і пожежної безпеки, на підприємстві дотримуються правил техніки безпеки, в цеху є в наявності засоби для швидкого гасіння вогню.

## **7.2 Розрахунок захисного заземляючого пристрою наплавлювальної установки**

Захисне заземлення – передбачене з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть випадково бути під напругою.

Захисне заземлення є ефективною мірою захисту при живленні електроустаткування від електричних мереж напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю і напругою більше 1000 В з любым режимом нейтралі.

У відповідності ПУЕ захисне заземлення потрібно виконувати при паузі напруги змінного струму 380 В і більше і напруги постійного струму 440В і більше у всіх електроустановках; при номінальній напрузі змінного струму

більше 42 В і напрузі постійного струму більше 110 В - тільки в електроустановках, які розміщені в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних, а також у зовнішніх установках; при будь-якій напрузі змінного і постійних струмів, у вибухонебезпечних установках.

Захисна дія заземлення основана на зниженні напруги дотику, що досягається шляхом зменшення потенціалу на корпусі устаткування відносно поверхні землі.

Заземлюючим пристроєм називається наявність заземлювача (металевого провідника чи групи провідників, які безпосередньо знаходяться в контакті із землею) і заземлюючих провідників, які з'єднують частини електроустановки із заземлювачем.

Матеріалом захисного заземлюючого пристрою є сталь. В залежності від розміщення заземлювачів по відношенню до устаткування, яке заземлене – заземлення буває виносне і контурне.

Метою розрахунку є визначення кількості і розмірів заземлювачів і складання плану розміщення заземлювачів.

Розрахунок захисного заземлюючого пристрою проводимо за [27].

Завдання: розрахувати захисне заземлення ділянки з виробничими установками, які живляться від мережі напругою 380В з ізольованою нейтраллю. В якості електродів – заземлювачів приймаємо сталеві трубки (кутники) довжиною  $l$  і діаметром  $d$ , які з'єднані між собою сталеві стрічкою шириною  $b = 0,04$  м. Коефіцієнти використання заземлювачів  $\eta_3$  і з'єднувальної стрічки  $\eta_c$ . Крок між заземлювачами рівний  $d$ . Заглиблення верхнього кінця трубки і з'єднувальної стрічки  $H = 0,8$  м. Питомий опір ґрунту  $\rho$ .

Дано:  $\rho = 20$  Ом м;  $l = 3$  м;  $a = 0,8$  м;  $d = 6$  м;  $\eta_3 = 0,74$ ;  $\eta_c = 0,75$ .

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту  $\rho_p$  в якому має бути розміщений заземлювач за формулою:

$$\rho_p = \rho \cdot \psi, \quad (7.1)$$

де  $\psi$  - кліматичний коефіцієнт, який вибирається в залежності від вологості ґрунту,  $\psi = 1,3$ .

Звідси:

$$\rho_p = 20 \cdot 1,3 = 26 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Визначаємо опір розтікання струму одного вертикального заземлювача (труби), заглибленого нижче рівня землі на  $H = 0,7 \text{ м}$  за формулою:

$$R_3 = \frac{\rho}{2 \times \pi \times \ell} \times \left( \ell_n \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \ell_n \frac{4t + \ell}{4t - \ell} \right), \quad (7.2)$$

де,  $t = H + 0,5 \times l$  - відстань від поверхні ґрунту до середини труби;

$$t = 0,8 + 0,5 \cdot 3 = 2,3 \text{ м}$$

Звідси:

$$R_3 = \frac{26}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left( \ell_n \frac{2 \cdot 3}{0,045} + \frac{1}{2} \ell_n \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 4,04 \text{ Ом.}$$

Визначаємо необхідну кількість заземлювачів за формулою:

$$n = \frac{R_3}{R_n \times \eta_3}, \quad (7.3)$$

де  $R_n$  – нормований опір заземлюючого пристрою (ПУЕ).

Звідси:

$$n = \frac{4,04}{4 \cdot 0,74} = 1,36.$$

Приймаємо  $n=2$ .

Визначаємо опір розтікання струму з'єднувальної смуги за формулою:

$$R_c = \frac{\rho}{2 \times \pi \times L_c} \times \ell_n \frac{2 \times L_c}{6 \times H}, \quad (7.4)$$

Звідси:

$$R_3 = \frac{26}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \frac{2 \cdot 3,15}{0,05 \cdot 0,8} = 8,16 \text{ Ом.}$$

Визначаємо довжину з'єднувальної смуги, якщо електроди розміщені в ряд:

$$L_c = 1,05 \cdot d \cdot (n-1). \quad (7.5)$$

Якщо, смуги розміщені по контуру, то:

$$L_c = 1,05 \cdot d \cdot n = 1,05 \cdot 6 \cdot 2 = 12,6 \text{ м;}$$

$$L_c = 1,05 \cdot 6 \cdot (2-1) = 6,3 \text{ м.}$$

Визначаємо загальну величину опору розтікання струму заземлюючого пристрою за формулою:

$$R_{zn} = \frac{R_3 \times R_c}{R_3 \times \eta_n + R_c \times \eta_3 \times n} \quad (7.6)$$
$$R_3 = \frac{8,16 \cdot 4,04}{8,16 \cdot 0,46 + 4,04 \cdot 0,75 \cdot 2} = 3,36 \text{ Ом.}$$

Величина опору штучних заземлювачів задовольняє вимогу  $R_{zn} \leq 4 \text{ Ом}$ .

### 7.3 Вимоги до стійкості функціонування промислового підприємства

З метою забезпечення стійкості роботи виробничого підприємства в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу завчасно проводиться комплекс організаційних і інженерно-технічних заходів цивільної оборони, спрямованих на забезпечення захисту населення і зменшення руйнувань, на підвищення стійкості роботи об'єкту, на утворення необхідних умов для проведення рятувальних і інших невідкладних робіт [28].

Основні заходи по підвищенню стійкості, які проводяться на об'єктах у мирний час, передбачають: захист робітників та службовців і інженерно-технічного комплексу від наслідків стихійного лиха, аварій (катастроф), а також первинних та вторинних факторів ураження ядерного вибуху; забезпечення надійності управління та матеріально-технічного забезпечення; світломаскування об'єкту; підготовку його до відновлення порушеного виробництва та переводу на режим в умовах надзвичайних ситуацій [28].

Кожний об'єкт в залежності від особливостей його виробництва і інших характеристик має свою специфіку. Але об'єкти мають багато спільного: виробничий процес здійснюється, як правило, в середині споруд і будівель, самі споруди в більшості випадків виконані з уніфікованих елементів, територія об'єкту насичена інженерними, комунальними і енергетичними лініями, густота забудови по багатьох об'єктах становить 30-60 %. Все це дає підставу вважати, що для всіх виробничих об'єктів, незалежно від профілю



виробництва і призначення, характерні загальні фактори, які впливають на підготовку об'єкта до роботи в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу. До цих факторів належать: район розміщення об'єкту, внутрішнє планування і забудова території об'єкту, системи енергопостачання, технологічний процес, виробничий зв'язок об'єкту, системи управління, підготовленість об'єкту до відбудови виробництва та інше [28].

Район розміщення об'єкту вивчається за картою. Проводиться аналіз топографічного розміщення об'єкту: характер забудови території, яка оточує об'єкти; наявність на цій території підприємств, які можуть бути джерелами виникнення вторинних факторів ураження, природні умови навколишньої місцевості; наявність шляхів та інше.

При вивченні споруд і будівель об'єкту дається характеристика споруд основного і допоміжного виробництва; споруд, які не будуть використані у виробництві основної продукції в надзвичайних ситуаціях.

При оцінці внутрішнього планування території об'єкту визначається вплив густоти і типу забудови, можливість виникнення і розповсюдження пожежі, створення завалів входів у сховища і проходів між спорудами.

Вивчення технологічного процесу проводиться з розрахунком специфіки виробництва і змін у виробничому процесі в надзвичайних ситуаціях (можлива зміна технології, часткова зупинка виробництва, переключення на виробництво нової продукції) [28].

Дослідження системи управління об'єктів проводиться на основі вивчення стану пунктів управління і вузлів зв'язку, надійності системи управління виробництвом, надійності зв'язку з позаміською зоною, розстановки сил, забезпечення керівництва виробничою діяльністю об'єкту в усіх підрозділах підприємства.

При аналізі системи матеріально-технічного постачання дається коротка характеристика цієї системи в нормальних умовах і можливих змін в зв'язку з переходом на випуск нової продукції, встановлюється залежність виробництва від постачальників, виявляються найбільш важливі поставки

сировини, деталей і комплектуючих виробів, без яких виробництво не може продовжуватись.

Підготовка об'єкту до відбудови виробництва визначається на основі вивчення характеру виробництва, складності його устаткування, підготовленості персоналу до відбудовних робіт, запасів матеріалів, деталей та устаткування [28].

## 8 ЕКОЛОГІЯ

### 8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

Промисловість – одна з основних галузей матеріального виробництва, без якої неможливе існування сучасної цивілізації. В промисловості більшості країн світу зайнята основна кількість продуктивного населення, промислові підприємства (фабрики, заводи, рудники тощо) постачають сировину й виробляють основні види продукції. Від її розвитку значною мірою залежить рівень економіки країни, задоволення потреб населення, рівень національного доходу тощо [29].

Незалежній Україні в спадщину від СРСР дістались неприродна спотворена система промисловості, в якій високу частину займають гірничодобувна, металургійна, хімічна промисловість, що складається з «соціалістичних супергігантів» із застарілими технологіями виробництва, надзвичайно матеріальне й енергоємними, що дає продукцію, як правило, низької якості й сильно забруднює навколишнє середовище. Гостра економічна проблема в Україні значною мірою обумовлена підвищенням антропогенним навантаженням на природне середовище в результаті не раціональної структури економіки, в якій основну роль відіграють саме такі «брудні» промислові галузі, як металургійна, мінерально-сировинна і паливно-енергетична. Сьогодні на межі екологічної кризи опинилося Придніпров'я, Придністров'я, Донбас, Північний Крим, узбережжя та акваторії Чорного та Азовського морів. Це є наслідком незадовільного вирішення важливих природоохоронних проблем нарощування виробничих потужностей без відповідного врахування можливих екологічних змін, не виконання промисловими підприємствами природоохоронного законодавства, відсутності дійових екологічних важелів, недостатньої уваги до питань управління охорони природи.

Серед промислових підприємств найбільше забруднюють природне середовище гірничо-металургійні. Не даремно список найбільш забруднених міст світу очолюють російські металургійні центри. Найбільшої шкоди ці підприємства завдають повітряному басейну, спричиняючи появу кислотних

дощів. Дуже забруднюють атмосферу і нафтопереробні комбінати, а хімічні різних типів і целюлозно-паперові – повітря і воду.

## **8.2 Забруднення довкілля, що виникають в результаті технологічного процесу наплавлення**

В процесі реалізації технологічного процесу виникають такі забруднення: електромагнітне забруднення, забруднення води, забруднення твердими відходами.

При проведенні наплавлювальних робіт в атмосферу потрапляють токсичні гази і пил.

Електромагнітним джерелом забруднення є високочастотний трансформатор, електроустаткування та власне індуктор. Тому слід застосовувати спеціальні заходи із захисту навколишнього середовища. небезпека електромагнітних полів полягає в тому, що їх дія на організм є прихованою і його не може бути виявлено без спеціальних засобів. Слід зазначити, електромагнітні поля штучного походження значно перевищують рівень природного фону. Підвищений рівень електромагнітних полів спричиняє порушення біологічної рівноваги в районі дії, а отже веде до погіршення екологічної обстановки в цілому. Наплавлювальна установка є джерелом змінного електричного і магнітного полів. Особи, які довгий час перебувають у контакті з електромагнітним випромінюванням, скаржаться на слабкість, втомлюваність, дратівливість, послаблення пам'яті, порушення сну. Серцево-судинна система реагує дистонією, лабільністю пульсу і артеріального тиску, болем у серці, схильністю до гіпотонії. Відзначаються також фазові зміни складу периферійної крові, лабільність показників з наступним розвитком вираженої лейкопенії, нейтропенії, еритроцитопенії. Звісно, такі критичні стани виникають у тих, хто тривалий час працює у зоні дії електромагнітних полів достатньо великої інтенсивності.

Електроустановка, як джерело електромагнітного випромінювання справляє хоча на перший погляд, і непомітний вплив на людський організм проте під час тривалого перебування в зоні його дії може бути досить небезпечним. Слабкими місцями у "спілкуванні" електроенергетичної установки й людини виявилися нервова, імунна, ендокринна і статева системи. Такого висновку дійшли працівники Інституту екології людини, проаналізувавши результати численних досліджень, виконаних у різних країнах світу. Нервова система, особливо певні структури головного мозку, дуже чутлива до електромагнітних полів малої інтенсивності. Ці поля здатні відхиляти нервові імпульси, впливати безпосередньо на нервові клітини, змінювати проникність гематоенцефалічного бар'єра, особливо це стосується нервової системи ембріона.

На підприємстві джерелом забруднення стічних вод є виробничі, поверхневі та побутові стоки. Виробничі стічні води утворюються внаслідок використання води в технологічному процесі. У механічних цехах при обробці металів вода використовується для охолодження інструмента, на промивку деталей і обробку приміщень, при цьому стічні води забруднюються мінеральними мастилами, милами, металічним та абразивним пилом і емульгаторами. В зварювальних цехах вода використовується для охолодження зварювального обладнання, і обробки приміщень. Стічні води забруднюються в основному мастилом і окалиною. У інших цехах: контролю якості, фарбувальних і інших, в стічні води попадають механічні домішки, маслопродукти, кислоти. При фарбуванні використовуються матеріали, до складу яких входять леткі розчинники, що можуть містити шкідливі речовини: бензол, толуол, ацетон тощо.

Для вловлювання із стічних вод нерозчинних забруднень використовують відстійники періодичної і неперервної дії. В останні роки дістали поширення так звані тепло парові відстійники. Особливість їх в тому, що відстояна зона розділяється секціями і трубчатими елементами на неглибокі шари, де забезпечується ламінарний рух освітленої води [ 30].

Тверді відходи утворюються в процесі виробництва продукції у вигляді амортизаційного лома (модернізація обладнання, оснастки, інструмента), стружки і опилок (металів, пластмас) шлаків і золи, шламів, осадків і пилу (відходи систем очистки повітря) та інше. Основним видом відходів розробленого технологічного процесу є металеві відходи – це металобрухт та металева стружка. Основним шляхом утилізації металевих відходів є їх переплавлення. Виплавлення вторинних металів із металобрухту є найважливішою сферою споживання твердих відходів у машинобудуванні.

Економічний ефект від використання металевих відходів, як вторинної сировину металургійної промисловості, очевидний. В той же час кількість забруднюючих викидів в атмосферу і в гідросферу скорочується на 75...80%.

Механічна обробка металів на станках супроводжується виділенням пилу, стружки, туманів мастил та емульсій, які через вентиляційні системи викидаються із приміщень. В процесі шліфування виділяється велика кількість тонко-дисперсного пилу. Пил, який утворюється в процесі абразивної обробки на 30 – 40 % складається з матеріалу абразивного круга, на 60 – 70 % - з матеріалу оброблюваного виробу. При шліфуванні виробу виділяється більше 50 г/год. пилу з одного верстата.

Для очищення повітря від пилу, який утворюється в наслідок технологічного процесу пропоную застосувати метод електричного очищування газу в електрофільтрах. Цей метод базується на явищі іонізації газових молекул в електричному полі високої напруги. Частинки отримують заряд від іонів газу і осідають на електродах електричного фільтра, а очищений газ виводиться із апарату. Для очищення технологічних і вентиляційних викидів від шкідливих газів застосовують адсорбери. В адсорберах очищений струмінь пронизує шар адсорбенту, що складається із зернистої речовини з розвинутою поверхнею, наприклад активованого вугілля, силікагелю, оксиду алюмінію, піролюзиту. При цьому шкідливі гази і пари зв'язуються адсорбентом і пізніше можуть бути відділені з нього.

## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі магістра розроблено питання щодо технології індукційного наплавлення тонких елементів конструкцій, в тому числі ножів для зрізання соняшнику. У порівнянні із базовим варіантом у роботі запропоновано наступні зміни:

- обґрунтовано застосування запропонованого способу наплавлення;
- підібрано раціональніші параметри режиму наплавлення;
- запропоновано автоматичну установку для наплавлення.

У роботі рекомендується проведення заходів для зменшення впливу шкідливих факторів, які діють у спроектованій ділянці на здоров'я працюючих, що дає змогу підвищити безпеку праці, попередити виробничий травматизм та професійні захворювання.

При проектуванні обладнання для наплавлення застосовувалися САПР-системи, що містить технічні засоби, математичне, програмне, інформаційне забезпечення.

Внаслідок впровадження у виробництво запропонованої технології індукційного наплавлення дозволить:

- підвищити продуктивність праці;
- підвищити рівень механізації і автоматизації до 100%;
- підвищити якість продукції за рахунок впровадження технології одночасного індукційного наплавлення по всій наплавлювальній поверхні;
- досягнути значного економічного ефекту від впровадження запропонованих нововведень.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 Марочник сталей и сплавов [текст] / Под ред. В.Г.Сорокина. –М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
- 2 Пулька Ч.В. Наплавка рабочих узлов почвообрабатывающей и уборочной сельскохозяйственной техники [текст] // Автомат. сварка. – 2003. – № 8. – С. 36-41.
- 3 А.А.Больш Оптимизация процесса индукционной наплавки. [текст] / А.А.Больш, В.Н.Коваль, В.П.Тимошенко и др. // Изв. СО АН СССР, сер. техн. – Вып. 2, 1985. – № 10. – С. 86-92.
- 4 О.М.Шаблій Енергоощадна нагрівальна система для індукційного наплавлення тонкостінних елементів конструкцій [текст] // Вісник Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя/ О.Шаблій, Ч.Пулька, Базар М.;– 2009.– №3.– С.91-96.
- 5 Шаблій О.Н. Оптимизация параметров индуктора для равномерного нагрева дисков по ширине зоны наплавки с учетом экранирования [текст] // Автомат. сварка. / Шаблій О.Н., Пулька Ч.В., Письменный А.С. – 2002. – № 11. – С. 24-26.
- 6 О.М.Шаблій Математична модель оптимізації конструктивних параметрів нагрівальної системи з урахуванням комбінованого екранування теплових та електромагнітних полів [текст] // Вісник Тернопільського державного технічного університету імені Івана Пулюя/ О.Шаблій, Ч.Пулька.;– 2007.– №2.– С.66-76
- 7 Пулька Ч.В. Программирование режима нагрева при индукционной наплавке тонких стальных дисков [текст] // Автомат. Сварка/ Пулька Ч.В.; – 1998. – № 1. – С. 48-50.
- 8 Пулька Ч.В. Ресурсозберігаюча технологія індукційного наплавлення деталей сільськогосподарських машин [текст] //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.



- Василенка/ Пулька Ч.В., Підгурський М.І., Базар М.С., Сенчишин В.С.; - 2010. -№96. –С.46-55.
- 9 Шаблій О., Пулька Ч., Король О. Основні напрямки індукційного наплавлення робочих органів сільськогосподарських машин // Вісник ТДТУ. – 2008. - Том 13. - №4. – ст.. 100-109.
  - 10 Клименко Ю.В. Электроконтактная наплавка. Области применения и перспективы развития [текст] // Современные способы наплавки и их применение. – Киев: ИЭС им. Е.О.Патона,1982. – С. 101-110.
  - 11 Электроконтактная наплавка дисковых ножей [текст] / В.П.Туркин, В.Г.Путилин, М.Р.Николаенко и др. // Автомат. сварка. – 1978. – № 2. – С. 74-76.
  - 12 Карпенко В.М. Электроконтактная наплавка порошковых материалов в металлической оболочке [текст] //Карпенко В.М., Катренко В.Т., Пресняков В.А. Автомат. сварка. – 1989. – № 5. – С. 34-35.
  - 13 Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин.[текст]/Ткачев В.Н – М.:Машиностроение, 1971.- 264 с.
  - 14 Косилов А.И. Плазменная наплавка деталей порошковыми композициями [текст] //Косилов А.И. Техника в сельском хозяйстве, - 1983. - № 1.- С.30-32.
  - 15 Дудко Д.А. Нанесение каталитических покрытий методом сверхзвукового плазменного напыления [текст] //Дудко Д.А., Петров С.В., Сааков А.Г. Праці Міжнародної конференції „Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва”. – Том IV, Київ, НТУУ „КПІ”, 1998. – С. 325-329.
  - 16 Кальнер В.Д. Процессы взаимодействия на границе раздела биметаллической заготовки, полученной методом прокатки неспеченного порошка [текст] // Кальнер В.Д., Горюшина М.Н., Сичужникова А.А. Металловедение и термическая обработка металлов. - 1984. - № 3.- С.28-29.
  - 17 Б.Н.Федоров Перспективы применения компактных материалов в биметаллических деталях рабочих органов сельхозмашин [текст]

- /Б.Н.Федоров, В.А.Осадчий, М.Ю.Тиц и др. // Тракторы и сельхозмашины. - 1975. - № 9.- С.39-41.
- 18 Kretzchmar H. Aufplattiren Verschleissfaster Schichten. [текст] /Kretzchmar H., Sporn D., Schwable H. - ZIS- Mitteilungen, 1983.- № 2.- S.108 - 115.
- 19 Пулька Ч.В. Влияние режимов индукционной наплавки на толщину наплавленного слоя и величину деформации тонких стальных дисков [текст] /Пулька Ч.В. Автомат. сварка – 1997. – № 10. – С. 57-58.
- 20 Риморов Е.В. Новые сварочные приспособления [текст] / Риморов Е.В. – Л.: Стройиздат, 1988. -125 с.
- 21 Чертов І.М. Зварні конструкції [текст] / Чертов І.М. – К.: Арістей, 2006. - 376 с.
- 22 Пулька Ч.В. Механізована лінія для неперервно-послідовного індукційного наплавлення тонких фасонних дисків [текст] // Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. Івана Пулюя. – 2002. – Т. 7, № 2. – С. 83-90.
- 23 Патент України № 55350, В23К 37/04. Автоматична потокова лінія для наплавлення тонкостінних фасонних дисків. [текст] / Шаблій О.М., Пулька Ч.В., Дячук С.Ф. та ін. (Україна) Опубл. Бюл. № 3 від 17.03.2003 р.
- 24 Шпак Р.І. Техніко–економічне обґрунтування інженерних рішень: методичні вказівки до виконання організаційно–економічної частини дипломних проектів [текст] / Р.І. Шпак.– Тернопіль, 2006–29с.
- 25 К.М. Великанова Расчёты экономической эффективности новой техники. Справочник [текст] /Под ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
- 26 С.А. Чернавский Проектирование механических передач/ С.А. Чернавский, Г.М. Ицкович, В.А. Киселев. М.: Машиностроение, 1976. -608 с.
- 27 Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві Навчальний посібник. [Текст] / О.Г. Левченко – К.: Основа, 2010. – 240 с.
- 28 Стеблюк М.І. С79 Цивільна оборона. Підручник. – К.: Знання, 2006 – 487 с.

- 29 Кучерявий В.П. Екологія – Львів: Світ 2001 – 500 с.
- 30 Білявський Г. О. Основи загальної екології: [текст] / Г. О. Білявський, М. М. Падун, Р. С Фурдуй. - 2-е вид., зі змінами. К.: Либідь, 1995. - 368 с.
- 31 Охрана окружающей среды [текст] / Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1983. – 264 с.

# ДОДАТКИ