

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 технології наплавлення тарілок клапанів двигунів  
внутрішнього згорання з використанням струмів високої частоти*

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

131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Чумак В.О

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Пулька Ч.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Пулька Ч.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Ярема І.Т

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота магістра на тему: " Розробка технології наплавлення тарілок клапанів двигунів внутрішнього згоряння з використанням струмів високої частоти " складається із розрахунково-пояснювальної записки об'ємом 101 аркушів формату А4 і графічної частини об'ємом 10 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 дипломній роботі, розрахунково-пояснювальна записка містить 39 рисунків, 17 таблиць, 1 додаток. При написанні розрахунково-пояснювальної записки використано 22 першоджерел.

Проведені дослідження взаємодії клапанних сталей з жаростійкими наплавлювальними сплавами в різних середовищах та вплив вмісту кисню в газових сумішах на формування наплавлювального шару.

Внаслідок запропонованих інженерних рішень можна досягти значних економічних показників при впровадженні запропонованого технологічного процесу.

Ключові слова: ІНДУКЦІЙНЕ НАПЛАВЛЕННЯ, ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОРІЄНТАЦІЇ ТА ЗБИРАННЯ ЗАГОТОВОК ІНДУКТОР, ОПТИМІЗАЦІЯ, НАМОРОЖУВАННЯ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, САПР, ЕКОЛОГІЯ, ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	8
1.1. Опис конструкції виробу та умов його роботи .....	8
1.2. Технологічні особливості наплавлення клапанів ДВЗ .....	11
1.3. Техніко-технологічні особливості процесу наплавлення клапанів ДВЗ способом заморожування.....	20
2. ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.....	23
2.1 Дослідження взаємодії клапанних сталей з жаростійкими наплавлювальними сплавами в різних середовищах .....	23
2.2 Дослідження впливу вмісту кисню в газових сумішах на формування наплавлювального шару .....	31
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	39
3.1 Аналіз технології процесу наплавлення .....	39
3.2 Оптимізація режиму наплавлення.....	42
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	46
4.1 Вибір загальної функціональної схеми наплавлювальних установок .....	46
4.2 Розробка пристроїв для автоматичної орієнтації, складання і завантаження заготовки клапану і кільця.....	48
5 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	61
5.1 Вихідні дані .....	61
5.2 Організаційна частина .....	61
5.3 Економічна частина .....	67
6 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА .....	79
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	86
7.1 Розрахунок штучного освітлення для спроектованого цеху з використанням люмінесцентних чи ламп розжарювання.....	86
7.2 Заходи пожежної безпеки при експлуатації спроектованої ділянки .....	87
7.3. Дія електричного струму на організм людини .....	89

8 ЕКОЛОГІЯ.....	94
8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища.....	94
8.2 Заходи по зменшенню шкідливих викидів в навколишнє середовище.....	95
ВИСНОВКИ .....	98
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	99
ДОДАТКИ .....	101

## ВСТУП

На сьогоднішній час виготовлення або відновлення спрацьованих деталей є досить актуальним питанням, що включає в себе забезпечення необхідних геометричних параметрів деталей, їх хімічних і механічних властивостей, які б відповідали необхідним експлуатаційним властивостям. З метою забезпечення вищесказаного, на даний час розроблено і впроваджено велику кількість зварювальних та наплавлювальних способів.

Існує значна кількість технологічних способів наплавлення, таких як: газове наплавлення; електродугове наплавлення; автоматичне наплавлення під шаром флюсу; вібродугове наплавлення, в середовищі захисних газів, в середовищі водяної пари, з комбінованим захистом розплавленого металу; газополуменева металізація; високочастотна металізація, електродугова і плазмова металізація; електролітичне і хімічне нарощування.

Згадувані технології дозволяють зменшити використання дефіцитних матеріалів, підвищити експлуатаційні властивості в 2...3 рази та зменшити собівартість виготовлених деталей. Тому на сьогоднішній час актуальним є розроблення та вдосконалення технологій та технологічних процесів наплавлення, які б дозволили підвищити ефективність наплавлювальних робіт та покращили б властивості наплавлених деталей та підвищити ресурс їх роботи.

# 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Опис конструкції виробу та умов його роботи

В даній роботі розглядається технологія наплавлення тарілок клапанів двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ)(рис. 1.1 та рис.1.2). Даний виріб є частиною двигуна, а саме елементом газорозподільного механізму.

Клапани ДВЗ працюють в умовах високих температур, значних ударних навантажень та при високих швидкостях, що призводить до їх інтенсивного зношення.



Рисунок 1.1. Загальний вигляд клапана

До клапанів висуваються наступні вимоги:

- ✓ герметичність;
- ✓ високий коефіцієнт обтікання, при вході і виході робочої суміші з камери згоряння;
- ✓ невелика вага;

- ✓ деталі повинні мати високу міцність і жорсткість;
- ✓ мати високу стійкість до високих температур;
- ✓ мати достатньо високий опір до механічних і ударних навантажень;
- ✓ бути корозійностійкими.

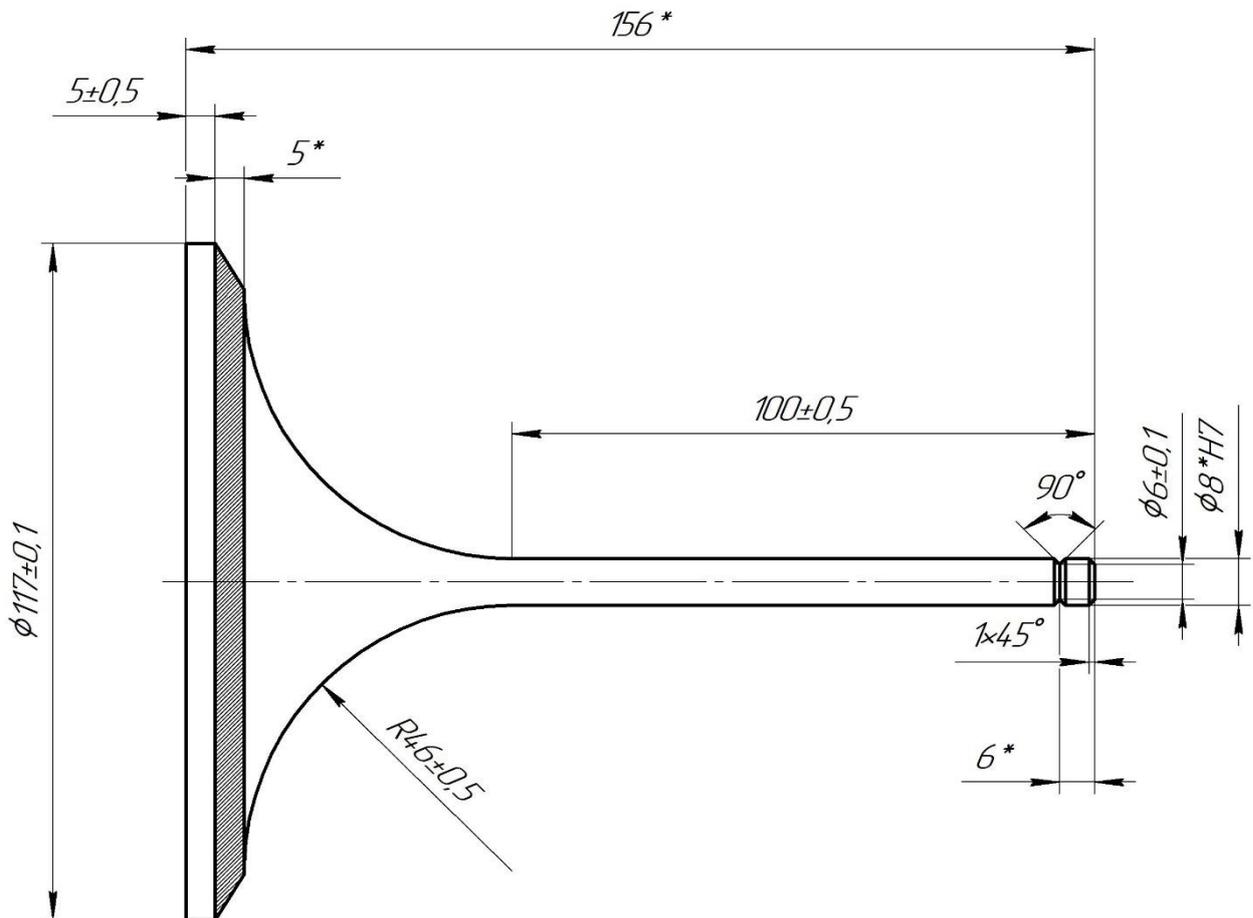


Рисунок 1.2 Ескіз клапана внутрішнього згоряння

Клапани двигунів внутрішнього згоряння призначенні для відкриття і закриття отвору в головці блоку циліндрів (впуску робочої суміші та випускання відпрацьованих газів). Загальний вигляд схеми роботи клапана показано на рис.1.3.

Так як найбільші температурні впливи зазнає тарілка випускного клапана (температура до 800-900. °С), то для їх виготовлення застосовують матеріали, які мають високу жароміцність. Клапана виготовляють з 2-х частин: тарілки з жаростійкого матеріалу та стрижня з вуглецевої сталі. Ці елементи між собою зварюють і піддають шліфуванню.

Випускні клапана, в місці контакту з циліндром, наплавляють зносостійкими матеріалами, товщиною наплавленого шару 1,5-2,5 мм.

Для виготовлення впускних клапанів застосовують середньовуглецеві хромисті або хромонікелеві сталі.

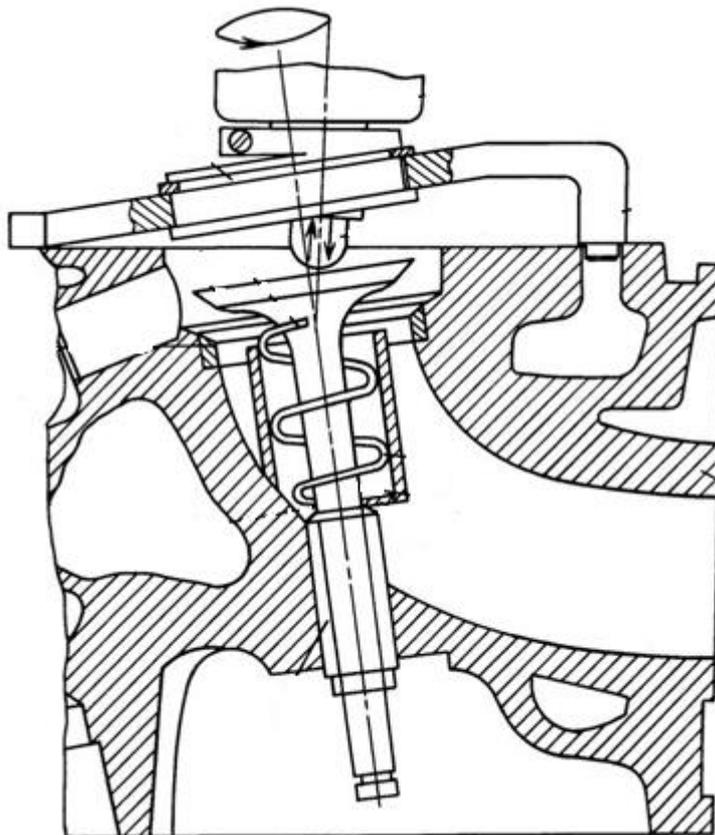


Рисунок 1.3 – Загальний вигляд схеми роботи клапана

З'єднання клапанів з сідлом здійснюється запресуванням по виготовленій фасці на поверхні тарілки циліндра. Кут нахилу фаски впускного клапана становить  $45^\circ$ , а вихідного  $45^\circ$  або  $30^\circ$ . При виготовленні головок циліндрів, фаски шліфуються, а потім, коли клапан встановлений, кожну тарілку (фаску) притирають до сідла. Ширина обода фаски повинна бути не менше 0,8 мм.

По конструктивним особливостям клапан виготовлений таким чином, що після фаски клапан має спеціальний пояс у формі циліндра. Ця особливість конструкції запобігає його перегрів і обгорянню, а також підвищує жорсткість тарілки.

На рисунку 1.4 показано конструктивне виконання клапанів внутрішнього згоряння [1].



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд клапанів внутрішнього згорання

## 1.2. Технологічні особливості наплавлення клапанів ДВЗ

Одним з найбільш поширених способів зміцнення робочої фаски клапанів є газополуменеве наплавлення з використанням нагріву ацетилен-кисневим полум'ям, яке використовується в промисловості більше півстоліття, а в останні два-три десятиліття застосовується як основний процес при виготовленні клапанів на автомобілебудівних і клапанних заводах Західної Європи і США [2, 3]. В СНД спосіб ацетилен-кисневого наплавлення використовується, в основному, для наплавлення вихлопних дизельних клапанів [4].

Джерелом нагріву заготовки клапана і присадочного матеріалу в даному процесі є відновне ацетилен-кисневе полум'я. В якості присадочного матеріалу використовуються сталітові шліфовані прутки діаметром 4-10 мм.

Найпростішим варіантом для реалізації цього процесу в промисловості є ручне наплавлення клапанів газокисневими пальниками на спеціальних постах з обертаючими на шпинделях підставках (рис. 1.5). Заготовка клапана, яка має спеціальну кільцеву виточку під наплавлення, попередньо нагрівається в термічній печі до температури 560-600 °С. Потім оператор встановлює заготовку на круглу

керамічну підставку, в якій вона фіксується і може обертатися від електроприводу з ножним керуванням.

Оператор полум'ям ручного пальника нагріває обертаючу заготовку до, так званої, температури «запотівання» і, розігріваючи одночасно сталітовий пруток, наносить валик сплаву на поверхню клапана. Нагрітий до рідкого стану сплав утворює з заготовкою клапана зварне з'єднання. Після прогріву сплаву і вирівнювання його зовнішньої поверхні, оператор знімає клапан з підставки і опускає його в томильний колодязь для поступового охолодження. Позитивними властивостями цього способу є незначне проплавлення основного металу і, як наслідок, мінімальне перемішування з ним металу наплавлення. В наплавлений шар переходить не більше 8-10 % заліза. Основними недоліками способу є утворення пор і раковин в наплавленому шарі, низька продуктивність – не більше 35-40 клапанів в годину і важкі умови праці операторів при наплавленні. Якість наплавлення і вихід придатних клапанів тісно пов'язано з кваліфікацією робітника, брак по наплавленні складає від 10 до 30 %.

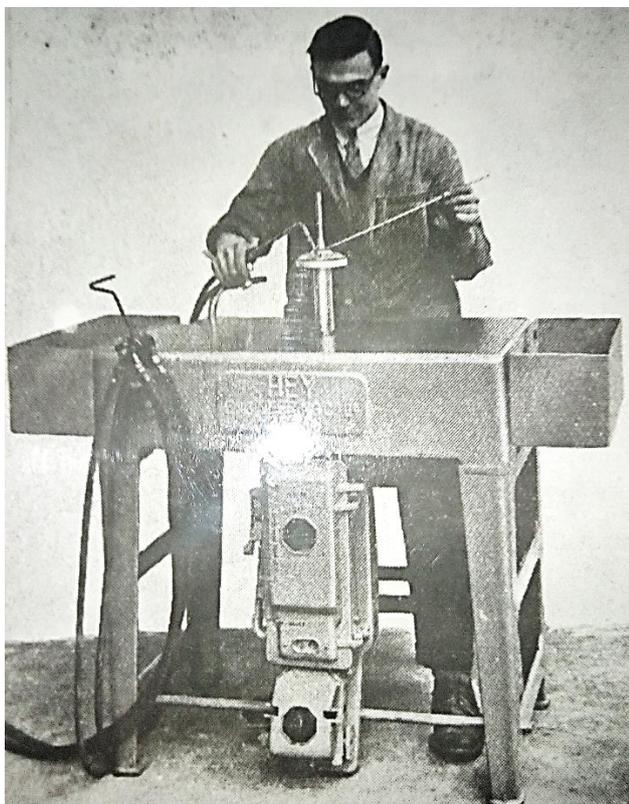


Рисунок 1.5 – Загальний вигляд ручного наплавлення клапанів газокисневими пальниками на спеціальних постах з обертаючими на шпинделях підставками

Ряд західних фірм, вдосконалюючи процес ручного газокисневого наплавлення, на його основі створили механізовані багатопозиційні верстати. Американська фірма «Ітон С.П.А.» розробила напівавтоматичну десятипозиційну установку, яка практично повторює ручне наплавлення на механізованому посту. Аналітичні установки типу «Стелітінг» впровадила американська фірма «Хайнес стеліт», яка являється великим виробником клапанів США і Англії [ 5].

Схема роботи десятипозиційної машини для механізованої ацетиленокисневого наплавлення показана на рис. 1.6. Робочими є позиції 6, 7, 8, 9. На позиції 1 здійснюється розвантаження наплавленого клапана і завантаження наступної заготовки. На позиціях 6 і 7 відбувається розігрів поверхні заготовки клапана, підготовленої під наплавлення, до температури «запотівання» металу заготовки. На позиції 8 в зону наплавлення оператором подається калібрований стелітовий пруток, який, розплавляючись в полум'ї пальників краплями переноситься на заготовку і з'єднується з останньою. На позиції 9 наплавлена заготовка продовжує нагріватися на менш жорсткому полум'ї до поступового охолодження, яке продовжується вже без нагріву на позиції 10. Виробництво механізованого верстата «Стелітінг» від 40 до 100 клапанів в годину в залежності від типорозміру клапана, а кількість браку менша ніж при ручному напавленні.

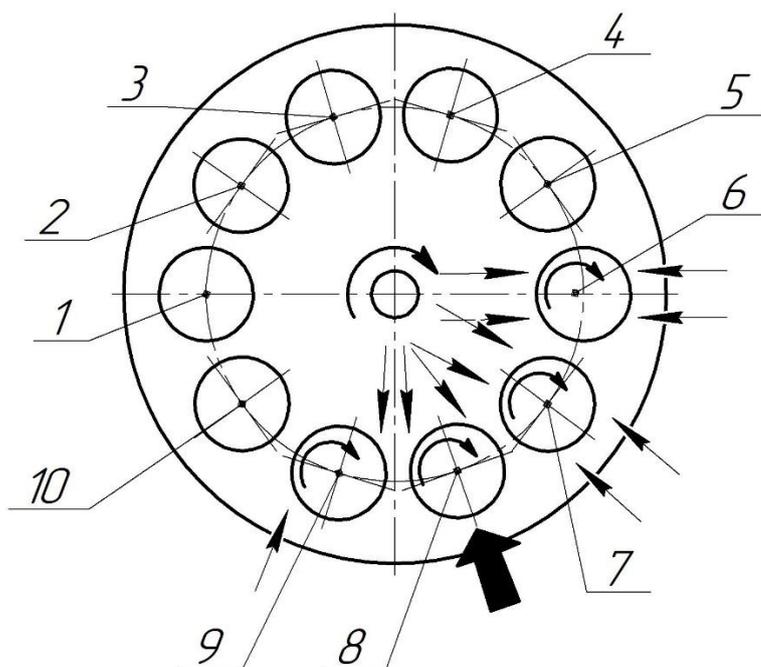
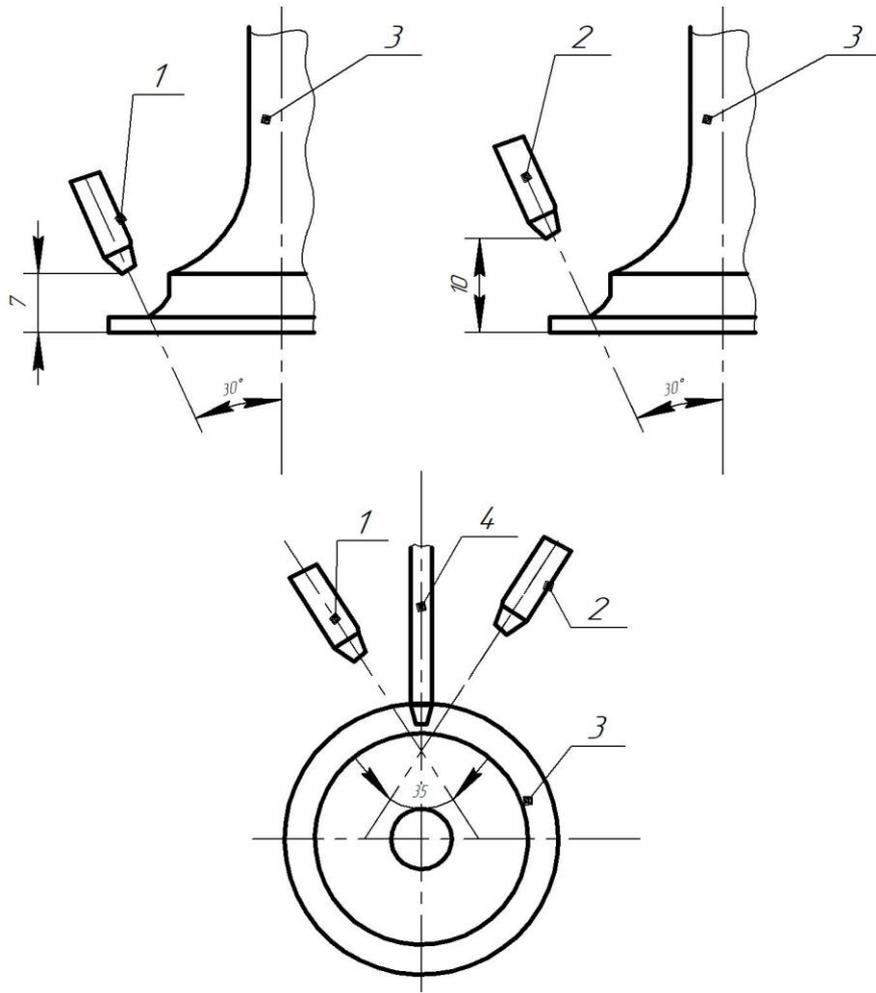


Рисунок 1.6 – Схема роботи десяти позиційної машини для ацетилен-кисневого наплавлення клапанів

Наплавлення клапанів з застосуванням ацетилен-кисневого полум'я ряд західних фірм здійснюють також на п'ятишпindelних напівавтоматах карусельного типу «Енторес» англійської фірми «Деллоро стеліт», виробництвом близько 70 клапанів  $D=30$  мм в годину [ 6]. Брак по наплавленні на цих напівавтоматах складає 10-12 %. Основними недоліками механізованого процесу ацетилен-кисневого наплавлення є складність і громіздкість наплавочного обладнання, значний розхід ацетилену з низьким коефіцієнтом корисного використання, великий розхід дорогоцінних дефіцитних сплавів і залежність продуктивності процесу і якості наплавлення від кваліфікації оператора.

Відомі і інші способи наплавлення, які застосовуються при зміцненні робочої фаски тарілок клапанів. Окреме місце серед них займають процеси з використанням нагріву від електричних джерел. Так, італійським філіалом американської фірми «Ітон С.П.А.» [ 7] розроблений процес і обладнання для аргонно-дугового наплавлення клапанів стелітом. Основним джерелом тепла при розплавленні стелітового прутка і підготовчому нагріві металу заготовки під наплавлення є електрична дуга, що горить в середині аргону. В установці фірми «Ітон С.П.А.» для наплавлення використовуються два пальники. На рис.1.7 і 1.8 показано взаємне розміщення клапана, пальників і стелітового прутка. По відношенню до клапана пальники розміщені так, що ближня дуга трохи підправляє стелітовий пруток і, в основному, прогріває поверхню заготовки клапана під наплавлення, а другий – далі, розплавляє стеліт, переносить його на поверхню клапана і формує наплавлений валик стеліту. Аргон, що подається через пальники, захищає розплавлений метал від попадання на нього кисню повітря і окислення. Процес аргонно-дугового наплавлення клапанів автоматизований. Виробництво однієї установки «Ітон С.П.А.» при наплавленні клапанів  $D=30$  мм близько 200 шт. за годину.



1 – пальник ближній, 2 – пальник дальній, 3 – клапан, 4 - стеліт

Рисунок 1.7 Схема аргоно-дугового наплавлення клапанів та розташування пальника і прутка на установці «Ітон С.П.А.»

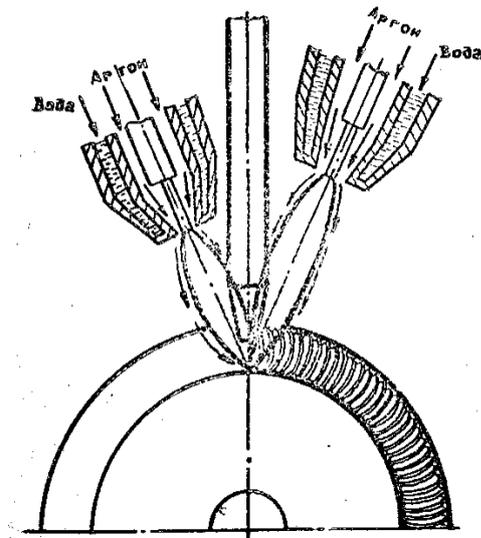


Рисунок 1.8 Схематичне зображення процесу аргоно-дугового наплавлення клапанів стелітом

Незважаючи на високу продуктивність і автоматизацію процес має істотні недоліки. Головним з них є значне проплавлення основного металу і перехід заліза в наплавлений метал. Частка основного металу в наплавленому металі при аргоно-дуговому процесі знаходиться в межах 30-40 %. Другим недоліком є наявність великих припусків на обробку, які утворюються після наплавлення присаджувальним матеріалом. Дорогоцінний дефіцитний кобальто- і вольфрамомісний стеліт при механічній обробці відходить у стружку. Крім того, для обробки частин стеліту як в нижній, так і в верхній зонах наплавлення потрібно вводити додаткові операції мехобробки. Брак по наплавленні, в основному, буває із-за нерівномірного формування валика, тобто «вигону» стеліту в одну частину тарілочки клапана і утворення виїмок в другій частині і через наявність раковин, кратерів і пустот в наплавленому шарі. На установках фірми «Ітон С.П.А.» брак досягає 6 %. Недоліком аргонно-дугового наплавлення є також необхідність підтримувати оптимальну довжину дуги з точністю  $\pm 0,15$  мм. При попаданні бризок на кінчик вольфрамового електроду процес порушується: електрод обгорає або оплавляється. В результаті дуговий проміжок раптово подовжується, напруга дуги збільшується. Інтервал часу між такими порушеннями процесу коливається в більших межах. Це негативно відбивається при автоматизації процесу наплавлення клапанів.

Ряд західноєвропейських фірм при виробництві клапанів для зміцнення робочої фаски клапана використовує напівавтоматичні установки для аргоно-дугового наплавлення стеліту західнонімецької фірми «Месер Грисхайм» з джерелом живлення «Мультивіт-350А».

В СРСР розробкою процесу аргонно-дугового наплавлення клапанів вольфрамовим електродом з подачею литого прутка або присадного дроту займалися Ф.А. Чернаков і Ф.А. Богданов [ 8, 9].

До процесів наплавлення клапанів з використанням джерел електричного нагріву відноситься, розроблений в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона АН УСССР, спосіб наплавлення високотемпературною стислою (плазмовою) дугою, який увійшов в життя під терміном плазмове наплавлення клапанів [10,11,12]. Для

реалізації способу розроблені технологія, обладнання і наплавлювальні сплави, які застосовуються при напавленні клапанів окремих типів вантажних і легкових двигунів. Процес плазмового напавлення здійснюється на установках У-66 (рис. 1.9) або У-151 [ 8]. Оператор встановлює заготовку клапана з надітим на нього кільцем в патрон установки і з натисканням кнопки «пуск» запалюється дуга, через 0,5 с. після цього клапан починає обертатися і кільце, що лежить на клапані, розплавляється. В кінці процесу програмна установка вводить в обмотку збудження зварювального перетворювача ПС-500 додаткові опори, що приводить до поступового зменшення струму і автоматичному гасінню дуги. Напавлений клапан виймається і на його місце встановлюється новий. Схема напавлення клапанів стислою (плазмовою) дугою показана на рис. 1.10. В плазмових пальниках використовуються вольфрамові електроди марки ВТ. В якості напавочного матеріалу служать металокерамічні кільця ПК-ХН60ВУ, які виготовляються Московським заводом порошкової металургії. Спосіб відрізняється достатньо високою продуктивністю і не потребує участі зварювальника в процесі напавлення. До недоліків способу треба віднести порівняно більше пропавлення заготовки і викликану цим неоднорідність напавленого металу і значний брак по напавленню. Основні види браку: наявність пор по всьому периметру напавлення, особливо в області змикання країв сплаву, а також осідання напавленого металу в місці повторного ходу плазмової дуги.

Відомі способи напавлення клапанів із застосуванням нагріву струмами високої частоти (СВЧ). Так, англійська фірма «Сотін» розробила технологію і обладнання для напавлення клапанів із застосуванням СВЧ (450 кГц), де в якості присадного матеріалу використовуються стелітові кільця, отримані литтям. В процесі напавлення для захисту від окислення кільця скроплюються маслом і напилуються порошком флюсу. Після цього клапан з кільцем поміщається в індуктор, де відбувається його напавлення. Додатковий захист проти окислення створює полум'я газокисневих пальників, які прогрівають заготовку клапана з кільцем на основній робочій позиції. Продуктивність обладнання фірми «Остін»

85 клапанів за годину. Головним недоліком цього процесу є надмірна складність технології і обладнання, великий розхід наплавочного матеріалу і горючих газів і низька продуктивність.

Англійські фірми «Деллоро стеліт», «Дюранс», «Бристоль аероплане», ряд американських і західноєвропейських фірм [8, 13], інститути і підприємства соціалістичних країн для наплавлення клапанів використовували порошкові матеріали шляхом напилення із застосуванням плазмового або ацетилен-кисневого нагріву [14, 15]. Процес напилення порошків на робочу фаску клапанів може забезпечити досить високу продуктивність в поєднанні з незначним проплавленням основного металу заготовки. Однак, для його здійснення потрібне складне обладнання і порошкові матеріали чіткої грануляції. Основним недоліком напилення клапанів порошковими матеріалами є складність досягнення щільності і однорідності наплавленого шару і, як наслідок, низька його твердість. Ця ситуація настільки суттєва, що до цих пір спосіб напилення не має широкого промислового використання.



Рисунок 1.9 Установа для плазмового наплавлення клапанів У-66

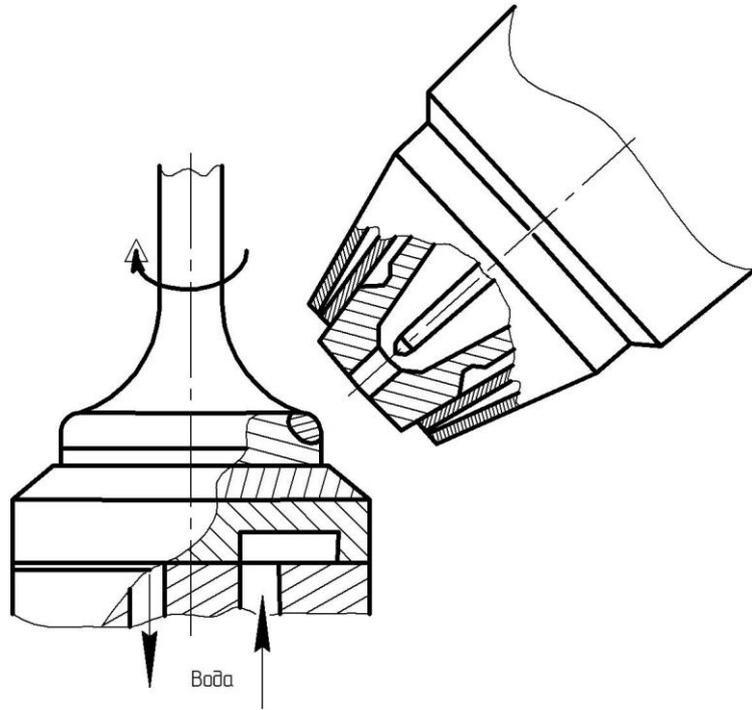


Рисунок 1.10 Схема наплавлення клапанів стисненою дугою

Також були розроблені і інші методи зміцнення робочої фаски тарілок клапанів. Серед них, наплавлення в  $\text{CO}_2$  електродним ніхромовим дротом і, стосовно до відновлення зношених клапанів тракторів ДТ-54 і «Зетор», порошковим дротом, наплавлення СВЧ з розплавленням в керамічній формі наплавлювального сплаву з наступним зануренням клапану), армування клапанів ніхромовими кільцями (X2OH80) методом контактного зварювання опором, рельєфне приварювання на робочу частину клапану кільце із жаростійких сплавів. Однак, через складність технології і обладнання, а в окремих випадках через їх недосконалість, ці процеси не знайшли промислового застосування.

В СРСР з початку вісімдесятих років широко застосовують наплавлення клапанів заморожуванням з застосуванням індукційного нагріву. Цей спосіб в комплексі із застосованим обладнанням і наплавлювальними матеріалами на сьогоднішній день є найбільш прогресивним. Техніко-технологічні властивості цього процесу розглянуті в даній роботі окремо.

Технологічні особливості описаних вище процесів тісно пов'язані з особливостями і можливостями наплавлювального обладнання і властивостями застосовуваних наплавлювальних матеріалів, які розглянуті у наступних розділах.

### 1.3. Техніко-технологічні особливості процесу наплавлення клапанів ДВЗ способом наморозування

Процес наплавлення клапанів ДВЗ способом наморозування все ширше впроваджується в виробництво на клапанних і автомобілебудівних заводах Європи. Суть процесу полягає в наступному. На заготовку клапана 1 (рис. 1.15) вкладається лите кільце 3 із жаростійкого сплаву, а в проміжок між ними засипається порція флюсу 4. Заготовка з кільцем в індукторі 2 спеціальної конструкції нагрівається струмами низької частоти до розплавлення кільця і необхідного перегріву кільцевої ванночки рідкого сплаву (рис. 1.15 б). Для рівномірного нагріву заготовка обертається в індукторі. Під дією магнітогідродинамічної сили, що створюється електромагнітним полем індуктора, кільцева ванночка рідкого сплаву 5 притискається до наплавлю вальної заготовки клапана, а зовнішня поверхня її формується під кутом  $30 \dots 45^\circ$  до вертикалі. Якщо в цей момент зняти напругу з індуктора, то рідкий сплав стече з заготовки. Щоби цього не сталося, на торець клапана через спеціальну установку 7 подається вода 6, а індуктор не виключається до повного закінчення процесу «наморозування» сплаву на заготовці.

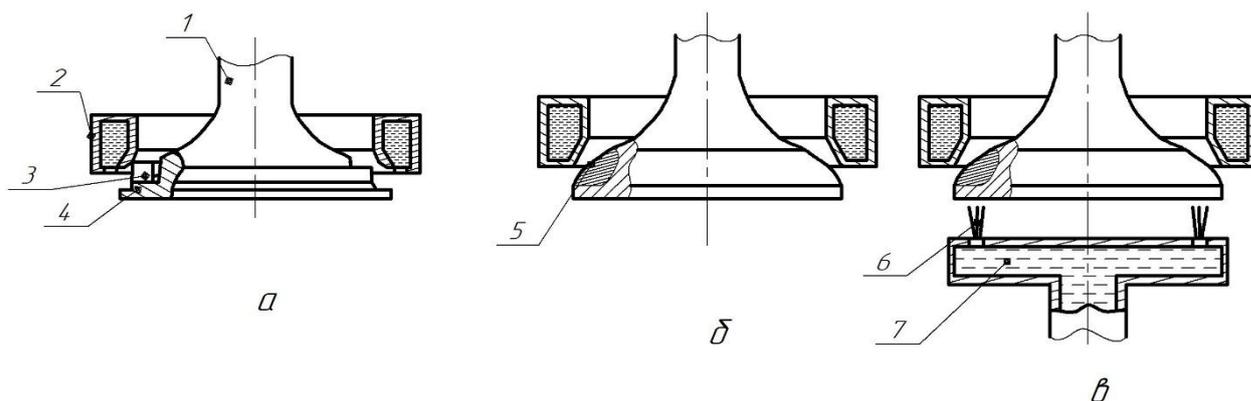


Рисунок 1.15 Схема процесу наплавлення наморозування з флюсовим захистом

Основна робоча частота струму, при якому проводиться наплавлення клапану способом наморозування становить 3000 Гц.

Порівняно з існуючими методами, процес наплавлення клапанів наморожуванням має ряд переваг. Завдяки периферійному нагріву струмами підвищеної частоти, основний метал клапана практично не оплавлюється і не переміщується з наплавленим сплавом. Це дозволяє проводити наплавлення клапанів, виготовлених із жароміцних азотовмісних сталей, таких, наприклад, як ЕП-303 і відмовитися від натрієвого охолодження, що використовується в важко навантажених клапанах.

Відсутність в процесі наплавлення «наморожуванням» концентрованих джерел нагріву, як дуга, ацетилен-кисневе полум'я або плазма дозволили застосовувати легкоплавкі флюси, які розплавляються при 700-800 °С і ще до розплавлення сплаву офлюсовують наплавлювальну поверхню, забезпечують хороше змочування основного металу і тим самим запобігають розриву тороїдальної ванночки рідкого сплаву під впливом пінч-ефекту.

Кільцева ванночка сплаву кристалізується при одночасному периферійному індукційному нагріві і інтенсивному водяному охолодженні заготовки з торця. Тому сплав кристалізується направлено (радіально) і одночасно від всієї поверхні заготовки, що являється основною умовою усунення пор, усадочних дефектів і флюсових включень.

Для реалізації процесу наплавлення клапанів в масовому виробництві було створено ряд напівавтоматичних установок типу ОБ936, ОБІ096, ОБІ098М, а також практична установка ОБІ236.

Послідовність виконуваних операцій на даних установках є наступна: оператор надіває кільце на заготовку клапана, досилає її в приймальний отвір флюсе-бункер, натискаючи штоком на датчик, який включає обертання механізму струшування і флюс сиплеться на заготовку до тих пір, поки вона знаходиться у флюсе-бункері. Офлюсована заготовка подається в затискний патрон установки і включається цикл наплавлення, який здійснюється без участі оператора. Після закінчення циклу наплавлення клапан самостійно випадає в приймальний бункер і оператор, офлюсувавши нову заготовку, завантажує її в зажимний патрон установки. Основним недоліком пристрою і способу подачі флюсу у вигляді

порошку є забивання сита і фасонної щілини внаслідок злипання флюсу. Оскільки флюси, що застосовуються для наплавлення клапанів(бура, борний ангідрид), гігроскопічні, то усунути цей недолік дуже важко. А це, в свою чергу, не дозволяє повністю механізувати процес флюсування, а значить, і процес наплавлення в цілому.

Тому необхідно усунути відмічені вище недоліки і вдосконалити процес. В зв'язку з цим виникли проблеми вишукування оптимальних засобів захисту зони наплавлення від окислення без використання флюсів, дослідження характеру взаємодії клапанних сталей і наплавлювальних сплавів у вибраних захисних середовищах, дослідження і оптимізації параметрів режиму індукційного нагріву, розробки оптимальних схем і конструктивних форм індукторів - сопел для подачі захисних сумішей в зону наплавлення і комплексна розробка автоматичного обладнання для наплавлення клапанів способом заморожування в захисних середовищах.

## 2. ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Дослідження взаємодії клапанних сталей з жаростійкими наплавлювальними сплавами в різних середовищах

При розгляді недоліків флюсового захисту зони наплавлення клапанів була встановлена необхідність вишукування захисного середовища, що задовольняє високим вимогам по формуванню наплавленого шару і продуктивності процесу.

При виборі захисного середовища враховувались наступні положення:

- наплавлювальний сплав повинен добре змочувати матеріал деталі (клапанну сталь), тобто крайові кути повинні бути значно менші 90°;
- при наплавлюванні жаростійких зносостійких сплавів на сталіні заготовки клапанів повинно бути мінімальне проплавлення металу заготовки і мінімальний перехід з нього в наплавлений шар компонентів, які негативно впливають на експлуатацію стійкості клапану.

З метою оптимального вибору захисного середовища зони наплавлення клапанів методом наморожування, виходячи з наведених вище положень, нами досліджено взаємодію найбільш широко застосовуваних клапанних сталей 55X20H4AG9, 40X10C2M зі сплавом ЄП616 у вакуумі та аргоні. Хімічний склад сплавів приведено в таблицях 2.1, а кути змочування наплавлювальними сплавами клапанних сталей в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 Хімічний склад сплавів

	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Ni</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	<i>Cr</i>	<i>N</i>	<i>Cu</i>	<i>Ti</i>	<i>Mo</i>
55X20Г9АН4	0.5 - 0.6	до 0.45	8 - 10	3.5 - 4.5	до 0.03	до 0.04	20 - 22	0.3 - 0.6	до 0.3	-	-
40X10C2M	0.35 - 0.45	1.9 - 2.6	до 0.8	до 0.6	до 0.025	до 0.03	9 - 10.5	-	до 0.3	до 0.2	0.7 - 0.9

Таблиця 2.2 Крайові кути змочування наплавлювальними сплавами сталей

Марка сталі	Середовище	Наплавлювальний сплав	Значення контактного кута 0°	Час розтікання (хв)
55X20H4AG9	Вакуум	ЄП616	42 - 0	1,7
	Аргон		91 - 21	5,0
40X10C2M	Вакуум		71 - 0	5,0
	Аргон		71 - 0	4,5

Методика досліджень. Дослідження кінетики змочування для систем «клапанна сталь – наплавлювальний сплав» проводилось вимірюванням крайового кута змочування методом «лежачої» краплі на спеціальній установці. Основною частиною цієї заготовки є водо-охолоджувальна вакуумна камера з вікнами для фотографування і спостереження за роботою внутрішніх приладів. Для нагріву зразків всередину камери поміщена горизонтальна трубчаста піч з молібденовим спіральним нагрівачем.

Досліди проводились наступним чином. На плоску підкладку досліджуваного матеріалу поміщали кусочок наплавлювального сплаву розміром приблизно 4x4x4 (мм) і нагрівали у вакуумі або в газі (аргон). Для очистки газів використовувалась спеціально змонтована система, яка складається з колонки з селікагелем і двох печей з мідною стружкою і титановою губкою, нагрітими до температури 500°C і 800°C відповідно. Нагрів зразка здійснюється з максимально можливою швидкістю. При досягненні заданої температури сплав плавиться, утворюючи краплю. З допомогою фотооптичної системи лінію контакту проектували на матове скло, на якому безпосередньо вимірювали параметри краплі. Вимір краплі проводився в декількох напрямках, оскільки вона не завжди була симетрична. Середні результати декількох дослідів (до чотирьох приймали за дійсне значення крайового кута  $\theta$ ). Вимірювання крайового кута проводили після деякої витримки, при кожній температурі (не менше 15 хв.), тобто коли встановлювався рівноважний кут. Дані для крайових кутів змочування систем «клапанна сталь – наплавлювальний сплав» наведені в таблиці 2.2.

Дослідження зони взаємодії проводили мікрорентгеноспектральним аналізом на мікроаналізаторі «Камека» моделі М-46, замірами мікротвердості на пристрої ПМТ-3 при загрузці 20 г і металографічними дослідженнями шліфів, виготовлених шляхом порізки підкладок із клапанних сталей з застиглими краплями наплавлювальних сплавів. Дані по вимірах мікротвердості наведені в таблиці 2.3.

Дослідження розтікання сплавів систем сталь 555Х20Н4АГ9 зі сплавами ЄП616 проводились у вакуумі та аргоні. Розтікання сплаву ЄП616 по сталі

55Х20Н4АГ9 у вакуумі відбувається протягом 1,70 хв., початковий крайовий кут становить 63°, кінцевий 13°.

Таблиця 2.3 Мікротвердість наплавлених зразків системи «клапанна сталь – наплавлений метал»

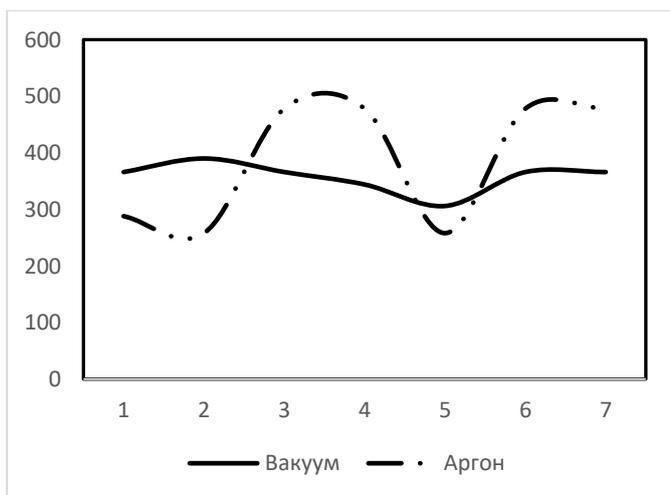
Марка сталі	Середовище	Наплавлений шар							Перехідна зона					Основний метал					
		1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
55Х20Н4АГ9	Вакуум	366	390	366	344	306	366	366	258	234	248	234	176	222	212	212	194	176	194
	Аргон	288	258	478	478	258	478	478	234	155	155	202	176	155	176	155	155	155	155
40Х10С2М	Вакуум	306	390	368	645	344	366	478	212	212	308	212	234	222	344	324	288	222	212
	Аргон	324	324	344	306	324	324	344	155	172	155	170	132	288	172	212	155	155	155

Мікроструктура зони наплавлення системи 55Х20Н4АГ9 – ЄП616 двохфазна (рис. 2.5.а): одна з мікротвердістю 230-250 кгс/мм<sup>2</sup>, друга – 340-360 кгс/мм<sup>2</sup>.

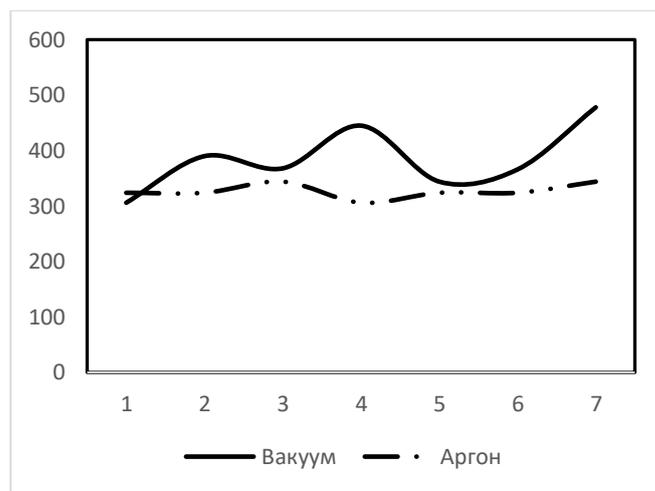
Мікроренгеноспектральні дослідження системи 55Х20Н4АГ9 – ЄП616 (рис. 2.5.б) показали наступні розподілення компонентів на міжфазній межі: залізо із основного металу частково дифундує в перехідну зону, кількість нікелю на межі контакту «тверде – рідке» збільшується до 15% в сталі, а потім зменшується до 4,5-5%, що відповідає його вмісту у вихідному матеріалі. Вміст кремнію і хрому залишається таким, як для вихідних матеріалів. Слід відмітити, що в перехідній зоні спостерігається виділення кристалів складної карбідної фази на основі хрому і заліза, в якій вміст хрому складає 65-70%, заліза 20-25%, решта, очевидно, вуглець.

Мікроренгеноспектральні дослідження вихідного сплаву ЄП616 визначили існування карбіду на основі хрому (складу Cr<sub>1</sub>C<sub>3</sub>), легованого нікелем (до 2%) і залізом (1-1,5%). Отже, в результаті взаємодії в системі 55Х20Н4АГ9 – ЄП616, за рахунок розчинення заліза в наплавлю вальному сплаві утворюється складний

карбід на основі хрому і заліза, який, однак, не погіршує механічних характеристик наплавлю вального сплаву.



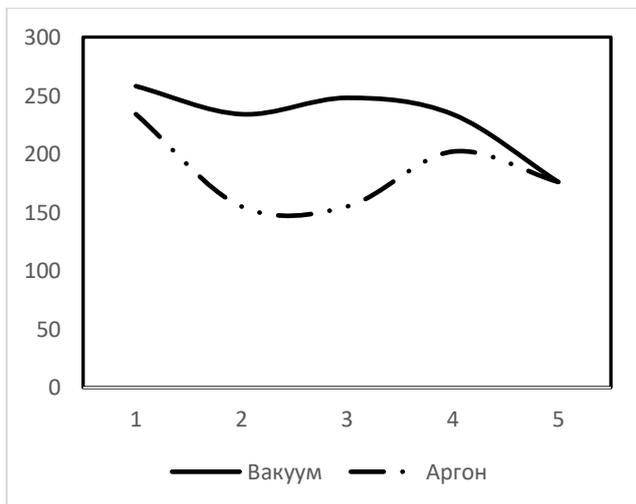
55X20H4AG9



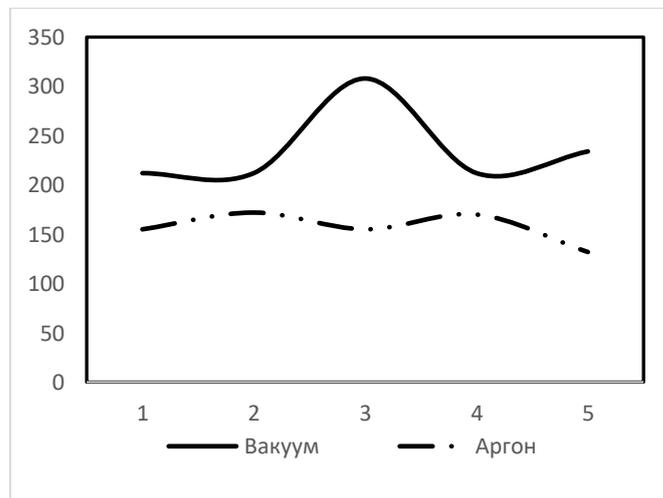
40X10C2M

Рисунок 2.2 Зміна твердості наплавленого металу в залежності від захисного середовища

Таким чином, взаємодія в системах 55X20H4AG9 – ЄП616 в вакуумі відбувається за рахунок часткової дифузії заліза в наплавлю вальний сплав з одночасним переходом нікелю зі сплаву в основний матеріал, що забезпечує міцне з'єднання наплавлю вального сплаву з матеріалом основи.

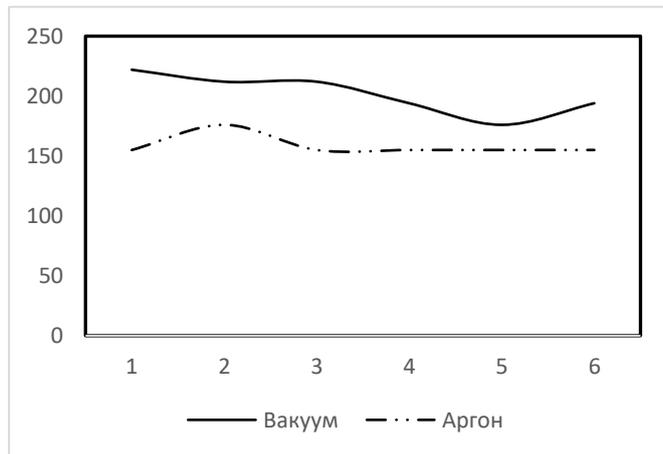


55X20H4AG9

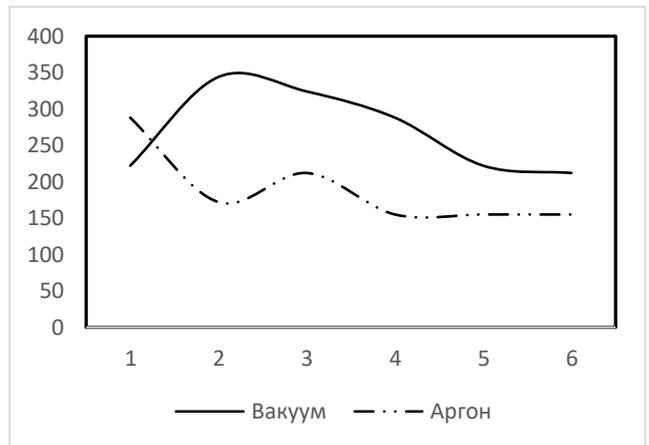


40X10C2M

Рисунок 2.3 Зміна твердості зони сплавлення в залежності від захисного середовища



55X20H4AG9



40X10C2M

Рисунок 2.4 Зміна твердості основного металу в залежності від захисного середовища

Дослідження взаємодії систем 55X20H4AG9 зі сплавами типу ЄП616 в аргоні показали, що сплав ЄП616 розтікається в аргоні по поверхні сталі 55X20H4AG9 протягом 5-ти хвилин, утворюючи кінцевий контактний кут  $21^\circ$ .

Розтікання сплаву ЄП616 по сталі 55X20H4AG9 в досліджуваному середовищі відбувається практично однаково. Це пояснюється тим, що присутній хром і ніобій знаходяться у сплаві в зв'язаному стані (у вигляді хімічних з'єднань) і в зв'язку з тим, практично, не піддаються дії навколишнього середовища.

В системі 40X10C2M – ЄП616 у вакуумі сплав розтікається по сталі протягом 5 хв. Початковий крайовий кут змочування складає  $71^\circ$ , кінцевий контактний кут близький до нульового.

В середовищі аргону кінетика розтікання практично не змінюється, повне розтікання відбувається протягом 4,5 хв.

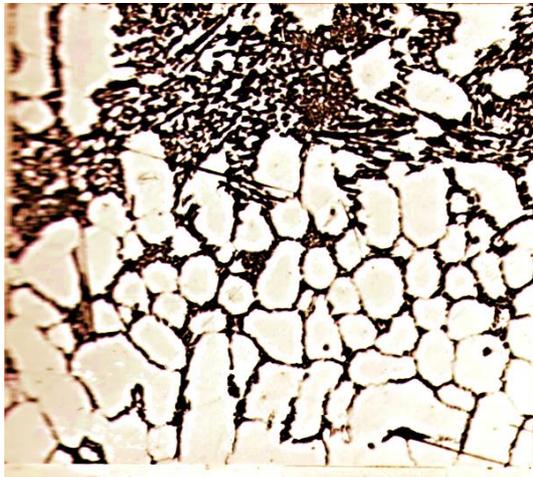
Мікроструктурний аналіз показав багатофазність зони контакту (рис. 2.6.а), який представляє собою евтектичні виділення по межах зерен і зерна сплаву, які мають правильну форму за рахунок перекристалізації через рідку фазу.

Мікрорентгеноспектральні дослідження зони контакту (рис. 2.6.б) в даній системі виявили перерозподіл нікелю і заліза, тобто залізо частково дифундує в наплавлювальний сплав, а сталь збагачується нікелем (вміст нікелю підвищується з 4,5 % до 9 %). Такий взаємний обмін і забезпечує адгезійний зв'язок наплавленого шару з матеріалом матриці. В зоні наплавлення спостерігається виділення

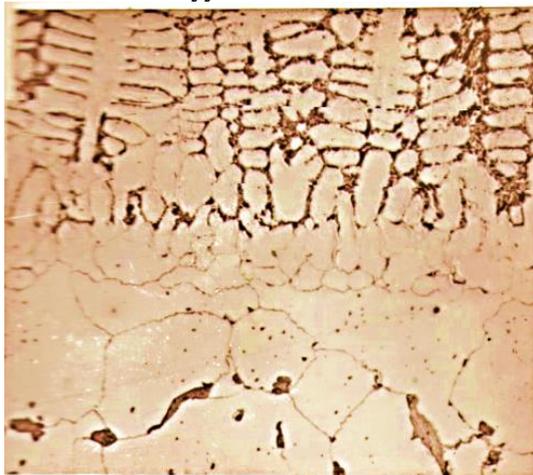
кристалів складної карбідної фази на основі хрому і заліза, причому кількість заліза в цій фазі збільшується після взаємодії зі сталлю до 40-45 % (вміст в початковому сплаві порядку 5 %). Вміст хрому і кремнію в твердій і рідкій фазах залишається таким, як і в початкових матеріалах. Отже, при наплавлюванні ЄП616 на сталь 40Х10С2М міцне зчеплення забезпечується за рахунок розчинення заліза в наплавлювальному сплаві з одночасним збагаченням сталі залізом. В поверхневому шарі наплавлювального сплаву вміст заліза знижується до початкового значення в сплаві.

Мікротвердість наплавлювального сплаву для системи у вакуумі складає 320-380 кгс/мм<sup>2</sup>, середня мікротвердість евтектики -220 кгс/мм<sup>2</sup>, основного металу (сталі) – 240-280 кгс/мм<sup>2</sup>. В середовищі аргону мікротвердість цих основних фаз практично мало змінюється. Підвищення мікротвердості до 480 кгс/мм<sup>2</sup> зони наплавлювального сплаву має місце в середовищі аргону для системи 40Х10С2М – ЄП616.

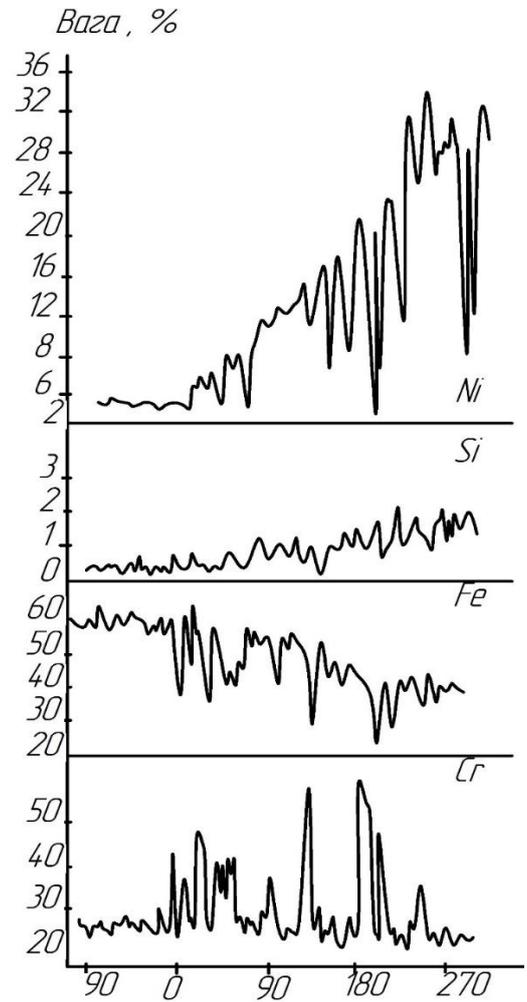
Таким чином, проведені дослідження показали, що для забезпечення надійного з'єднання клапанних сталей з наплавлювальними сплавами при наплавленні способом заморожування, в якості захисного середовища може бути застосований захисний газ аргон. Відзначається утворення дрібнозернистої структури перехідної зони, яка забезпечує високі фізико-хімічні властивості наплавлювального шару. З точки зору взаємодії в газових середовищах клапанних сталей зі сплавом ВЗК, даний сплав може бути використаний для наплавлення клапанів способом заморожування в середовищі аргону. Застосування цього сплаву для наплавлення визначається його експлуатаційними характеристиками і економічними міркуваннями.



Вакуум x500



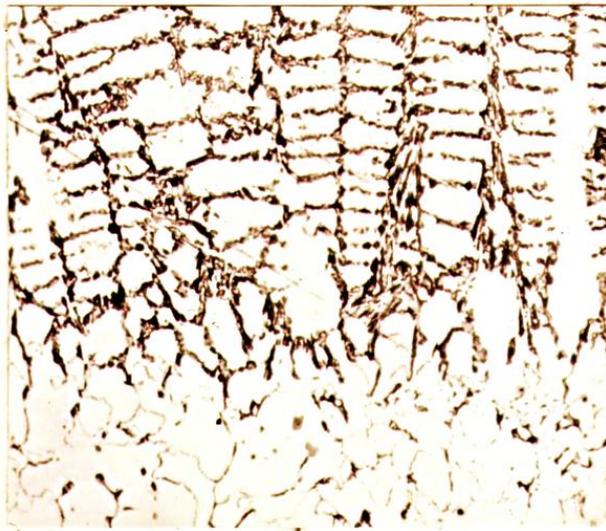
Аргон x500



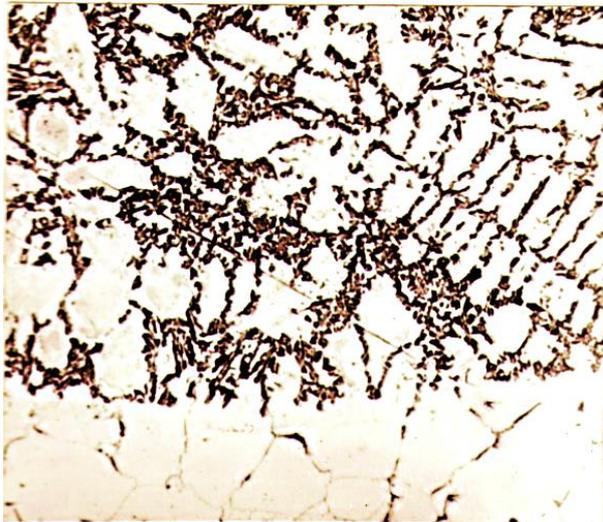
а)

б)

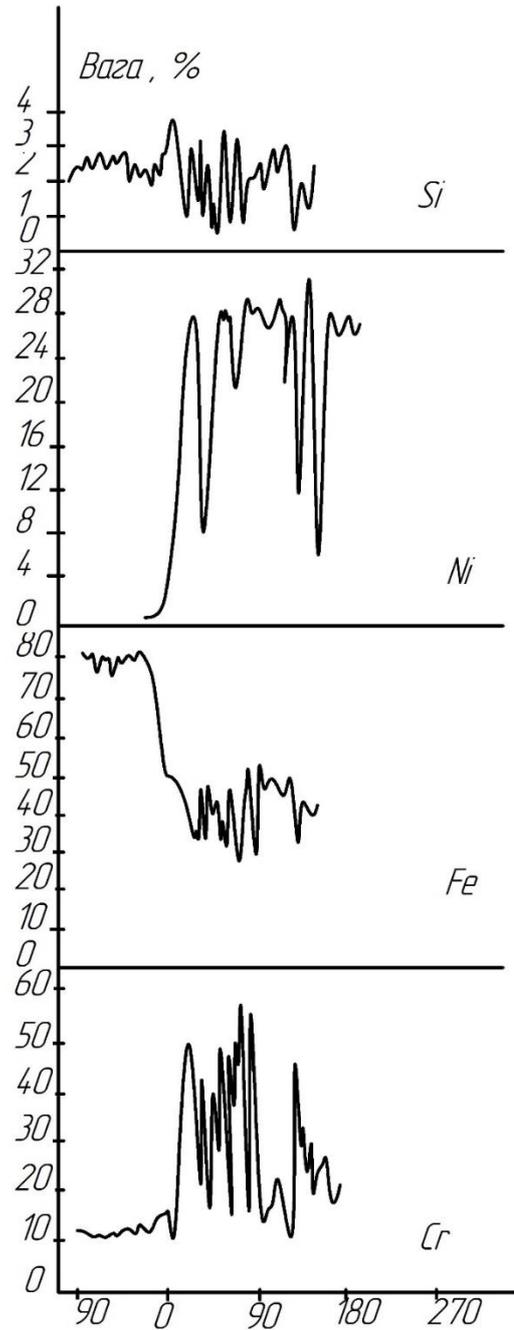
Рисунок 2.5 Мікроструктура наплавленого металу в різних захисних середовищах (а) та розподіл легуючих елементів в зоні сплавлення



Вакуум x500



Аргон x500



а)

б)

Рисунок 2.6 Мікроструктура наплавленого металу в різних захисних середовищах (а) та розподіл легуючих елементів в зоні сплавлення

## 2.2 Дослідження впливу вмісту кисню в газових сумішах на формування наплавлювального шару

Вибрані за результатами проведених досліджень газ для захисту зони наплавлення – аргон з вмістом  $O_2 \leq 0,001$  об.% не завжди доступний для застосування у виробництві через труднощі, пов'язані з його отриманням і очисткою. В зв'язку з цим необхідно було вишукати можливість використання при наплавленні клапанів в якості захисного середовища аргону нижчого ступеня чистоти. З цією метою проведені дослідження впливу вмісту кисню у вибраному газі на формування наплавлювального шару.

Дослідження проводились на заготовках зі сталі 55X20H4AG9 з діаметром тарілки  $D=35,5$  мм і присадних кільцях зі сплаву ЄП616 з виконанням наплавлення на установці ОБІ038. Змішування і підведення газів здійснюється на наведеній на рис.2.7 схемі з використанням змішувача газів марки УКП-1-71, тарованого в лабораторних умовах. Установка настроювалась на режим, що забезпечує найвищу в нормальних умовах якість наплавлення і формування наплавлювального шару. Параметри режиму контролювались за допомогою вимірювальної апаратури і підтримувались в процесі дослідів на попередньо вибраних рівнях. Розхід газової суміші також підтримувався постійним для кожного досліду на рівні  $4,45 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/с (25 л/хв.). На рисунку 2.8 та 2.9 представлено загальний вигляд індуктора та схему підведення захисних газів в зону наплавлення відповідно.

В ході експерименту з допомогою УКП-І-71 змінювали вміст  $O_2$  разом з  $Ar$  від 0,001 об.% до 8,5 об.% . З метою виключення можливих помилок кожен дослід був продубльований декілька разів. Окремо було виконано наплавлення клапанів з подачею чистого повітря ( $O_2 \approx 21,0$  об.%). Оцінка формування наплавлювального шару проводилась експериментальним шляхом з використанням десятибальної шкали оцінок за ступенем окислення поверхні, наявності пористості, раковин і несплавлення. Для оцінки щільності наплавленого шару клапани після наплавлення обробляли пошаровою проточкою. На шліфах, вирізаних із наплавлених клапанів з допомогою приладу ПМТ-3 (навантаження 20 г) виміряли мікротвердість металу заготовки і наплавлювального шару, проводили металографічні дослідження

структури перехідної зони і з допомогою мікроаналізатора «Камека» - міфкрорентгеноструктурні дослідження. Зразки клапанів були досліджені також на вміст кисню в наплавлювальному шарі.

По ступеню окислення поверхні і формуванні наплавлювального шару у вибраному діапазоні досліджень до вмісту  $O_2 = 8,5$  об.% в газі Ar не встановлено суттєвого погіршення якості формування ( $k_{\phi} \geq 9$  балів). Тільки починаючи з вмісту  $O_2 = 8,5$  об.% і вище, включаючи наплавлення на повітрі, спостерігається окислення і підгоряння кромки тарілки клапану ( $k_{\phi} \geq 5$  балів). Це підтверджується оглядом клапанів під мікроскопом після пошарового оброблення до кінцевих розмірів. Вимірювання мікротвердості шліфів клапанів проводили по лінії нормалі до наплавленого шару обробленого клапану з рівномірним розташуванням уколів на довжині  $L_1=0.8$  мм (зона заготовки клапана) і  $L_2=0.8$  мм (зона наплавлювального шару). Результати і схема вимірів наведені в таблиці 2.4 та представлено на рисунках 2.10 та 2.11. Вони не показали закономірних змін мікротвердості, пов'язаних з ростом вмісту  $O_2$  в Ar. Це, можливо, пояснюється тим, що через порівняно короткий час циклу наплавлення (14...16 с) процес окислення легованих елементів C, Si, B, Cr, що визначають рівень твердості, не встигають розвиватися в помітних розмірах через утворення на поверхні рідкого металу захисної плівки із боросилікатних окислів. А вплив чаду Si і B на утворення цих плівок дуже малий порівняно з вмістом цих компонентів у сплаві. В користь цього пояснення вказують результати аналізу мікроструктури клапанів наплавлених з різним вмістом кисню в газових сумішах (рис. 2.11). У всіх випадках структура має характерні для нікель-хром-бор-вмісних сплавів надлишкові первинні карбобориди, боридну евтектику і твердий аустенітний хромонікелевий розчин. Мікрорентгеноструктурні дослідження перехідної зони наплавлених клапанів в аргоні (рис.2.12) з домішками  $O_2$  не визначили суттєвого перерозподілу компонентів, викликаного зміною вмісту кисню в аргоні. Помітно тільки деякі підвищення переходу заліза з основного металу в наплавлений шар з підвищенням вмісту  $O_2$  в Ar.

Методом відновлювального плавлення в потоці газів на пристрої RO-16 фірми «Леко» (США)) II проведена перевірка вмісту  $O_2$  в наплавленому шарі клапанів. Дані цієї перевірки, наведені для окремих дослідів в таблиці 2.4, показують, що в межах досліджуваної області незалежно від складу газової суміші вміст кисню в наплавленому шарі знаходиться в межах 0,009...0,013 вага %.

Результати проведених лабораторних досліджень впливу складу газового середовища на формування і якість наплавлення перевірялись в умовах дослідно-промислового виробництва. При цьому основні результати лабораторних досліджень підтвердились. Однак, встановлено, що якщо підвищення вмісту  $O_2$  в Ar співпадає з відхиленням інших технологічних параметрів від оптимальних значень (геометричні розміри заготовки клапана і кільця, вага кільця, параметри режиму нагрівання), то це призводить до зниження стабільності якості формування наплавленого шару.

Таблиця 2.4 Результати замірювання мікротвердості в наплавленому шарі клапанів, наплавлених в Ar з додаванням  $O_2$

Вміст кисню в захищеному середовищі	На матеріалі заготовки клапана										На наплавленому шарі									
	0,001	155	162	155	98	155	162	155	222	162	222	212	272	258	176	258	212	176	155	176
1,50	176	155	103	155	155	202	222	202	176	222	234	212	212	324	253	324	344	324	366	344
3,60	184	155	212	184	202	248	184	155	248	234	202	212	212	234	314	288	445	366	445	478
8,50	155	162	155	162	156	162	155	176	176	155	212	176	176	212	194	234	176	234	234	234

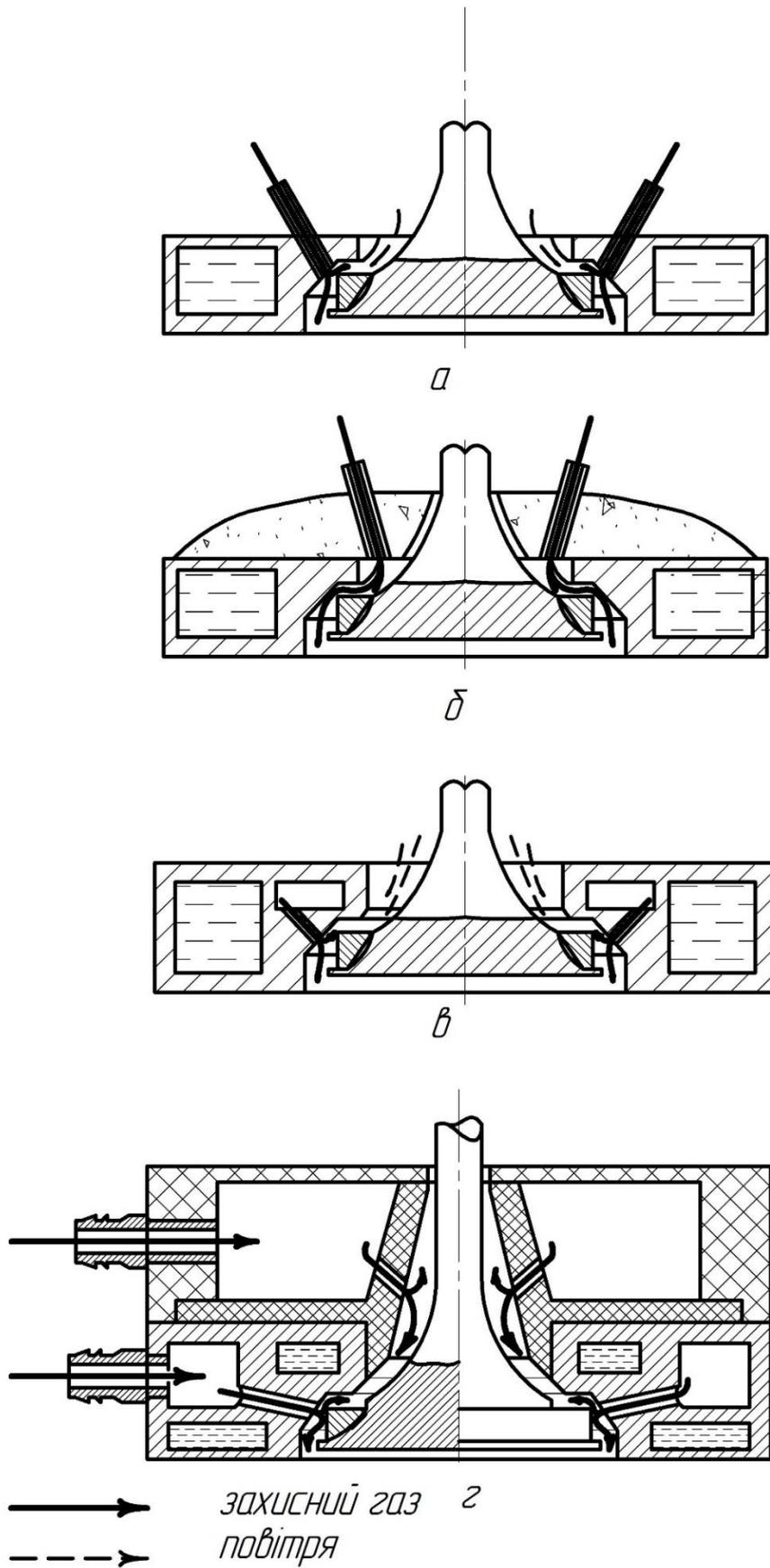


Рисунок 2.7 Схема підведення захисних газів в зону наплавлення

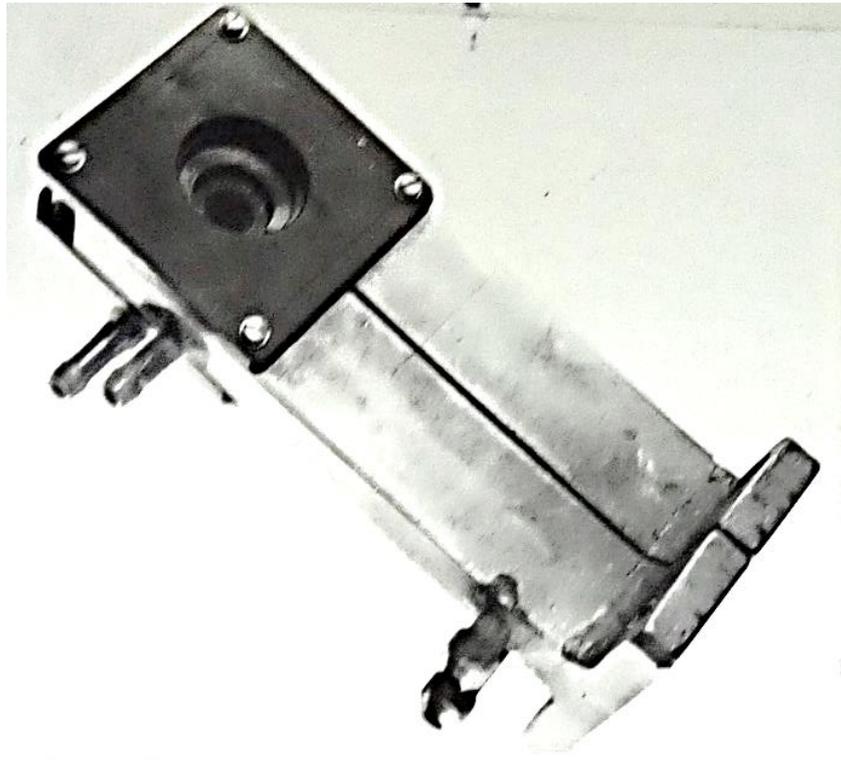


Рисунок 2.8 Загальний вигляд індуктора

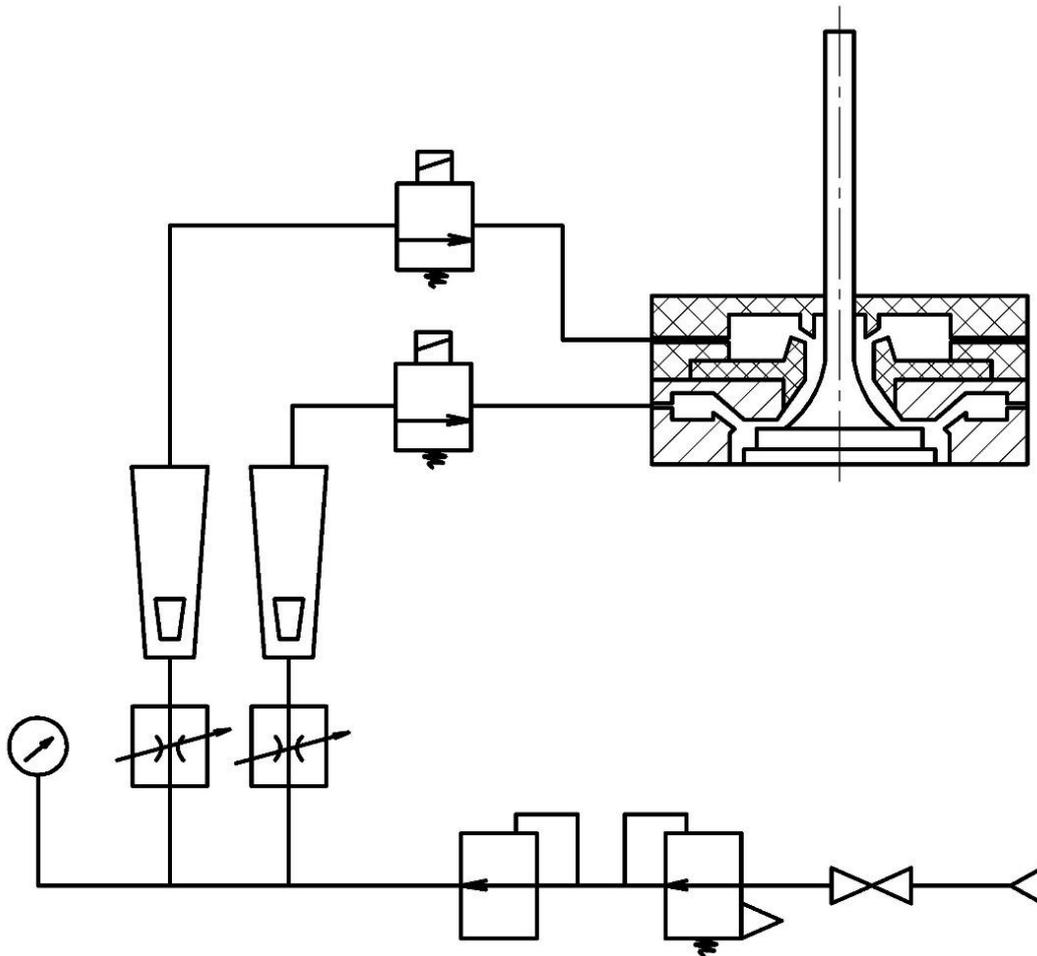
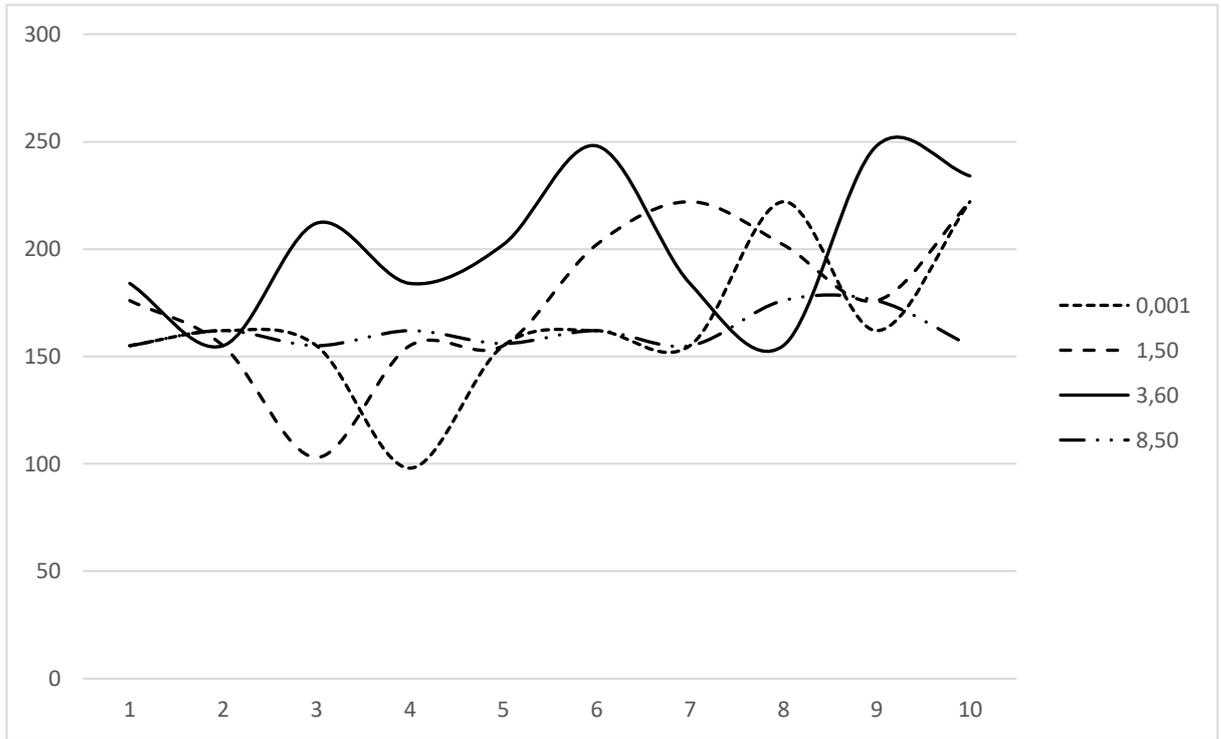
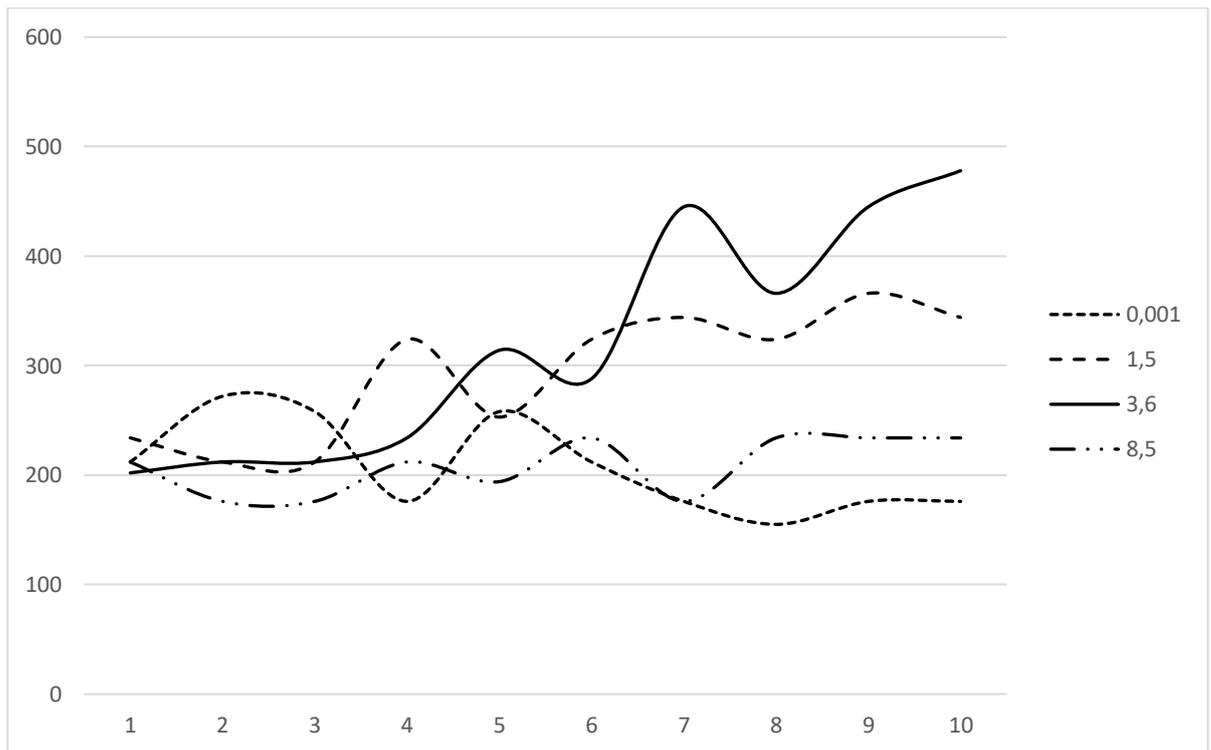


Рисунок 2.9 Схема підведення захисних газів в зону наплавлення



a)



б)

Рисунок 2.10 Зміна мікротвердості на наплавленому металі (а) та наплавленому шарі (б) залежно від вмісту  $O_2$  в захисному середовищі аргону



Ar+0,001%O<sub>2</sub>



Ar+8,5%O<sub>2</sub>

Рисунок 2.11 Мікроструктура шліфів клапанів наплавлених в газовій суміші Ar+O<sub>2</sub> (x500)

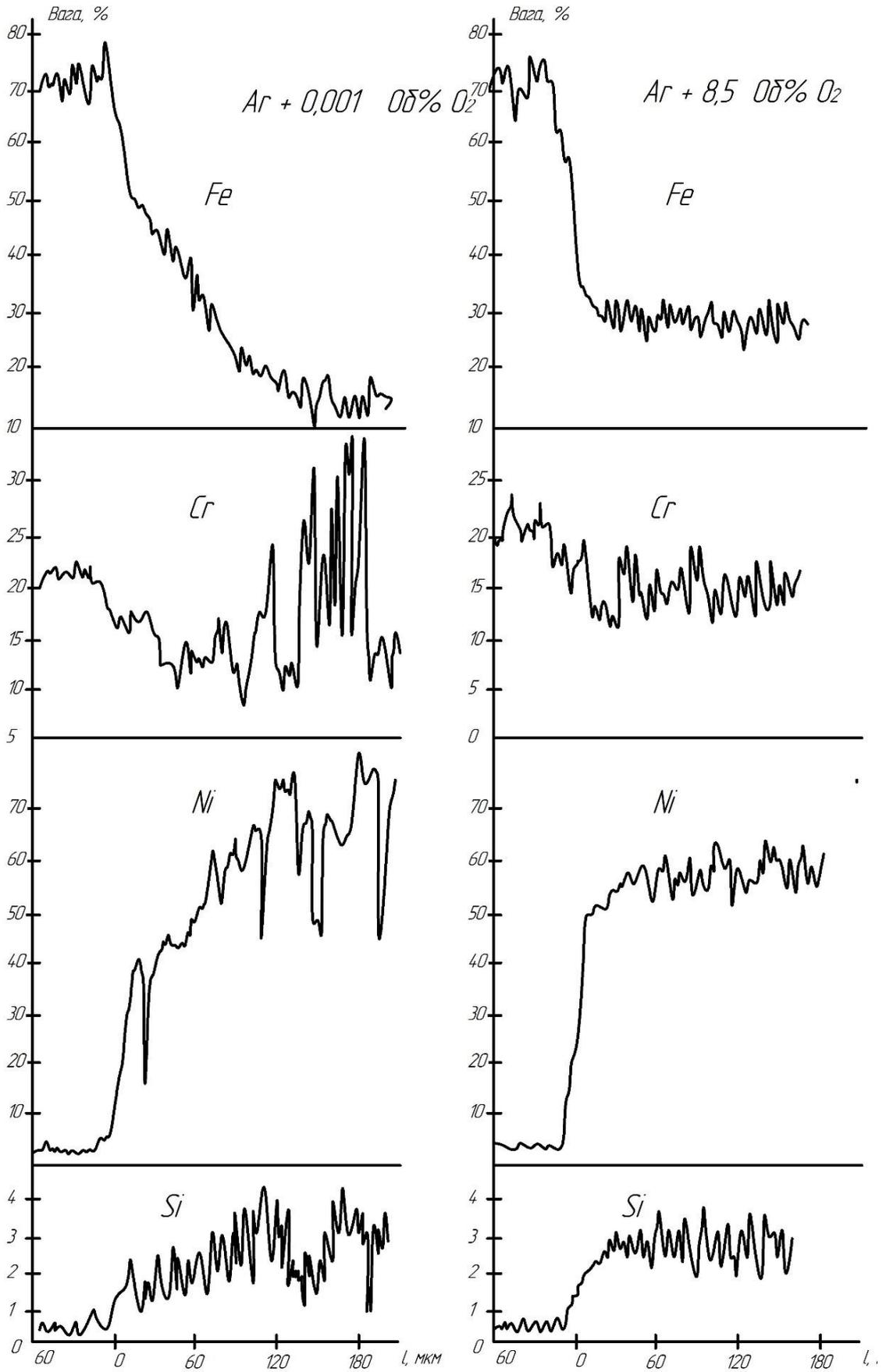


Рисунок 2.12 Розподіл хімічних елементів в перехідній зоні клапана, наплавленого в газовій суміші Ar+O<sub>2</sub>

## 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Аналіз технології процесу наплавлення

Найважливішими характеристиками процесу наплавлення клапанів способом наморожування є якість наплавленого шару і продуктивність.

Зазвичай у виробничих умовах якість наплавлювальних клапанів визначають візуально по відсутності на робочій фасці і по лінії сплавлення сплаву і заготовки пористості, раковин, несплавлювань і т.п. Часто з метою підвищення точності візуальної оцінки користуються методом капілярної дефектоскопії

Отримання необхідної для вирішення задачі оптимізації кількісної оцінки якості, на основі прямого вимірювання площі і глибини залягання дефектів пов'язано з великими складностями. Тому нами був прийнятий метод експертної оцінки з використанням десятибальної шкали. Перед контролем якості всі клапани піддавались шліфуванню до розмірів, наближених до розмірів готового клапану (рис. 3.1).

Розглянемо циклограму процесу (рис.3.2). Цикл наплавлення складається з трьох етапів, під час яких підводиться потужність до індуктора, а в зону наплавлення подається захисний газ. Потужність на першому етапі максимальна, на другому і третьому – поступово зменшується. На третьому етапі на тарілку клапана знизу подається вода.

Схематично взаємне розміщення заготовки клапана, наплавлювального кільця, індуктора з каналами подачі газу і **душувальної** установки показано на рис.3.3.

Аналіз технології процесу наплавлення показує, що на якість наплавлювальних клапанів можуть впливати наступні фактори:

$P_1, P_2, P_3$  – потужності на етапах циклу наплавлення, кВт;

$t_1, t_2, t_3$  – тривалості етапів циклу наплавлення, с;

$Q$  – розхід захисного газу (аргону), м<sup>3</sup>/с;

$c$  – положення клапану відносно нижньої кромки індуктора (рис. 3.3), мм;

$h$  – висота водяного струменя **душувальної** установки (рис. 3.3), мм;

$H$  - відстань від краю сопла охолоджувальної установки до торця тарілки клапану (рис. 3.3), мм;

$p$  – тиск охолоджуючої води в загальній системі установки, Па;

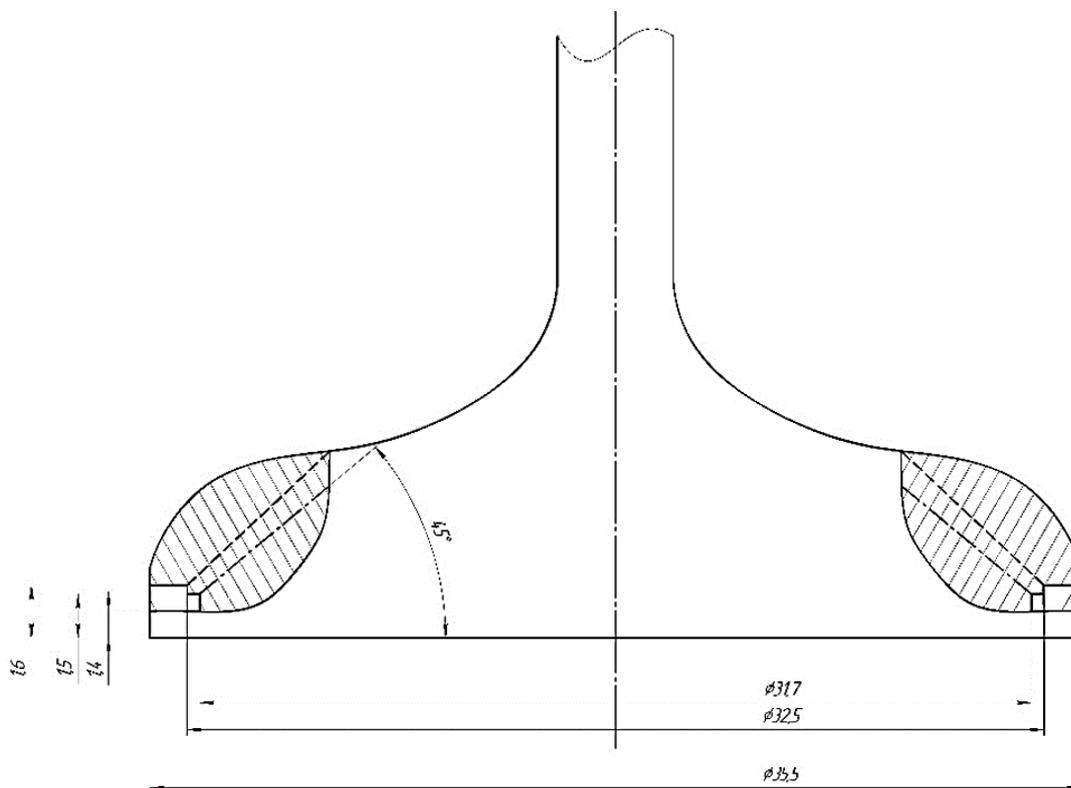


Рисунок 3.1 Схема оброблення клапана для оцінки якості наплавленого шару

Як показує практика наплавлення клапанів у масовому виробництві, процес дуже критичний до потужності і енергії імпульсів нагріву на кожному етапі і їх тривалості. Ці фактори, а також розхід захисного газу здійснюють вирішальний вплив на хід процесу і на якість наплавлювальних клапанів. Разом з тим, у виробництві їх значення і відношення між собою не завжди знаходяться в оптимальних межах. До сьогоднішнього часу не було досліджено їх комплексний вплив на якість клапанів. Вибір значень параметрів режимів на наплавлювальних установках здійснюється, як правило, на основі набутого досвіду, часто інтуїтивно, і не завжди був правильним. Тому дуже важливо було отримати для вищевказаних факторів  $P_1, P_2, P_3, t_1, t_2, t_3$  і розрахункову модель і оцінити їх вплив на якість клапанів.

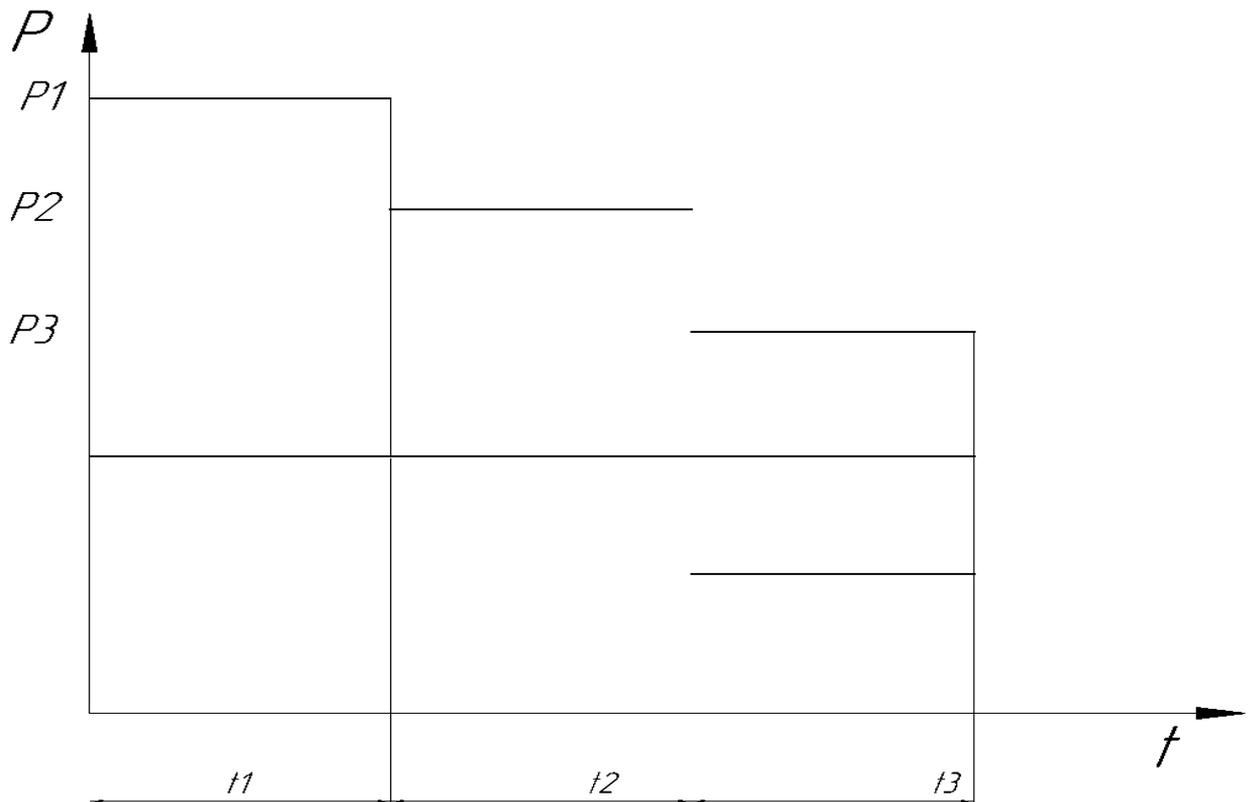


Рисунок 3.2 Циклограма процесу наплавлення клапанів на морожуванням в захисному газі

Фактори  $s$ ,  $h$ ,  $H$  і  $p$  в процесі виробництва відпрацьовані, багато в чому визначені конструкцією вузлів наплавлювальних установок і для кожного типорозміру клапану строго зафіксовані. Їх коливання в ході процесу зовсім незначні і практично не впливають на якість клапанів. В зв'язку з цим для досліджень вони представляють значно менший інтерес.

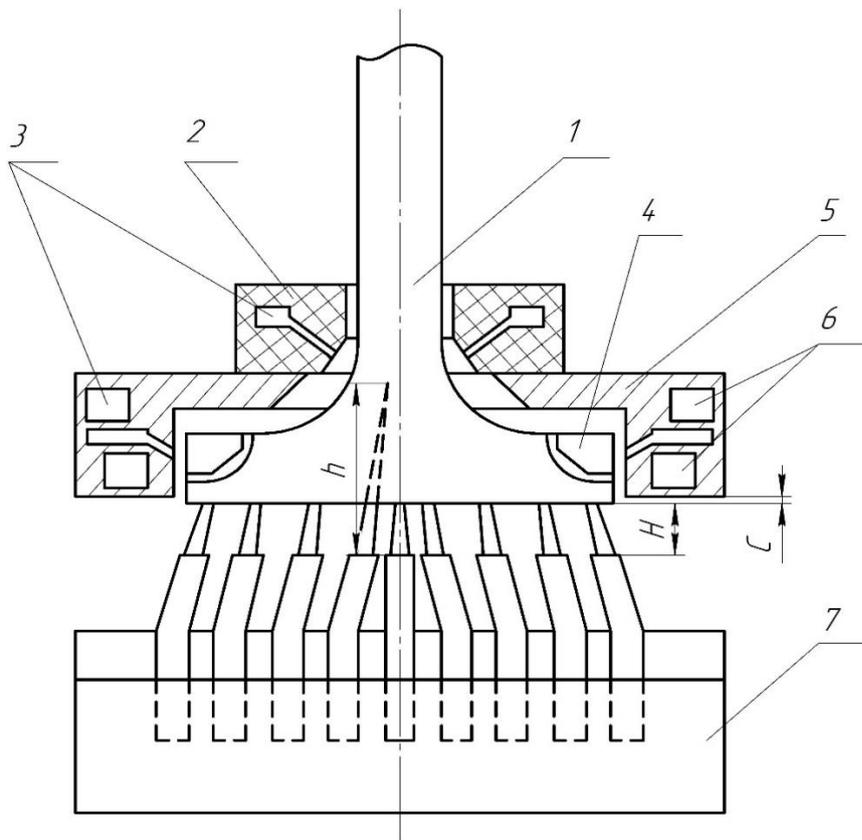
Виходячи із вищесказаного, для дослідження і оцінки впливу на якість наплавлювальних клапанів нами були вибрані фактори потужності і тривалості етапів і витрат захисного газу.

Значення інших факторів в даних дослідженнях прийняті такі, як на діючому виробництві для вибраного типорозміру клапану. Вони складають :  $s=1,0$  мм;  $h=40$  мм;  $H=15$  мм;  $p=1,96 \cdot 10^{-3}$  Па.

В проведених експериментах для наплавлення використовувались заготовки клапанів і випадочні кільця найпоширенішого типорозміру. Матеріал заготовки – широко використовувана клапанна сталь ЄП303, випадочні кільця зі сплаву ЄП616.

Наплавлення практичних партій клапанів проводилось на установці ОБІ038, що працює в автоматичному режимі. Наявність в установці електронної схеми стабілізації дозволяло в ході кожного циклу строго підтримувати контрольовані параметри на вибраних і зафіксованих рівнях.

Вимірювання параметрів циклу наплавлення проводились з допомогою цифрових приладів, з похибкою не більше 0,3 %.



- 1 – заготовка клапану;
- 2 – керамічна насадка з газовим колектором;
- 3 – канали для подачі газу в зону наплавлення;
- 4 – кільце із присадного сплаву;
- 5 – корпус індуктора;
- 6 – канали для подачі води, що охолоджує індуктор;
- 7 – душовий пристрій.

Рисунок 3.3 Схема взаємного розташування елементів процесу наплавлення

### 3.2 Оптимізація режиму наплавлення

Для оцінки впливу окремих факторів на якість клапану К проаналізуємо отриману розрахункову модель.

Для цього розглянемо часткові похідні:

$$\delta K / \delta W_1 = 1,1936 - 0,0037384 (W_2 + W_3) - 0,0037384 W_1 \quad (3.1)$$

$$\delta K / \delta W_2 = 1,3325 - 0,0037384 (W_1 + W_2) - 0,0014390 W_3 \quad (3.2)$$

$$\delta K / \delta W_3 = 1,1649 - 0,0037384 (W_3 + W_1) - 0,0014390 W_2 \quad (3.3)$$

$$\delta K / \delta t_1 = 12,705 \quad (3.4)$$

Із наведених виразів видно, що якість  $K$  підвищується зі збільшенням тривалості першого етапу  $t_1$ .

Збільшення енергії етапів циклу наплавлення в межах досліджуваної області приводить до зменшення  $K$  (табл. 3.1).

Таблиця 3.1. Результати експериментів

$P_1$ , кВт	$P_2$ , кВт	$P_3$ , кВт	$t_1$ , с	$t_2$ , с	$t_3$ , с	$Q$ , л/хв	$I_1$ , А	$U_1$ , В	$I_2$ , А	$U_2$ , В	$I_3$ , А	$U_3$ , В	$K$ , бал
35,5	29,7	40,6	5,2	4,0	5,8	15	68,0	532	61,6	490	50,4	410	5,67
36,5	32,2	40,6	4,0	5,0	6,0	15	67,2	535	64,6	510	50,4	410	9,33
35,5	29,7	40,6	5,0	6,0	4,0	15	67,2	535	61,0	490	53,4	410	9,33
36,5	32,2	18,6	6,0	4,0	4,0	25	66,2	532	62,4	490	48,6	390	9,33

Задаючись метою проаналізувати вплив на якість початкових, а не вторинних, що ввійшли в розрахункову модель, досліджуваних факторів і, користуючись виразом  $P_i = W_i / t_i$ , знову повернемося до факторів потужності етапів. Тоді, досліджуючи розрахункову модель у вибраній області на екстремум, отримаємо, що максимальна якість досягається при мінімальній потужності на кожному етапі циклу, максимальній тривалості першого етапу і мінімальних двох останніх, тобто при:  $P_1=35,6$  кВт,  $P_2=29,7$  кВт,  $P_3=18,6$  кВт,  $t_1= 6,0$  с,  $t_2= t_3= 4,0$  с,  $K_{\max}=29,7$  бали. Звідси видно, що при оптимальних значеннях факторів якість  $K$  виходить за межі прийнятої нами десятибальної шкали експертних оцінок. Це свідчить про те, що для проведення експериментів була заздалегідь вибрана порівняно вузька область досліджень і оптимальні значення факторів виявились на її межах. Однак, подальше суттєве зниження потужності етапів, тобто вихід за межі вказаної області при зафіксованій тривалості, як показують численні експерименти призводить до неповного розплавлення присадочного кільця. Збільшення тривалості  $t_1$  нецілеспрямовано з точки зору втрати продуктивності.

Для ілюстрації впливу досліджуваних факторів на якість клапану  $K$  побудуємо перетин поверхні **відгуку** в області отриманого оптимального режиму

(рис. 3.4). Отримані залежності показують, що на  $K$  суттєво впливає зміна тривалості етапів і незначно – коливання потужності. Ця ситуація відіграє важливу роль при використанні процесу наплавлення клапанів у виробництві, так як в діючому наплавлювальному обладнанні легко вдається зафіксувати і підтримувати з високою точністю тривалості етапів і досить важко досягнути високого рівня стабілізації потужності.

В проведених дослідженнях, завдяки точному налаштуванню силового контуру наплавлювальної установки в резонанс,  $\cos \varphi$  – кута фаз між струмом і напругою вдавалось підтримувати постійним і близьким до значення 0,98. Коли при цьому врахувати, що опір індуктора від клапана до клапана залишається практично незмінним (це забезпечується точною фіксацією клапану в затискному патроні і незначними, в порівнянні з розмірами заготовки клапану і кільця допусками), то з певними допущеннями можна припустити, що потужність етапів визначається, в основному, величиною напруги на індукторі. Одночасно замітимо, що тривалості етапів на діючому обладнанні задаються і витримуються з досить високою точністю. Тому, можна зробити висновок, що для отримання якісних характеристик процесу достатньо за стабілізувати напругу на індукторі.

В установках для наплавлення клапанів налаштування режимів здійснюється регулюванням тривалості етапів і напруги на первинній обмотці силового високочастотного трансформатора (вторинною обмоткою є індуктор). Враховуючи викладені вище і, перехід від факторів потужності до напруги етапів, для отримання високої якості наплавлення клапанів вибраного типорозміру ( $D=35,5$  мм) потрібно встановити наступні оптимальні значення параметрів режиму:  $U_1=535$  В,  $U_2=490$  В,  $U_3=390$  В,  $t_1= 6,0$  с,  $t_2= t_3= 4,0$  с,  $Q=3,32 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/с.

Такий режим випробування при наплавленні контрольної партії клапанів (10 штук) в лабораторних умовах. Якість всіх наплавлювальних клапанів відповідає максимальному балу і вони повністю задовольняють пред'явленим вимогам. Випробування розроблених оптимальних параметрів режиму при наплавленні великої партії клапанів у виробничих умовах показало, що брак складає не більше 1,5 %.

Із застосуванням розробленої вище методики вибрані і випробувані у виробництві параметри режимів наплавлення клапанів інших типорозмірів.

Наприклад, для наплавлення випускних клапанів автомобілів Fiat – 126р (заготовка зі сталі 21-4N, кільце зі сплаву ЄП616  $D=32,5$  мм) ПНР на установках ОБІ038МА були застосований наступний режим:

$$U_1=510 \text{ В}, U_2=490 \text{ В}, U_3=390 \text{ В}, t_1= 5,5 \text{ с}, t_2= t_3= 5,0 \text{ с}, Q=2,49 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

При цьому брак не перевищував 1 %, що свідчить про високу надійність підібраних параметрів.

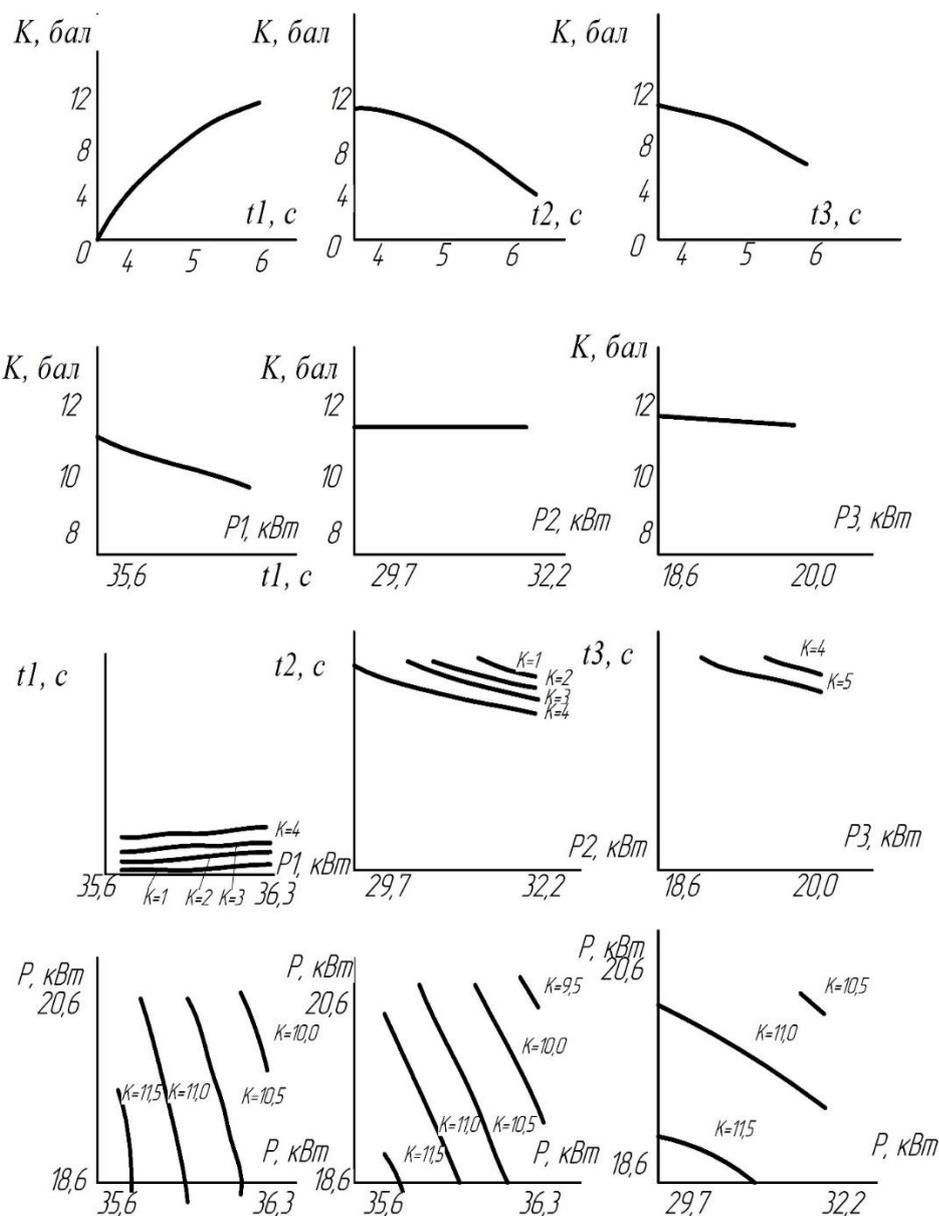


Рисунок 3.4 Графік впливу досліджуваних факторів на якість наплавленого клапана

## 4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 4.1 Вибір загальної функціональної семи наплавлювальних установок

Установки для наплавлення клапанів способом наморожування в газових середовищах повинні забезпечувати наступні функції: фіксацію в зоні нагріву і обертання заготовки з надітим кільцем, нагрів по заданій програмі, подачу захисного газу в зону наплавлення і води на тарілку клапану, викид наплавленого клапана по закінченні циклу. Виходячи з цих вимог, вони повинні містити установку затискання і обертання клапана, нагрівальний елемент індуктор, який дозволяє одночасно проводити нагрів і подавати газ в зону наплавлення, джерело живлення зі схемою підключення енергії до індуктора, душ з установками його приводу і ввімкнення подачі води, електричну схему керування всіма механізмами і процесом нагріву, забезпечувальну стабільність параметрів режиму.

Повністю автоматизована установка повинна бути оснащена також установками орієнтації, складання і завантаження заготовки з випадочним кільцем.

В якості виду нагріву автори способу наплавлення клапанів наморожуванням Д.А. Дудко, Б.І. Максимович і В.В. Заводян вибрали індукційний з частотою струму 8000 Гц, джерелом якого можуть бути електромашинні або статичні перетворювачі. Найширше застосування в даному процесі знайшли електромашинні генератори типу ВПЧ потужністю 12, 20, 30, 50 і 100 кВт.

Виконувані механізми установки були вибрані у вигляді пристосованих або розроблених нових електромагнітних і електромеханічних приладів.

Для вибору функціональної схеми наплавлювальних установок розглянемо умови її роботи, які визначаються вимогами технології процесу. Для автоматичного наплавлення клапанів схема установки повинна забезпечувати наступний режим роботи:

- 1) після подачі клапану в **цанговий** затискач включається електромагніт затискання клапану, електромагніт клапану подачі захисного газу і двигун обертання, одночасно замикається ланцюг збудження генератора і на індуктор

подається напруга, заготовка клапана з кільцем нагрівається до розплавлення останнього;

- 2) по закінченню часу  $\tau_1 = 4 \dots 6$  с напруга, що поступає на індуктор знижується і відключається електромагніт, утримуючий душ у вихідному положенні, під дією противаги (пружини) душ підводиться під клапан так, що сопла його направлені на торцеву частину тарілки клапану, кільце розплавляється і рідкий метал формується магнітним полем індуктора під визначеним кутом;
- 3) через час  $\tau_2 = 4 \dots 6$  с напруга на індукторі ще раз зменшується, відкривається гідро канал і душ протягом  $\tau_3 = 4 \dots 6$  с подає на торцеву частину тарілки клапана воду, цим забезпечується направлена кристалізація присадочного сплаву на поверхню заготовки клапана;
- 4) по закінченню часу  $\tau_3$  цикл роботи завершується: закривається гідроклапан душу, включається електромагніт, який виводить його із зони клапана, відключається збудження генератора, двигун обертання клапана і електромагніти **цангового** затискача і клапана подачі захисного газу, наплавлений клапан випадає в приймальний бункер.

Для здійснення описаного вище режиму виберемо функціональну схему установок для наплавлення клапанів. Схема складається із основних блоків: перетворювача П, блоку наплавлення БН, блоку стабілізації БС, блоку керування БК, стабілізованого джерела живлення СДЖ і пульта керування ПУ.

Блок наплавлення БН оснащений сигнальною арматурою СА і апаратурою захисту АЗ і ланцюгом зворотного зв'язку ЛЗЗ пов'язаний з блоком стабілізації. В блок БН входить високочастотний трансформатор Тр, індуктор І та батарея конденсаторів К, які утворюють силовий резонансний контур.

Блок стабілізації БС призначений для програмного регулювання напруги підвищеної частоти, що поступає з БН.

З блоку БУ здійснюється керування роботою всієї установки. Налаштування і керування в налагоджувальному режимі проводиться за допомогою пульта керування ПУ.

В склад схеми входять датчики положення ДП1, який сигналізує про наявність клапана в затискачі і ДП2, який контролює положення душу.

Виконавчі механізми: МІ – двигун обертання клапана, ЕМ1 – електромагніт гідроклапана подачі води, ЕМ2 – електромагніт приводу душу, ЕМ3 – електромагніт затискача клапана, ЕМ4 – електромагніт газового клапана. Якщо установка живиться системою автоматичної орієнтації, збирання і завантаження заготовки клапана і присадочного кільця, число датчиків і виконавчих механізмів відповідно збільшується.

Принцип роботи вибраної функціональної схеми простий. Установки, створені на її основі можуть працювати, як в автоматичному, так і в напіваавтоматичному режимах, забезпечуючи при цьому суворе виконання технології і високої якості наплавлювальних клапанів.

Важливим фактором при створенні на основі вибраної схеми наплавлювальних установок є забезпечення однаково високого рівня реалізації окремих її елементів, тобто відповідність технологічного рівня виконавчих механізмів і механічних вузлів і конструкцій рівню застосованих електричних і електронних схем керування і стабілізації параметрів режиму.

## **4.2 Розробка пристроїв для автоматичної орієнтації, складання і завантаження заготовки клапану і кільця**

Конструкції перших дослідних установок для наплавлення клапанів, як правило, містили змонтовані співвісно на загальній колонці головку з приводом обертання клапана, затискний пристрій з пусковим елементом, душувальний пристрій і стіл. Найслабшим місцем в цих конструкціях був затискний пристрій, який відрізняється громіздкістю, що вимагає жорстких допусків на оброблення штоку заготовки клапану і дозволяє наплавляти клапани тільки одного типорозміру. Перехід на новий типорозмір вимагав часткового демонтажу установки і заміни окремих деталей затискного пристрою.

З метою усунення цих недоліків, розроблена принципово нова конструкція затискного пристрою, що стала базовою при автоматизації наплавлювальних установок. Пристрій (рис. 4.1) виконано у виді корпусу з розміщеними на ньому електромагнітом, взаємодіючим з пусковим елементом установки і втулкою, один кінець якої з'єднаний через підшипник з сердечником електромагніту, а на другий встановлений рухомий корпус, всередині якого розташовані з можливістю радіального переміщення сухарі, які затискають клапан. Затискний пристрій працює наступним чином. Клапан штоком вверх подається до упору в затиск. При цьому шток 10 натискає на пусковий елемент 1, що включає магніт 2, який втягує в себе сердечник 3, зв'язаний через підшипник 4 і втулку 5 з зовнішнім конусом 6. Сухарики 7 в Т-подібних пазах деталі 8 переміщуються в напрямку до осі, відбувається затискання клапану і починається автоматичний цикл наплавлення. В кінці циклу відключається магніт, пружина 9 опускає зовнішній конус 6, сухарики розходяться під дією пружини 11 і відбувається викидання клапану.

Описаний пристрій показав високу надійність в роботі. Прийняті в ньому конструктивні рішення застосовані в більшості установок для наплавлення клапанів. Створені варіанти затискного пристрою для діапазонів малого, середнього і великого типорозмірів клапанів. В окремих установках електромагніт замінений пневмо-дротом, а пусковий елемент виконаний на безконтактному датчику положення.

Як впливає із принципу роботи даного пристрою, сигнал на захват клапану і на включення автоматичного циклу наплавлення появляється після досилання клапану до упору в затискачі. Якщо ця операція виконується вручну, після попереднього складання заготовки клапану з припадочним кільцем, наплавлювальна установка є напівавтоматичною. Для повної автоматизації потрібно провести без участі людини орієнтацію заготовки клапану і кільця, скласти їх разом і подати в затискний пристрій.

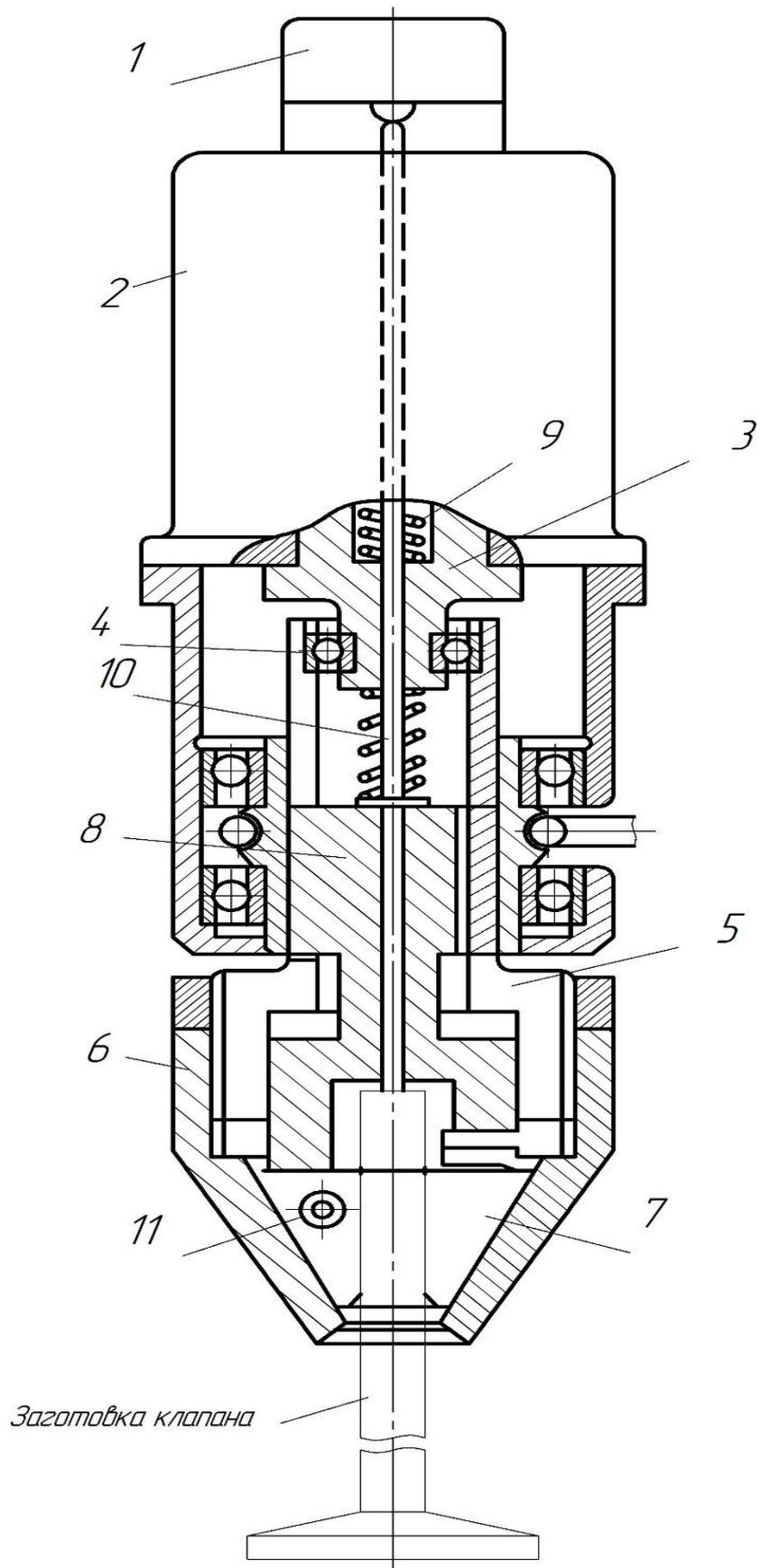


Рисунок 4.1 Затискний механізм установок для наплавлення клапанів

В Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона розроблено ряд пристроїв, які виконують вищенаведені функції і на їх основі створені окремі автоматичні установки і лінії для наплавлення клапанів, що працюють у виробництві.

Розглянемо пристрій для збирання клапану з кільцем і їх досилання в затискний пристрій.

Пристрій з маніпулятором містить пристосування для надівання кільця на стрижень клапану і орієнтування клапану тарілкою вниз штовхач з платформою для подання клапану з надіти кільцем в затискачем. Вказане пристосування для надівання наплавлювального кільця на стрижень клапану і орієнтування клапану тарілкою вниз утворено двома кінематично взаємопов'язаними механізмами, а саме: механізмом для надівання кільця на стрижень клапану і механізмом для орієнтування клапану тарілкою вниз.

Механізм для надівання кільця на клапан містить вертикальний вал, на якому співвісно змонтовані два барабани, один з яких – нижній – призначений для першочергового прийому наплавлювального клапану, а другий – верхній – орієнтованого стрижнем вниз.

Барабан для приймання наплавлю вального кільця встановлений на вертикальному валу вільно і має на нижньому торці валик, який взаємодіє з нерухомим копіром. Барабан для приймання клапану жорстко закріплений на вертикальному валу і має позиції для приймання клапанів, орієнтованих стрижнем ввверх.

При обертанні вертикального вала, нижній барабан з горизонтально розташованим кільцем в результаті взаємодії ролика з копіром піднімається ввверх до верхнього барабану, тим самим надіваючи кільце на стрижень клапану.

Механізм для орієнтування клапану стрижнем ввверх представляє собою маніпулятор, що містить вертикальний вал, який несе на верхньому торці підшипниковий вузол. В підшипниковому вузлі змонтований горизонтальний вал, один кінець якого зв'язаний з затискними лапами, а на другому - встановлена конічна шестерня, яка знаходиться в зачепленні з рухомим конічним колесом.

Описаний пристрій застосовується в установка ОБІ100 і ОБІ099М. Загальний вид автоматичної установки ОБІ100 з маніпулятором для складання клапана з кільцем і їх подавання в затискний пристрій наведений на рис. 4.2 та 4.3. На першому етапі освоєння установки постачались також установками для подавання флюсу в зону наплавлення, які з переходом на газовий захист були виключені.

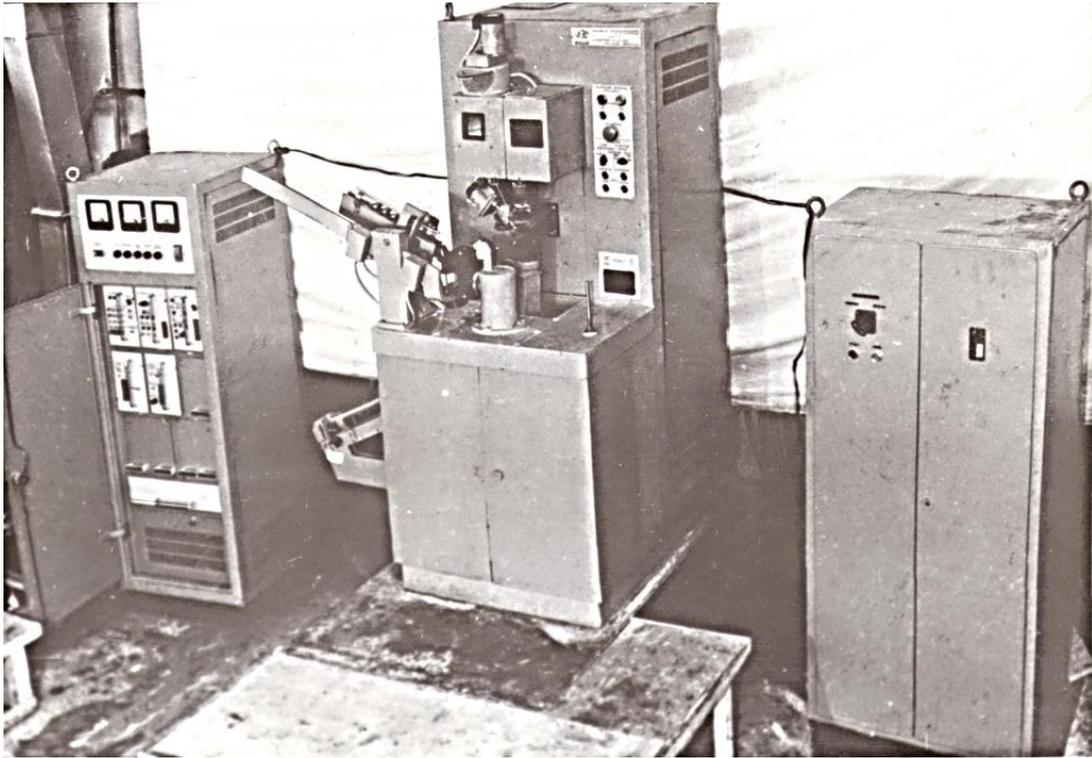


Рисунок 4.2 Установка для наплавлення типу ОБІ100

Застосування установки з маніпулятором дозволило вперше повністю автоматизувати наплавлювальні установки. Однак, в процесі експлуатації були виявленні суттєві недоліки прийнятої схеми і конструкції складання клапану з кільцем, що обмежило область розповсюдження пристрою з маніпулятором. Головними з цих недоліків є складність конструкції, що полягає у виконанні пристосування для надівання кільця на клапан і орієнтування клапану тарілкою вниз із двох, також досить складних, механізмів і недостатня продуктивність, обумовлена послідовним виконанням операцій складання клапану з наплавленим

кільцем і значними затратами часу на спрацювання великої кількості механізмів і передавання клапана з однієї технологічної позиції на іншу.

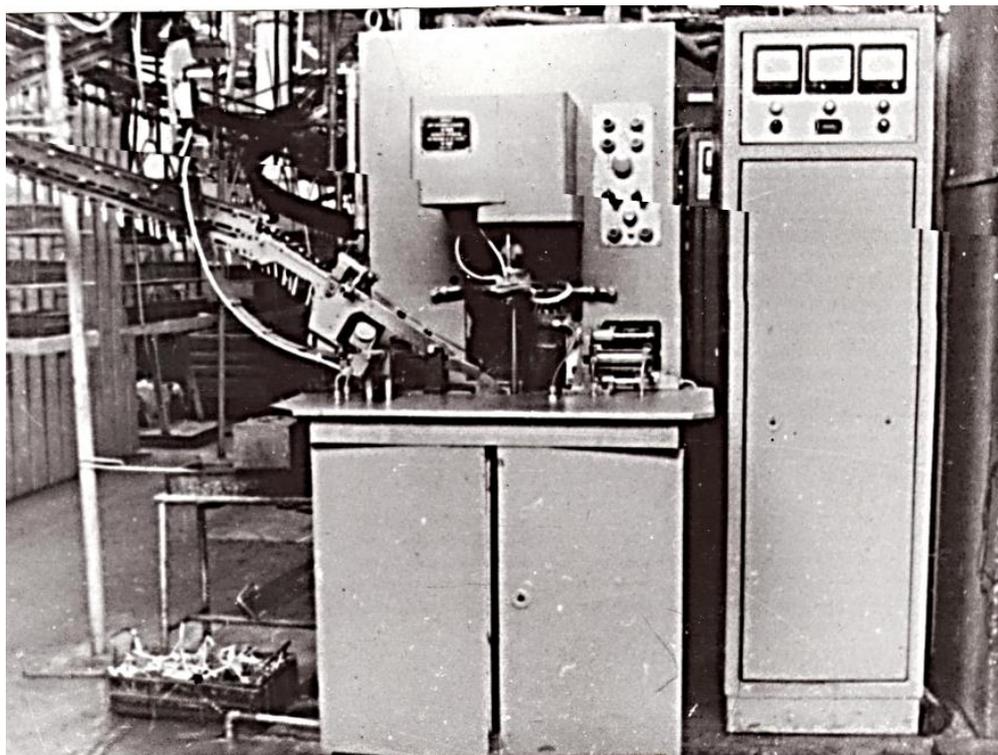


Рисунок 4.3 Установка для наплавлення типу ОБІ099М

З метою усунення відмічених недоліків були розроблені простіші пристрої орієнтації і складання клапану з кільцем на основі труби-кондуктора.

Перше з них (рис.4.4) [16] виконане у виді вертикально встановленого трубчастого кондуктора 1 з поперечним щілинним пазом 6, з'єднаним з каналом для подачі наплавлювальних кілець 4 повздовжнім вікном 10 для виводу зібраної з кільцем заготовки. Верхній торець кондуктора пов'язаний з похилим склизом 2 і поперечним упором 5, які призначені для подачі орієнтованих тарілкою вниз заготовок клапанів К. Механізм 9 для подачі зібраної з кільцем заготовки в індуктор 11 і затискний пристрій 12 встановлений з можливістю повороту для його встановлення під нижнім торцем кондуктора. Для встановлення заготовки клапана в механізмі повороту призначена тарілочка 8. Для відсіку заготовок клапанів і кілець пристрій оснащений електромагнітними відсікачами 3 і 7. Описаний пристрій був виготовлений на волзькому автомобільному заводі і досліджено в роботі з установкою ОБІ099М при наплавленні 440 тисяч клапанів. В процесі

досліджень була підтверджена правильність вибраних рішень при складанні заготовки клапану з кільцем в трубчастому контурі. Одночасно були виявлені окремі недоліки, головний з яких пов'язаний з переносом клапану в горизонтальній площині і викликаного цим порушенням його стійкості.

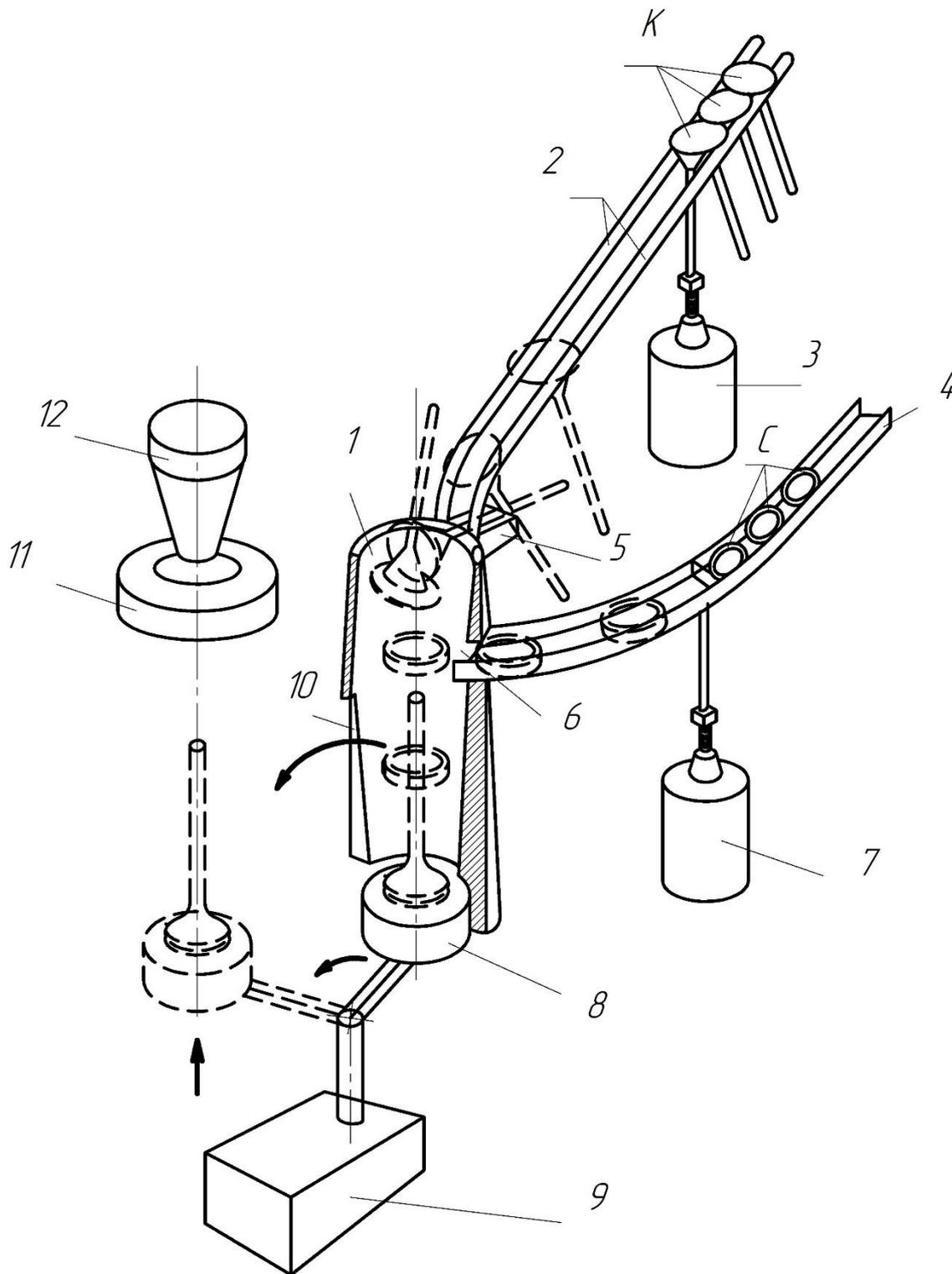


Рисунок 4.4 Механізм орієнтації і складання заготовки клапану і присадкового кільця з трубчастим кондуктором

Усунути цей недолік вдалось встановленням трубчастого кондуктора співвісно з затискним пристроєм і індуктором. А також рухливістю **душувального** пристрою, який служить одночасно склизом для прийому-викидання наплавлювального клапану (рис. 4.5). В цьому пристрої орієнтації і складання з метою спрощення конструкції і підвищення надійності його роботи направляючі для подачі кільця розміщені під направляючими для подачі заготовок клапанів. Вони виконані з повздовжнім перетином, вісь якого розміщена в одній вертикальній площині з віссю прорізу для подачі заготовок клапанів, а відстань між опорними площинами направляючих по вертикалі менше довжини стрижня клапану. Цей пристрій застосовано в установках ОБІ099М, які працюють в складі автоматичної лінії виробництва клапанів (рис. 4.3). Він показав високу надійність в роботі, його застосування дозволило значно підвищити продуктивність установок і якість наплавлення. З використанням описаного пристрою розроблена також автоматична установка ОБ2099. В процесі розроблення наплавлювальних автоматичних установок пристрої орієнтації, складання і завантаження клапана з кільцем постійно вдосконалюються. Так, Д.А. Дудко, А.А. Мозжухін, В.П. Сотченко і Б.І. Максимович розробили установку з пристроєм, який відрізняється від попереднього тим, що приймач кільця виконаний у вигляді привідного поворотного лотка, оснащеного буртом для утримання кільця і розміщеного в місці примикання склону для подачі кільця до трубчастого корпусу. Привід повороту лотка в цьому пристрої виконаний у вигляді силового циліндру, в штоку якого є наскрізний паз. Поворотний лоток оснащений підпружиненим відносно корпусу силового циліндру упором, закріпленого на осі повороту лотка і розміщеного в пазу штоку, а вільний торець штоку оснащений П - подібним упором, закріпленим з можливістю взаємодії з поворотним лотком. Крім того, поворотний лоток оснащений пластиною закріпленою на ньому з можливістю перекриття склону в момент подачі кільця на стрижень заготовки клапану.

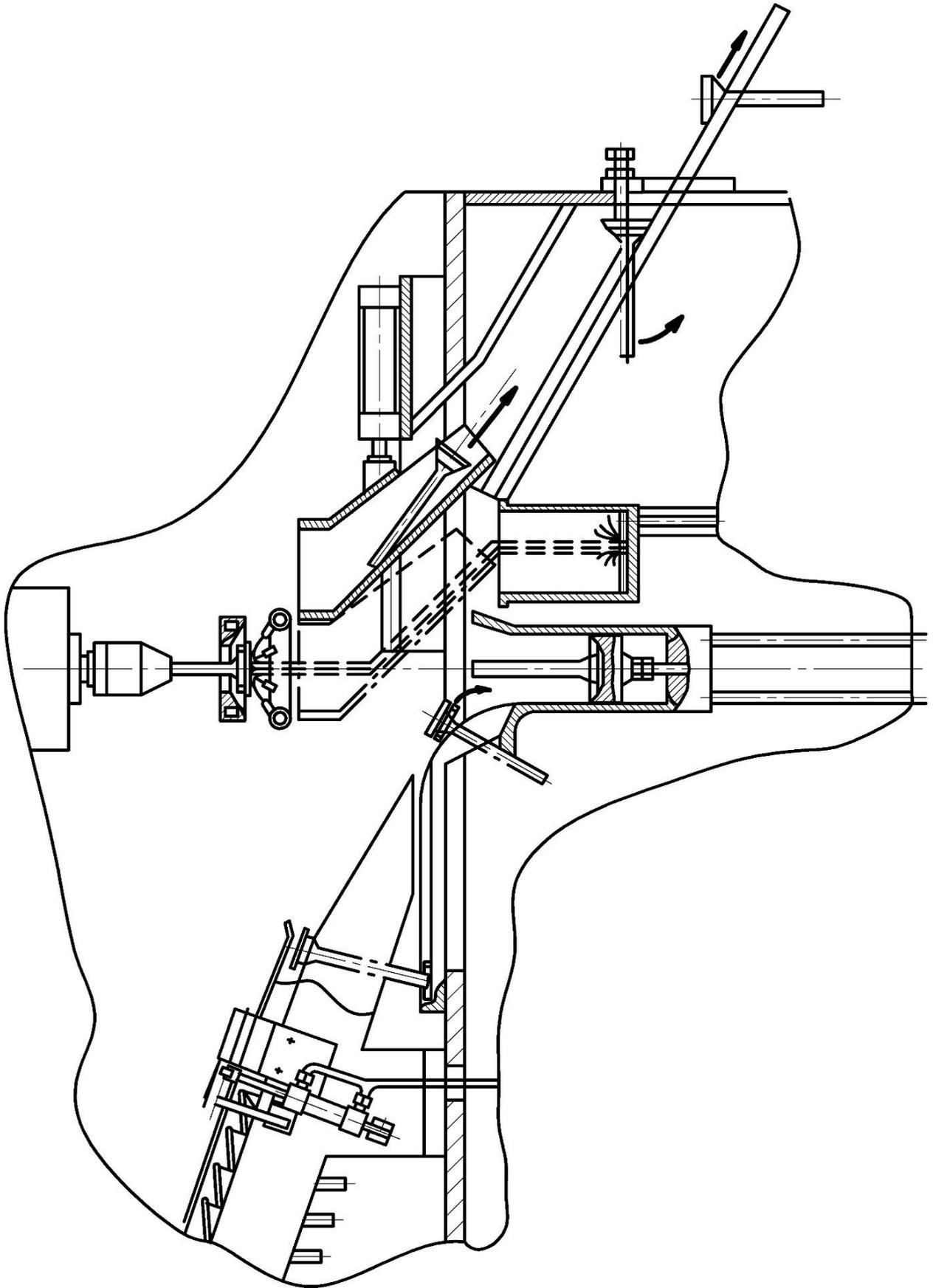


Рисунок 4.5 Пристрій орієнтації і складання заготовки клапана і присадного кільця з трубчастим кондуктором і співвісно розміщеним з ним наскрізним днищем

В порядку вдосконалення наведеного пристрою з нашою участю створено новий пристрій (рис. 4.6) , який відрізняється від попереднього тим, що шток циліндра оснащений буртом, на шток посаджена підпружинена відносно корпусу зубчаста рейка з можливістю осьового переміщення по штоку і взаємодія з вказаним буртом. Поворотний **карман** оснащений зубчастим сектором, концентрованого до осі повороту **карману**, взаємодіючим з вказаною рейкою. При цьому вільний кінець штоку оснащений П - подібним упором, закріпленим з можливістю взаємодії не з поворотним лотком, як було в попередньому пристрої, а з поворотним карманом.

На основі двох останніх пристроїв на даний час проектується універсальна автоматична установка для наплавлення клапанів ОБ2100.

На установках ОБ1100М і ОБ1099М, працюючих в складі автоматичних ліній, заготовки клапанів і присадочні кільця поступають завчасу орієнтованими в лініях транспорту. Так, наприклад, на КАМАЗі для орієнтації кілець передбачена спеціальна **багаторучна** установка ОБ1081, яка може орієнтувати присадочні кільця зразу для шести автоматів. Подібна багаторучна система орієнтації кілець працює і на ВАЗі. Застосування багаторучних систем орієнтації кілець повністю виправдане в умовах масового виробництва клапанів, коли для їх наплавлення використовується не менше трьох автоматів. Якщо ж об'єм виробництва і наплавлення клапанів менший, застосування багаторучної системи не вигідне і економічно не обґрунтовано. В зв'язку з цим, розроблені пристрої для орієнтації кілець, якими можуть оснащуватися автономно окремі установки. Це дозволяє повністю автоматизувати подачу кілець до установки незалежно від річного об'єму наплавлювальних клапанів.

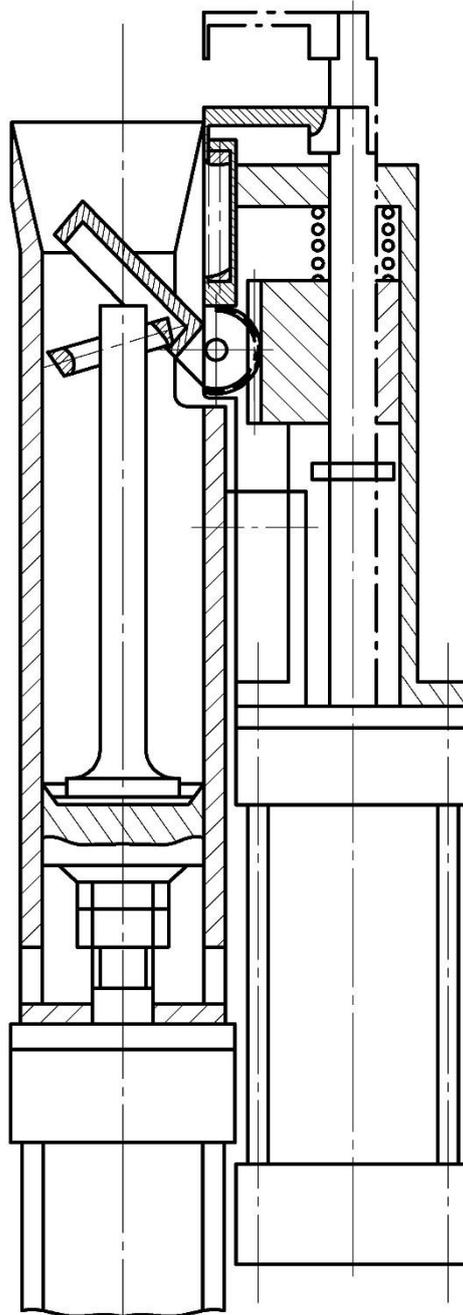


Рисунок 4.6 Пристрій для складання клапана і присадного кільця, оснащений поворотним карманом

Розглянемо пристрій для подачі і орієнтації кільця з безкінечною стрічкою. Пристрій складається з бункера, утвореного гнучкою нескінченною стрічкою 1 і боковими дисками 2, подавального 3 і приймаючого 4 лотків. Стрічка, оснащена штирями – уловлювачами 5, захвачує ведучий 6 і ведений 7 шківів і натяжний ролик 8. Стрічка приводиться в рух електродвигуном 9. Висота штирів – уловлювачів знаходиться в межах 0,5-0,8 висоти внутрішньої фаски кільця.

Пристрій працює наступним чином. В бункер через подавальний лоток 3 поступають присадочні кільця 10, які мають внутрішню фаску і накопичуються в ньому. При русі стрічки 1 відбувається перемішування кілець і захват окремих з них штирями – уловлювачами. Коли кільце повертається до штиря – уловлювача стороною, яка не має внутрішньої фаски, то воно захвачується штирем – уловлювачем, піднімається вгору, перекочуючись через ведучий шків 6 і орієнтовно випадає і приймальний лоток. Потім за системою транспорту кільце попадає в зону складання з заготовкою клапана і на позицію наплавлення.

Якщо кільце повертається до штиря – уловлювача стороною, яка має внутрішню фаску, то внаслідок сумарності висоти штиря – уловлювача з величиною цієї фаски кільце сповзає з уловлювача і залишається в бункері.

Дослідний зразок пристрою з нескінченною стрічкою був виготовлений в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона і показав високий рівень надійності в роботі. Однак, складності, що виникли з отриманням нескінченної гнучкої стрічки не дозволили доказати описаний пристрій до промислового використання.

На вищому рівні був розроблений фотоелектронний орієнтатор присадних кілець 9. Орієнтатор містить нахилене підвідне кільце провід 1, контрольну позицію 2 з фотоелектричним пристроєм, який складається з освітлювача 7 і фотоелементу 8, позицію роздачі кілець 6 на прямий I переорієнтувальний II лотки з магнітними відсікачами 3, 4, 5, з'єднаних на виході у відвідне кільце – провід III і схему керування. На відміну від відомих подібних пристроїв, орієнтатор відрізняється тим, що фотоелектричний пристрій встановлений таким чином, що його оптична вісь направлена під кутом до опорної площини контрольної позиції, рівному куту нахилу внутрішній фаски присадного кільця. При цьому контрольна позиція і позиція роздачі на прямий і переорієнтувальний лоток зміщені, який виконаний спіральним. Оптична вісь фотоелектричного пристрою лежить в діаметральній площині кільця, встановленого на контрольній позиції, що проходить через лінію дотику цього кільця і шторки прямого лотка і розміщена відносно цієї лінії по іншу сторону від осі кільця.

З метою забезпечення установки кілець всіх типорозмірів на контрольній позиції в заданому положенні, підвідней кільце – провід змонтований під кутом  $3^{\circ}$ - $10^{\circ}$  до вертикальної площини.

Розроблений пристрій був виготовлений і досліджений в лабораторних умовах, а потім ним була укомплектована автоматична установка для наплавлення клапанів ОБ2099 (рис. 4.7). Пристрій компактний, надійний в роботі і володіє дуже високою продуктивністю.

Таким чином, комплексне вирішення питань, пов'язаних зі створенням пристроїв для автоматичної орієнтації, складання і завантаження заготовки клапанів і присадних кілець дозволило поєднати автоматичні високопродуктивні установки, які успішно працюють на автомобільних і клапанних заводах України і закордоном

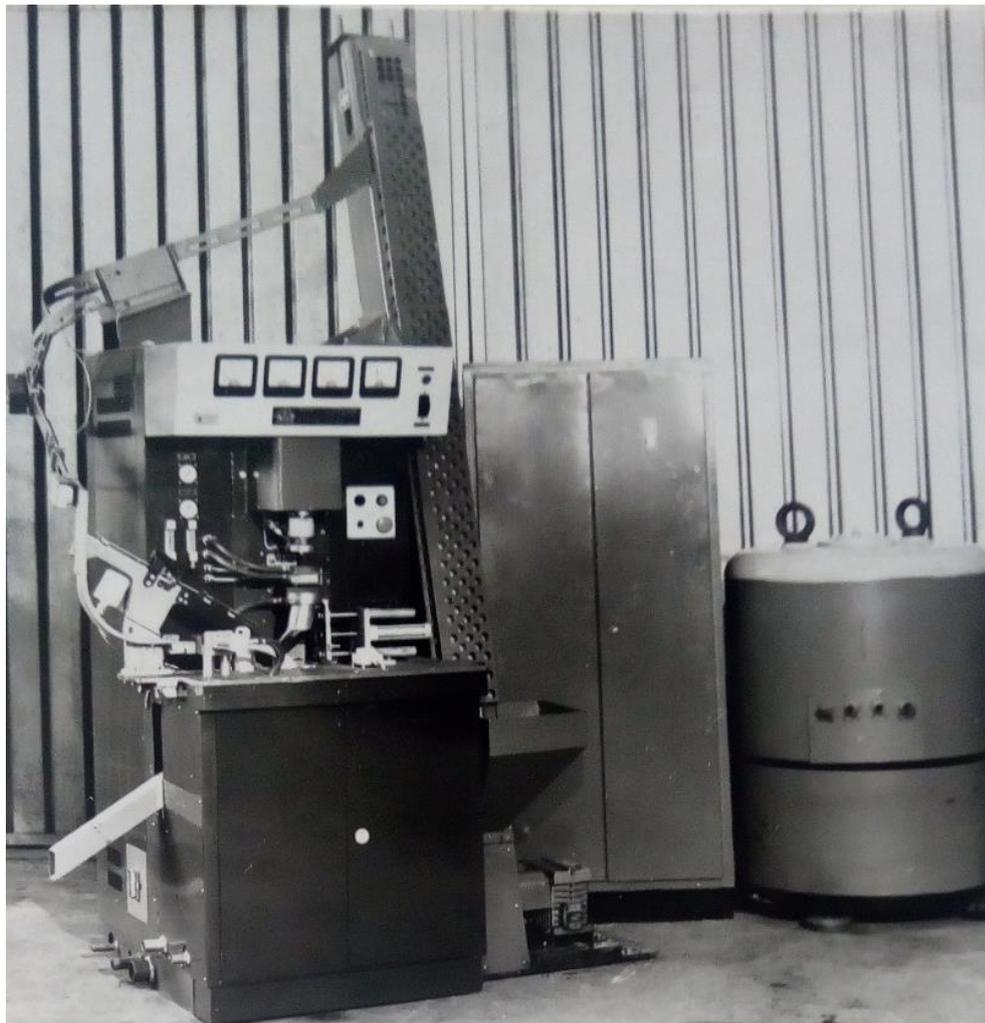


Рисунок 4.7 Автоматична установка ОБ2099

## 5 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 5.1 Вихідні дані

Виробнича програма дільниці з випуску деталей визначається за формулою [17]

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

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 [17]

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

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

$$N_B = 72000 + 78000 + 30000 = 180000 \text{ шт.}$$

### 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.
Клапан ДВЗ	180	768600	4,27

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

Потрібна кількість обладнання визначається за формулою [18, 20]:

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

де  $C$  - розрахункова кількість обладнання, шт.;  $T_{шт}$  - трудоемкості обробки деталі, хв.;  $\Phi_d$  - дійсний річний фонд часу роботи; верстата в I зміні, 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 зміні;  $K_p$  - коефіцієнт, що враховує втрати часу на ремонт обладнання (приймаємо рівним 2% [18]).

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

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

Приймаємо  $C = 1$  шт.

Коефіцієнт завантаження обладнання [18]:

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

Дані розрахунку якості обладнання і його видів зводимо в таблицю 5.2

Коефіцієнт завантаження установки для наплавлення рівний 0,86, що достатньо для серійного типу виробництва.

Таблиця 5.2 – Розрахунок кількості обладнання

№п/п	Показники	Наплавлення
1	Нормована трудоемкість (н.год.)	1500
2	Дійсна трудоемкість (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	0,86

### 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 [19]:

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

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 нових запроектованих деталей визначаємо методом розрахунку собівартості за показниками питомих затрат, що припадають на одиницю маси створюваного устаткування.

Повна собівартість обладнання на основі показника питомих затрат на одиницю маси [18]:

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

$C_x = 17$  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 [18]

$$Ц = C_x + П \quad (5.8)$$

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

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

Вартість автоматичної установки – 150 тис грн.

Вартість монтажу, пакування, транспортування, а також накладні витрати приймаються рівними 10% від вартості технологічного обладнання за оптово-відпускними цінами [18].

Зведена відомість устаткування і його вартість зведені в таблицю 5.3.

За рекомендацією [18] 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 у відомість цехових витрат по статті «Знос інструмента».

Таблиця 5.3 – Відомість обладнання та його вартість

Назва	Кіл-ть, 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			
Автоматична установка для наплавлення ОБ2099	1	20,8	20,8	13203,9	13203,9	1263	14466,9	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 [17]. 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 ділянок приймаємо рівною 40% від верстатної площі .

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

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

$$Z_{\text{доп}} = (26,4 \cdot 4) 2500 = 264000 \text{ грн.}$$

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

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 [17]

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

де,  $\Phi_{др}$  – 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 представленні 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	1.09
Разом	I	-	I	-	2	1.09

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

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

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

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

Число допоміжного персоналу становить 40% від числа основного персоналу

$$P_{дрп} = I \cdot 0.4 = 0.4$$

Приймаємо  $P_{дрп}$  I роб.;

Число ІТП (інженерно технічного персоналу)

$$P_{ітп} = I \cdot 0.15 = 0.15$$

Приймаємо I 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)

Фонд відрядної заробітної плати по нормованій трудомісткості визначається за формулою [17]:

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

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

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

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

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 грн	Премії винагороди з фонду матеріального заохочення		Всього фонду заробітної плати грн	Середня місячна зарплата грн
		Тарифна з/плата	Премії 20%	Інші доплати	Разом	%	грн		%	грн		
1	Виробничі роботи	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.

Таблиця 5.8 - Зведена відомість витрат на матеріали

№ п/п	Найменування матеріалу	Марка	Витрага 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 [18]

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

де  $R_{об}$  – категорії ремонтної складності устаткування;  $Y_p$  – річна вартість ремонту і утримання одиниці ремонтної складності, електричної та механічної частини верстата(3);  $P_{об}$  – 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 [18]:

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

де,  $e_c$  – 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.

$$15 \cdot 92.4 = 1386 \text{ Вт}$$

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

Плата за підведену потужність

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

*Стиснене 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 .

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

*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 отоплення 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  $1 \text{ м}^3$  будівлі,

$H$  – число годин в опалювальному сезоні,  $H = 4320$  год;  $V = 570 \text{ м}^3$  – об'єм будівлі;  $C = 540$  ккал/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 Складання кошторису непрямих витрат цеху

Непрямі затрати цеху – це витрати, пов'язані з керуванням і обслуговуванням всього виробничого процесу. При калькулюванні собівартості одиниці продукції прямі (нормовані) витрати відносяться прямо на відповідні вироби.

Всі непрямі витрати цеху діляться на дві частини: витрати пов'язані з утриманням та обслуговуванням устаткування і цехові витрати.

Для спрощення розрахунків вони зведені в таблицю 5.9.

Перелік основних статей витрат механічних цехів і рекомендовані нормативи для визначення величин витрат окремих статей наведені в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 - Кошторис цехових витрат

Назва статі витрат	Сума тис.грн	Визначення витрат
<b>А.Витрати на утримання та експлуатацію устаткування</b>		
Амортизація устаткування, транспортних засобів та цінного транспорту	5540.16	По нормативам
Експлуатація обладнання (крім витрат на поточний ремонт): А)допоміжний матеріал Б) енергія всіх видів В)зарплата основна та додаткова з відрахуванням на соцстрах допоміжних робітників, обслуговуючих обладнання	2785.1 11461.23 537.71	За розрахунком За розрахунком 60% від фонду з/п
Поточний ремонт обладнання і дорогого інструменту А)верстатного та іншого обладнання Б)дорогого обладнання	1887.25 335.3	5-7 % від первин-ної вартості 10-12% від первинної вартості
Зношення малоцінних і швидкозношуваних інструментів та пристосувань	2431.44	За розрахунком
Разом по А	24976.18	
<b>Цехові витрати</b>		
1. Утримання апарату управління цеху(зарплата основна та додаткова з відрахуванням на соцстрах) А)ІТП Б)службовців В)допоміжних робітників, крім вище вказаних робітників з обслуговування обладнання	287.28 - 408.65	За розрахунком 40% від фонду зарплати
2.Амортизація будівель,споруд та інвентарю А)будівель та споруд Б)цінного інвентаря	190.08 224	Згідно нормативу Згідно нормативу
3.Зміст виробів, споруд та інвентарю: А) електричної енергії для освітлення Б)пару для опалення в)вода для побутових потреб г) матеріальні витрати (прибирання приміщень та ін.)	16.6 318.7 5.48 126.72	За розрахунком За розрахунком За розрахунком 3% від вартості обладнання і будівель
5.Поточний ремонт: А)Будівель і споруд Б) цінного інвентаря	126.72 335.32	3% від вартості обладнання і будівель 10 % від первин-ної вартості
5.Випробовування, досліди і дослідження, раціоналізація і винахідництво	100	15-30 грн на 1 робітника
6.Охорона праці	60	10-20 грн на 1 робітника
7.Зношування малоцінних і швидкозношуваних інвентар	100	50 грн на 1верстат
8.Інші витрати	60	3% від зарплати пр. робіт.
Разом цехових витрат	2417.55	
Всього непрямих витрат	27393.73	
Зарплата основних виробничих робітників	3652.41	
% непрямих витрат цеху	750%	

### 5.3.6 Складання кошторису витрат на виробництво

Кошторис витрат на виробництво продукції, що випускається цехом на рік, складається на підставі даних, взятих з виробничих раніше розрахунків.

Таблиця 5.10 - Кошторис витрат на наплавлення тонкого детальба

№ п/п	Найменування статей	Сума за рік, тис.грн
1	2	3
1.	Основні матеріали, покупні вироби і напівфабрикати за вирахуванням відходів	9745038.5
2.	Паливо і енергія для технологічних цілей	115033.10
3.	Основна і додаткова з-п виробничих робітників	287.80
5.	Витрати на підготовку і освоєння виробництва	1660
5.	Відшкодування зношування інструментів і пристосувань цільового призначення	23415.40
6.	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	249761.80
7.	Цехові витрати	24175.50
	Разом цехова собівартість	10159372,1
8.	Загальнозаводські витрати	11212.80
	Разом виробнича(заводська)собівартість	2332618.50
9.	Позавиробничі витрати	23326.10
	Разом повна собівартість	259153.90
10.	Прибуток	259153.90
	Випуск в оптових цінах	2615098.50

### 5.3.7 Розрахунок собівартості одиниці продукції

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

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

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
5.	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

### 5.3.8 Розрахунок розміру оборотних коштів

Правельне встановлення розміру оборотних коштів має величезне економічне значення. Надмірне зменшення – порушує нормальну роботу дільниці, а перевищення знижує рентабельність виробництва.

Сума оборотних коштів, затверджена ділянці відповідно до норм запасу, називається нормативом оборотних коштів. Він забезпечує створення мінімально необхідних виробничих запасів сировини та основних матеріалів, напівфабрикатів,

незавершеного виробництва, тари, малоцінного інвентаря та інструменту, запчастин для поточного ремонту, готових виробів. Норматив оборотних коштів для проєктованого виробу (ділниці) розраховується за заводськими даними в днях запасу по відношенню до їх денної витрати, передбачені кошторисом виробництва.

$$\Phi_{об} = \frac{З \cdot T_{об}}{360} \text{ грн}; \quad (5.17)$$

де  $\Phi_{об}$  – сума відповідної частини оборотних коштів в грн;

$З$  – затрати по даному елементу обігових коштів у кошторисі виробництва, в грн;  $T_{об}$  – норматив запасу в днях даного елемента оборотних коштів.

Розрахунок розмірів оборотних коштів зводимо в таблицю 5.12

Таблиця 5.12 - Оборотні кошти ділниці

№ п/п	Найменування оборотних засобів	Річна витрата в грн.	Запас в днях	Норматив оборотних засобів в гривнях	Примітка
1	2	3	4	5	6
1.	Основні матеріали і напівфабрикати	185605.0	30	154673.8	
2.	Допоміжні матеріали	27841.0	60	465.0	
3.	Незавершене виробництво			70678.3	3% від загальної собівартості
5.	Малоцінний інструмент	34192.20	120	11397.4	

Продовження таблиці 5.12

1	2	3	4	5	6
5.	Запчастини для поточного ремонту			141356.7	6% від загальної собівартості
6.	Готові вироби на склад			70678.3	3% від загальної собівартості
7.	Інші			26792.2	7% від 1-5 пункт
	Разом оборотних коштів			480216.7	

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

Загальна рентабельність визначається як відношення балансового прибутку ( $\Pi_{\text{б}}$ ) підприємства до середньорічної вартості основних фондів ( $\Phi_0$ ) і нормованих оборотних коштів ( $\Phi_{\text{об}}$ )

$$P_{\text{об}} = \frac{\Pi_{\text{б}}}{\Phi_0 + \Phi_{\text{об}}} 100\% \quad (5.18)$$

$$P_{\text{об}} = \frac{25915.39}{418832.3 + 480216.7} = 25.2\%$$

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

$$E = (Z_1 - Z_2)A_2 = ((C_1 + E_{\text{н}}K_1) - (C_2 + E_{\text{н}}K_2))A_2 \quad (5.19)$$

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.

$$K_1 = \frac{488625.0}{180000} = 27.1.$$

$$K_2 = \frac{418832.3}{180000} = 23.3.$$

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

### 5.3.10 Зниження собівартості продукції

Зниження собівартості продукції визначаємо за формулою [18]:

$$\Delta C = \left( \frac{C_1 - C_2}{C_1} \right) \cdot 100\%, \quad (5.20)$$

де  $C_1, C_2$  – собівартість одиниці продукції по базовому і проектному варіантах, грн..

$$\Delta C = \left( \frac{26.5 - 19.5}{26.5} \right) \cdot 100\% = 26,4\%$$

### 5.3.11 Розрахунок терміну окупності капітальних вкладень

Термін окупності додаткових вкладень визначається за формулою [17]:

$$T_{ок} = \frac{\Phi_{осп} - \Phi_{осз}}{E_{ур}}, \quad (5.21)$$

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 [17]:

$$E_{ур} = B \cdot (C_{нз} - C_{м}), \quad (5.22)$$

$$E_{ур} = 72000 \cdot (26,5 - 19,5) = 504000 \text{ грн.};$$

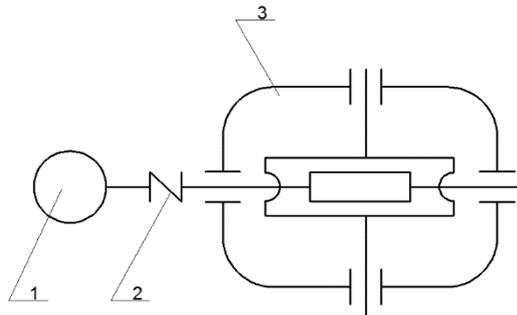
$$T_{ок} = \frac{480216.7 - 210216.7}{504000} = 0,536 \text{ року.}$$

## 6 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 6.1 Завдання на проектування і вихідні дані

Для надання необхідної швидкості переміщення заготовок до наплавлювальної установки використовують консольні вальці, які приводяться в рух від одноступінчастого черв'ячного редуктора [19].

Вихідними даними для проектування є потужність електродвигуна  $P_{\text{дв}} = 1.5$  кВт та швидкість обертання консольних вальців  $n_T = 16$  об/хв.



1 – електродвигун; 2 – муфта; 3 – редуктор

Рисунок 5.1 – Кінематична схема одноступінчастого черв'ячного редуктора

#### Параметри електродвигуна.

Двигун трифазний, асинхронний, коротко замкнутий, серії 4А, закритий, що обдувається, 4А 90L6 УЗ.

$n_c := 1500$  об/хв синхронна частота обертання,

$P_{\text{дв}} := 1,5$  кВт потужність,

$s := 6.4\%$  ковзання.

Номінальна частота обертання валу електродвигуна,

$ndv := 1500 - 1500 \cdot s$ ,  $ndv = 1.444 \cdot 10^3$ ,

кутова швидкість

$$w_{dv} := \frac{\pi \cdot ndv}{30}, \quad w_{dv} = 151.268$$

Передаточне число приводу

$$u := \frac{ndv}{nt}, \quad u = 90.281.$$

## 6.2 Кінематичні і силові параметри передачі

### 6.2.1 Передаточне число приводу

Передаточне число редуктора вибираємо  $u_{pr} := 40$

$$z1 := 1$$

$$z2 := z1 \cdot u_{pr}, \quad z2 = 40.$$

## 6.3 Розрахунок черв'ячного зачеплення

### 6.3.1 Визначаємо кутові швидкості і частоти обертання валів редуктора

$$w1 := w_{dv} = 151.268 ;$$

$$w2 := w_k = 1.676 .$$

Вибираємо обертові моменти на валах.

$$T1 := \frac{P_{dv}}{w1} \quad T1 = 9,916 \cdot 10^{-3} .$$

$$\underline{T1} := T1 \cdot 10^3 \quad T1 = 9,916 ,$$

$$T2 := T1 \cdot u_{pr} \quad T2 = 396,648 .$$

Вибір матеріалів зубчастих конічних коліс і допустимих напружень.

Підбираємо матеріал черв'яка Сталь 45, загартуванням до твердості не менше  $HRC := 45$ , з наступним мікрошліфуванням, так як редуктору не потрібні спеціальні вимоги то в цілях економії вибираємо для вінця черв'ячного колеса Бронзу БрА9ЖЗЛ. Попередньо приймаємо швидкість ковзання в зачепленні  $v := 0.25 \frac{m}{s}$ , тоді при тривалості роботи допускають

контактні напруження  $\sigma_{Hd} := 155$ . Допускаються напруження згину для

неперервної роботи  $\sigma_{Fd} := KFL \cdot \sigma_{F'd}$  в цій формулі  $KFL := \sqrt[9]{\frac{10^6}{60 \cdot 20 \cdot 21420}}$ ,

$KFL=0.697$  при тривалій роботі коли число циклів навантаження зуба  $N_2 > 25 \cdot 10^7$   $[\sigma_\phi] = 85 MPa$ .

$$\sigma_{Fd} := KFL \cdot \sigma_{F'd}, \quad \sigma_{Fd} = 59.259$$

Приймаємо коефіцієнт діаметра черв'яка  $q := 10$

Попередньо приймаємо коефіцієнт навантаження  $K_{\text{mm}} := 1.2$ .

Вибираємо міжосьову відстань з умови міцності:

$$a_w := \left( \frac{z_2}{q} + 1 \right) \cdot \sqrt[3]{\left( \frac{170}{\frac{z_2}{q} \cdot \sigma_{Hd}} \right)^2 \cdot T_2 \cdot K}, \quad a_w = 16.477 \text{ mm}.$$

$$\text{модуль } m_{\text{mm}} := \frac{2a_w}{z_2 + q}, \quad m = 0.659 \text{ mm}.$$

Приймаємо по ГОСТ 2144-76 стандартне значення  $m_{\text{mm}} := 1.6 \text{ mm}$  і  $q := 10$ . Міжосьова відстань при стандартних значеннях  $m$  і  $q$

$$a_{\text{ww}} := \frac{m \cdot (q + z_2)}{2}, \quad a_w = 40 \text{ mm}.$$

Основні розміри черв'яка:

$$\text{ділильний діаметр черв'яка } d_1 := q \cdot m, \quad d_1 = 16 \text{ mm};$$

$$\text{діаметр вершини витків черв'яка } d_{a1} := d_1 + 2m, \quad d_{a1} = 19.2 \text{ mm};$$

$$\text{діаметр впадин витків черв'яка } d_{f1} := d_1 - 2.4 \cdot m, \quad d_{f1} = 12.16 \text{ mm};$$

довжина нарізної частини шліфувального черв'яка

$$b_1 := (11 + 0.06z_2) \cdot m + 25, \quad b_1 = 46.44;$$

Приймаємо  $\underline{b_1} := 50$  мм;

ділильний кут піднімання витка  $\gamma$  при  $z_1=1$  і  $q=10$

$$\gamma = 5^\circ 43';$$

Основні розміри вінця черв'ячного колеса:

ділильний діаметр черв'ячного колеса

$$d_2 := z_2 \cdot m, \quad d_2 = 64 \text{ мм};$$

діаметр вершин зубів черв'ячного колеса

$$d_{a2} := d_2 + 2 \cdot m, \quad d_{a2} = 67 \text{ мм};$$

діаметр впадин зубів черв'ячного колеса

$$d_{f2} := d_2 - 2.4 \cdot m, \quad d_{f2} = 60 \text{ мм};$$

найбільший діаметр черв'ячного колеса

$$d_{aM2} := d_{a2} + \frac{6 \cdot m}{z_1 + 2}, \quad d_{aM2} = 70.4 \text{ мм};$$

ширина вінця черв'ячного колеса  $b_2 := 0.75d_{a1}$ ,  $b_2 = 14.4$ ;

$$\text{окружна швидкість черв'яка } v_1 := \frac{\pi \cdot d_1 \cdot 10^{-3} \cdot n_1}{60}, \quad v_1 = 0.03;$$

$$\text{швидкість ковзання } v_s := \frac{v_1}{\cos(\gamma)}, \quad v_s = 0.03.$$

При цій швидкості  $\sigma_{Hd'} := 155$ . Відхилення  $\frac{\sigma_{Hd} - \sigma_{Hd'}}{\sigma_{Hd'}} \cdot 100 = 0$  %, до

того міжосьова відстань по розрахунках була отримана  $\underline{a_{ww}} := 16.4$ , а після

вирівнювання становить  $\underline{a_{ww}} := 40$ , перевіряти  $\underline{a_{ww}}$  по формулі 4.19 редуктор

не потрібно необхідно лише перевірити  $\sigma_H$ . Для цього уточним ККД

редуктора, при швидкості  $v := 0.25$  м/с приведений коефіцієнт тертя для

бронзи і шліфувального черв'яка  $f' := f \cdot 2 = 0.13$  і приведений кут тертя

$\rho' = 3^\circ 40'$ . ККД редуктора з врахуванням втрат в опорах та втрат на

розбризування і переміщення мастила:

$$\eta_w := (0.9596) \cdot \frac{\tan(\gamma)}{\tan(\gamma + p')}, \eta = 0.587.$$

За таблицею вибираємо 7-му степінь точності передачі. В тому випадку коефіцієнт динамічності  $K_v := 1$ , коефіцієнт нерівномірності розподілення навантаження,  $\Theta$ - коефіцієнт деформації черв'яка при  $d_w := 10$  і  $z_1 := 1$ ,  $\Theta := 108$ .

Приймаємо допоміжний коефіцієнт  $x := 0.5$

$$K_\beta := 1 + \left(\frac{z_2}{\Theta}\right)^3 \cdot (1 - x), K_\beta = 1.025.$$

Коефіцієнт навантаження  $K' := K_\beta \cdot K_v$ ,  $K' = 1.025$ .

Перевіряємо контактні напруження

$$\sigma_H := \frac{170}{\frac{z_2}{q}} \cdot \sqrt{\frac{T_2 \cdot K' \cdot \left(\frac{z_2}{q} + 1\right)^3}{a_w^3}} = 37.879 \text{ МПа}, \sigma_{Hd} = 155 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_{Hr} := \text{if}(\sigma_H < \sigma_{Hd}, 1, 0)$$

$$\sigma_{Hr} = 1.$$

Розрахунок редуктора можна вважати задовільним, так як розрахункові напруження нижче допустимих.

Перевірка стійкості зубів черв'ячного колеса на згин.

$$\text{Еквівалентне число зубів } z_v := \frac{z_2}{\cos(\gamma)^3}, z_v = 40.543.$$

Коефіцієнт форми зуба по табл. 4.5 [ ,с.63]  $Y_F := 2.27$ , напруження згину знаходимо по формулі 4.24 [19]:

$$\sigma_F := \frac{1.2 \cdot T_2 \cdot K' \cdot Y_F}{z_2 \cdot b_2 \cdot m^2}, \sigma_F = 0.751 \text{ МПа}$$

#### 6.4 Розрахунок валів редуктора і конструювання черв'яка і черв'ячного колеса

Крутні моменти в поперечних січеннях валів:

веденого (вал черв'ячного колеса)  $T_{k2} := T_2 = 396.648 \cdot 10^3 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ;

веденого (черв'яка)  $T_{k1} := T_1 = 9.916 \cdot 10^3 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

Діаметр вихідного кола ведучого валу при розрахунку на кручення при  $\tau_{kd} := 25 \text{ МПа}$ .

$$d_{v1} := \sqrt[3]{\frac{T_{k1} \cdot 10^3}{0.2 \cdot \tau_{kd}}}, d_{v1} = 12.564 \text{ мм.}$$

Але для з'єднання його з валом електродвигуна приймаємо  $d_{v1} := 14$  мм; діаметр підшипникових шийок  $d_{p1} := 20$  мм; параметри нарізної частини:  $d_{f1} = 12.16$  мм,  $d_1 = 16$  мм,  $d_{a1} = 19.2$  мм. Для виходу ріжучого елемента при нарізанні витків рекомендується ділянки валу, які прилягають до нарізки, проточити до діаметра менше  $d_{f1}$ . Довжина нарізної частини  $b_1 = 50$  мм. Відстань між опорами черв'яка приймаємо  $d_{aM2} = 70$  мм :=  $d_{aM2}$  відстань від середини вихідного кінця до найближчої опори  $f_1 := 60$  мм.

### **Ведений вал.**

Діаметр вихідного кінця

$$d_{v2} := \sqrt[3]{\frac{T_{k2} \cdot 10^3}{0.2 \cdot \tau_{kd}}}, d_{v2} = 42.968 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $d_{v2} := 45$  мм;

діаметр підшипникових шийок  $d_{p2} := 50$  мм;

діаметр валу в місці посадки черв'ячного колеса  $d_{k2} := 55$  мм;

діаметр ступиці черв'ячного колеса

$$d_{st} := 1.7 \cdot d_{k2} = 93 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $d_{st} := 90$  мм;

довжина ступиці черв'ячного колеса

$$l_{st2} := 1.5 \cdot d_{k2}, l_{st2} = 82.5.$$

Приймаємо  $l_{st2} := 90$  мм.

Конструємо розміри корпусу редуктора

Товщина стінок корпусу і кришки

$$\delta_w := 0.04a_w + 2, \delta = 3.6 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $\delta_w := 12 \text{ мм}$ ;

$$\delta_1 := 0.032a_w + 2, \delta_1 = 3.28 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $\delta_1 := 10 \text{ мм}$ .

Товщина фланців (поясів) корпусу і кришки  $b_{1f} := 1.5\delta, b_{1f} = 18 \text{ мм}$ .

Товщина нижнього поясу корпусу кришки за наявності бобишок

$$p_1 := 1.5\delta, p_1 = 18 \text{ мм.}$$

$$p_2 := 2.35\delta, p_2 = 28.2 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $p_2 := 28 \text{ мм}$ .

Діаметри фундаментальних болтів

$$d_{1b} := 0.033a_w + 12, d_{1b} = 13.32 \text{ мм.}$$

Приймаємо болти з різьбою М14: діаметри болтів  $d_{2b} := 12 \text{ мм}$  і  $d_{3b} := 10 \text{ мм}$ .

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 7.1 Розрахунок штучного освітлення для спроектованого цеху з використанням люмінесцентних чи ламп розжарювання

Розрахунок штучного освітлення проводиться за формулою [20] :

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot Z \cdot K_3}{N \cdot \eta}, \quad (7.1)$$

де  $\Phi$  – світловий потік, який необхідний для забезпечення заданої освітленості, лм;

$E_n$  – нормова освітленість, лк,  $E_n = 200$  лк;

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

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

$K_3$  – коефіцієнт запасу, що приймається в залежності від забрудненості повітря в приміщенні ( $K_3 = 1,5$ );

$N$  – кількість ламп;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку;

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

Індекс приміщення і знаходимо за формулою:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (7.2)$$

де  $S$  – площа ділянки цеху, м<sup>2</sup>;

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

$A$  і  $B$  – довжина і ширина приміщення, м;

( $S = 80$  м<sup>2</sup>;  $h = 3,4$  м;  $A = 8$  м;  $B = 10$  м)

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

Знаходимо відповідні значення:

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

Знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta=0,58$  для світильника УПМ-15.

Визначаємо світловий потік:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 80 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{15 \cdot 0,58} = 3172,4 \quad \text{лм.}$$

Необхідну кількість ламп визначаємо за формулою:

$$N = \frac{A \cdot B}{h}, \quad (7.3)$$

Отже :

$$N = \frac{80}{3,4} = 23,5 \quad \text{шт.}$$

Для освітлення спроектованої ділянки приймаємо 24 штук.

Для освітлення зварювального автомата використовуємо лампи ДРН 400 , які мають наступні технічні характеристики:

Потужність –  $P=400$  Вт;

Світловий потік –  $E_{л}=3200$  лм.

Хоча значення світлового потоку вище на 5% розрахункового, однак не перевищує встановлену норму  $-10\% < E_{л} < +20\%$ .

Сумарна потужність всіх світильників встановлених в приміщенні становить

$$\Sigma P_{cb} = P \cdot N \quad (7.4)$$

Отже:

$$\Sigma P_{cb} = 400 \cdot 24 = 9600 \text{ Вт.}$$

## 7.2 Заходи пожежної безпеки при експлуатації спроектованої ділянки

Забезпечення пожежної безпеки — це один із важливих напрямків щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і навколишнього середовища. Незважаючи на значний поступ у науково-технічній сфері людству ще не вдалося знайти абсолютно надійних засобів щодо забезпечення пожежної безпеки [20].

На спроектованій ділянці по виготовленню корпусу для енергопускових установок має бути встановлений відповідний

протипожежний режим, яким визначається:

- 1) місце паління (якщо можливе), застосування відкритого вогню, використання побутових нагрівальних приладів;
- 2) порядок проведення тимчасових пожежонебезпечних робіт (у тому числі зварювальних);
- 3) правила проїзду і стоянки транспортних засобів;
- 4) пожежобезпечність місць зберігання і припустима кількість сировини, напівфабрикатів та готової продукції, які можуть водночас перебувати у виробничих приміщеннях і на території;
- 5) порядок прибирання горючого пилу та відходів, зберігання промасленого спецодягу та шмаття, очищення повітроводів вентиляційних систем від горючих відкладів;
- 6) порядок відключення електрообладнання від мережі в разі пожежі;
- 7) порядок оглядання й зачинення приміщень після закінчення роботи;
- 8) порядок проходження посадовими особами спеціального навчання та перевірки знань з питань пожежної безпеки, а також проведення з працівниками протипожежних інструктажів і занять з пожежно-технічного мінімуму та призначення відповідальних за це осіб;
- 9) порядок організації експлуатації та обслуговування наявних технічних засобів протипожежного захисту (протипожежного водопроводу, насосних станцій, установок пожежної сигналізації, автоматичного пожежогасіння, видалення диму, вогнегасників тощо);
- 10) порядок проведення планово-попереджувальних ремонтів і оглядів електроустановок, опалювального, вентиляційного, технологічного та іншого інженерного обладнання;
- 11) черговість дій працівників у разі виявлення пожежі.

### 7.3. Дія електричного струму на організм людини

Електричний струм – це спрямоване переміщення електричних зарядів усередині провідної речовини (усередині металів, рідких провідників і т. д.).

Електричний струм, проходячи через тіло людини, обумовлює перетворення електричної енергії в інші види і спричиняє термічну, електролітичну, біологічну та механічну дії.

Термічна дія полягає в тому, що струм, проходячи через тіло людини, нагріває його, як і будь-який провідник, через який він проходить. Для використання цієї властивості електричного струму працюють електронагрівальні прилади [21].

Таким чином, проходячи через органи людського тіла, електричний струм може викликати їхні опіки, обуглювання тканин і всього тіла.

Електролітична дія полягає в тому, що електричний струм має властивість розщеплювати кислотні, лужні й інші провідні рідкі розчини на складові частини.

Проходячи через тіло людини, що, як відомо, складається на 70 % із води (протоплазма клітин, кров і т. д.), він справляє подібну електролітичну дію, розщеплюючи протоплазму і кров. У результаті клітини втрачають спроможність до нормального існування, обміну речовин і т. д.

Біологічна дія електричного струму полягає в тому, що при його проходженні відбувається подразнення і збудження живих тканин організму і порушення внутрішніх біологічних процесів. У результаті можуть відбуватися мимовільні рухи кінцівок, голови, інших органів; може змінитися ритм биття серця (настає так звана фібриляція, некерована вібрація серця); порушується робота легень.

Механічна дія електричного струму може призводити до розриву тканин внаслідок електродинамічного ефекту, а також миттєвого вибухоподібного утворення пари з тканинної рідини і крові; до вивихів, переломів. Дія електричного струму може призвести як до травм, так і до летальних наслідків.

Вплив електричного струму на організм людини класифікують за ступенем складності:

1. Електротравми – опіки, електричні знаки (специфічне ураження тканин); металізація шкіри (частина розплавленого металу); електрофтальмія (запалення зовнішніх оболонок очей під дією ультрафіолетових променів електричної дуги); механічні ушкодження (розірвання шкіри, вивихи, переломи і т. д., викликані мимовільним скороченням м'язів).

2. Електричний удар.

Розрізняють 4 ступені електричного удару:

1 ступінь – судорожне скорочення м'язів без утрати свідомості;

2 ступінь – судорожне скорочення м'язів з утратою свідомості, але зі збереженням дихання і роботи серця;

3 ступінь – втрата свідомості; порушення дихання або роботи серця;

4 ступінь – клінічна смерть.

Варто пам'ятати, що однією з особливостей небезпеки електричного струму є те, що частини устаткування, які знаходяться під напругою, найчастіше нерухомі, не мають високої температури, видимого випромінювання і т. д. Тому аналізатори людини не фіксують небезпеку, що насправді існує.

Наслідок враження людини електричним струмом залежить від багатьох факторів: опору тіла, тривалості протікання струму, шляху струму, роду і частоти струму, напруги.

З погляду безпеки розрізняють три ступені впливу струму:

а) граничний відчутний струм – це мінімальний струм, що викликає чуттєві, контактні подразнення відповідних аналізаторів шкіри. Величина змінного відчутного струму дорівнює 0,5–1,5 мА, постійного – 5–7 мА. Як бачимо, постійний суттєвий граничний струм на порядок більший змінного;

б) граничний струм (невідпускний) – це мінімальний струм, що викликає судорожне скорочення м'язів. Величина змінного невідпускного струму – 6–10 мА; постійного – 50–80 мА. Знову простежується та закономірність, що

постійний струм на порядок більший змінного, тобто нервова система більш чутлива до змінного струму;

в) граничний фібриляційний струм – це струм, при якому починається фібриляція серця. Величина змінного фібриляційного струму – 80–100 мА; постійного – 300 мА. Виходячи з цього, правилами безпеки встановлено, що електричний струм силою 0,1 А (100 мА) – смертельний. При цьому струм не поділяють на постійний або змінний. Для жінок зазначені граничні значення струму в 1,5 рази нижче.

Основним опором тіла людини є верхній роговий покрив шкіри – епідерміс. Його товщина коливається від 0,05 до 0,2 мм. При знятому епідермісі опір тіла не перевищує 1 000 Ом, при сухій і грубій шкірі – досягає 100 000 Ом. Таким чином, опір тіла людини коливається від 1 000 до 100 000 Ом і залежить від дуже багатьох причин: стану шкіри, щільності контакту, площі контакту, вологості шкіри, часу проходження і розміру струму, частоти струму, стану і настрою людини.

При розслідуванні нещасних випадків і розрахунків береться опір тіла людини, що дорівнює 1 000 Ом.

Практика свідчить, що опір тіла людини зменшується при тривалому протіканні через нього електричного струму. Навіть якщо струм не справляє небезпечної вражаючої дії, організм починає виділяти більше поту, шкіра зволожується і втрачає опір. Це призводить до збільшення струму, який може досягти одного з небезпечних граничних значень.

Має значення і шлях струму через тіло людини. Найбільш небезпечний – через серце і м'язи легень, а також через мозок. Величина струму, що проходить по організму через серце людини, залежить від шляху його проходження при цьому : шлях струму % струму через серце: Рука– рука 3,3 %, Ліва рука – ноги 3,7 %, Права рука – ноги 6,7 %, Нога – нога 0,4 %.

Струм проходить через тіло не тільки найкоротшим шляхом, а шляхом найменшого опору, який різний у різних тканин (кісткова, м'язова, жирова).

Найнебезпечніший шлях (як впливає з табл. 1) – це права рука – ноги,

а також голова (скронева частина) – будь-які частини тіла. Але ні в якому разі не свідчить, що інші шляхи не є небезпечними.

На дію електричного струму впливають вид і частота струму. Встановлено, що змінний струм частотою 50 Гц більш небезпечний, ніж постійний. Той самий вплив викликається більшим значенням постійного струму, ніж змінного.

Крім того, потрібно пам'ятати, що за інших рівних умов змінний струм високих частот менш небезпечний, ніж змінний струм промислової частоти.

Величина струму, що проходить через тіло людини, залежить від напруги дотику.

Гранично допустима напруга дотику і величина струму при короткочасних дотиках і відсутності додаткових умов безпеки наведені нижче.

При змінному струмі:  $I = 6 \text{ мА} (0,006 \text{ А})$ .

При постійному струмі:  $I = 15 \text{ мА} (0,015 \text{ А})$ .

Ці значення дозволяють самостійно звільнитися від дії струму.

В особливо небезпечних умовах (усередині металевих ємкостей, в умовах підвищеної вологості, у ямах, каналах і т. д.) гранично допустима напруга дотику повинна бути не більше 12 В:

Дія електричного струму на організм залежить від індивідуальних властивостей, фізичних і психічних станів людини. Нездужання, втома, голод, сп'яніння та емоційне збудження приводять до зниження опору тіла.

Опір тіла людини залежить і від параметрів середовища приміщення: вологості, температури, наявності струмопровідного пилу та підлоги тощо.

Виходячи з цього, правила будови електроустановок, усі приміщення, в яких знаходиться устаткування і персонал, щодо техніки електробезпеки поділяються на приміщення з підвищеною небезпекою, особливо небезпечні приміщення та приміщення без підвищеної небезпеки.

Приміщення з підвищеною небезпекою характеризуються наявністю одного із небезпечних факторів: вологість (більше 75 %); висока температура

(вище +350С); наявність струмопровідної пилюки; струмопровідна підлога; можливість одночасного дотикання до металоконструкцій, що мають з'єднання із землею, технологічним апаратом, з одного боку, і до заземленого електричного устаткування – з іншого; наявність хімічно активного середовища (пари кислот, лугів і т. д.).

Особливо небезпечні приміщення характеризуються наявністю 2-х і більше ознак підвищеної безпеки.

Зовнішні установки прирівнюються до особливо небезпечних приміщень.

Приміщення без підвищеної безпеки характеризуються відсутністю умов, що створюють “підвищену безпеку” і “особливу безпеку”.

## **8 ЕКОЛОГІЯ**

### **8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища**

За прийнятою в екологічному менеджменті класифікацією зварювальне виробництво належить до суттєвих джерел можливого забруднення довкілля на різних стадіях виробництва продукції: підготовка матеріалів, зварювальні процеси, випробування і заключні технологічні операції.

Ці процеси супроводжуються забрудненням атмосфери, ґрунту та води. Обсяг виробництва зварних металічних конструкцій у всьому світі становить сотні мільйонів тонн на рік, що створює певну шкідливу дію на навколишнє середовище. За прийнятою в екологічному менеджменті класифікацією зварювальне виробництво належить до суттєвих джерел можливого забруднення довкілля на різних стадіях виробництва продукції: підготовка матеріалів (збереження, теплова обробка, очищення, різання, підготовка кромки до зварювання), зварювальні процеси, випробування (хімічні, фізичні, радіографічні, магнітні, гідравлічні, проникаюча здатність) і заключні технологічні операції (травлення, теплова обробка, фарбування виробів). Разом з тим за екологічними наслідками зварювальне виробництво не можна віднести до найбільш забруднюючих видів діяльності, оскільки в ньому останнім часом почали застосовувати відповідні запобігаючі екологічні заходи.

Визначено такі основні напрямки поліпшення стану навколишнього середовища в наслідок зварювального (наплавлювального) виробництва:

- зменшити екологічні наслідки на довкілля за повним циклом виробництва продукції;
- створити екологічно чисті технології зварювання та споріднених технологій;
- забезпечити екологічну безпеку рециклінгу зварних конструкцій і споруд після вичерпання їх експлуатаційного ресурсу;
- скоротити споживання енергії і пошук шляхів застосування її нових джерел;

- зменшити кількість відходів у виробництві зварювальних матеріалів та зварних конструкцій;
- здійснити екологічно безпечну утилізацію відходів (зварювальних аерозолів, що накопичуються в системах очищення повітря, недогарків зварювальних електродів, шлаку), пакувальної тари і конструкцій, що демонтуються;
- поліпшити санітарно-гігієнічні характеристики зварювальних матеріалів та ін.;
- підвищити вимоги до безпеки і більш ефективного захисту здоров'я зварників та операторів безпосередньо на робочих місцях, а також усього персоналу;
- виключити використання матеріалів, які включено до "чорного та сірого списку" міжнародних стандартів серії ISO 14000.

## **8.2 Заходи по зменшенню шкідливих викидів в навколишнє середовище**

Для зменшення забруднення навколишнього середовища на підприємствах встановлюються пилегазовловлююче обладнання, застосовуються нові, передові технології, розробляються заходи по досягненню гранично допустимих викидів. Одним із заходів по охороні атмосферного повітря є застосування в промисловості спеціальних апаратів для очистки викидів від пилу і газу. Це апарати: сухої механічної очистки, мокрої очистки, фільтрації та електричного осадження [22].

З метою пилоочищення застосовують послідовне встановлення пиловловлювачів різного типу. Для осадження великих частинок пилу застосовують пилоосаджувальні камери.

Площа поперечного перерізу пилоосаджувальної камери більша площі перерізу газоходу, внаслідок чого швидкість руху газу в камері зменшується. В таких умовах пил під дією сили тяжіння випадає на дно камери. Пил з газового потоку осаджується повільно, в зв'язку з чим камера повинна бути великих розмірів. З метою зменшення розмірів пиловловлювача в камері

встановлюють горизонтальні або похилі перегородки. Газ в процесі руху огинає перегородки, а пил вдаряючись в них, втрачає швидкість і падає. Спрощена схема пилоосаджувальної камери приведена на рис. 8.1.

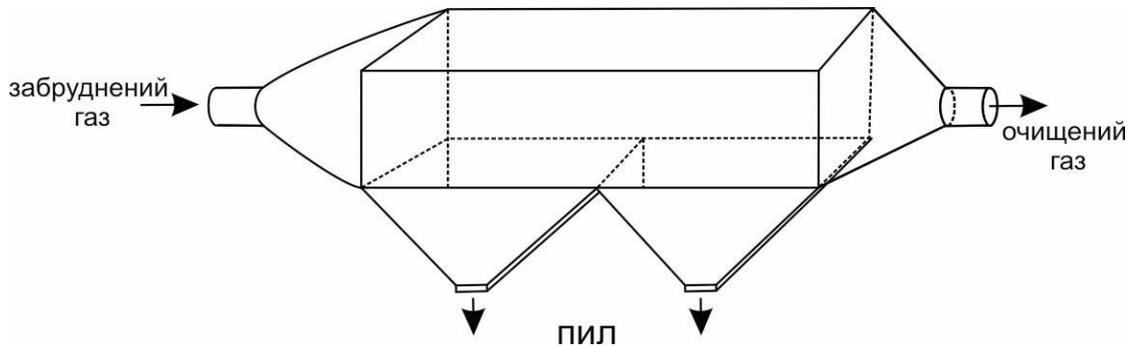
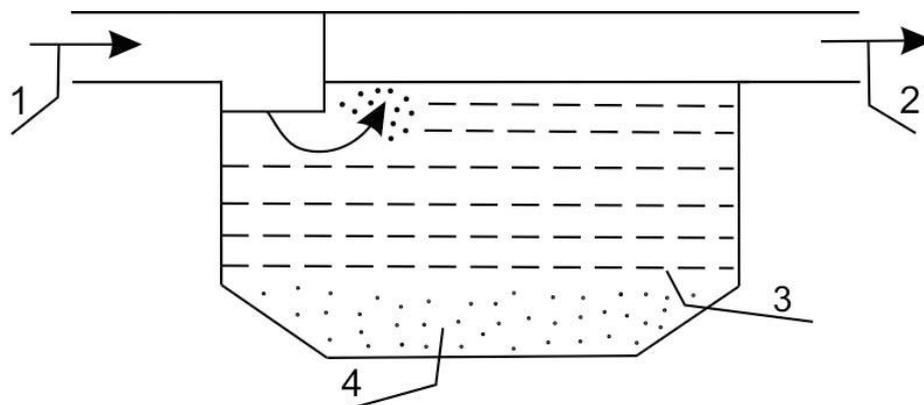


Рисунок 8.1 - Схема пилоосаджувальної камери

Для вловлювання фракцій середніх розмірів встановлюють ротоклон (рис. 8.2). В ротоклоні забруднений пилом потік, вихровим потоком проходить через шар води. При цьому частинки пилу затримуються водою та осаджуються на дно, а очищений потік потрапляє в тканинний фільтр (рис. 8.3).

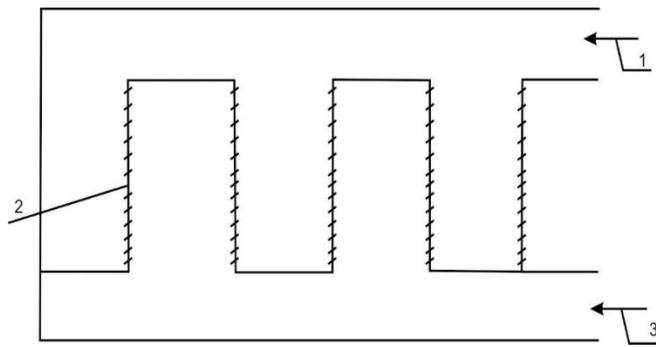


1 — забруднений газ; 2 — очищений газ; 3 — вода; 4 — вловлений пил

Рисунок 8.2 - Схема ротоклона

В тканинних фільтрах пил затримується на ворсистій тканині.

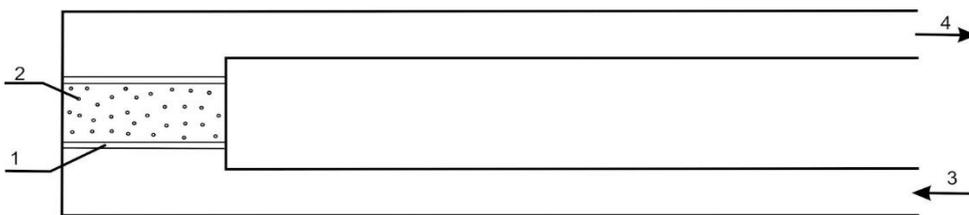
Для видалення пилу тканину продувають чистим, стиснутим повітрям.



1 — забруднений потік; 2 — ворсиста тканина; 3 — очищений потік

Рисунок 8.3 - Схема тканинного фільтру

З метою ефективного очищення забрудненого повітря використовують адсорбенти (рис. 8.4), в яких очищений потік пронизує шар адсорбенту, що складається із зернистої речовини, активного вуглецю. При цьому шкідливі гази зв'язуються з адсорбентом і видаляються з нього.



1 — решітка; 2 — адсорбент; 3 — забруднений газ; 4 — очищений газ

Рисунок 8.4 - Схема адсорбенту

Зменшення забруднення атмосферного повітря планується також за рахунок ліквідації дрібних котелень і будівництва районних, недопущення спалювання листя та інших відходів в громадських місцях.

Кожне підприємство в залежності від шкідливості речовин, що викидаються в атмосферу, має санітарно-захисну зону від 50 до 1000 метрів і більше. Ця зона відводиться під озеленення. Там дозволяється розміщувати складські приміщення, гаражі але забороняється будівництво житла. Підприємству дозволяється викидати в атмосферу тільки певну кількість шкідливих речовин за умови, що на межі санітарно-захисної зони буде дотримуватися норматив граничнодопустимої концентрації.

## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі магістра розглянуто питання щодо розроблення технології наплавлення тарілок клапанів ДВЗ з використанням струмів високої частоти.

В роботі проведено аналіз можливих технологій, матеріалів і обладнання для наплавлення тарілок клапанів двигунів внутрішнього згорання та встановлено, що найбільш ефективним способом виготовлення робочої частини клапанів є спосіб «наморожування» з використанням сплавів на основі Ni, Cr.

Також, в роботі запропоновано використання газового захисного середовища зони наплавлення, а саме Ar і N<sub>2</sub>, та досліджено вплив захисних середовищ на властивості наплавленого шару металу.

Вдосконалена та обґрунтована функціональна схема установки для автоматичного наплавлення клапанів, а також розроблені пристрої орієнтування, складання і подачі в зону наплавлення клапана і наплавлювального кільця.

У роботі запропоновано заходи для зменшення впливу шкідливих факторів, які діють на здоров'я працюючих, що дає змогу підвищити безпеку праці, попередити виробничий травматизм і професійні захворювання, а також заходи з екологічної безпеки при впровадженні технології наплавлення.

При проектуванні обладнання застосовувалися: САПР-системи, що містять технічні засоби, математичне, програмне, інформаційне забезпечення.

Внаслідок впровадження у виробництво запропонованої технології наплавлення можна досягнути значних техніко-економічних показників, а саме:

- терміну окупності додаткових вкладень - 0,536 року;
- зниження собівартості продукції – 26,4 %;
- річного економічного ефекту – 451800 грн при програмі випуску наплавлених деталей 180000 шт.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Максимович Б.И. Наплавка дизельных клапано врасплавленным присадочным сплавом с применением индукционного нагрева / Максимович Б.И., Дутко Д.А., Заводян В.В.// Электротермия, 1967.
2. Невелев И.А. Тенденции и перспективы развития автомобилестроения за рубежом// Автомобильная промышленность. – 1977. – № 7.
3. Ченгураев Л.И. Износостойкость автомобильных клапанов, наплавленных высокобористыми нихромовыми сплавами / Ченгураев Л.И., Максимович Б.И., Дутко Д.А. и др. // Автоматическая сварка. – 1969. – № 12.
4. Комаров В.С. Способы и методы изготовления клапанов двигателей внутреннего згорания // М. НИИНАвтопром– 1966.
5. Riddihough M. Hardfecing by welding.
6. Air Reduction Company Catalog, 1316 A, New Yorik, 1961.
7. La Motte Grover, Rex R.L. Reclamation of diesel locomotive parts. Welding Journal, Novemberg, 1950.
8. Каленский В.К. Исследование и разработка способа автоматической наплавки выпускных клапанов автомобилей / Каленский В.К., Гладкий В.П., Фруммин И.И. // Автоматическая сварка. – 1963. – № 1.
9. Чернаков Ф.А. Аргоно-дуговая сварка и ее применение / Чернаков Ф.А., Богданов Ф.А. – М.:Судпромгиз, 1958.
10. Рябцев И.А. Наплавка деталей машин и механизмов. – К.: «Екотехнологія», 2004. – 160 с.
11. Каленский В.К. Жаростойкие сплавы для наплавки клапанов двигателя легкового автомобиля / Каленский В.К., Гладкий В.П. // Автоматическая сварка. – 1963. – № 8.
12. Каленский В.К. Выбор жаропрочного сплава для плазменной наплавки клапанов грузовых автомобилей / Каленский В.К // Автоматическая сварка. – 1967. – № 12.

13. Benes Miroslav. Renoves sedel ventilu spalovacich motorunavareni v ochranne atmosphere CO<sub>2</sub> automatickym zarisenim. Zvaranie XIII (1964)/

14. Максимович Б.И. Исследование процессов флюсования и формирования жидкого металла электромагнитным полем при наплавке клапанов двигателей внутреннего сгорания/ Максимович Б.И., Дутко Д.А., Заводян В.В., Агафонов Н.Г.// Сборник «Новые способы механизированной наплавки», Киев, 1968.

15. 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.

16. Дудко Д.А., Мозжухин А.А., Бреже В.В., та ін. Установка для наплавки клапанів двигунів внутрішнього згорання, позитивне рішення на видачу авторського свідоцтва по заявці №2462846/27 від 28.02.78р.

17. Шпак Р.І. Техніко–економічне обґрунтування інженерних рішень: методичні вказівки до виконання організаційно–економічної частини дипломних проектів [текст] / Р.І. Шпак.– Тернопіль, 2006–29с.

18. І.С. Вовчак Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів та курсової роботи по дисципліні „Організація планування і управління машинобудівним виробництвом” [текст] /І.С. Вовчак, Д.І. Дубик, М.П. галушак – Тернопіль, 1993 – 39 с.

19. С.А. Чернавский Проектирование механических передач/ С.А. Чернавский, Г.М. Ицкович, В.А. Киселев. М.: Машиностроение, 1976. -608 с.

20. Левченко О. Г. Охорона праці у зварювальному виробництві Навчальний посібник. [Текст] / О.Г. Левченко – К.: Основа, 2010. – 240 с.

21. Стеблюк М.І. С79 Цивільна оборона. Підручник. – К.: Знання, 2006 – 487 с.

22. Кучерявий В.П. Екологія – Львів: Світ 2001 – 500 с.

# ДОДАТКИ