

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Фізико-технічний, інженерно-фізичний
(повне найменування інституту, назва факультету)

Обладнання та технології зварювального виробництва
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему «Дослідження впливу параметрів МІГ зварювання
на формування шарів при адитивних технологіях з
проектуванням дільниці»

Виконав: студент V курсу, групи Ф-312м
спеціальності (напряму підготовки)
131 «Прикладна механіка»,
освітньої програми «Технології та
устаткування зварювання»

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

КУРТОВ О. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник канд. техн. наук, доц. Беренікий С.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2017 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Фізико-технічний, інженерно-фізичний
 Кафедра Обладнання та технології зварювального виробництва
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
 Спеціальність «Технології та устаткування зварювання»
 (код і назва)
 Напрямок підготовки 131 «Прикладна механіка»
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Обчирков О. В.
 «12» 12 2012 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ
КУРТОВУ Олександр Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Дослідження впливу параметрів МІГ зварювання на формування шарів при аддитивних технологіях з проектуванням дільниці»

керівник проекту (роботи) _____,
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «___» _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Креслення вероду, матеріал вероду стал 08Х18Н10Г, пропусок веротоворення - 10000 ш.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз сучасного стану аргументації середовища. 2. Методика проведення досліджень; 3. Розробка технологічного процесу виготовлення форсунок; 4. Розробка технологічного процесу виготовлення форсунок; 5. Техніко-економічний розрахунок гнучкості; 6. Оцінка якості та безпеки у напруженому стані.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Креслення форсунок; 2. Аналіз методів стріміння дотепів; 3. Схема конструктивного устаткування; 4. Вартість процесу; 5. Замовлення гео-метрії вантажів; 6. Схема процесу виготовлення; 7. Схема на-пруги серед; 8. Формування осередків; 9. Підвищення гнучкості; 10. Підвищення економічності та продуктивності.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2	Літер. огляд та меморанда досліджень		
3	Обробка результатів експериментів		
4	Технологія виготовлення корпусу		
5	Експерт. з.з.з., ОМЧВ Кривеїкова С.В.		
6	Нестеров О.В., доц		
Перевірка плагіат - 82% - грамот Осінов М.Ю. -			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз літер. джерел		
2	Меморанда та проведення експериментів		
3	Обробка результатів досліджень		
4	Робота технології виготовл. корпусу		
5	Техно-економічні розрахунки		
6	Охорона праці та безпеки у експериментальних ситуаціях		
7	Виконання креслення		
8	Оформлення пояснювальної записки		

Студент

(підпис)

КУРТОВ О.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

С.А. Борисов
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 99 сторінок, 35 рисунків, 28 таблиці, 44 посилання, 1 додаток.

Об'єкт дослідження – технологія адитивного виробництва з використанням плавких електродів у середовищі захисних газів.

Мета проекту – отримати основні залежності та параметри процесу адитивного виробництва з використанням плавких електродів у середовищі захисних газів та застосування результатів досліджень при виготовленні даним методом форсунки спеціальної.

Розглянуті сучасні методи адитивного виробництва та області їх застосування. Виявлені основні труднощі, що виникають при виготовленні деталей методом адитивного виробництва з використанням плавких електродів у середовищі захисних газів. Отримано основні технологічні параметри та розроблено технологічний процес виготовлення форсунки спеціальною.

Обрані оптимальні режими, порядок нанесення шарів, стандартне обладнання. Спроековано допоміжне технологічне устаткування. Розроблено ділянку адитивному виробництву форсунок спеціальних. Проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності використання технології виготовлення форсунки спеціальної. Передбачені заходи з охорони праці та цивільної оборони.

ДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ В АКТИВНИХ ГАЗАХ, ДРОВО-ДУГОВЕ АДТИВНЕ ВИРОБНИЦТВО, ФОРСУНКА, РОБОТ, ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ

ABSTRACT

PN: 99 with., 35 figures, 28 tables, 44 sources, 1 appendix.

The object of research – technology of gas metal arc welding based additive manufacturing.

The aim of the project is obtaining of the main relations between process parameters at gas metal arc welding based additive manufacturing, and applying of these experiments data at producing of the burner-special.

Advanced methods of additive manufacturing and area of its application was studied. Main issues of the gas metal arc welding based additive manufacturing, which can be detected. Process parameters were obtained and technology of the burner-special production was developed.

The most optimal regime, the sequence of the layer deposition, standard equipment was chosen.

The additional equipment was developed. The area of burner-special production was designed. Technological and economic calculation and confirmation of the technology reasonability. Activities of safety rules and civil defense are developed.

GAS METAL ARC WELDING, WIRE ARC ADDITIVE
MANUFACTURING, BURNER, ROBOT, POWER SOURCE

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АВ – адитивне виробництво;

МІГ – дугове зварювання в інертних газах плавким електродом;

МАГ – дугове зварювання в активних газах плавким електродом;

ТІГ – дугове зварювання в інертних газах неплавким електродом;

АЗФ – автоматичне зварювання під флюсом;

ЕПП – електронно-променеве плавлення;

ЛПП – лазерно-променеве спікання;

ВЛП – вибіркове лазерне плавлення;

АВПЗГ – адитивне виробництво з використанням плавких електродів у середовищі захисних газів;

ДДАВ – дротово-дугове адитивне виробництво;

ШПД – швидкість подачі дроту;

ШП – швидкість переміщення;

мм/сек – міліметрів за секунду;

см/хв. – сантиметрів на хвилину;

п. – пункт;

год. – годин;

тис. – тисяч;

грн. – гривня;

чол. – чоловік;

ОП – охорона праці;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

ПО – природне освітлення;

ШО – штучне освітлення;

СНіП – будівельні норми і правила.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ

ABSTRACT

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЗМІСТ	7
ВСТУП.....	9
1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ І ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАННЯ НА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБУ.....	11
1.1 Аналіз літературних джерел згідно поставленої проблеми.....	11
1.2 Дротово-дугове адитивне виробництво	14
1.2.1 Опис процесу ДДАВ	15
1.3 Устаткування для дротово-дугового адитивного виробництва з використанням плавких електродів у середовищі захисних газів	19
1.4 Зварювальне джерело живлення.....	20
1.5 Вибір параметрів ДДАВ на основі МАГ процесу	24
1.6 Формування зовнішньої поверхні на багат шарових ДДАВ на основі МАГ процесу	26
1.7 Висновки з огляду літератури та формулювання завдання для експериментальної частини	34
2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
2.1 Матеріали	36
2.2 Обладнання дослідження	37
2.3 Методика отримання зразків.....	40
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	42
4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРСУНКИ СПЕЦІАЛЬНОЇ.....	46
4.1 Аналіз конструкції форсунки паливної	46
4.2 Вибір режимів технологічного процесу виготовлення форсунки	48

4.3 Розробка послідовності нанесення шарів	48
4.4 Вибір обладнання	49
4.5 Проектування допоміжної оснастки	53
5 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ	55
5.1 Технічне нормування операцій	55
5.1.1 Норма часу на зварювання	56
5.1.2 Виробнича програма та її матеріальне забезпечення	57
5.1.3 Розрахунок кількості обладнання	58
5.1.4 Розрахунок чисельності персоналу ділянки	60
5.2 Планування витрат на виробництво	62
5.2.1 Матеріальні витрати	63
5.2.2 Вартість основних засобів	64
5.2.3 Фонд оплати праці	66
5.2.4 Собівартість виробу	69
5.3 Економічне обґрунтування запропонованої розробки	74
5.3.1 Розрахунок економічного ефекту	74
5.3.2 Ефективність і результативність	75
5.4 Розрахунок і планування ділянки	77
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	79
6.1 Аналіз потенційних небезпек	79
6.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки	80
6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	84
6.4 Заходи з пожежної безпеки	87
ВИСНОВКИ	91
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	92
ДОДАТОК А	98

ВСТУП

Одним із альтернативних методів отримання енергії є спалювання некондиційних та низькоякісних палив та інших енергомістких відходів виробництва. Але високі європейські стандарти з екології вимагають застосування сучасних технологій та обладнання для спалювання таких енергоносіїв. Виникла гостра необхідність модернізації існуючих паливних агрегатів.

З метою зменшення вмісту твердих фракцій та продуктів неповного згоряння у димі розроблена форсунка паливна-спеціальна, призначена для спалювання некондиційного палива та вторинних продуктів переробки. Використання якої забезпечує витримування вимог екологічної безпеки за рахунок сепарації паливних продуктів на стадії згоряння.

Таким чином, виникла проблема переобладнувати існуючі системи котлів новими модернізованими форсунками.

Форсунка має складну конструкції, що ускладнює їх виробництво традиційними методами механічної обробки. При чому втрати матеріалів досягають 90 %.

Альтернативним методом виготовлення деталей є використання адитивних технологій.

Використання методів зварювання у адитивному виробництві компонентів пов'язане з рядом обмежень традиційних методів пошарового будування деталей (ЕПС, ЛПС та інш.) та недоліків традиційного виробництва (фрезерування, точіння та інш.).

Але недостатність інформації про адитивні процеси із застосуванням зварювальних технологій вимагають додаткових досліджень.

Мета будь-якого передового виробництва – виробництво деталей з мінімальними фінансовими і часовими втратами. Автоматизація та прискорення

виробництва компонентів складної конфігурації, значне скорочення відходів матеріалів – всі ці вимоги можуть бути реалізовані шляхом реалізації технології АВ.

1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ І ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАННЯ НА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБУ

1.1 Аналіз літературних джерел згідно поставленої проблеми

Найбільш перспективні і досліджені основні методи вирощування тривимірних об'єктів складної геометрії наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Основні методи виробництва присадок [1]

Метод	Технологія	Матеріал
Екструзійний	Моделювання методом пошарового наплавлення (FDM or FFF)	Термопластики
Дротовий	Виробництво форм електронно-променевим плавленням (EBF)	Практично будь-які металеві сплави
Порошковий	Direct Metal Laser Sintering (DMLS)	Практично будь-які металеві сплави
	Електронно-променеве плавлення (EBM)	Титанові сплави
	Вибіркове лазерне плавлення (SLM)	Титанові, алюмінієві, кобальт-хромові сплави, нержавіюча сталь
	Вибіркове лазерне спікання (SHS)	Порошкові термопластики
	Вибіркове лазерне спікання (SLS)	Термопластики, металеві порошки, керамічні порошки
Струменевий	Струменевий тривимірний друк (3DP)	Гіпс, пластики, металеві порошки, піщані суміші
Ламінування	Виготовлення методом ламінування (LOM)	Металева фольга, пластикова плівка
Полімерізація	Стеріолітографія (SLA)	Фотополімери
	Цифрове світлодіодне проектування (DLP)	Фотополімери

Цей довгий список методів АВ може бути значно зменшений через те, що більшість з них використовують полімерні матеріали та пластмаси в якості робочого матеріалу.

Тривимірне будівництво деталей за допомогою електронно-променевого наплавлення (EBF³), електронно-променевого плавлення (EBM) і з вибірковою лазерною плавленням (SLM) дозволяють використовувати широкий ряд металів при виробництві.

В цілому ці методи можуть бути об'єднані через їх схожі методи реалізації. Зокрема, вони засновані на аналогічній апаратній частині: вакуумній камері і високоенергетичному джерелі енергії для плавлення (електронного променя або лазера). Різниця полягає в системі подачі робочого матеріалу.

Його можна реалізувати двома способами: системою подачі дроту і порошку. Схематичне зображення на рис. 1.1 та 1.2.

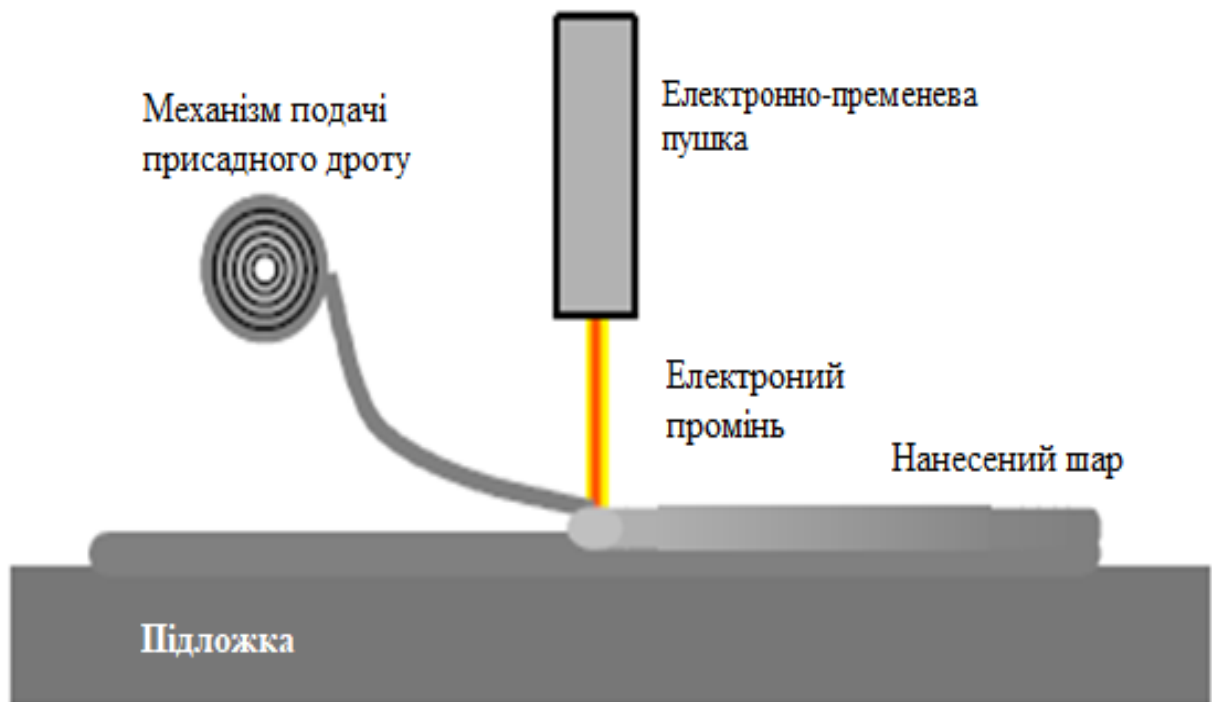


Рисунок 1.1 – Загальна ілюстрація системи подачі дроту EBF³ [2]

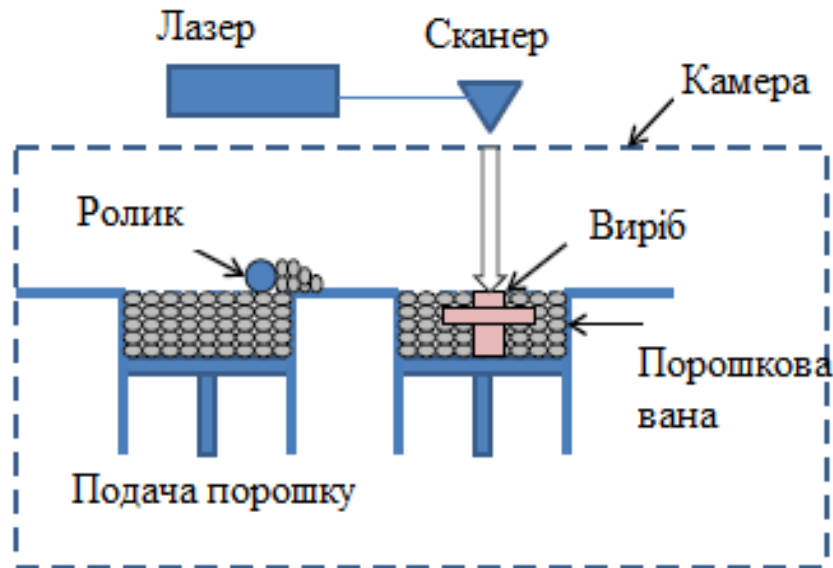


Рисунок 1.2 – Загальна ілюстрація системи SLM з ванною порошкового шару [3]

Згідно з рядом робіт, найкращі результати АВ можливо отримати використовуючи EBM і SLM [2, 3, 4].

Вони мають ряд переваг: дуже висока розмірна точність виготовляємих деталей (25 мкм) і ступінь деталізації елементів, висока щільність одержуваних виробів (близько 9,5...99 %) [5].

Але у той час ці технології мають ряд недоліків та обмежень [6]:

- низька продуктивність тривимірного друку (середнє значення не більше 0,2 кг /год матеріалу що наноситься);
- обмежена площа робочої (вакуумної) камери (максимальний розмір деталей становить $30 \times 30 \times 20$ см);
- необхідність використання дорогих (> 350 тис. євро) і енергоємне обладнання з високою вартістю обслуговування;
- труднощі через дорогих порошків (550 євро/кг) для SLM та EBM використовуються з жорсткими вимогами (гранулометричний і хімічний склад);
- низький показник використання порошку (< 60 %).

У табл. 1.1 представлені типові методи 3D-виробництва, але в цей список також можуть бути включені технології зварювання. Кількість дослідницьких центрів і компаній, а саме: Canfield University (Великобританія), RAMLAB

(Нідерланди), Університет Вуллонгонга (Австралія), досягли значних результатів у застосуванні зварювальних технологій для виробництва деталей шляхом пошарового будування.

1.2 Дротово-дугове адитивне виробництво

Широке знання зварювальних процесів, відносно дешеве устаткування і матеріали для дугового зварювання, великий досвід в області роботизованого зварювання, всі ці переваги роблять ДДАВ конкурентоспроможним з технологіями ВЛП і ЕПП.

Схематичне зображення технологічного процесу ДДАВ показано на рис.1.3.

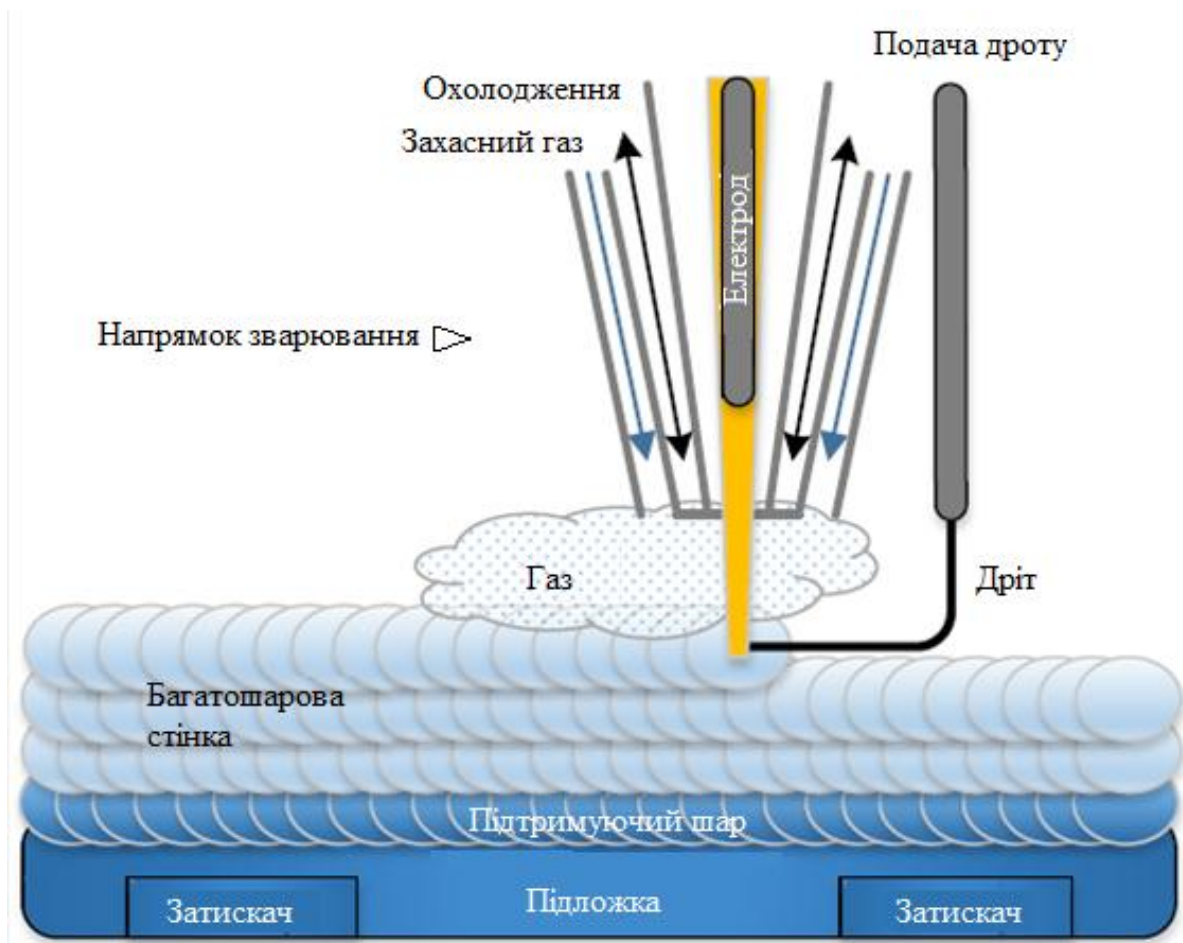


Рисунок 1.3 - Схематична ілюстрація ДДАВ [7]

Використання зварювальної дуги як джерело тепла і застосування системи подачі дроту забезпечують ряд переваг [7]:

- висока швидкість нанесення (близько 3 кг/год);
- висока ефективність використання матеріалу 90 % (“buy to fly ratio” < 2) ;
- максимальний розмір одержуваних деталей не обмежений (через відсутність вакуумної камери);
- відносно низька вартість матеріалу (170 євро/кг) та обладнання (близько 225 тис. євро).

З іншого боку, низька розмірна точність (1...2 мм) і досить низька складність конфігурації виробляємих деталей – це обмеження ДДАВ. Крім того, як і будь-який процес зварювання, залишкові напруги і деформації існують при виробництві дротово-дугового адитивного виробництва.

Контроль за введенням тепла є складною проблемою. Це істотно впливає на якість поверхні. Регулювання подачі тепла може бути досягнута шляхом вибору оптимальних параметрів процесу. Це складне завдання, яке вимагає аналізу і вирішення.

1.2.1 Опис процесу ДДАВ

Дугове-дротове адитивне виробництво можна описати як будівництво деталі шар за шаром. Це складний процес, який виконується декількома системами. Як правило, все обладнання для ДДАВ можна розділити на дві основні і одну додаткову групу. Схематична ілюстрація основних компонентів процесу показана на рис. 1.4.

Результат успішного застосування ДДАВ залежить від співпраці і зв'язку між апаратним та програмним рівнем. Можливо, програмний рівень, найбільш складний через це, що стабільність процесу і якість продукції залежать від нього.

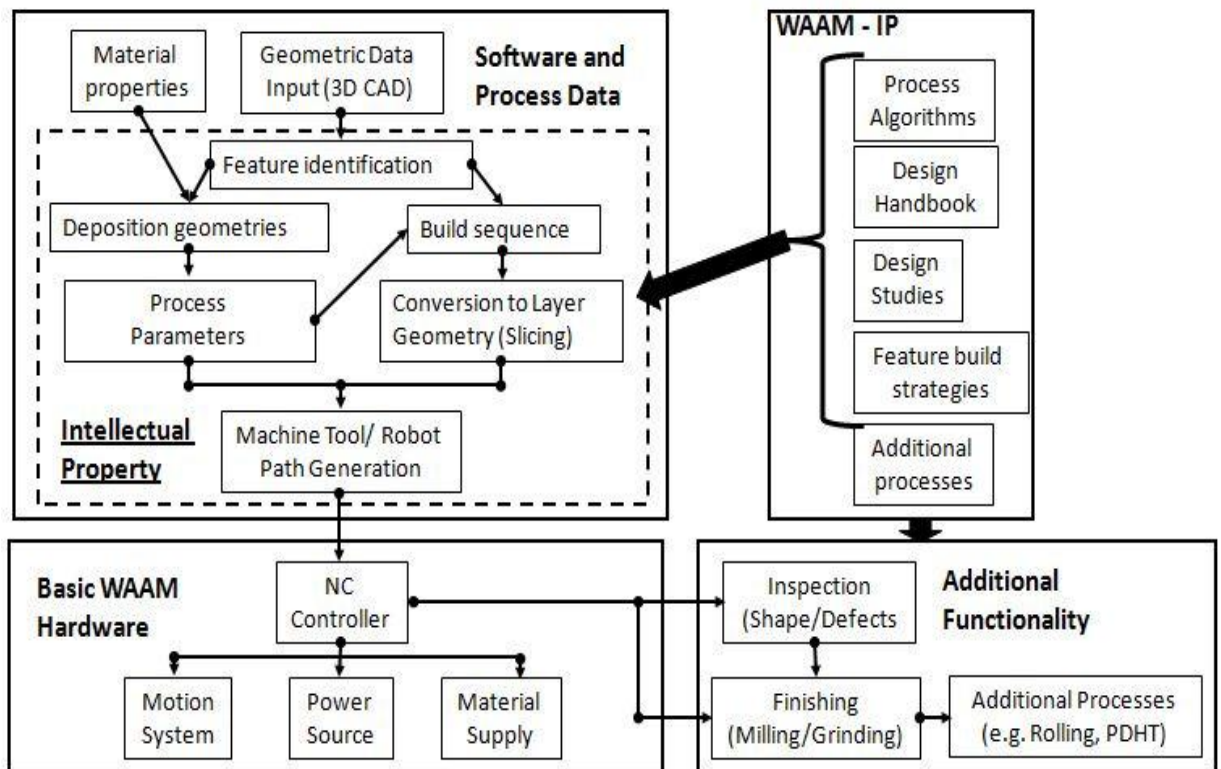


Рисунок 1.4 – Загальна схема системи ДДАВ [8]

Значною перевагою ДДАВ є можливість включення процесів обробки в обладнання. Отже, процес виготовлення може бути виконаний за один крок (рис. 1.5).

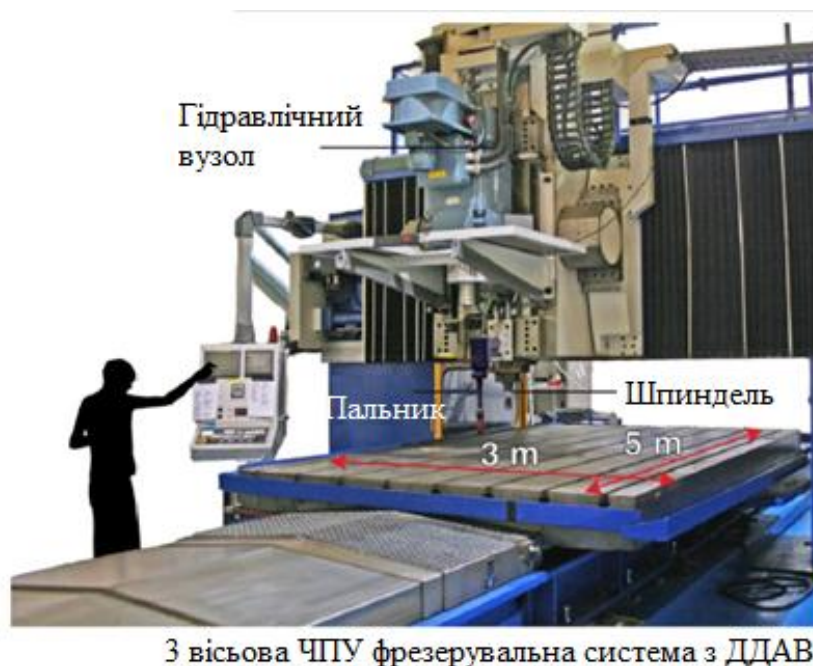


Рисунок 1.5 – ДДАВ і ЧПУ фрезерна система, модернізована на колишньої машині для зварювання тертям з перемішуванням [9]

1.3 Адитивне виробництво з використанням плавких електродів у середовищі захисних газів (АВПЗГ)

Гнучкість зварювальних технологій дозволяє використовувати велику кількість методів зварювання (рис. 1.6), а саме: дугове механізоване зварювання металевим електродом (МІГ/МАГ), дугове зварювання вольфрамовим електродом в середовищі захисних газів (ТІГ) плазмово-дугове зварювання, автоматичне дугове зварювання під шаром флюсу (АЗФ). Кожен з цих методів має переваги і обмеження. Наприклад, АЗФ – це високоефективна технологія, але її застосування до АВ не увінчалися успіхом через труднощі з нарощуванням деталей з тонкими стінками. [10]

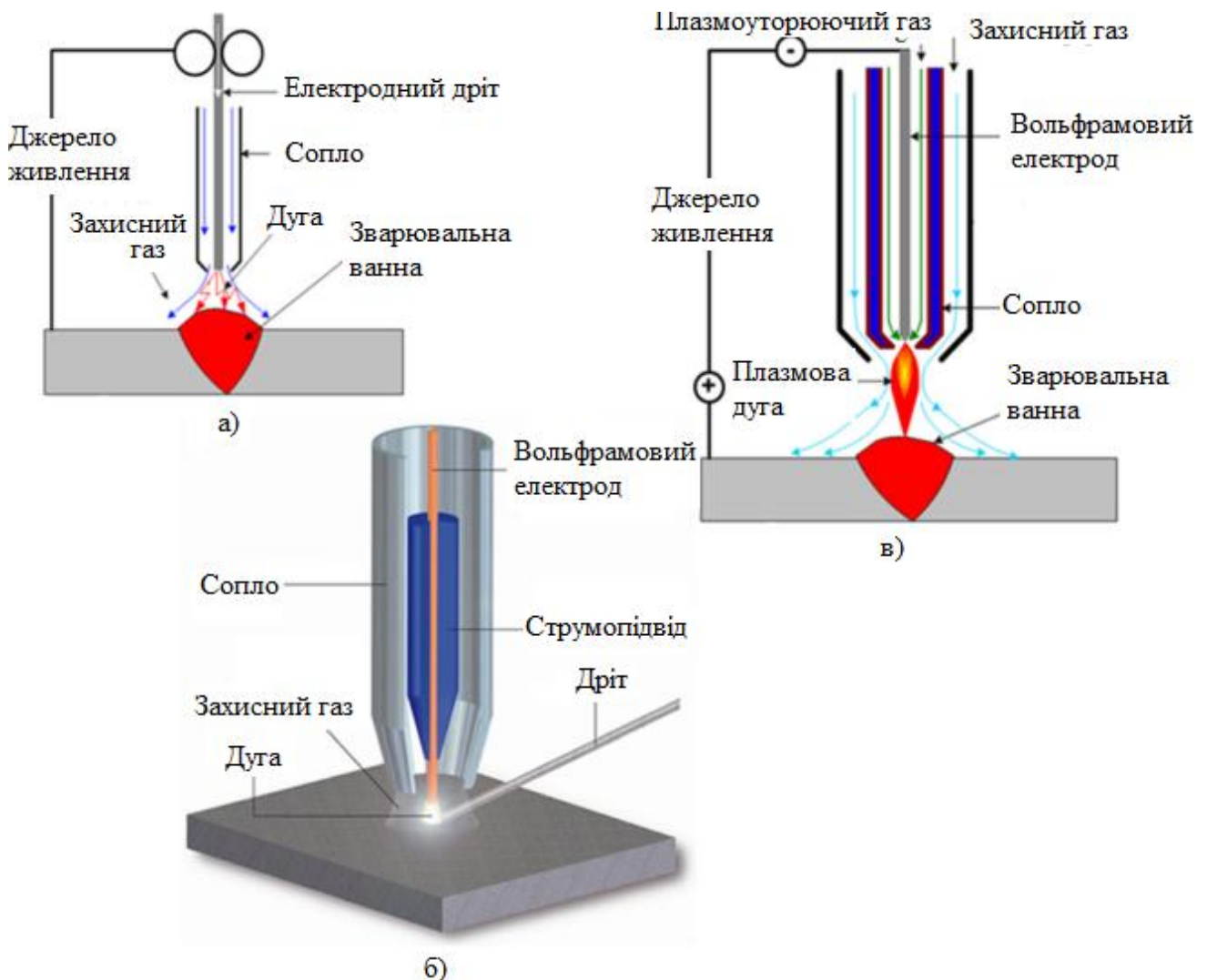
МІГ, ТІГ можна використовувати для АВ через можливість наплавлення деталей складної конфігурації та контролю розміру, об'єму зварювальної ванни. отже, немає необхідності виконувати цей процес в нижньому просторовому положенні [10].

ТІГ та плазмово-дугове зварювання зазвичай використовується для АВ виробів з алюмінію та його сплавів [12] або титану (Ti-6Al-4V) та його сплавів [13, 14].

Вольфрамове дугового зварювання використовує аргон високої чистоти (99,995 % Ar) в якості захисного газу [15]. Система подачі може бути реалізована порошком або дротом. Використання порошку забезпечує можливість додаткового легування, але в той же час зменшується кількість робочої орієнтації. АВ на основі ТІГ має бічну систему подачі дроту (рис. 1.6, б); це ускладнює процес планування процесу, через додаткове устаткування, що обмежує гнучкість процесу.

У порівнянні з технологією ТІГ, МАГ процеси мають економічні та технологічні переваги. Це високоефективні способи швидкого виробництва. Швидкість осадження на основі МАГ може досягати 4 кг/год. Подача електродного дроту відбувається співвісно з пальником, що дозволяє реалізувати

процес нанесення матеріалу у різних зварювальних положеннях і виконати більш складних траєкторії процесу [10, 16].



а) – MIG, МАГ; б) – ТІГ; в) - плазмово-дугового зварювання.

Рисунок 1.6 – Принципова схема ДДАВ [11]

Компоненти з високою геометричною складністю можуть бути отримані з максимальною гладкою поверхнею, хвилястістю близько 0,2 мм [16].

Згідно з описаними перевагами, АВ на основі МАГ процесів можна вибрати в якості об'єкта дослідження.

1.3 Устаткування для дротово-дугового адитивного виробництва з використанням плавких електродів у середовищі захисних газів

Сучасне обладнання для адитивного виробництва (рис. 1.7) з використанням плавких електродів у середовищі захисних газів включає в себе наступні компоненти [11]:

- контролер робота керує рухами і процесами зварювання;
- програмований джерело живлення MIG/MAG використовується для управління і налаштування параметрів зварювального процесу;
- промисловий робот реалізує рух зварювального пальника для наплавлення металу;
- комп'ютери допомагають створювати процеси і збирати експериментальні дані;
- сучасні роботизовані системи мають дуже важливий контент - лазерний сенсор або систему датчиків пасивного зору для вимірювання профілю валика.

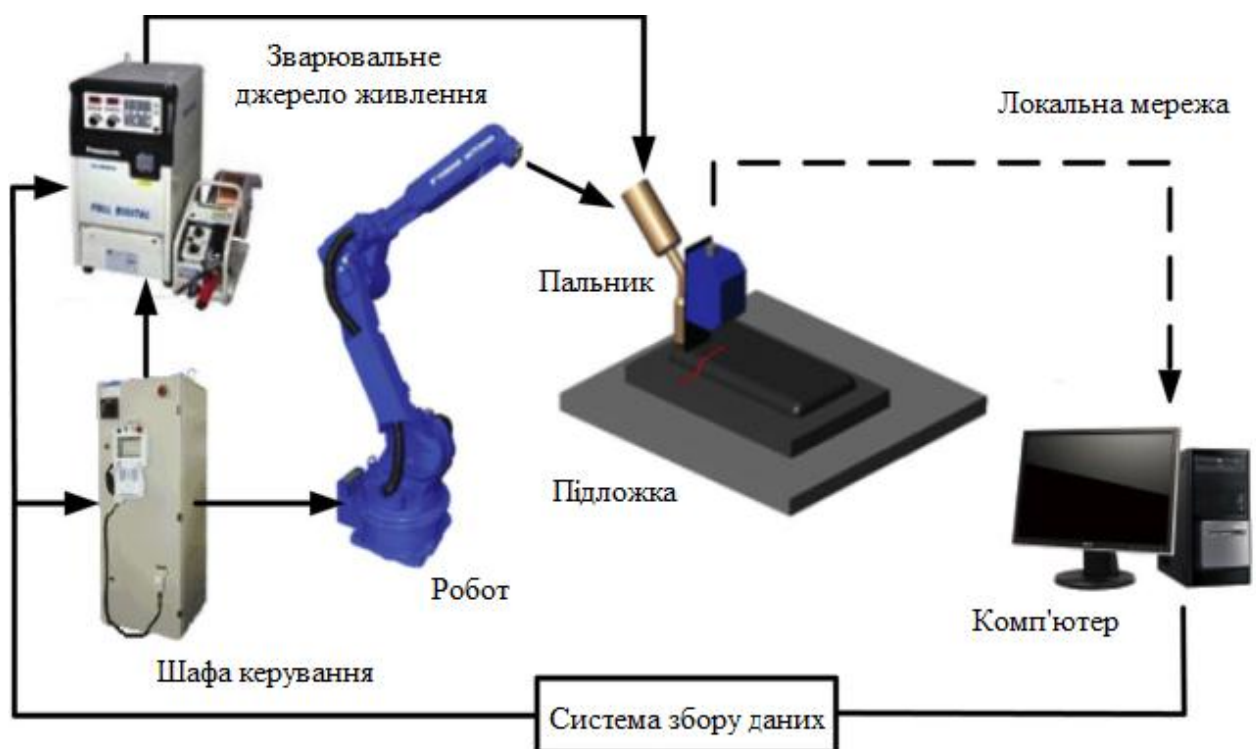


Рисунок 1.7 – Схематична ілюстрація системи ДДАВ на основі робота [17]

1.4 Зварювальне джерело живлення

Вибір зварювального джерела живлення – заснований на вимогах технології, а саме її параметрах. Існує чотири типи передачі металу при газовому зварюванні: крупно-крапельний, з коротким замиканням, струменевий перенос, пульсуюча дуга. Всі ці моделі мають свої особливості (рис 1.8).

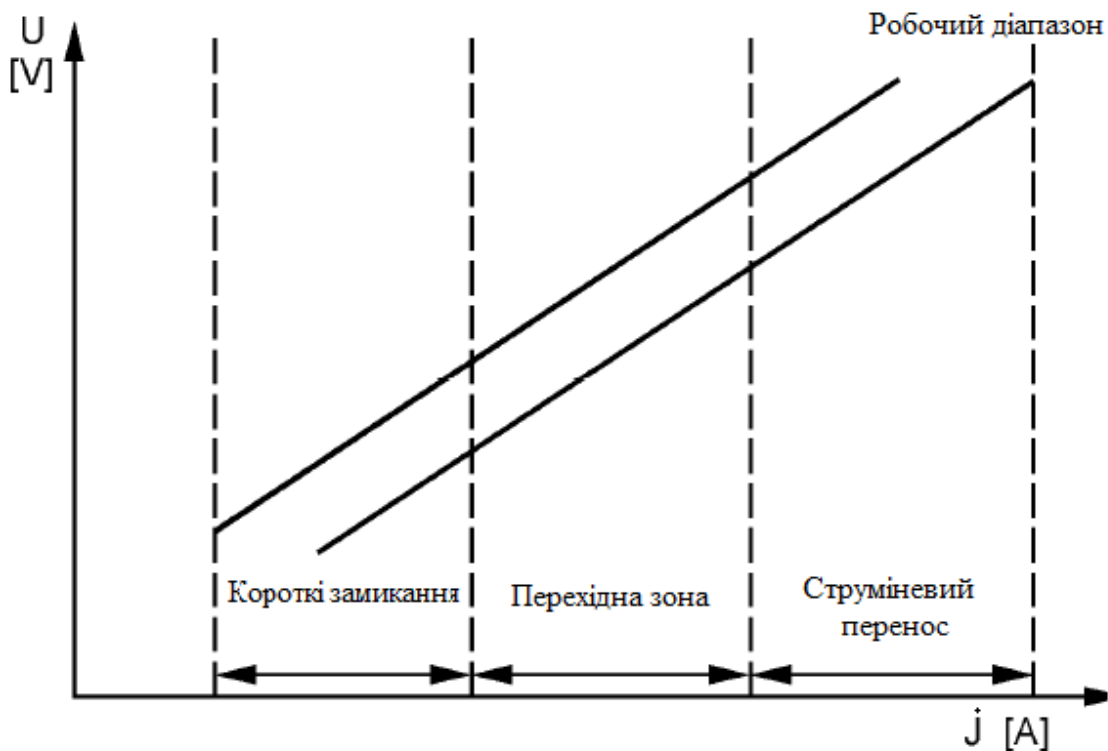


Рисунок 1.8 – Схематичне зображення робочих діапазонів зварювання MIG/MAG [18]

Перенос крапель з струменевою дугою (без короткого замикання), (рис. 1.9) (spray-arc or drawn-arc), забезпечує процес вільний від розбризкування, але досягнення гарного зовнішнього вигляду валика із забезпеченням стабільного об'єму і розміру ванни розплавленого металу неможливо через високу тепловіддачу в цьому режимі.

Значення введеного тепла повинно бути визначено дуже правильно. Крапля рідкого металу повинна бути достатньо гарячою для від'єднання від електродного дроту. Ввід тепла до робочої поверхні повинен забезпечувати плавлення підкладки. І в той же час дуже багато тепла викличе спотворення

зварювальної ванни і пошкодить попередньо нанесений шар [19].

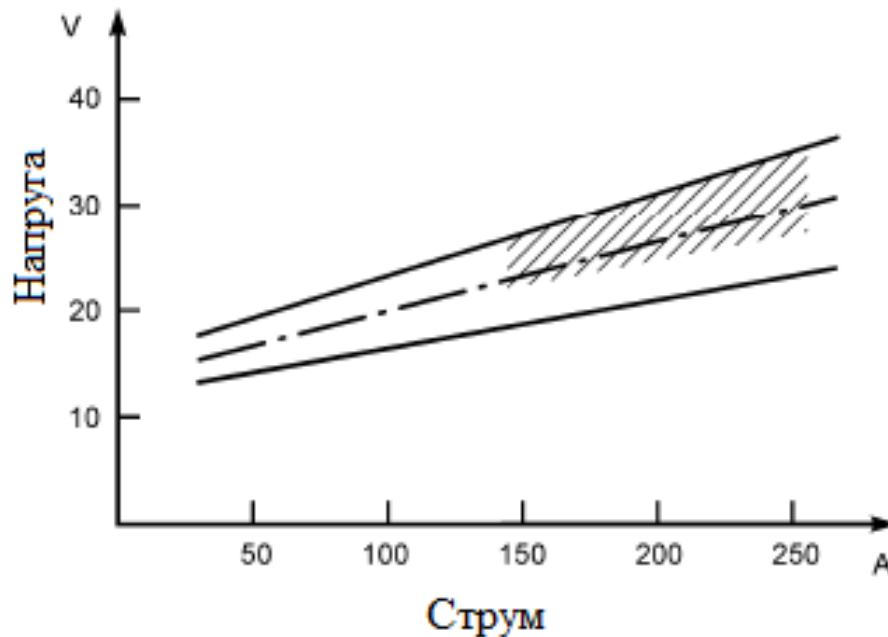


Рисунок 1.9 – Схематичне зображення робочих діапазонів при струменевому переносі металу [18]

Режим довгої дуги або крупнокрапельного переносу, (рис. 1.10) все ще має занадто багато тепла, отже, металева ванна розплавленого металу має низьку в'язкість.

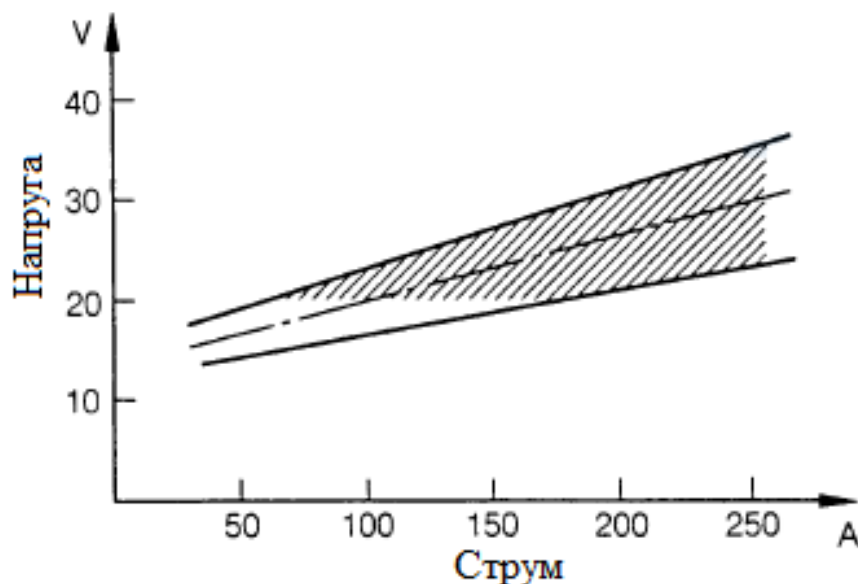


Рисунок 1.10 – Схематичне зображення робочих діапазонів довгої дуги або крупнокрапельного переносу [18]

На цих режимах можливе коротке замикання. Краплі переносяться в

глобулярної формі, тому вона є причиною бризок.

Згідно з попереднім аналізом робочих діапазонів, кращим є режим передачі з низьким введенням тепла. Передача металу з короткими замиканнями та імпульсно-дугове перенесення краплі може бути використана для виготовлення ДДАВ, на рис 1.11.

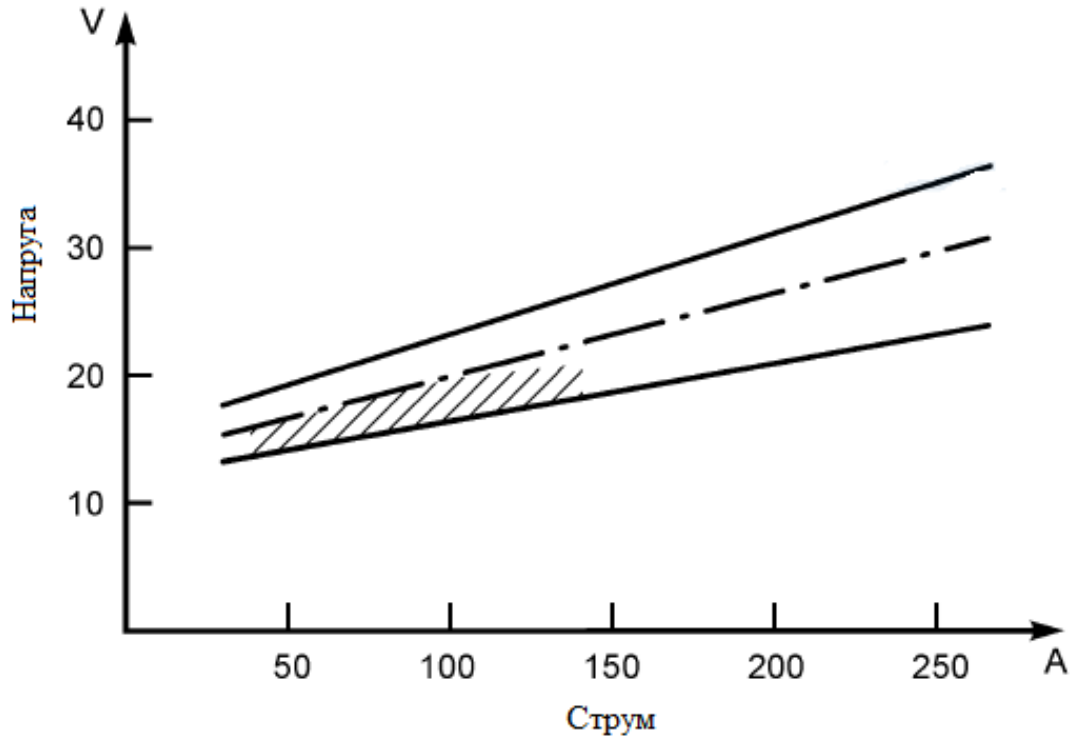


Рисунок 1.11 – Схематичне зображення робочих діапазонів перенесення металу короткими замиканнями [18]

Передача металу з коротким замиканням на МАГ має значний недолік – розбризкування. Використання технології імпульсного МАГ зварювання (І-МАГ) дозволяє уникнути цього впливу [18].

Суть методу полягає в можливості отримання розпилення при низькому фоновому струмі (50...80 А) через застосування великого імпульсу струму в момент відриву краплі.

Діаграма І-МАГ показана на рис. 1.12.

На практиці контрольована передача струменем може бути досягнута при показниках струму до 50 А з 1,2 мм сталевим дротом (перехідний струм приблизно 240 А).

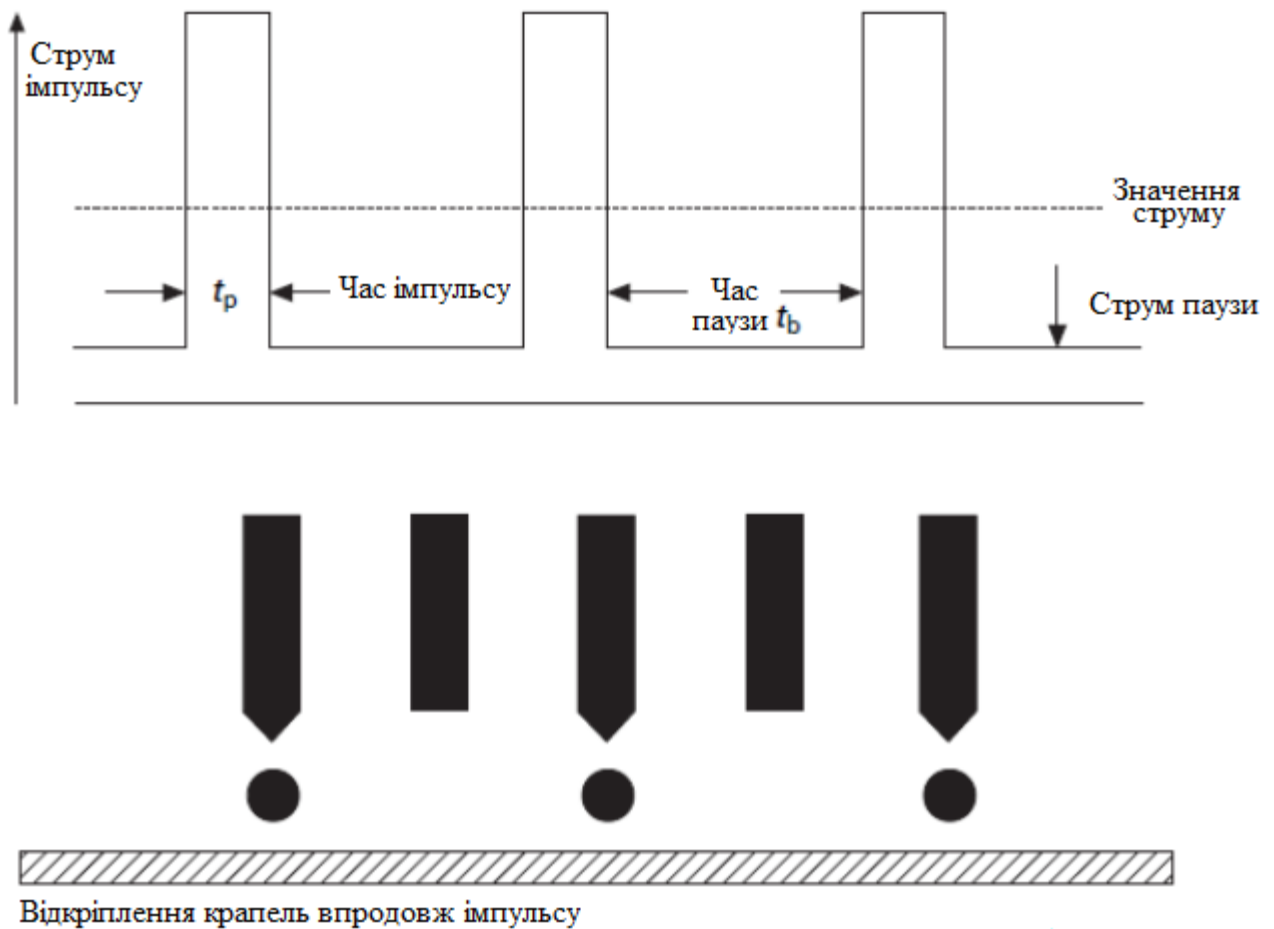


Рисунок 1.12 – Імпульсна діаграма перенесення металу [20]

Частота імпульсу може бути встановлена в діапазоні 20...250 Гц, збільшення частоти викликає збільшення кількості крапель.

Переваги застосування I-МАГ зварювання [19, 20]:

- отримання розпилювальної дуги з малим розбризкуванням навіть при малій потужності дуги;
- плоска геометрія наплавлюваних валиків навіть при малій потужності дуги;
- можливість використання електродного дроту великого діаметру (1,6 мм) [20].

Недоліками I-МАГ зварювання можливо визначити:

- більш висока вартість джерела живлення I-МАГ в порівнянні зі звичайним джерелом для наплавлення МІГ/МАГ;
- установка параметра процесу є складною проблемою через велику кількість налаштувань;

– тільки суміш $\text{Ar} + 18\% \text{CO}_2$ можна використовувати в якості захисного газу.

Вибір параметрів АВ на основі МАГ процесів є складною проблемою. Очевидно, що початкові умови для кожного наступного шару будуть різними. Ця обставина призводить до невідповідностей в геометрії валиків і стабільності процесу.

1.5 Вибір параметрів ДДАВ на основі МАГ процесу

Метою ДДАВ є створення деталей зі складною конфігурацією з мінімальною наступною обробкою, що означає скорочення відходів матеріалу. Це може бути досягнуто, коли отримана поверхня швидкого прототипування при МАГ адитивному виробництві повинна бути максимально плавна, наскільки це можливо. На рис. 1.13 показана схематична ілюстрація однопрохідної багат шарової стінки, отриманої «металевою дугою» при швидком прототипуванні.

Як бачимо, якщо кожен борт в багат шаровому осадженні матиме однакову ширину і висоту, він забезпечує низьку хвилястість бічній поверхні і збільшення ефективної ширини стінки. Але досягнення цього є складною проблемою через те, що ДДАВ є не квазістаціонарним процесом.

Параметри процесу, такі як швидкість подачі дроту (ШПД), швидкість руху (ШП), напруга (U), виліт електроду (ВЕ), не можуть бути постійними для кожного шару. Початкові умови змінюються від шару до шару, оскільки накопичення тепла збільшується з кожним проходом. Було відмічено, що ВЕ може збільшитися на 1,95 мм від першого шару до п'ятого шару через ефект накопичення тепла [22].

Неконтрольовані варіації ВЕ призводять до нестійкого процесу наплавлення. Збільшення відстані викликає поганий захист зони зварювання. Зменшення відстані створює бризки на поверхні.

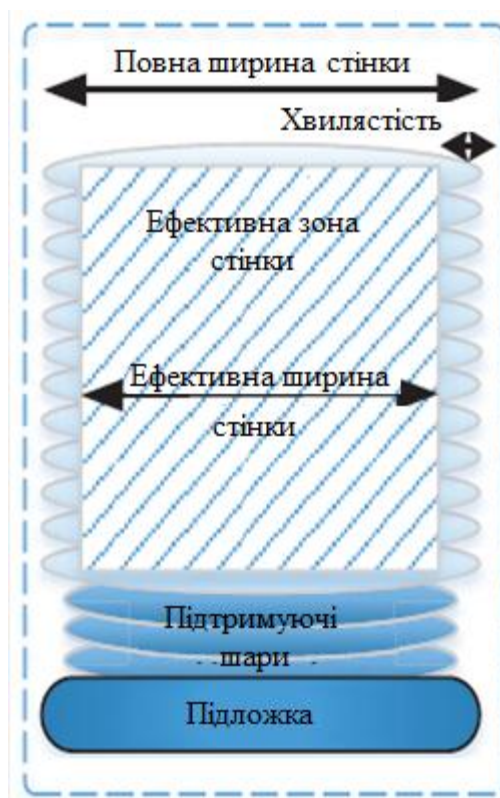


Рисунок 1.13 – Багатошарова однопрохідна стіна при ДДАВ [21]
Всі ці обставини утворюють погану поверхню стінки (рис. 1.14).

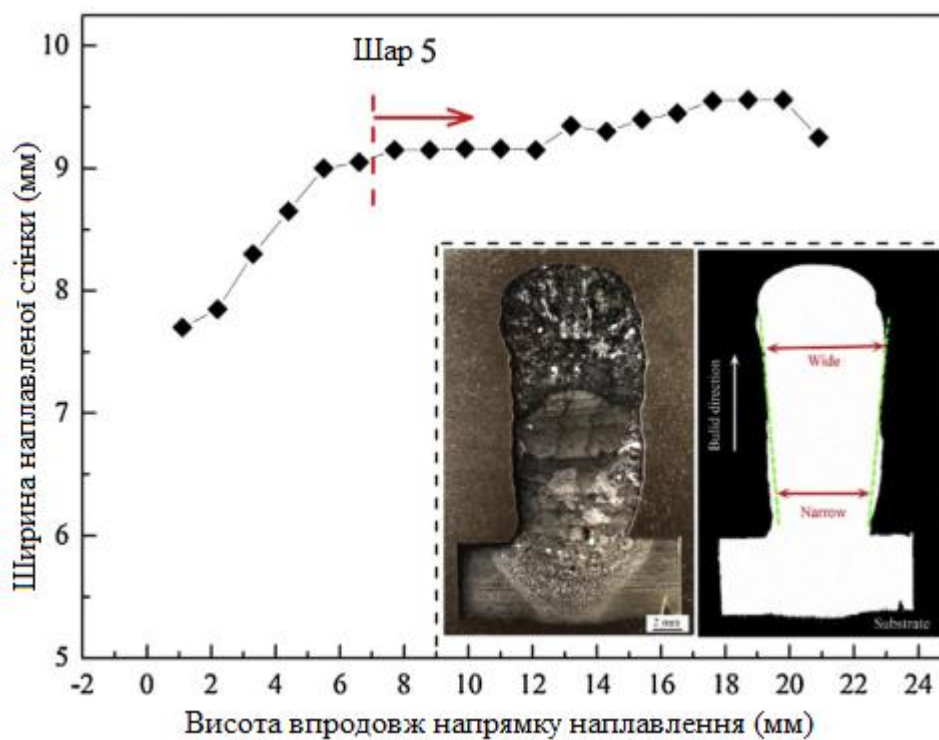


Рисунок 1.14 – Ширина поперечного перерізу збірки по висоті багатошарового напавлення [23]

Геометрія зварного шва значно залежить від параметрів зварювання (рис. 1.15). Регулювання параметрів вхідного процесу для кожного наступного шару може забезпечити отримання високої якості поверхні і точності розмірів виготовлених деталей.

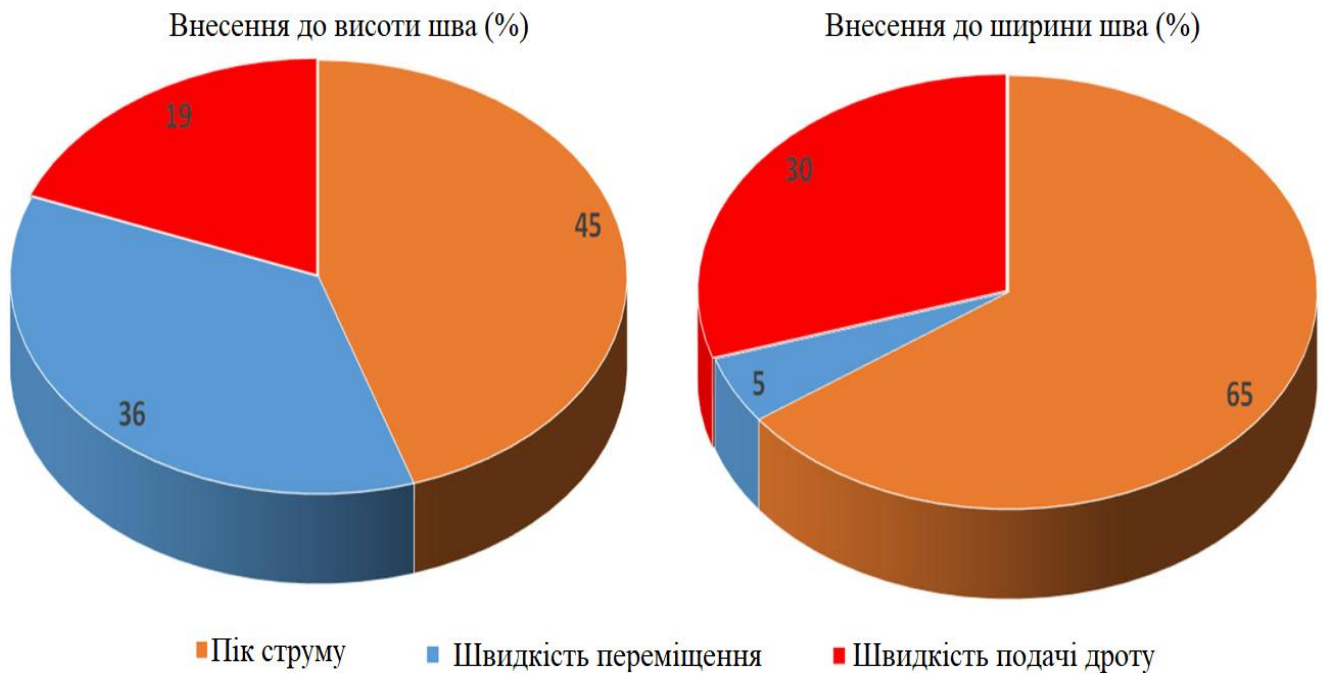


Рисунок 1.15 – Процентний внесок трьох вхідних параметрів (піковий струм, швидкість подачі дроту, швидкість руху) [24]

1.6 Формування зовнішньої поверхні на багатошарових ДДАВ на основі МАГ процесу

Постійне значення тепловіддачі може забезпечити стабільний процес і процес високої якості, тому важливим завданням є спостереження за поверхнею і відгуком процесу на вхід тепла.

Дослідники досліджували вплив основних параметрів на формування зовнішнього вигляду на багатошаровому однопрохідному ДДАВ на основі МАГ процесу. Як було відзначено в попередніх роботах, точне значення струму дуги, швидкості нанесення матеріалу і введення тепла забезпечує отримання плавної

поверхні [25] .

Експерименти проводилися при наступних умовах: діаметр дроту з мідним покриттям становив 1,2 мм, газова суміш 95 % Ar і 5 % CO₂ використовувалася в якості захисного газу. Витрата газу становила 18 л/хв. Відстань між робочою пластиною і соплом становило 11 мм.

Джерело живлення забезпечив важливу залежність між швидкістю дроти і струмом дуги. Це співвідношення представлено на рис. 1.16.

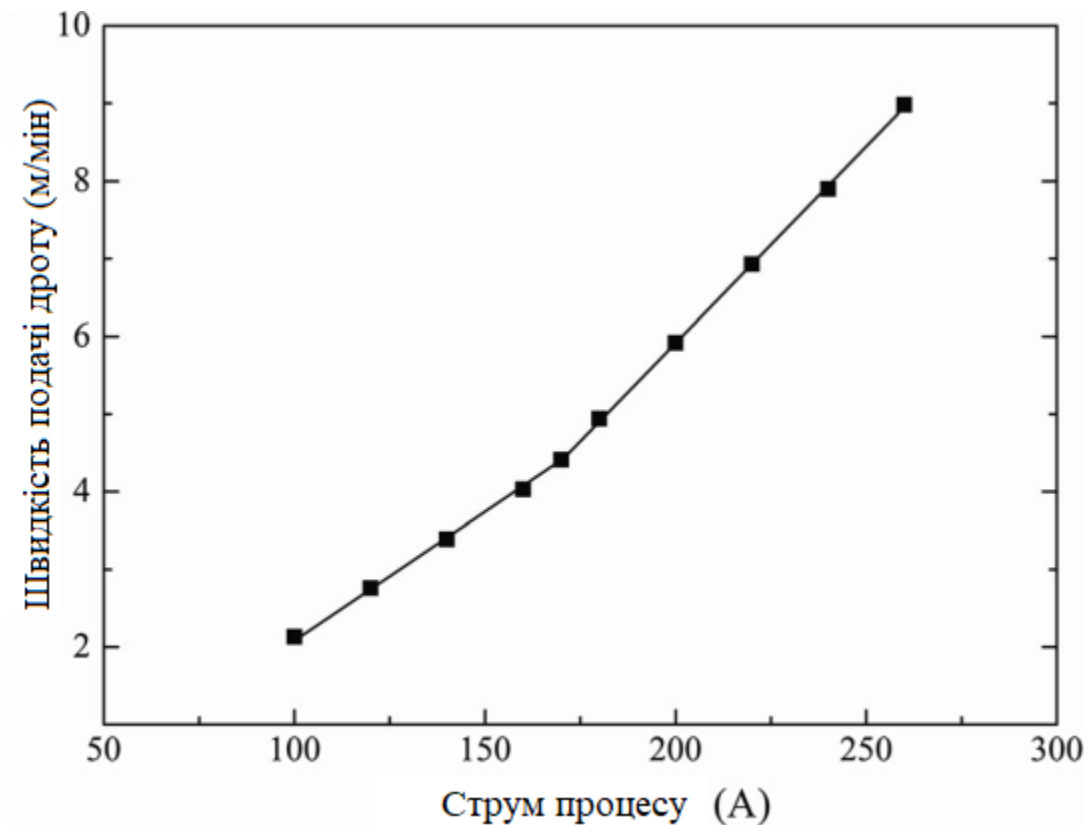


Рисунок 1.16 – Залежність швидкості наплавлення від струму [25]

Контроль форми валиків проводився за допомогою датчика пасивного зору. Схема процесу ДДАВ показана на рис. 1.17.

Під час експерименту струм дуги і швидкість наплавлення були скориговані для вивчення зовнішнього вигляду валика. Діапазон струму становив 100 ... 300 А, і швидкість наплавлення становила 1 ... 1,8 мм/с.



Рисунок 1.17 – Принципова схема ДДАВ-процесу на основі МАГ процесу [26]

Попередні випробування дали можливість звужити область досліджень і визначити чотири варіанти параметрів процесу (рис. 1.18).

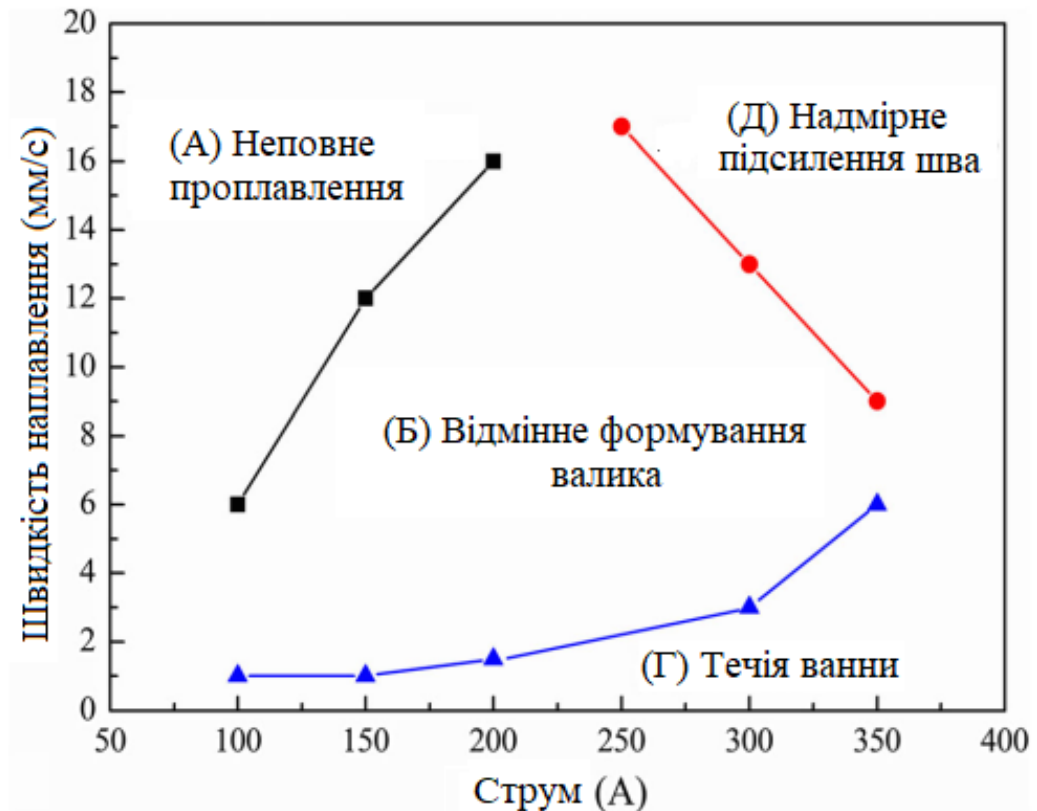
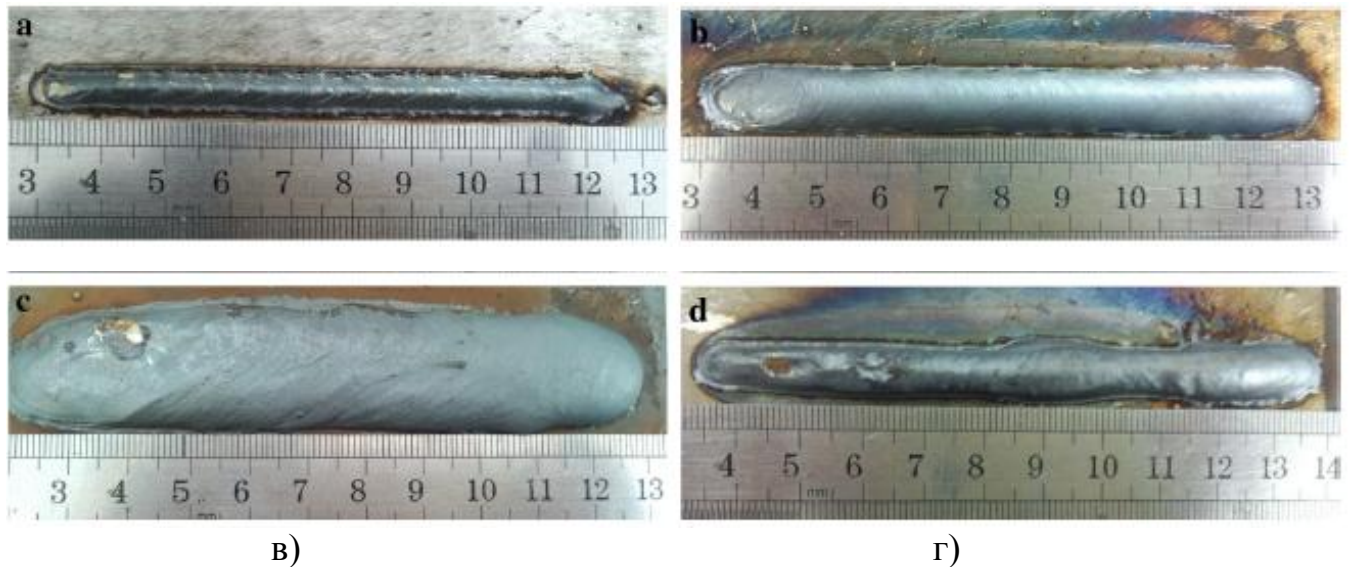


Рисунок 1.18 – Область параметрів процесу різного формування в одношаровому однопрохідному наплавленні [25]

Як можна бачити, низький струм і висока швидкість осадження (зона А) не можуть забезпечити хороший зовнішній вигляд через низьке введення тепла. Також процес нанесення нестабільний. З іншого боку, надмірне нагрівання призводить до переповнення ванни металу, і в цьому разі важко контролювати геометрію валика (зона В, Г). На рис. 1.19 показаний вид валика відповідно до попереднього графіка



а) – неповне сплавлення зварного шва, б) - добрий зовнішній вигляд, в) – переповнення зварювальної ванни, г) - випуклість шва.

Рисунок 1.19 – Різні форми валика з різними комбінаціями параметрів процесу [25]

Найбільш стабільна геометрія і зовнішній вигляд борту (рис. 1.19, в) були отримані при параметрах зони В (рис. 1.18).

Контроль введенням тепла є одним з найбільш важливих і важких обставин в ДДАВ на базі МАГ процесу.

Різниця температур від шару до шару (особливо спочатку 5 шарів) призводить до невідповідності в ширині і висоті валиків. Таким чином, випробування проводилося з охолодженням намістин після кожного шару до 120 °С.

Стіна з семи шарів (180 мм довжиною) наплавляли відповідно до схеми, наведеної вище.

Якщо проаналізувати графік на рис. 1.18, ми можемо встановити струм

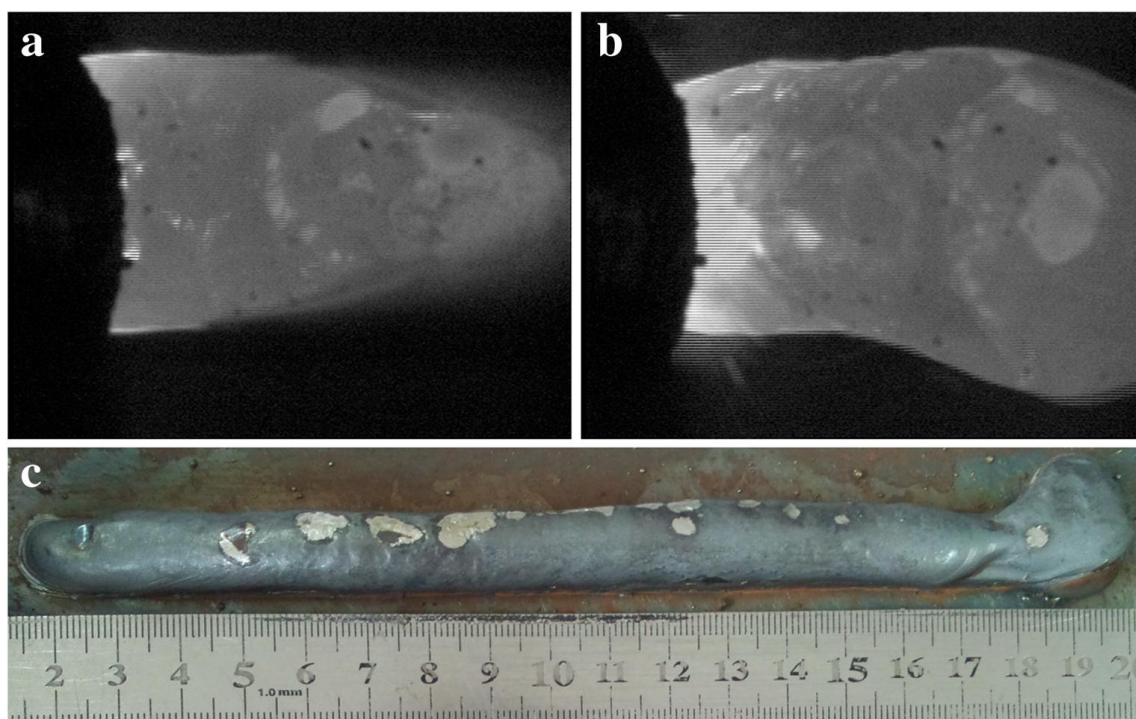
дуги для гарного формування зовнішнього вигляду в межах 100 ... 300 А. Цей діапазон можна розділити на дві частини: великі струми (220 ... 300 А) і малі струми (100 ... 220 А).

Отримання даних при великих показниках струму представлено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Формування шару на великих струмах [25]

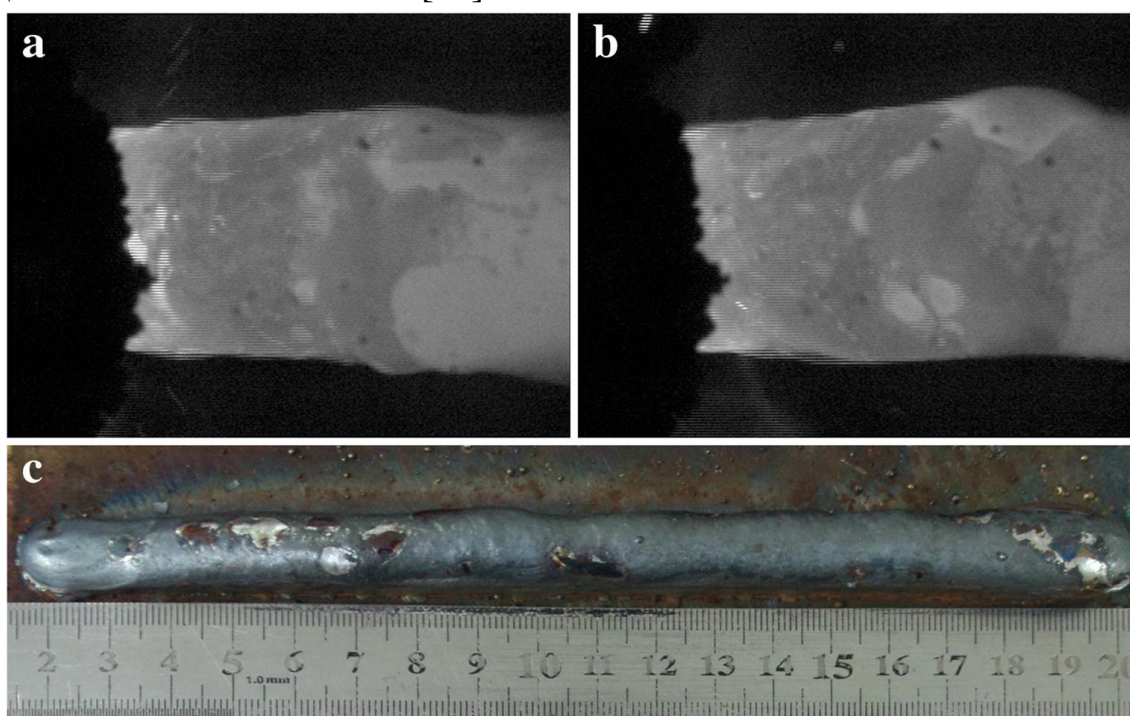
Номер експерименту	Струм, А	Швидкість наплавлення, мм/сек	Погона енергія, Дж/мм	Формування шару
1	300	6	980	«Перелив ванни» у 2-му шарі
2	300	9	653	«Перелив ванни» у 3-му шарі
3	300	12	490	«Перелив ванни» у 3-му шарі
4	250	6	758	«Перелив ванни» у 4-му шарі
5	250	9	506	«Перелив ванни» у 3-му шарі
6	250	12	379	Випуклість у 4-му шарі

Крім того, дослідники встановили, що при ДДАВ, збільшення струму змінює режим передачі металу від крапельного до струменевого розпилювання. Цей факт істотно впливає на якість поверхні, так як висока швидкість крапель викликає спотворення ванни розплавленого металу і збільшення проплавлення. Отже, погана якість поверхні валика формується (рис. 1.20, 1.21).



а) – перший шар; б) – другий шар; с) – зовнішній вигляд формування валика.

Рисунок 1.20 – Форма ванни металу і формування валика зі струмом 300 А, швидкість наплавлення 6 мм/с [25]



а) – третій шар; б) – четвертий шар; с) – зовнішній вигляд з зформованим валиком.

Рисунок 1.21 – Форма ванни металу і формування валика зі струмом 200 А, швидкість наплавлення 6 мм/с [25]

Наплавлення багат шарової «стілки» при малих струмах проводили за таких умов, табл. 1.3.

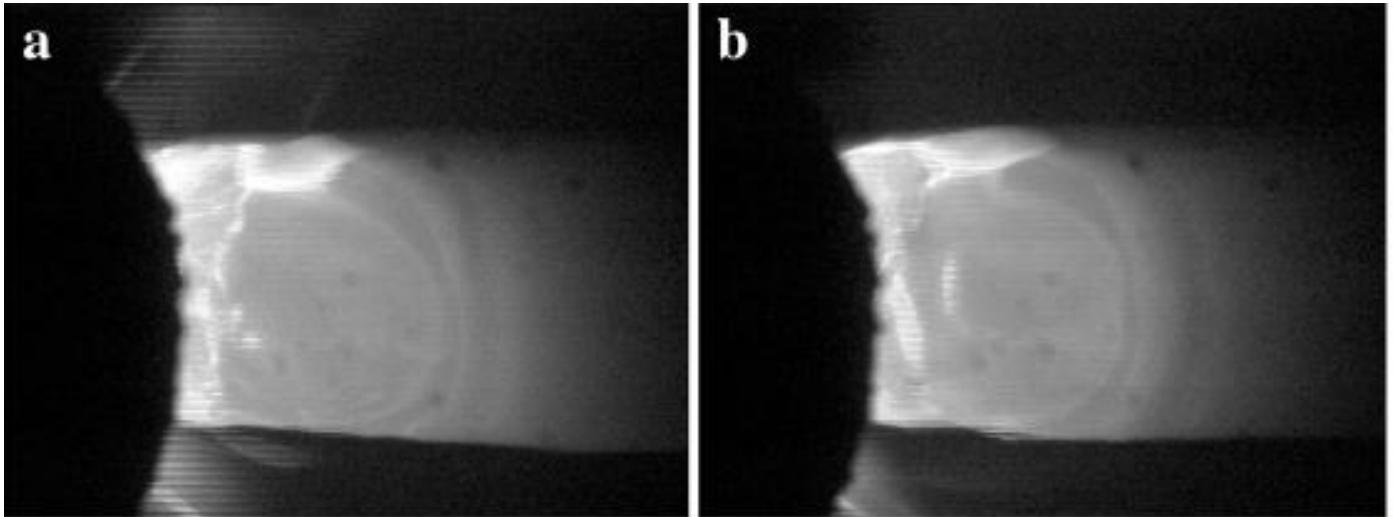
Таблиця 1.3 – Формування шару на малих струмах [25]

Номер експерименту	Струм, А	Швидкість наплавлення, мм/сек	Введення тепла, Дж/мм	Формування шару
1	200	6	560	«Переливання» ванни у 4му шарі
2	200	8	420	«Переливання» ванни у 4му шарі
3	200	10	336	Відмінне
4	175	3	939	Випуклість
5	175	4	704	Відмінне
6	175	5	564	Відмінне
7	150	2	1155	Випуклість
8	150	3	770	Відмінне
9	150	4	578	Відмінне
10	125	1	1837	«Переливання» ванни у 2му шарі
11	125	2	919	Відмінне
12	125	6	306	Відмінне
13	100	1	1400	Відмінне
14	100	2	700	Відмінне
15	100	6	233	Відмінне

Аналіз даних таблиці показує спільний вплив енергії дуги і швидкості наплавлення на зменшення вхідного значення тепла.

Кількість вводимого тепла зростає через співвідношення швидкості подачі дроту до підвищеною швидкості наплавлення. Причина полягає в тому, що в міру збільшення кількості тепла збільшується відношення швидкості подачі дроту до швидкості наплавлення, що призводить до збільшення швидкості нанесення металу на одиницю довжини зварювального шва.

Як ми бачимо на рис. 1.22, 1.23 значення струму менше 200 А забезпечує постійну геометрію ванни, а поверхня формується з гарним зовнішнім виглядом і дефекти не спостерігається.



а)

б)

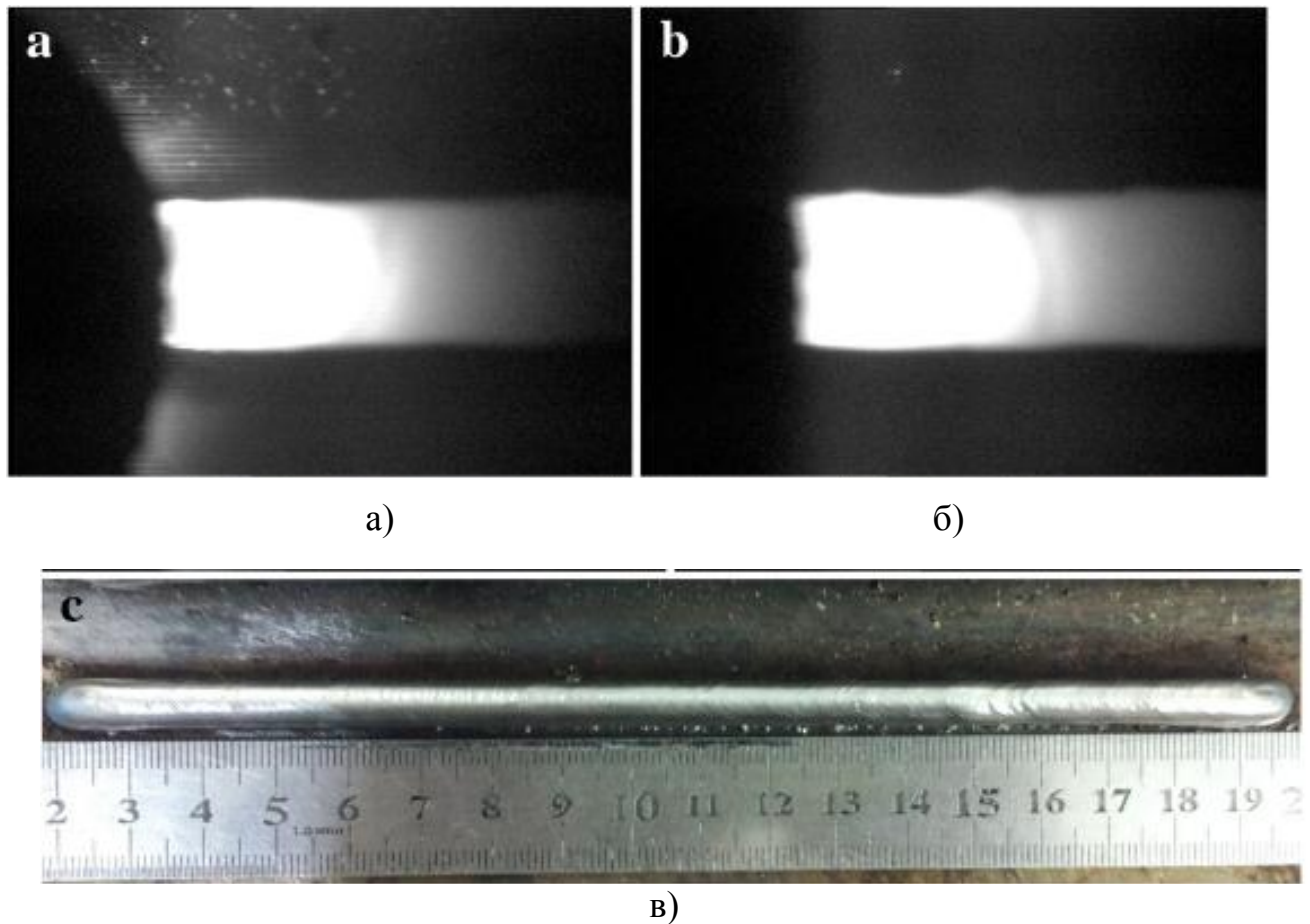


в)

а) – четвертий шар; б) – шостий шар; в) – поверхня нанесеного валика.

Рисунок 1.22 – Форма металевої ванни та формування валика при значеннях струму 150 А, швидкість наплавлення 3 мм/с [25]

Перенесення крапель не має сильного впливу на попередній шар. Процес МАГ адитивного наплавлення протікає стабільно.



а) – четвертий шар; б) – шостий шар; в) – поверхня нанесеного валика.
Рисунок 1.23 – Форма металевої ванни та формування валика при значеннях струму 125 А, швидкість наплавлення 6 мм/с [25]

Оптимальне значення струму дуги для гарного зовнішнього вигляду становить від 100 до 180 А. З посиленням дугового струму максимальний витрата тепла для гарного зовнішнього вигляду значно зменшується.

1.7 Висновки з огляду літератури та формулювання завдання для експериментальної частини

За даними огляду літератури, технологія виготовлення деталей з використання ДДАВ ґрунтованого на МАГ процесі є високоефективним методом швидкого прототипування.

Основним питанням швидкого прототипування з МАГ процесом, є оптимальне визначення параметрів. Для дослідження впливу параметрів процесу на геометрію наплавлених валиків:

- вибір та відповідного обладнання для МАГ ДДАВ;
- визначення найважливіших вхідних параметрів процесу;
- визначення меж параметрів процесу;
- проведення експериментів на основі отриманих даних з попереднього етапу;
- аналіз отриманих даних та висновки прикладного характеру.

2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріали

Для визначення режимів АВ форсунки та встановлення певних залежностей, в попередні експерименти були проведені з використанням наступних матеріалів. зварювальний дріт діаметром 1,2 мм марки AWS ER70S-6 (відповідник Св-08Г2С, ГОСТ 2246-70) хімічний склад наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад дроту SUPERGLIDE® S6 (AWS ER70S-6)

Масова доля елементів, %				
C	Mn	Si	S	P
0,06...0,15	1,4...1,85	0,8...1,15	≤0,035	≤0,025

В якості підложки для однопрохідного багат шарового будування використовувалась сталеві пластина – Ст 3, товщиною 10 мм, хімічний склад у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад сталі Ст 3 (ДСТУ 14637-89)

Масова доля елементів, %						
C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni
0,14...0,22	0,15...0,30	0,40...0,65	≤0,05	≤0,04	≤0,30	≤0,30

В якості захисного газу була використана суміш газів Inark KS55, (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Склад хімічної суміші (Inark KS55) [30]

Вміст компонентів, у %		
Ar	CO ₂	O ₂
85	10	5

2.2 Обладнання дослідження

Експерименти з визначення параметрів ДДАВ та впливу параметрів на формування поверхні проводились на наступному лабораторному обладнанні. Зварювальний стіл з балкою (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Стіл зварювальний з балкою

Переміщення вздовж вісі X, забезпечувалось зварювальним трактором ESAB Miggytrac 2000, рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Зварювальний трактор ESAB Miggytrac 2000

Технічні параметри трактора ESAB Miggytrac 2000 приведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні параметри зварювального трактора ESAB Miggytrac 2000 [31]

Технічні характеристики	Показник
Швидкість переміщення, м / хв	2,5
Швидкість зварювання, м / хв	0,15...1,5
Напруга управління, В	36...42
Максимальна споживана потужність, Вт	25
Переміщення в режимі прихватки, см	1...99
Час заварювання кратера, сек	0...9,9
Вага, кг	8,5
Габаритні розміри, мм	400x340x370

Для визначення меж параметрів процесу ДДАВ з використання напів-автоматичного зварювального обладнання був використаний багатофункціональний зварювальний апарат ESAB Aristo*4000i, рис. 2.3, табл. 2.5.

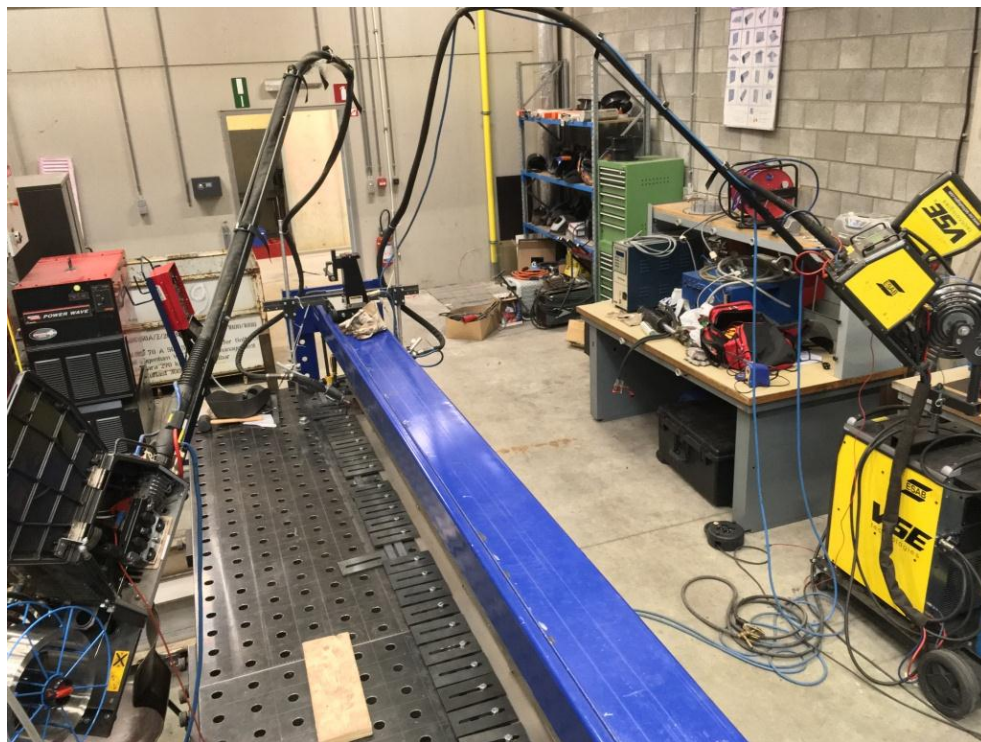


Рисунок 2.3 – Зварювальний апарат ESAB Aristo*4000i

Таблиця 2.5 – Технічні параметри зварювального апарату ESAB Aristo*4000i [32]

Параметр	Показник
Запобіжник, А	25
Перетин кабелю, мм ²	4×4
Масимальний зв. струм при ПВ 35 %, А	400
Масимальний зв. струм при ПВ 60 %, А	320
Масимальний зв. струм при ПВ 100 %, А	250
Напруга холостого ходу, В	55...75
Діапазон струму MIG, А	16...400
Діапазон струму MMA, DC, А	16...400
Діапазон струму TIG, DC, А	–
Вхідна потужність, кВт	24,6
Фактор потужності при max струмі	0,65
Ефективність при max струмі	85
Клас захисту	IP 23

Температуру зразка вимірювали за допомогою термоелектричного перетворювача (хромель-алюмелевою термопарою) ТХА-2088. Технічні характеристики термопари наступні: інтервал вимірювання температури -40...+900 °С, в арматурі 08Х20Н14С2. Призначена для широкого застосування, в тому числі вимірювання температури поверхні твердих тіл. А також термічними карандашами 250, 350, 400 °С.

Зразки різали на стрічковій пилі FMB*320, рис. 2.4

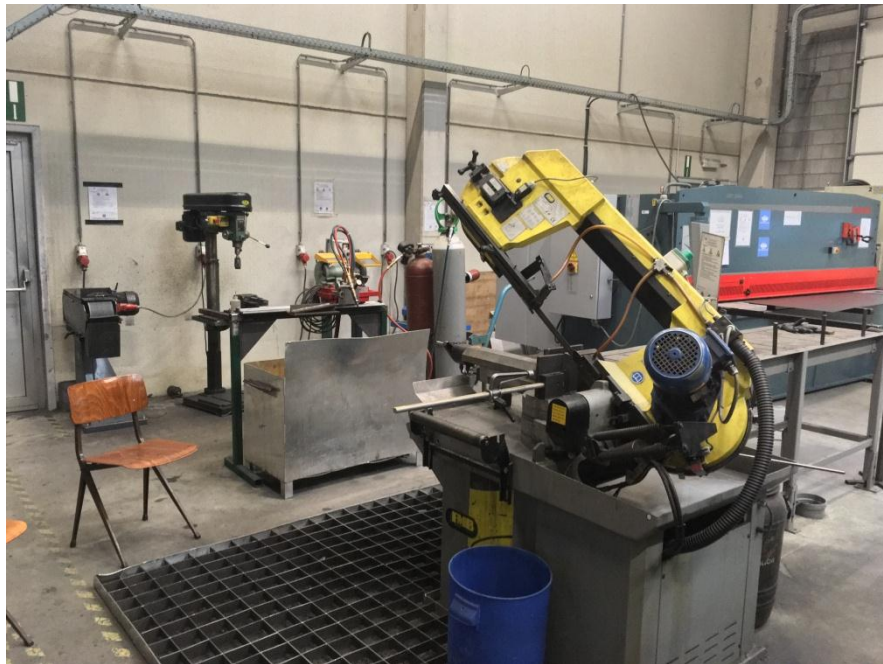


Рисунок 2.4 – Стрічкова пила FMB SAW*320

2.3 Методика отримання зразків

Для дослідження впливу параметрів ДДАВ на геометрію отриманої поверхні зразка методом багат шарової повздовжнього наплавлення накладання шарів проводили на наступних режимах:

- сила струму варіювалась у межах 50...150 А;
- напруга 14...25 В;
- швидкість подачі дроту 2,5...6,0 мм/хв.;
- витрати газу 18 л/хв.;
- виліт електроду – 12 мм;
- швидкість переміщення трактора – 30 см/хв.;
- крок переміщення по вісі Z – 2 мм.

Макроструктуру отриманих зразків досліджували на поперечних зрізах.

Рельєф поверхні вимірювали за допомогою штангенциркуля, металевої

лінійки та набору щупів.



Рисунок 2.5 – Вимірювальні щупи

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Першим етапом дослідження було визначення меж параметрів, що дають можливість вести процес ДДАВ стабільно (рис. 3.1).

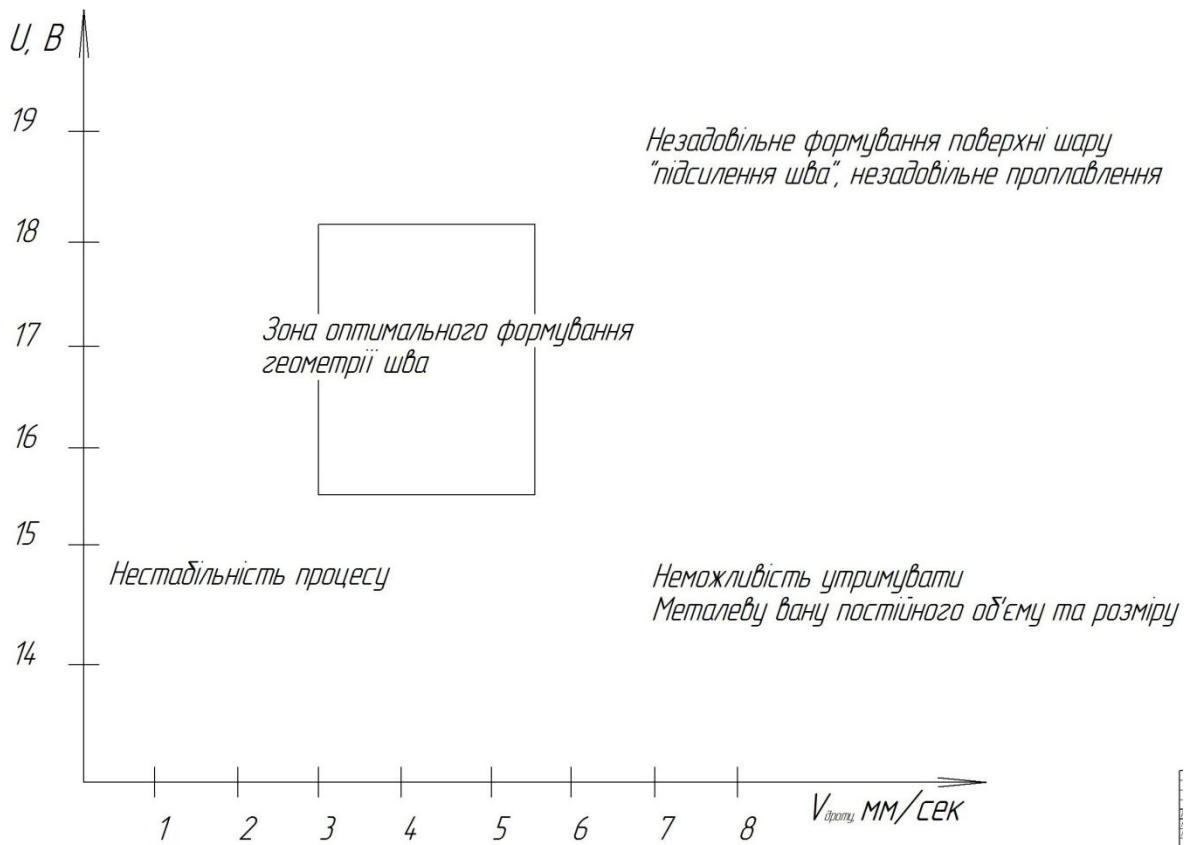


Рисунок 3.1 – Визначені межі стабільних параметрів ДДАВ процесу

Згідно отриманих результатів для отримання стінки товщиною 5...8 мм оптимальними параметрами є: напруга 15,5...18,2 В при швидкості подачі дроту від 3,0 до 5,5 мм/сек. При меншій швидкості спостерігалось обривання дуги, процес нестабільний. При швидкостях подачі дроту більшої за 5,5 мм/сек та напрузі більшій 18,0 В спостерігалось перегрів зразків, та стікання металевої ванни. Процес формування виробу неможливий, стан поверхні незадовільний. І значної кількості напливів до трьох міліметрів. При таких же швидкостях, та напрузі відбувається формування випуклої поверхні валиків, що унеможлиблює подальше наплавлення шарів та сприяє стіканню металу. Спостерігались напливи

до трьох міліметрів та підрізи між шарами до двох міліметрів.

Оптимальними параметрами є межі напруга 15,5...18,2 В при швидкості подачі дроту від 3,0 до 5,5 мм/сек, що забезпечує плоску поверхню наплавлених шарів, відсутність стікання рідкого металу, та отримання хвилястої поверхні з плавними переходами між шарами. Глибина впадин у межах 0,5...1,0 мм.

Також визначено, для формування стінки товщиною 5...8 мм по всій висоті, перші 4 шари треба накладати на підвищених режимах, а саме напругу підвищити на 5...7 %.

Впродовж процесу наплавлення, була встановлена необхідна міжшарова температура, 150 °С. При більших температурах спостерігалось формування наступного шару зі збільшенням ширина валика, та зменшенням його висоти. Для дотримання температури на одному рівні, пауза між шарами після четвертого шару складала 120 секунд, при довжині валика 150 мм.

Параметри для формування багатошарового багатопрхідного нанесення наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри ДДАВ для багатошарового наплавлення валика шириною 8 мм

№ Шару	Напруга, В	Швидкість подачі дроту, мм/сек	Виліт електроду, мм	Крок, мм	Міжшарова температура, °С	Час паузи, сек
1	2	3	4	5	6	7
1	17,5	3,0	12	0	70	120
2	17,0	3,0	12	2	92	120
3	17,0	3,0	12	2	110	120
4	17,0	3,0	12	2	123	120
5	17,0	3,0	12	2	140	120
6-15	16,5	3,0	12	2	≤150	120

Результати експериментів отримано графічну залежність геометрії наплавлених шарів, сили струму від номеру шару, рис. 3.2.

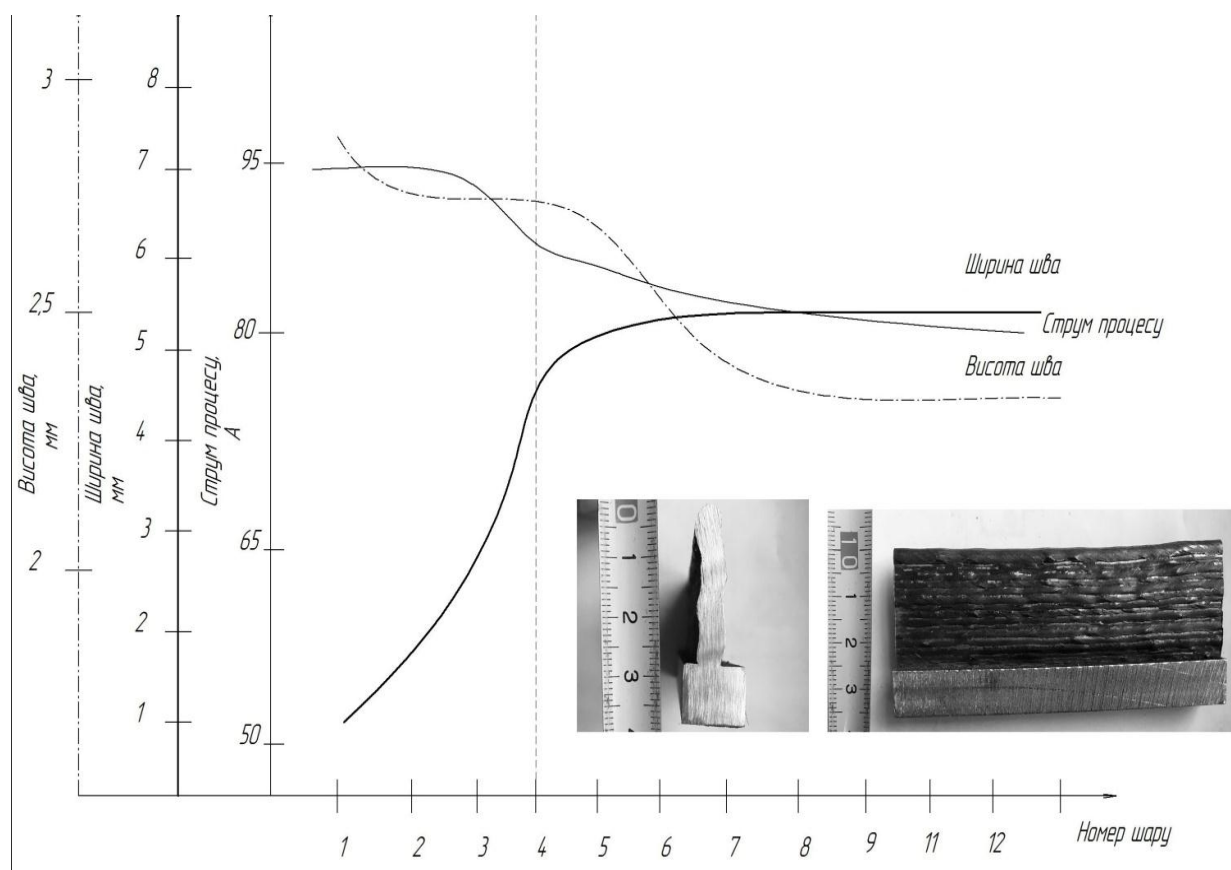
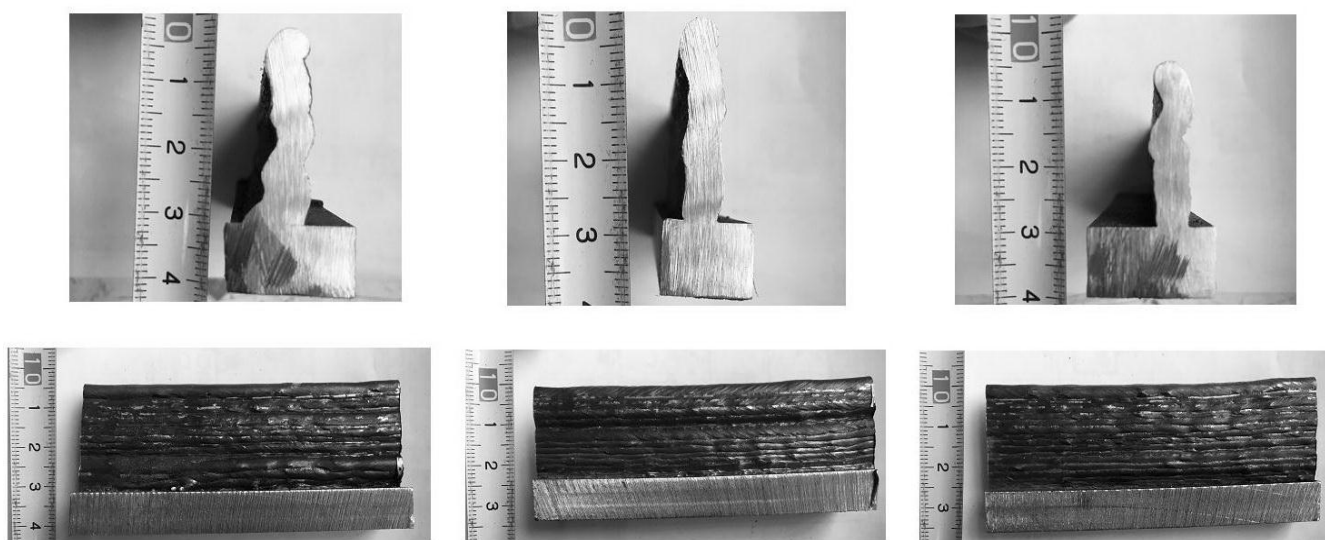


Рисунок 3.2 – Залежність геометрії наплавлених шарів, сили струму від номеру шару



а)

б)

в)

а) – завищені режими; б) – оптимальні режими; в) – оптимальні режими з моделюванням нахилу стінки.

Рисунок 3.3 – Дослідні зразки (темплети – зверху, знизу – стан бокової поверхні)

Таким чином отримані залежності є необхідними та дозволяють отримувати деталі за технологією ДДАВ. З заданою геометрією, хвилястістю поверхні та бездефектною структурою.

4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОРСУНКИ СПЕЦІАЛЬНОЇ

4.1 Аналіз конструкції форсунки паливної

Форсунка паливна-спеціальна рис. 4.1 та (ГКІЮ 030417.001), призначена для спалювання некондиційного палива та вторинних продуктів переробки.

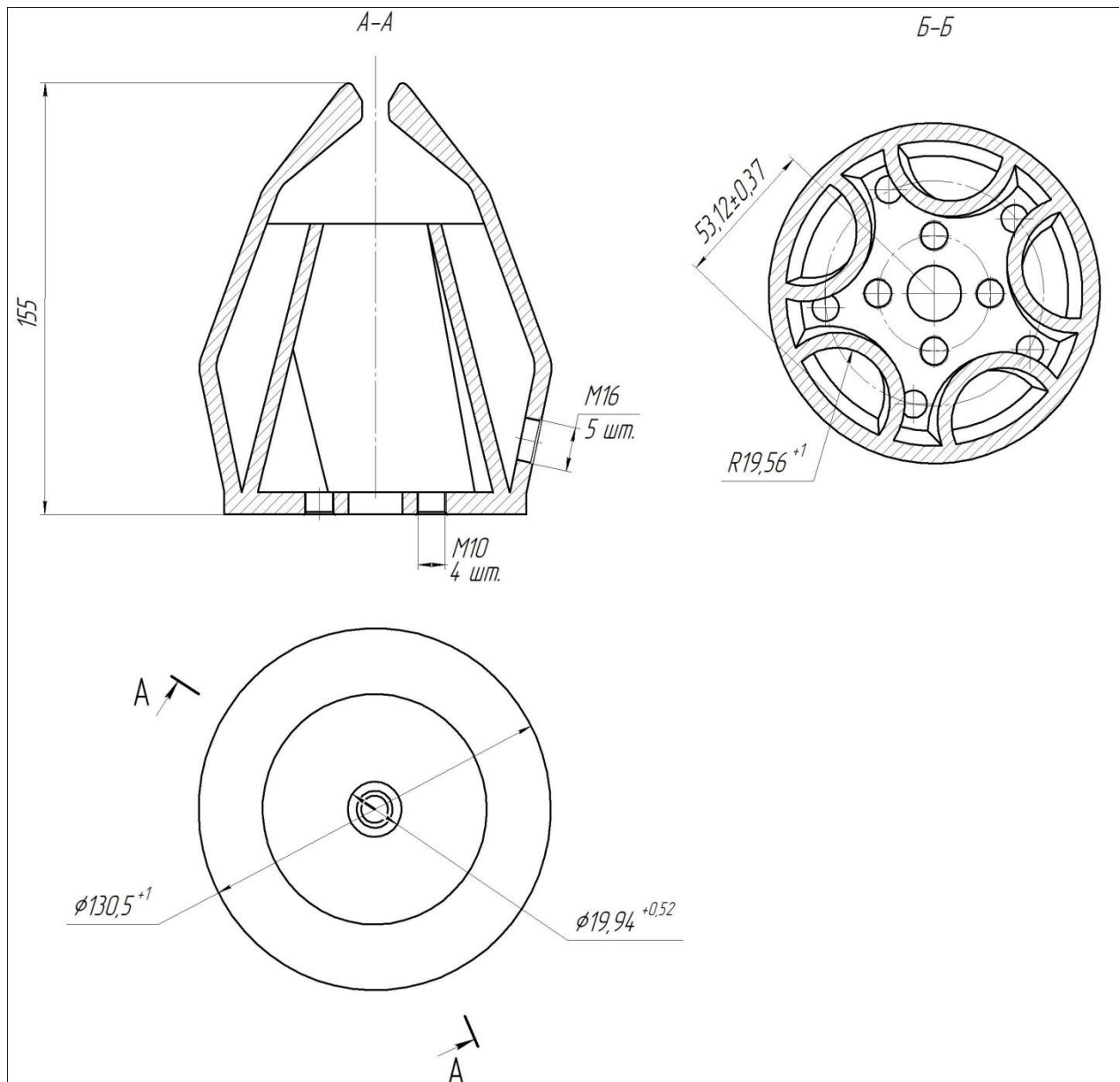


Рисунок 4.1 – Форсунка-паливна спеціальна

Особливості форсунки, в тому, що за рахунок закручування потоку повітря у спірально-видних карманах, відбувається відцентрове зміщення твердих частинок

до стінок форсунки, та краплевидних важких фракцій палива до стінок форсунки. Далі вони стікають і видаляються з форсунки у дренажні отвори.

Складна геометрія деталі, робить процес її виготовлення трудомісним та фінансово затратним, оскільки потребується використання декількох процесів (фрезерування та зварювання).

Головним недоліком виготовлення форсунки методами наведеними вище є те, що в результаті операції фрезерування утворюється велика кількість відходів матеріалу. Цей показник зветься «*buy-to-fly ratio*», тобто відношення маси вихідної заготовки до маси отриманого виробу.

Зазвичай при фрезеруванні цей показник дорівнює 20, тобто, щоб зробити форсунка вагою 4 кг, маса вихідної заготовки буде дорівнювати 45 кг. А ефективно використано буде лише 9 % матеріалу.

Для вирішення проблеми виробництва форсунки з мінімальними втратами матеріалу був проведений аналіз існуючих методів виробництва, що ґрунтуються на технології зварювання.

В модернізованих форсунках робоча температура піднята до 350-450⁰ С, за рахунок наявності форкамери в зоні горіння, яка збільшує площу контакту форсунки з полум'ям, що підвищує температуру корпусу. Робочі температури підвищені для забезпечення випаровування зі стінок карманів форсунки важких фракцій палива, їх догорання та стікання залишків фракцій та видалення їх через дренажні отвори. Форсунки попередньої конструкції працювали при температурах до двохсот градусів.

Враховуючи більш високі робочі температури, агресивне середовище, а саме наявність оксидів сірки фосфору та абразивних частинок, матеріалом форсунок обрано нержавіючу сталь X18H10T, яка має гарні зварювально-технологічні властивості.

В якості дроту для формування виробу обрано дріт 07X18H9ТЮ. Наявність алюмінію та хрому забезпечує щільну оксидну плівку на поверхні форсунки що запобігає, високотемпературній корозії та окисненню під час роботи. Хімічний склад дроту наведено у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Хімічний склад дроту 07X18H9ТЮ (ГОСТ 2246 - 70)

Вміст елементів, у %								
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Al
до 0,09	до 0,8	до 2	8 - 10	до 0,03	до 0,03	17 - 19	1,0 – 1,4	0,6 – 0,95

4.2 Вибір режимів технологічного процесу виготовлення форсунки

Для виготовлення форсунки методом ДДАВ згідно отриманих даних у п.3, обрано наступні параметри процесу: струм у межах 82...95 А, напруга 16,0...17,5 В, швидкість подачі дроту 3,0 мм/сек.

Пошарове нанесення шарів необхідно виконувати за режимами наведеними у табл. 3.1.

4.3 Розробка послідовності нанесення шарів

Враховуючи складну геометрію виробу та наявність замкнутого контуру розроблена наступна схема нанесення зварних валиків, рис. 4.2.

З метою дотримання температурного режиму замкнуті кола корпусу форсунки вирішено виконувати сегментами. Зважаючи на необхідний час для охолодження деталі до необхідної температури 150 °С, який складає 120 секунд прийнято рішення виготовляти одночасно чотири вироби за однаковою схемою та послідовністю нанесення шарів. Це забезпечить необхідний коефіцієнт завантаження зварювального робота.

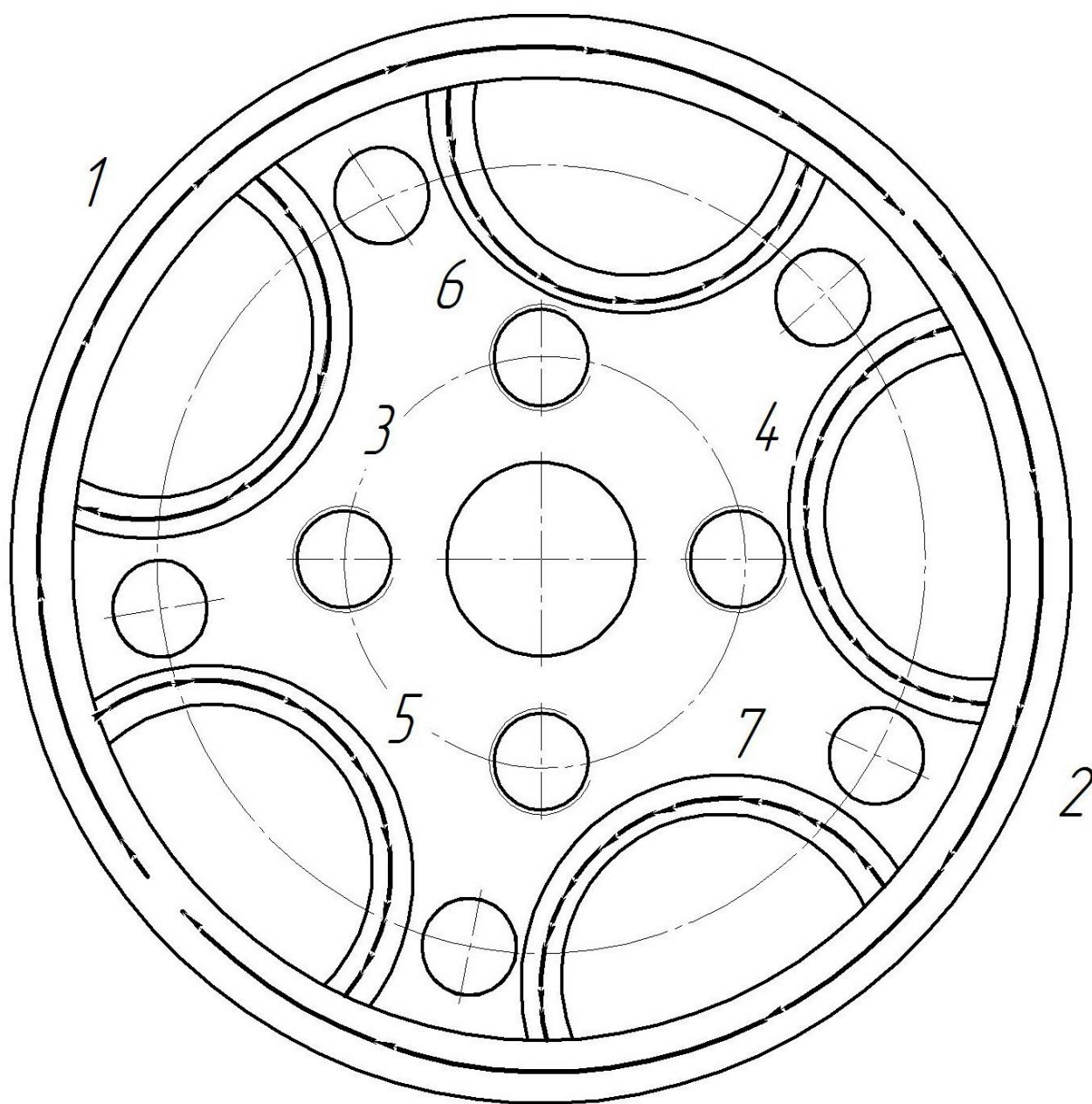


Рисунок 4.2 – Схема нанесення зварних валиків

4.4 Вибір обладнання

Для виконання технологічного проекту обрана зварювальний робот марки CLOOS-QIROX- QRC*350 (рис. 4.3) характеристики якого наведено в табл. 4.1.



Рисунок 4.3 – Зварювальний робот CLOOS-QIROX- QRC*350

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики робота CLOOS-QIROX- QRC*350

[33]

Технічна характеристика	Показник
1	2
Вісь діапазону повороту 1	+170° / -170°
Вісь діапазону повороту 2	+125° / -90°
Вісь діапазону повороту 3	+80° / -210°
Вісь діапазону повороту 4	+179° / -179°
Вісь діапазону повороту 5	+135°/-135°
Вісь діапазону повороту 6	+300°/-300°
Поворотна осі швидкості 1	184
Поворотна осі швидкості 2	184
Поворотна осі швидкості 3	177

Продовження таблиці 4.1.

1	2
Поворотна осі швидкості 4	497
Поворотна осі швидкості 5	542
Поворотна осі швидкості 6	528
Робочий діапазон	Ø 4470 мм
Робочий діапазон Вісь 5 + 90°	Ø 3440 мм
Робочий діапазон висоти	2900
Оплата навантаження	15,00
Позиціонування	$\Delta \leq s \pm 0,1 \text{ мм}$
Поверхня	Ø 500 мм
Вага, кг	255

Як бачимо, технологічні характеристики цілком задовольняють вимогам технологічного процесу.

Роботи даної марки комплектується джерелом живлення QUINEO*PULSE-450 (рис. 4.4), характеристики якого наведено в табл. 4.2.



Рисунок 4.4 – Джерело живлення QUINEO*PULSE-450

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики джерела живлення QUINEO*PULSE-450 [34]

Технічна характеристика	Показник
1	2
Зварювальний струм	40 А - 450 А
Зварювальний струм 60% робочого циклу	450 А / 36,5 В
Зварювальний струм 100% робочого циклу	350 А / 31,5 В
Напруга відкритого контуру	75 В
Мережева напруга	400V / 50Hz / 3 phases
Спеціальна напруга	Optionally
З'єднувальний кабель	4 x 6 мм ²
Захист мереж	400V/32 А
Тип захисту	IP 23

Продовження таблиці 4.1.

1	2
Клас ізоляції	F
Тип охолодження	F
Розміри L / W / H	1226 x 630 x 741 мм
Вага (без проводів)	194 кг

Як бачимо, технологічні характеристики джерела живлення цілком задовільняють вимогам технологічного процесу.

Для виконання свердлильної операції застосовано станок свердлильний Woodster TD 16 T, (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Технічні характеристики станка свердлильного Woodster TD 16 T [35]

Технічний параметр	Показник
Діаметр свердла	1,0-18,0 мм
Питома потужність	0,37 кВт
Число оборотів холостого ходу	2470 об/хв
Кількість ступеней швидкості	12.0 шт.
Тип електродвигуна	асинхронний
Напруга живлення	220 В
Частота	50 Гц

4.5 Проектування допоміжної оснастки

Для оптимізації виробничого процесу в роботі спроектовано стіл зварювальний (ГКІЮ 030417.008) для встановлення чотирьох виробів. Для позиціонування основи (ГКІЮ 030417.009) виробів на столі зварювальному передбачено пластину центрувальну (ГКІЮ 030417.010), виготовлені з міді. Що забезпечує якісний електричний контакт. Фіксацію основи виконується чотирма

мідними болтами (ГКІЮ 030417.011). Використання мідних болтів в даному випадку обумовлено необхідністю захисту різьбових отворів від налипання бризок у процесі зварювання та запобігання схвачування болтів до основи форсунки.

Для забезпечення швидкого з'йому деталей кришка стола – перекидна.

5 ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ

У даному розділі дипломного проекту надано технічне нормування операцій, виробничу програму, матеріальне забезпечення для виготовлення форсунок спеціальних корозійностійкого сплаву методом адитивного виробництва. Розраховано ефективний (дійсний) фонд часу роботи обладнання, необхідну кількість обладнання та чисельність персоналу ділянки.

5.1 Технічне нормування операцій

Мета технічного нормування – встановлення для конкретних організаційно-технічних умов затрат часу, необхідного на виконання заданої роботи, тобто встановлення технічних норм часу або норм виробітку; при цьому передбачається найбільш раціональне використання виробничих можливостей.

Технічні норми – головний критерій при розрахунках потрібної кількості та завантаження обладнання, визначення числа працюючих для виконання завдання. Тобто технічне нормування є основою правильної організації праці і заробітної плати.

Всі витрати робочого часу діляться на нормовані та ненормовані. Нормовані витрати – це ті, які необхідні для виконання заданої роботи і підлягають включенню до складу норми часу.

Ненормовані витрати не включаються до складу норми. Це втрати робочого часу, що виникли внаслідок вимушених перерв в роботі з організаційних і технічних причин і порушень трудової дисципліни.

Нормовані витрати робочого часу поділяються на підготовчо-заклучний час, основний, допоміжний час, час обслуговування робочого місця, час перерв на

відпочинок і природні потреби.

Точне виконання розрахунку техніко-економічних параметрів ділянки для зварювання визначається ретельністю нормування виконаних робіт, обліку всіх операцій і визначення норм часу.

5.1.1 Норма часу на зварювання

Норма часу для пошарового будування деталі зі сплаву 08X18H10T визначається за формулою 6.1:

$$T_{\text{напл.}} = t_{\text{осн.}} + t_1 \times k = 22 + 0,2 \times 1,13 = 22,2 \text{ год} \quad (5.1)$$

де $t_{\text{осн.}}$ – основний час, год;

t_1 – допоміжний час, год;

k – коефіцієнт, що враховує витрати на природні потреби робітника, відпочинок та обслуговування робочого місця.

$$T_{\text{свердл.}} = t_{\text{осн.}} + t_1 \times k = 0,06 + 0,04 \times 1,13 = 0,1 \text{ год} \quad (5.2)$$

де $t_{\text{осн.}}$ – основний час, год;

t_1 – допоміжний час, год;

k – коефіцієнт, що враховує витрати на природні потреби робітника, відпочинок та обслуговування робочого місця.

$$T_{\text{підгюзар.}} = t_{\text{осн.}} + t_1 \times k = 0,04 + 0,05 = 0,1 \text{ год} \quad (5.3)$$

де $t_{\text{осн.}}$ – основний час, год;

t_1 – допоміжний час, год;

k – коефіцієнт, що враховує витрати на природні потреби робітника, відпочинок та обслуговування робочого місця.

Норма часу для виготовлення деталі (форсунки) наведено у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Технічне нормування операцій

№	Найменування операцій	Норма штучного часу, н/год
1	Нанесення шарів	22,2
2	Свердлення	0,15
3	Контроль якості візуальний	0,05
4	Норма часу на одиницю виробу	22,35

5.1.2 Виробнича програма та її матеріальне забезпечення

У даному дипломному проекті приймаємо виробничу програму на рік з виготовлення форсунок рівною 10000 штук (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Виробнича програма виробів на рік

Найменування виробу	Норма часу на деталь, н/год	Виробнича програма	
		одиниць	н/год
Форсунка спеціальна	22,35	10000	223500

5.1.3 Розрахунок кількості обладнання

На даній виробничій ділянці однозмінний режим роботи при п'ятиденному робочому тижні – 40 годин. Тривалість робочої зміни 8 годин.

Номінальний фонд часу роботи обладнання для тризмінному режиму роботи роботи прийнятий 6240 годин, та однозмінної роботи слюсаря та контролера якості 2080 год. Ефективний (дійсний) фонд часу роботи обладнання за рік визначається за формулою 56:

$$F_{\text{еф}}^{\text{об}} = F_{\text{ном}} \cdot (1 - K_{\text{в}}) = 6240 \cdot (1 - 0,1) = 5616 \text{ год} \quad (5.4)$$

де $F_{\text{ном}}$ – номінальний фонд часу роботи робітв;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт витрат часу на ремонт і обслуговування устаткування, приймається 7 ... 10 % від номінального фонду. Приймаємо $K_{\text{в}} = 0,1$ %.

$$F_{\text{еф}}^{\text{об}} = F_{\text{ном}} \cdot (1 - K_{\text{в}}) = 2080 \cdot (1 - 0,1) = 1872 \text{ год} \quad (5.5)$$

де $F_{\text{ном}}$ – номінальний фонд часу роботи слюсара та контролера;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт витрат часу на ремонт і обслуговування устаткування, приймається 7 ... 10 % від номінального фонду. Приймаємо $K_{\text{в}} = 0,1$ %.

До складу основних фондів ділянки входять обладнання, будівлі, цінний інструмент і пристосування.

Розрахунок необхідної кількості обладнання по кожному типу ведеться за формулою:

$$G_0 = \sum_{i=1}^m \cdot \frac{t_i \cdot N_i}{F_{\text{еф}}^{\text{об}}}, \text{ од.}, \quad (5.6)$$

де G_0 – розрахункова кількість обладнання, одиниць;

m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу на i -тої операції, н/год;

N_i – річна виробнича програма i -того виробу, одиниць;

$F_{\text{еф}}^{\text{об}}$ – ефективний (дійсний) фонд часу роботи обладнання за рік, год.

Прийнята кількість обладнання встановлюється шляхом округлення до цілої величини ($G_{\text{ор}}$).

Коефіцієнт завантаженості обладнання:

$$K_s = \frac{G_0}{G_{\text{ор}}}, \quad (5.7)$$

де G_0 – розрахункова кількість обладнання, од;

$G_{\text{ор}}$ – прийнята кількість обладнання, од.

Розрахунок кількості робіт для наплавлення розраховуємо за формулою 5.6, з урахуванням того, що один робот одночасно виготовляє чотири вироби:

$$G_{01} = \frac{22,2 \cdot 10000}{5616 \cdot 4} = 9,8$$

Приймаємо кількість установок $G_{\text{ор}1} = 10$ од.

Коефіцієнт завантаженості обладнання розраховуємо за формулою 5.7:

$$K_{s1} = \frac{9,8}{10} = 0,98$$

Розраховуємо кількість свердлильних верстатів, за формулою 5.6.

$$G_{o2} = \frac{0,1 \cdot 10000}{1872} = 0,5$$

Приймаємо кількість верстатів рівну 1.

Коефіцієнт завантаженості обладнання розраховуємо за формулою 5.7:

$$K_{32} = \frac{0,5}{1} = 0,5$$

Розрахунки по обладнанню зведені у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок кількості обладнання, його потужності і собівартості

Найменування устаткування	Кількість обладнання		Коеф. заван- таження	Потужність ел. двигуна, кВт/год	
	Розрахо- вана	Прий- нята		Одиниці облад- нання	Всього облад- нання
QIROX- QRC*350	9,8	10	0,98	2	20
Свердлильний верстат	0,5	1	0,5	1,5	1,5
Усього	—	—	—	—	21,5

Вартість будівлі виробничого призначення визначають виходячи з обсягу, що визначається за прийнятою висотою прольоту, кількістю одиниць обладнання та питомої площі, займаної одиницею обладнання, вартості 1 м² будівлі і ін.

5.1.4 Розрахунок чисельності персоналу дільниці

Чисельність основних виробничих робітників – операторів-зварників

визначаємо згідно того, що одним оператор обслуговує п'ять роботів одночасно. Приймаємо 2 оператора на зміну. При тризмінній роботі загальна кількість операторів приймаємо шість чоловік.

Чисельність основних виробничих робітників – слюсарів на нормованих роботах розраховується по операціям, згідно з розрядами і професіями за формулою 5.8:

$$R_0 = \frac{\sum_{i=1}^m \cdot t_i \cdot N_i}{F_{\text{д.р.}} \cdot K_{\text{в.н.}}}, \text{чол} \quad (5.8)$$

де R_0 – чисельність основних виробничих робітників, чол.;

m – кількість видів робіт;

t_i – норма часу для i -тої операції, н/год;

N_i – річна виробнича програма i -го виробу, одиниць;

$F_{\text{д.р.}}$ – дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год;

$K_{\text{в.н.}}$ – коефіцієнт виконання норм виробітку ($K_{\text{в.н.}} = 1,05$).

Дійсний річний фонд часу одного робітника визначається за формулою 5.10:

$$R_0 = \frac{0,1 \cdot 10000}{1810 \cdot 1,05} = 0,5 \text{ чол}$$

Приймаємо чисельність слюсарів 1 особа.

Чисельність допоміжних робітників за професіями розраховується за нормами обслуговування або по робочих місцях. Чисельність керівників і спеціалістів (майстер і технолог) на ділянці розраховується згідно зі штатним розкладом. Загальна чисельність персоналу ділянки викладена в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Загальна чисельність персоналу

Персонал	Чисельність, чол.	В т.ч. за розрядами			В т.ч. за змінами		
		IV	V	VI	I	II	III
1. Основні працівники							
– оператор-зварювальник	6		6		2	2	2
– слюсар	1		1		1	–	–
Всього	7		7		3	2	2
2. Допоміжні працівники							
– контролер	1		1		1	–	
– налагоджувальник	1			1	1	–	
– електрик	1		1		1	–	
Всього	3		2	1	3	–	
3. Керівники і спеціалісти							
– майстер	1				1		
Усього	1				1	–	
Разом	11		9	1	7	2	2

5.2 Планування витрат на виробництво

У даному розділі необхідно запланувати матеріальні витрати, витрати на основні засоби, розрахувати фонд оплати праці персоналу, скласти калькуляцію собівартості продукції.

5.2.1 Матеріальні витрати

Вартість основних і додаткових матеріалів розраховується на основі норм використання та цін. Крім того необхідно врахувати транспортно-заготівельні витрати (5-7 % від вартості матеріалів), та вартість зворотних відходів (віднімаються).

До основних матеріалів слід віднести дріт зварювальний марки 06X18H9ТЮ, газова суміш захисного газу, основу 06X18H9Т.

Розрахунок вартості матеріальних витрат наведен у табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Розрахунок вартості основних матеріалів

Найменування	Норма витрат		Ціна за 1 шт матеріалу, грн	Вартість на програму, тис. грн	Річна вартість з урахуванням транспортно-заготівельних витрат, тис. грн.
	на виріб	на програму			
Дріт зварювальний 06X18H9ТЮ	6, кг	60000 кг	224	13440	14112
Газова суміш	6000 л	60000000 л	0,05	30	31,5
Основа 06X18H9Т	0,15 кг	1500, кг	221	331,5	348,075
Усього	—	—	—	43771,5	45960,075

Розрахунок вартості комплектуючих матеріалів наведено у табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Вартість комплектуючих матеріалів

Найменування	Кількість у установці, шт	Вартість за одиницю, грн	Річна кількість, шт	Річна вартість з урахуванням транспортно- заготівельних витрат, грн
Сопло керамічне	1	64	1225	80320
Мундштук	1	36	2500	90000
Усього	—	—	—	170320

5.2.2 Вартість основних засобів

Вартість основних засобів передбачає наступні розрахунки:

- вартість будівель визначається на основі розрахованої площі та вартості 1 м² будівель (500-1000 грн за м²);
- вартість споруд становить 5 % вартості будівель;
- вартість обладнання (наведена в табл. 5.8 з урахуванням транспортно-заготівельних витрат і монтажу (10 ÷ 15 %);
- вартість цінних інструментів, пристосувань та інвентарю (3 ÷ 5 % балансової вартості обладнання);
- вартість транспортних засобів – 3 % балансової вартості обладнання.

Розрахунок вартості устаткування наведено в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Розрахунок вартості обладнання

Найменування обладнання	Ціна за одиницю, грн	Кількість, одиниць	Балансова вартість, грн
Робот зварювальний QIROX- QRC*350	486000	10	5346000
Джерело живлення QUINEO PULSE 450	67500	10	742500
Свердлильний станок	48000	1	52800
Усього	601500	–	6141300

Розрахунок вартості основних виробничих фондів, амортизаційних відрахувань, структури основних фондів наведено в табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – Вартість основних засобів

Найменування основних засобів	Балансова вартість, грн	Структура, %	Строк експлуатації, років	Амортизаційні відрахування, рік, грн
Будівлі	172800	2,5	45	5184
Споруди	8640	0,13	20	260
Обладнання	6141300	90,1	15	18239
Транспортні засоби	184239	2,77	10	5528
Цінні інструменти	307065	4,5	5	9212
Усього	6814044	100	–	38423

5.2.3 Фонд оплати праці

Сума заробітної плати, яка виплачується працівникам підприємства, утворює фонд оплати праці. Фонд заробітної плати розраховується за прийнятими формами і системами оплати праці. Оплата праці основних робітників здійснюється за відрядною формою оплати праці; допоміжних робітників – за погодинною формою, керівників та спеціалістів – з окладною формою оплати праці.

Планувальні доплати і премії для робітників складають 50 ÷ 60% від основної заробітної плати. Премії з прибутку складають для робітників – 15 % до основної плати для робітників, для керівників і спеціалістів – 50÷60 %.

Основний фонд заробітної плати основних робітників – відрядників розраховуємо за формулою 5.11:

$$З_{\text{відр}} = N \sum_{i=1}^B P_i \quad (5.11)$$

де B – кількість операцій технологічного процесу;

P_i – розцінка на i -ту операцію, грн;

N – річна виробнича програма виробів, одиниць.

Розцінка на операцію розраховується за формулою 5.12:

$$P_i = C_i \cdot t_i \quad (5.12)$$

де C_i – часова тарифна ставка i -того розряду, грн;

t_i – норма часу на i -ту операцію, н/год.

Разрахунок по операціям приведено в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Розрахунок розцінок по операціям

Найменування операції	Норма часу, н/годин	Разряд робіт	Часова тарифна ставка, грн.	Розцінка, грн.
Нанесення шарів	22,2/20	5	55,3	61,4
Свердлування	0,15	5	41,25	6,2
Усього	—	—	—	67,6

Тарифний фонд основної заробітної плати основних робітників, а саме шести операторів - зварювальників розрахуємо за формулою 5.11:

$$З_{\text{відр,осн}} = 10000 \cdot 61,4 = 613830 \text{ грн}$$

Тарифний фонд основної заробітної плати основних робітників, а саме сверловщика розрахуємо за формулою 6.11:

$$З_{\text{відр,осн}} = 10000 \cdot 6,2 = 61875 \text{ грн}$$

Тарифний фонд основної заробітної плати основних робітників складає 675705 грн.

Тарифний фонд додаткової заробітної плати складає 45 % від основної, в данному випадку $З_{\text{відр,дод}} = 304068$ грн.

Основний фонд заробітної плати допоміжних робітників, які перебувають на погодинній оплаті праці, розраховується за формулою:

$$З_{\text{погод}} = C_i \cdot K_{\text{тар.сер.}} \cdot F_{\text{д.р.}} \cdot R_{\text{доп}} \quad (5.13)$$

де C_i – годинна тарифна ставка I-го розряду;

$F_{\text{д.р.}}$ – дійсний річний фонд часу робітника, год;

$R_{\text{доп}}$ – чисельність допоміжних робітників;

$K_{\text{тар.сер.}}$ – середній тарифний коефіцієнт.

$$Z_{\text{погод}} = 19,85 \cdot 1,76 \cdot 1760 \cdot 3 = 184463 \text{ грн}$$

Середній тарифний коефіцієнт знаходимо за формулою 5.14:

$$K_{\text{тар.сер.}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_i R_{\text{доп}i}}{R_{\text{доп}}} \quad (5.14)$$

де m – кількість розрядів робіт допоміжних робітників;

K_i – тарифний коефіцієнт i -того розряду;

$R_{\text{доп}i}$ – кількість допоміжних робочих i -го розряду.

$$K_{\text{тар.сер.}} = \frac{1,9 \cdot 1 + 1,69 \cdot 2}{3} = 1,76$$

Відрахування на соціальне страхування розраховується відповідно до чинного законодавства складає 22 % від суми $Z_{\text{осн}}$ та $Z_{\text{дод.}}$

Фонд оплати праці розраховується і зводиться в таблицю 5.11.

Таблиця 5.11 – Фонд оплати праці

Категорії персоналу	Чисельність персоналу, осіб	Основна заробітна плата, грн	Додаткова заробітна плата, грн	Річний фонд заробітної плати, грн	Відрахування на соціальні заходи. грн
Основні робітники	7	675705	304068	979773	215551
Допоміжні робітники	3	184463	83009	267472	58844
Керівники	1	96000	43200	139200	30624
Усього	11	956168	430277	1386445	305019

5.2.4 Собівартість виробу

Собівартість виробу визначається усіма витратами дільниці за такими статтями прямих і непрямих витрат.

5.2.4.1 Прямі витрати

1. Основні матеріали – 45960075 грн.
2. Основна заробітна плата основних робітників – 675705 грн.
3. Додаткова заробітна плата основних робітників – 304068 грн.
4. Відрахування на соціальне страхування (від фонду оплати праці основних виробничих робітників) – 215551 грн.
5. Паливо та енергія на технологічні цілі – 260808 грн.

5.2.4.2 Непрямі витрати

Стаття «Утримання та експлуатація машин і обладнання» є комплексною і охоплює такі витрати:

- а) утримання устаткування і робочих місць:
– вартість силової електроенергії розраховується за формулою 5.15:

$$E_s = C \cdot F_{до} \cdot W \cdot K_s \cdot K_s \quad (5.15)$$

де C – ціна 1 кВт електроенергії, грн;

$F_{до}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год;

W – потужність всього устаткування ділянки, кВт/год;

K_3 – коефіцієнт завантаження обладнання;

K_s – коефіцієнт попиту, що враховує витрати електроенергії в мережах ($K_s = 0,8$).

$$E_s = 2,16 \cdot 5616 \cdot 25,6 \cdot 0,98 \cdot 0,8 = 243466 \text{ грн}$$

– витрати на стиснене повітря, технічну воду для виробничих цілей, допоміжні матеріали складають 1 % від вартості будівлі, а саме 1960 грн.

б) заробітна плата допоміжних робочих і відрахування на соціальні заходи;

в) поточний ремонт обладнання і дорогокоштовних інструментів – 5 % від їх вартості;

г) амортизація виробничого обладнання та дорогокоштовних інструментів;

д) відтворювання малоцінних і швидкозношуваних предметів – 50 % від їх вартості (вартість – 2 % вартості обладнання);

є) інші витрати становлять 5 % від суми витрат попередніх статей.

Розрахунок статей занесено в табл. 5.12.

Таблиця 5.12 – Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Найменування статей витрат	Сума, грн
Утримання обладнання та робочих місць	243466
Заробітна плата додаткових робочих і відрахування на соціальні заходи	243307
Поточний ремонт обладнання і дорогокоштовних інструментів	322419
Амортизація виробничого обладнання та дорогокоштовних інструментів	27451
Відтворювання малоцінних і швидкозношуваних предметів	122826
Інші витрати	47974
Усього	1007443

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання розподіляють на собівартість одиниці продукції пропорційно основній заробітній платі виробничих робітників.

Розраховується відсоток витрат на утримання та експлуатацію обладнання за формулою 5.16:

$$L = \frac{\Sigma \text{ВУО}}{\text{ЗП}_0} \cdot 100 \% \quad (5.16)$$

де ВУО – сума витрат на утримання обладнання.

$$L = \frac{1007443}{979773} \cdot 100\% = 103 \%$$

Стаття «Загальновиробничі витрати» – це витрати на управління в межах цеху. Стаття комплексна і охоплює такі витрати:

- а) утримання цехового персоналу – річний фонд заробітної плати спеціалістів і керівників;
- б) утримання помешкань та інвентарю складає 10 % від вартості будівлі, а саме 1728 грн;
- в) поточний ремонт помешкань та інвентарю розраховується в розмірі 2 % їх балансової вартості;
- г) амортизаційні відрахування будівель та споруд;
- д) витрати на проведення випробувань, досліджень, раціоналізації та винахідництво приймаються укрупнено 100 грн на рік на одного працівника;
- е) витрати на охорону праці плануються на рік 150-200 грн на одного працівника;
- е) інші витрати складають 3 % від суми витрат по попереднім статтям.

Кошторис загальновиробничих витрат наведена в табл. 5.13.

Таблиця 5.13 – Кошторис загальновиробничих витрат

Найменування статей витрат	Сума, грн
Утримання цехового персоналу	139200
Утримання помешкань та інвентарю	17280
Поточний ремонт будівель та інвентарю	3566
Амортизаційні відрахування будівель та інвентарю	5444
Витрати на проведення випробувань, досліджень, раціоналізації та винахідництво	1100
Витрати на охорону праці	1650
Інші витрати	5018
Усього	172268

Загальновиробничі витрати розподіляють на собівартість одиниці продукції пропорційно основній заробітній платі виробничих витрат робітників.

Процент загальновиробничих витрат розраховується за формулою 5.21:

$$\beta = \frac{\sum ЗВВ}{ЗП_0} \quad (5.21)$$

де $\sum ЗВВ$ – загальновиробничі витрати, грн.

$$\beta = \frac{172268}{979773} = 0,2$$

Загальногосподарські або адміністративні витрати – це витрати на управління, виробниче і господарське обслуговування на рівні підприємства як єдиної системи.

Сума загальногосподарських або адміністративних витрат визначається прямим розрахунком або укрупнено відповідним відсотком до основної заробітної плати виробничих робітників (150-200 %).

Витрати на збут вміщують витрати пов'язані з утриманням складів готової продукції, витрати на упаковку, транспортування готової продукції та інші (2 % виробничої собівартості).

Дані розрахунку калькуляції собівартості продукції зведені у таблиці 5.14.

Таблиця 5.14 – Калькуляція собівартості продукції

Статті витрат	Витрати, грн	
	всього витрат	на одиницю
Основні та допоміжні матеріали	46130395	4613,04
Основна заробітна плата основних робітників	675705	67,6
Додаткова заробітна плата основних робітників	304068	30,4
Відрахування на соціальні заходи	215551	21,6
Паливо та енергія на технологічні цілі	260808	26,1
Утримання та експлуатація машин і устаткування	1007443	101
Загальновиробничі витрати	172268	17,3
Собівартість виробнича	48766238	4876,6
Адміністративні витрати	1434252	143,4
Витрати на збут	975325	97,5
Собівартість повна	51175815	5117,6

В разі, якщо вироби будуть реалізовані за межами підприємства, необхідно розрахувати ціну продажу.

$$Ц_{\text{пр}} = C_{\text{п}} + \Pi + \text{ПДВ} = 5117,6 + 1279,4 + 1024 = 7421 \text{ грн} \quad (5.23)$$

де $C_{\text{п}}$ – повна собівартість, грн;

Π – прибуток, грн. (норматив рентабельності 25%);

ПДВ – податок на додану вартість (20%).

5.3 Економічне обґрунтування запропонованої розробки

5.3.1 Розрахунок економічного ефекту

Порівняльна економічна ефективність полягає у визначенні найбільш економічного варіанта вирішення господарського завдання. Показниками порівняльної економічної ефективності є сума приведених витрат і економічний ефект за розрахунковий рік.

Показник зведення затрат:

$$З = C_i + E_{\text{н}} \cdot K_i \quad (5.24)$$

де C_i – поточні витрати (повна собівартість) по i -тому варіанту, грн;

$E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних витрат ($E_{\text{н}} = 0,15$);

K_i – капітальні вкладення по i -тому варіанту, грн.

Показник зведення втрат за новою технологією:

$$З = 51175815 + 0,15 \cdot 10661629 = 59224908 \text{ грн}$$

Економічний ефект за розрахунковий рік:

$$Е = З_{\text{ст}} - З_{\text{нов}} = 53726323 - 52775060 = 951263 \text{ грн} \quad (5.25)$$

5.3.2 Ефективність і результативність

Оцінку ефективності та результативності діяльності можна здійснити за показниками:

- 1) річний випуск виробів:
 - у натуральному вимірі, одиниць;
 - по трудомісткості, нормо-годин;
- 2) виробнича площа ділянки, м²;
- 3) вартість основних засобів, грн.;
- 4) спискова чисельність персоналу усього, осіб.

У тому числі:

- основні робочі;
 - допоміжні робочі;
 - керівники та фахівці.
- 5) фонд оплати праці, грн.;
 - 6) середня заробітна плата основних робітників за місяць, грн.;
 - 7) продуктивність праці одного працівника:

$$ПП = \frac{C_{\text{п}}}{R} = \frac{51175815}{11} = 4652347 \frac{\text{грн}}{\text{чол}} \quad (5.26)$$

де $C_{\text{п}}$ – повна собівартість виробів за рік, грн.;

R – чисельність персоналу, осіб.

8) фондівддача

$$f = \frac{C_n}{\Phi_{осн}} = \frac{51175815}{10661629} = 4,8 \quad (5.27)$$

9) фондомісткість

$$f' = \frac{\Phi_{осн}}{C_n} = \frac{10661629}{51175815} = 0,2 \frac{\text{грн}}{\text{грн}} \quad (5.28)$$

10) коефіцієнт завантаження обладнання;

11) собівартість одиниці продукції, грн.;

12) економічний ефект за розрахунковий рік, грн.

Показники ефективності та результативності діяльності виробничої ділянки наведені в таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Показники ефективності та результативності

Найменування показника	Значення показника
1	2
1. Річний випуск виробів:	
- у натуральному вимірі, штук	10000
- по трудомісткості, нормо-годин	223500
2. Виробнича площа ділянки, м ²	1296
3. Вартість основних засобів, грн	45960075
4. Спискова чисельність персоналу усього, осіб	11
- основні робочі	7
- допоміжні робочі	3
- керівники, спеціалісти	1
5. Фонд оплати праці, грн	1386445
6. Середня заробітна плата за місяць, грн	10503
7. Продуктивність праці одного працівника, грн/осіб	4652347

Продовження таблиці 5.15.

1	2
8. Фондовіддача	4,8
9. Коефіцієнт завантаження обладнання	0,98
10. Фондомісткість	0,2
11. Собівартість одиниці продукції, грн	5117,6
12. Економічний ефект за розрахунковий рік.	951263

Форсунку спеціальну за традиційними технологіями можливо виготовити або точним литтям з подальшим витравленням керамічних вставок, або фрезеруванням на верстатах з ЧПУ фрагментів виробів із наступним зварюванням. Відповідно це призводить до економічно нераціонального використання матеріалу. Враховуючи високу вартість верстатів і порівняно з часом наплавлення час фрезерування, розрахункова технологія дозволяє підвищити коефіцієнт використання металу, що призводить до зниження собівартості виготовлення форсунки спеціальної.

5.4 Розрахунок і планування ділянки

Розміщення цеху, всіх його виробничих відділень і ділянок, а також допоміжних, адміністративно-конторських і побутових приміщень повинно, по можливості, повністю задовольняти всім специфічним якостям, вимогам процесів, які підлягають виконанню в кожному з цих відділень.

Для проектування ділянки вибираємо типову схему постановки з поздовжнім напрямком виробничого потоку.

Дільниця виготовлення форсунок спеціальних буде розташовуватися в прольоті, ширина якого визначатиметься шляхом підрахунку суми розмірів ширини робочих місць, проходів та проїздів між ними. Виходячи з того, що для

виконання річного плану виготовлення форсунок необхідно 10 робіт, виробнича площа складатиме 1296 м^2 , що відповідає трьом прольотам, ширина яких складає $B_{\text{пр}} = 18 \text{ м}$. Величина кроку колон дорівнює 12 м.

В результаті використання нової технології виробництва форсунок спеціальних, можливо отримати економічний ефект у розмірі 951263 грн.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі наведено основні заходи з охорони праці при адитивному виробництві форсунки з використанням електродугового-зварювання.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

а) Незадовільна організація та підготовка робочого місця, що може бути пов'язано з недостатнім урахуванням вимог ергономіки, включаючи нерациональним розташуванням технологічного обладнання і захащеність робочої зони.

б) Можливість ураження електричним струмом. Основними причинами ураження можуть бути не виконання правил електробезпеки, невикористання засобів індивідуального захисту, відсутність захисного заземлення, частково оголені дроти, неізольовані скручування, пробій ізоляції.

в) Механічні травми, які можуть бути через порушення правил охорони праці, через невикористання спеціального одягу, або використання несправного обладнання та інструментів, негативний вплив теплового випромінювання, який утворюється в зоні зварювання.

г) Отруєння зварювальними газами в результаті неефективної роботи місцевої витяжної механічної вентиляції в місцях їх утворення.

г) Електроофтальмія – потужне ультрафіолетове випромінювання від зварної дуги, що може призвести до ушкодження органів зору.

д) Термічні опіки в результаті випадкового дотику нагрітих поверхонь обладнання, деталей або заготовок.

ж) Незадовільні параметри повітряного середовища в робочій зоні,

причинами яких є незадовільна робота систем опалення та повітрообміну, що може привести до зниження комфортності праці та загальних захворювань.

з) Незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної забрудненості. Це може призвести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а в результаті і до травмування.

и) Можливість загорянь причинами яких є порушення правил пожежної безпеки, витік горючих робочих газів, коротке замикання.

і) Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є непідготовленість персоналу до дій в умовах НС, низька ефективність управління в цих умовах, що може привести до травмування або смерті.

6.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

а) Місця проведення зварювальних робіт розділяють на постійні і тимчасові. Постійні (стаціонарні) місця призначені для робіт, які виконуються в спеціально обладнаних цехах, майстернях і так далі. Встановлюють зварювальний апарат, а саме «роботизовано-рука» зі зварювальним джерелом живлення, кафом керування в захищеному від атмосферних дій, добре провітрюваному приміщенні площею не менше 3 м². Краще всього, якщо підлога із бетонну, а огорожуючи стіни kabіни не повинні відображати зварювальні відблиски, що може представляти небезпеку для очей.

Ділянки, де потенційно може опинитись людина під час виконання переміщень робота повинні бути обладнанні спеціальними рамками-датчиками руху, які можуть миттєво припинити рух робота в разі потрапляння людини в робочу зону.

У kabіні встановлюють джерело зварювального струму, шафу керування.

Дроти живлення механізму подачі зварювального дроту, підведення захисного газу, дроти живлення, трубки системи охолодження повинні бути змонтовані та закріплені таким чином, щоб уникати захаращення простору та не допускати перекручення під час руху руки-робота кабелів та дротів. Правильна організація робочого місця – передумова якісного зварювання і високої продуктивності праці. Зварювальні роботи на постійних зварювальних постах слід виконувати лише за наявності працюючої вентиляції. В процесі роботи слід застосовувати пересувні повітря відсмоктувачі.

Розташування технологічного обладнання повинно забезпечувати його безпечну експлуатацію, зручне обслуговування і ремонт. Повинні бути передбачені зони обслуговування (для постійних робочих місць довжина зони $\geq 1,5$ м, ширина ≥ 1 м. Для ремонтних робочих місць довжина зони $\geq 1,5$ м, ширина $\geq 0,8$ м) висота зони обслуговування (від настилу до конструктивних елементів ≥ 2 м).

Робочі місця зварників повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць», ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Робоче місце при виконанні робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги», ГОСТ 12.2.032-84 «ССБТ. Робоче місце при виконанні робіт стоячи. Загальні ергономічні вимоги».

Головною ідеєю стандартів є положення про, «Конструктивні та ергономічні особливості робочого місця повинні забезпечувати безперешкодне і зручне виконання всіх робочих операцій». Кольорове рішення технологічного обладнання повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.4.026-76 «Кольори сигнальні і знаки безпеки».

б) Основними причинами поразок електричним струмом можуть бути не виконання правил електробезпеки, невикористання засобів індивідуального захисту, відсутність захисного заземлення, частково оголені дроти, неізольовані скручування, пробій ізоляції.

Основні заходи захисту повинні бути:

Електрообладнання зварювальних ділянок, ділянок нанесення наплавлень,

ділянок електрошлакової переплавки і т.д., повинні відповідати вимогам НПАОН 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», ДСН 3.3.6.096-2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів» та ін. чинним нормативним актам.

Експлуатацію та ремонт електроустановок повинні проводити спеціально навчений персонал (вимоги до персоналу повинні відповідати ДНАОП 0.00-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»).

Для кожної електроустановки повинні бути зроблені експлуатаційні схеми нормального та аварійного роботи. В електричних схемах повинні бути передбачені захисні електроприймачі від перевантажень і коротких замикань. Шафа керування та переносний пульт керування повинні мати аварійні кнопки миттєвої зупинки роботи робота та джерела живлення. Рука робота, а саме остання, шоста вісь свободи – «кисть руки», повинна мати датчик, припинення руху в разі незапланованого дотику зварювального пальника до робочої пластини.

Електричне обладнання повинні бути заземлені відповідно до ПУЕ-2009.

Всі неізолювані струмопровідні елементи електрообладнання повинно бути надійно обгороджено суцільними огорожами, зняття або відкриття яких можливо тільки за допомогою спеціальних пристроїв. Друге рішення – розташування на недоступній висоті (більш ніж на 3 м). Умови роботи на ділянках зварювальних і наплавочних робіт характеризується підвищеною запиленістю через генерації аерозолів при роботі зварювального устаткування або наплавочного. У цих умовах електрообладнання повинно використовуватися в пилозахисні виконанні.

При виконанні робіт, що стосуються можливості ураження електричним струмом, необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту відповідно до НПАОП 24,9-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», НПАОП 40.1-1.01.97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок». Наприклад: діелектричні килимки та ін.

Проводка для трансформаторів може бути тимчасовою і постійною, але на всій її протяжності вона повинні бути піднята на висоту, яка забезпечує

недосяжність (> 3 м). Спуск проводів виконується по колонах для виключення механічних пошкоджень, застосовують шланговий провід.

Зварювальні дроти повинні бути гнучкими, з легкої і міцної ізоляцією.

Включення джерел живлення зварювального поста здійснюється тільки через рубильник.

в) Для виключення механічних травм працівники, зварювальних і наплавочних ділянок повинні забезпечуватися захисним спецодягом та індивідуальними захисними засобами відповідно до ГОСТ 12.4.103-83 «Одяг спеціальний захисний, засоби індивідуального захисту ніг і рук».

Класифікація.

Брезентові захисні костюми ГОСТ 12.4.221-2002 «ССБТ. Одяг спеціальний для захисту від підвищених температур теплового випромінювання, конвективної теплоти».

Щитки захисні ГОСТ 12.4.035-78 «ССБТ. Щитки захисні лицьові для електрозварників».

Рукавиці брезентові ГОСТ 12.4.010-75 «ССБТ. Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні».

Спеціальне взуття (черевики, напів-чоботи) із захисним носком згідно ДСТУ 10998-74 «ССБП. Взуття спеціальне шкіряне для захисту від механічних пошкоджень. Взуття зварника повинна бути з глухим коміром».

г) Для попередження отруєнь зварювальними газами і аерозолями представляють собою оксиди заліза, сполуки марганцю і інших елементів при роботі в закритих приміщеннях необхідно передбачити місцеву витяжну механічну вентиляцію. Приблизне співвідношення віддаленого повітря 1200...2000 м³/год.

г) Для виключення термічних опіків передбачено використання індивідуальних засобів захисту, зокрема, рукавиці брезентові ГОСТ 12.4.010-75 «ССБТ. Засоби індивідуального захисту. Рукавиці спеціальні. Технічні умови», костюми захисні від підвищених температур по ГОСТ 12.4.045-78, спеціальної шкіряним взуттям по ГОСТ 12.4.032-77 «Взуття спеціальне шкіряне для захисту

від підвищених температур. Технічні умови».

д) Для захисту від ультрафіолетового випромінювання дуги в щитки вставляють скляні світлофільтри темно-зеленого кольору згідно ОСТ 21-6-87 «Світлофільтри скляні для захисту очей від шкідливих випромінювань на виробництві», які не пропускають шкідливого випромінювання, але дозволяють бачити дугу, розплавлений метал і маніпулювати електродом для кращого формування шва застосовують 13 класів світлофільтрів типа «З» для зварювання на струмах від 13 до 900 А. Необхідно мати на увазі, випромінювання зварювальної дуги може травмувати очі робітників, що знаходяться поблизу від працюючого зварювальника. Тому робітники, що знаходяться в зоні зварювання, слід забезпечити окулярами та світлофільтрами, призначеними для таких допоміжних робітників. Випромінювання дуги небезпечне для зору на відстані до 20 м. Для захисту випромінювання дуги в стаціонарних умовах встановлюють захисні кабінки.

6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

а) Для попередження отруєння шкідливими речовинами, на стаціонарних і нестаціонарних постах потрібно встановлювати місцеві витяжки у вигляді витяжної шафи вертикальної або похилої панелі рівномірного всмоктування, столу із підгратчастим відсмоктуванням та ін. (СНіП 20485-86 «Опалювання, вентиляція і кондиціонування»). При зварюванні великогабаритних серійних конструкцій на кондукторах, маніпуляторах і та ін. місцеві витяжки необхідно вбудовувати безпосередньо в ці пристосування.

При роботизованому (автоматичному зварюванні) в захисних газах окрім загальної вентиляції застосовують пристрою з місцевим відсмоктуванням газів і продуктів вигорання легуючих елементів. Так само застосовуються індивідуальні засоби захисту від шкідливих газів у вигляді масок і ручних щитків. При зварці в

захисних газах необхідно враховувати, що вуглекислий газ і аргон в 1,5...2 рази важче за повітря. Ці гази можуть скупчуватися в нижній частині відсіку, приміщення, у зв'язку з чим пристрої витяжної вентиляції потрібно встановлювати не лише в зоні дихання зварювальника, але і в нижній частині приміщення. Викидати повітря потрібно за межі робочих зон. Потужність витяжної вентиляції на 1 кг наплавленого металу не менше 150 м³/ч.

Для приведення параметрів повітряного середовища до норм, вказаних в таблиці 6.2, на ділянці встановлюється система загальнозмінної вентиляції. Проект вентиляції виконується відповідно до СНіП 20485-86 «Опалювання, вентиляція і кондиціонування. Норми проектування». При проектуванні враховуються вимоги ГОСТу 121005-88 «Загальних санітарно-гігієнічних вимог до повітря робочої зони» і СН 245-71 «Санітарні норми проектування промислових підприємств». У холодний період використовувати калорифер.

Таблиця 6.2 – Оптимальні норми температури, відносній вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Пора року	Температура, °С (оптимально- допустима)	Відносна вологість, % (оптимальна)	Швидкість руху, м/с (оптимальна)
Холодний період	16...19	40...60	< 0,3
Теплий період	18...26	40...60	< 0,4

У теплий період року для зниження температури повітря в робочому просторі необхідно використовувати природну вентиляцію, або загально обмінну витяжну вентиляцію відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». У холодний період року використовуються системи водяного опалення відповідно до СНіП 2.04.05-91 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Розрахунок продуктивності природної вентиляції (приплив або витяжка повітря):

$$L = k^3 \times V_n, \text{ м}^3/\text{год} \quad (6.1)$$

де k – кратність повітрообміну (відповідно до галузевих норм кратність повітрообміну в цеху становить $k = 2$);

V_n – об'єм приміщення, м^3 .

$$V_n = 216 \times 8 = 1728 \text{ м}^3$$

$$L = 2 \times 1728 = 3456 \text{ м}^3/\text{год}$$

б) Незадовільне освітлення робочої зони, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або надмірної забрудненості. Це може привести до погіршення зору, погіршення здатності розрізняти об'єкти, а в результаті і до травмування.

Рівень природної освітленості залежить від величини об'єкту і розряду зорової роботи.

На промислових підприємствах лампи застосовуються тільки разом зі світильником, який розподіляє світловий потік, захищає лампу від руйнування, підводить електричний струм і закріплює лампу. Для освітлення використовують лампи розжарювання і люмінесцентні лампи.

ПО має важливе фізіоло-гігієнічне значення для працівників. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму загалом і діє тонізуюче. Сонячне випромінювання зігріває та знезаражує повітря, очищуючи його від збудників багатьох хвороб (наприклад, вірусу грипу). ПО має і психологічну дію, створюючи в приміщенні для працівників відчуття безпосереднього зв'язку з довкіллям. ПО по відношенню до штучного не вимагає затрат на експлуатацію.

Штучне освітлення (ШО) може бути загальним та комбінованим.

Загальним називають освітлення, за якого світильники розміщаються у верхній зоні приміщення рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з

врахуванням розташування робочих місць. Рівень штучного освітлення вибирають з урахуванням найменшого розміру об'єкту, контрасту об'єкту з фоном і характеристики фону.

Комбіноване освітлення складається із загального та місцевого (крізь віконні отвори і ліхтар будівлі)..

Джерелами ШО є лампи розжарювання та газорозрядні лампи.

Кількість ламп встановлюється з розрахунку 1 лампа на $10 \dots 12 \text{ м}^2$ і складає 18 газорозрядних ламп ДРЛ-250 на ділянці площею 216 м^2 .

6.4 Заходи з пожежної безпеки

На складально-зварювальній ділянці небезпечними чинниками пожежі є:

- відкритий вогонь (зварювальна дуга, полум'я газового зварювання і різання);
- іскри і частки розплавленого металу, які виникають при електрозварюванні;
- підвищена температура виробів, які піддаються зварюванню і різанню.

Пожежна безпека на складально-зварювальній ділянці може бути забезпечена сукупністю заходів, спрямованих на попередження пожеж, запобігання поширення вогню в разі виникнення пожеж і створення умов, що сприяють швидкій ліквідації пожежі, що почалася.

Передбачені на складально-зварювальній ділянці заходи, попереджуючи причини виникнення пожеж, підрозділяються на організаційні, експлуатаційні, технічні і режимні.

До організаційних заходів відносяться: навчання робітників протипожежним правилам, проведення бесід, інструкцій, організація добровільних дружин, пожежно-технічних комісій, видання наказів по питаннях посилення пожежної безпеки згідно НПАОП.

До режимних заходів відносяться: заборона куріння в невстановлених місцях, проведення зварювальних і інших вогневих робіт в пожежонебезпечних місцях.

До експлуатаційних заходів відносяться: правильна експлуатації, профілактичні ремонти, огляди і випробування зварювального обладнання і пристроїв і так далі

До технічних заходів відносяться: дотримання протипожежних норм і правил при пристрої і установці зварювального устаткування, систем вентиляції, підведення електропроводки, захисного заземлення і відключення.

Пожежну техніку згідно ГОСТ 124009- 82 «Пожежна техніка для захисту об'єктів. Основні види. Розміщення і обслуговування», призначену для захисту складально-зварювальних об'єктів підрозділяють на наступні групи: пожежні машини (автомобілі, мотопомпи і причепи); установки пожежогасінні; установки пожежної сигналізації; вогнегасники; пожежне устаткування; пожежний ручний інвентар; пожежні рятувальні пристрої.

До ручних вогнегасників відносяться: пінні (ВХП-10), вуглекислотні (ВВК-5).

6.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Безпека у надзвичайних ситуаціях – це стан захищеності населення, об'єктів економіки та довкілля від небезпеки у надзвичайних ситуаціях.

Надзвичайна ситуація техногенного та природного характеру – порушення нормальних умов життя та діяльності людей на окремій території чи об'єкті на ній або на водному об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом чи іншою небезпечною подією, зокрема епідемією, епізоотією, епіфітотією, пожежею, яке призвело (може призвести) до неможливості проживання населення на території чи об'єкті, ведення там господарської діяльності, загибелі людей та

значних матеріальних втрат.

Захист населення і територій від НС техногенного та природного характеру – система організаційних, технічних, медико-біологічних, фінансово-економічних та інших заходів щодо запобігання та реагування на НС техногенного та природного характеру і ліквідації їх наслідків, що реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, відповідними силами та засобами підприємств, установ та організацій, незалежно від форм власності й господарювання, добровільними формуваннями і спрямовані на захист населення і територій, а також матеріальних і культурних цінностей та довкілля.

Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій різного характеру, причинами яких є непідготовленість персоналу до дій в умовах НС, низька ефективність управління в цих умовах, що може привести до травмування або смерті.

Забезпечення безпеки персоналу досягається підвищенням стійкості промислового об'єкта в умовах НС; організацією рятувальних і відновлювальних робіт на промисловому об'єкті, наявністю технічних ресурсів до більш швидкої евакуації персоналу із зони ураження.

Таким чином, для створення ефективної системи охорони праці та створення безпечних умов для персоналу необхідно:

- Обов'язкове проведення медичних оглядів, проведення інструктажів, допуск до роботи осіб старше 18 років, які пройшли навчання за фахом, відповідно НВАО 0.00.-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці»;

- Використання індивідуальних захисних засобів відповідно до ГОСТ 12.4.103-83 «Одяг спеціальний захисний, засоби індивідуального захисту ніг і рук», щитки захисні ГОСТ 12.4.035 78 «ССБТ Щитки захисні лицьові для електрозварників»;

- Робоче місце повинно бути організовано в спеціальних кабінах, має бути зручним, з хорошою вентиляцією згідно ГОСТ 12.4.021-75 «Система стандартів

безпеки праці. Системи вентиляційні»;

- Регулярно проводиться перевірка захисного заземлення, відсутність оголених проводів, відкритих скруток пробоїв ізоляції ПУЕ-2011 «Правила улаштування електроустановок»;

- Перевірка наявності та справності засобів індивідуального захисту органів дихання згідно ГОСТ 12.4.034-2001 «Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту органів дихання»;

- Робоча зміна не повинна перевищувати встановленої для даної категорії працівників щоденної тривалості робочого часу, в перебігу кожної години відпочинок на 5 хвилин;

- Проведення перевірки освітленості робочої зони і справності освітлювальних ламп відповідно ДБН В.2.5-28-3006 «Природне і штучне освітлення. Норми проектування»;

- Перевірка системи водяного опалення та кондиціонування ділянки відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони»;

- Проведення оглядів усіх засобів пожежогасіння (вогнегасники, пожежні щити) знаходяться на ділянці відповідно до СНіП 2.01.02-85 «Протипожежні норми проектування будівель і споруд».

- Контроль за рівнем освітленості – по ГОСТ 24940-81;

- Контроль пожежної небезпеки – ГОСТ 12.1.004-85;

- Контроль за станом вентиляції робочих місць – по ГОСТ 12.3.018-79.

ВИСНОВКИ

В роботі проведено аналіз сучасних методів виробництва деталей з використанням адитивного виробництва. З урахуванням аналізу існуючих технологій обрано метод отримання деталі – форсунка спеціальна обрано метод адитивного виробництва з використанням плавких електродів у середовищі захисних газів.

В дослідницькій частині проекту виявлені основні залежності параметрів процесу адитивного виробництва з використанням плавких електродів у середовищі захисних газів на формування геометрії отриманої поверхні. Результати досліджень дозволили розробити технологічний процес виготовлення форсунки спеціальної.

Застосування адитивного виробництва з використанням плавких електродів у середовищі захисних газів забезпечує зменшує витрати матеріали на 90 %.

Проведений розрахунок економічної ефективності впровадження технології показав доцільність використання адитивного виробництва з використанням плавких електродів у середовищі захисних газів при виготовленні форсунки спеціальної. Очікуваний економічний ефект за рік складає 951263 грн. Запропоноване виробництво полегшує умови роботи за рахунок роботизації та відповідає вимогам охорони праці, та санітарно-будівельним нормам.

Запропонована технологія є сучасною, застосоване передове обладнання, що забезпечує високу якість виробів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. S. Peleshenko. Analysis of the current state of additive welding technologies for manufacturing volume metallic products (Review) / S. Peleshenko. – Eastern-European Journal of Enterprise Technologies (87), 2017 – P. 42-52.
2. Taminger, K. M. Electron beam freeform fabrication: a rapid metal deposition process. / Taminger, K. M., Hafley, R.A., – In: Proceedings of the 3rd Annual Automotive Composites Conference, September 9-10, 2003,
3. Frazier W. E.. Metal Additive Manufacturing: A Review / W. E Frazier. – Journal of Materials Engineering and Performance Volume, 23, 2014.– P. 1917–1928
<https://doi.org/10.1007/s11665-014-0958-z>
4. Kruth J. P. Selective laser melting of iron-based powder / J. P. Kruth. – Journal of Materials Processing Technology (149), 2004. – P 616-622.
<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2003.11.051>
5. DebRoy T. Additive manufacturing of metallic components / T. DebRoy. – Progress in Materials Science (92), 2018. – P. 112–224
<https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2017.10.001>
6. Colegrove P. High deposition rate high quality metal additive manufacture using wire + arc technology.
 Available at <https://www.xyzist.com/wp-content/uploads/2013/12/Paul-Colegrove-Cranfield-Additive-manufacturing.pdf>
7. Busachi A. Modelling Applications Of Additive Manufacturing In Defence Support Services, 2017
 Available at <https://waammat.com/documents/modelling-applications-of-additive-manufacturing-in-defence-support-services>
8. Williams S. WAAM for aerospace, defence & space conference WAAM defence . London, United Kingdom, 2017.
 Available at: <https://waammat.com/documents/s-williams-2017-waam-for->

[aerospace-defence-space-conference](#)

9. Williams S. Large Scale Metal Wire + Arc Additive Manufacturing Of Structural Engineering Parts, 2016.

Available at <https://waammat.com/documents/s-williams-large-scale-metal-wire-arc-additive-manufacturing-of-structural-engineering-parts>

10. Almeida P. Process control and development in wire and arc additive manufacturing. PhD Thesis, / P. Almeida. – Cranfield University. U. K., 2012. – 443 p.

11. Donghong Ding. Wire-feed additive manufacturing of metal components: technologies, developments and future interests / International Journal of Advanced Manufacturing Technology 81(1-4) (2015) 81:465–481 <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7077-3>

12. K.F.Ayarkwa. Assessing the effect of TIG alternating current time cycle on aluminium wire + arc additive manufacture // Additive Manufacturing Volume 18, December 2017, P. 186-193

<https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.10.005>

13. F. Martina. Investigation of the benefits of plasma deposition for the additive layer manufacture of Ti–6Al–4V / Journal of Materials Processing Technology 212 (2012) P. 1377– 1386.

<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2012.02.002>

14. J. Donoghue, The effectiveness of combining rolling deformation with Wire–Arc Additive Manufacture on β -grain refinement and texture modification in Ti–6Al–4V. Materials Characterization Volume 114, April 2016, Pages 103-114.

<https://doi.org/10.1016/j.matchar.2016.02.001>

15. J. Ding. Development of a laminar flow local shielding device for wire + arc additive manufacture / Journal of Materials Processing Technology 226 (2015) 99–105.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2015.07.005>

16. Henckell. The Influence of Gas Cooling in Context of Wire Arc Additive Manufacturing—A Novel Strategy of Affecting Grain Structure and Size / TMS 2017 146th Annual Meeting & Exhibition Supplemental Proceedings pp 147-156.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-51493-2_15

17. Yongzhe Li. Enhanced beads overlapping model for wire and arc additive manufacturing of multi-layer multi-bead metallic parts / Journal of Materials Processing Tech. 252 (2018) 838–848

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2017.10.017>

18. Winkler, R. (2010). The Welding Engineer's Current Knowledge Edition GSI SLV 2010.

19. YuMing Zhang. Weld deposition-based rapid prototyping: a preliminary study / Journal of Materials Processing Technology 135 (2003) 347–357.

20. John Norrish. Advanced welding processes. Technologies and process control, 2017, Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington, Cambridge CB1 6AH, England / Available at: ISBN-13: 978-1-84569-170-7 (e-book).

21. A. Busachi Modelling Applications of Additive Manufacturing in Defence Support Services 2015 / Available at: <https://waammat.com/documents/s-williams-2017-waam-for-aerospace-defence-space-conference>

22. J.F.Wang. Effect of location on microstructure and mechanical properties of additive layer manufactured Inconel 625 using gas tungsten arc welding / Materials Science and Engineering: A Volume 676, 31 October 2016, Pages 395-405.

23. Binta Wu. Effects of heat accumulation on the arc characteristics and metal transfer behavior in Wire Arc Additive Manufacturing of Ti6Al4V / Journal of Materials Processing Technology Volume 250, December 2017, Pages 304-312.

24. Biranchi Panda. Evaluation of genetic programming-based models for simulating bead dimensions in wire and arc additive manufacturing / Journal of Intelligent Manufacturing, pp 1–12 2016.

25. Jun Xiong. Forming appearance analysis in multi-layer single-pass GMAW-based additive manufacturing / The International Journal of Advanced Manufacturing Technology/ October 2015, Volume 80, Issue 9–12, pp 1767–1776.

26. Jun Xiong. Vision-sensing and bead width control of a single-bead multi-layer part: material and energy savings in GMAW-based rapid manufacturing / Journal of Cleaner Production 41 (2013) P. 82-88.

27. ГОСТ 2246-70. Проволока стальная сварочная [Текст]. - 1973-01-01. -

М.: Стандартиформ, 2008. - 20 с.

28. Lincoln Electric. Consumable catalogue 715 p [Электронный ресурс] / Lincoln Global, Inc. 2017. – Режим доступа:

<http://www.lincolnelectric.com/assets/US/EN/literature/C110.pdf> / - 21.12.2017
р. - Загл. з экрану.

29. ГОСТ 14637-89. Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества [Текст]. - введ. 91-01-01. - М.: Стандартиформ, 2008. - 8 с.

30. Быковский, О. Г. Справочник сварщика [Текст] / О. Г. Быковский, В. Р. Петренко, В. В. Пешков, - М. : Машиностроение, 2011.– 336 с.

31. ESABNA equipment Miggytrac 2000 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.esab.com/gb/en/support/upload/Miggytrac-2000-2.pdf>
21.12.2017 р. - Загл. з экрану.

32. Aristo® Mig 4004i [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://mam.esab.com/assets/1/BDBA5CC688D14EBE822C00D265DF8E7D/doc/28443B5C679B4F83BFD20ED2DAC020FB/ARC_23314-en_US-FactSheet_Main-01.pdf
21.12.2017 р. - Загл. з экрану.

33. Robot QRC 350 H [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.cloos.de/public/downloads/qirox_produktkatalog.pdf 21.12.2017 р. -
Загл. з экрану.

34. QINEO PULSE 450 [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.cloos.de/public/downloads/qineo_produktkatalog.pdf 21.12.2017 р.
- Загл. з экрану.

35. Настольный сверлильный станок Scherppach td 16 t [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.skad.com.ua/nastolnyy-sverlilnyy-standok-td-16-t/> 21.12.2017 р. -
Загл. з экрану.

36. Гитлевич, А.Д. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах [Текст] / А.Д. Гитлевич, Л.А. Животинский, Д.Ф. Жмакин. – М.: Машгиз, 1962. – 172 с.

37. Методичні вказівки до економічного обґрунтування дипломного проекту для студентів спеціальності 8.092301 «Технологія та устаткування зварювання», 8.092303 «Технологія та устаткування відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій» [Текст] / Укл.: Е.О. Леженко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2005. – 24 с.

38. ГОСТ 12.0.005-84.ССБТ Метрологическое обеспечение в области безопасности труда. Основные положения [Текст]. – введ. 1985-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 6 с.

39. Інструкція з охорони праці при холодній обробці металів на металообробних верстатах (токарному, фрезерному, свердлильному) [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

http://instruktor.ucoz.net/publ/instrukcija_z_okhoroni_praci_pri_kholodnij_obrobci_metaliv_na_metalooobrobnykh_verstatakh_tokarnomu_frezernomu_sverdliilnomu/1-1-0-362 (01.10.2017)

40. Наказ МНС України № 1192 від 11.09.2012: Про затвердження Правил охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях [Текст]. – зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 вересня 2012 р. за № 1648/21960. – Київ, 2012. – 28 с.

41. Наказ МНС України № 1425 від 14.12.2012: Про затвердження Правил охорони праці під час зварювання металів [Текст]. – зареєстровано в Міністерстві юстиції України 4 січня 2013 р. за № 63/22595. – Київ, 2012. – 48 с.

42. Методичні вказівки до практичної роботи «Визначення повітрообміну у виробничих та адміністративних приміщеннях» з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів всіх форм навчання [Текст] / Укл.: О.Л. Скуйбіда – Запоріжжя: ЗНТУ, 2011. – 18 с.

43. Методичні вказівки до практичної роботи «Дослідження вогнегасних властивостей первинних засобів пожежогасіння, визначення їх типів та розрахунок кількості» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей та усіх форм навчання [Текст] / Укл.: А. С. Петрищев, С. М. Журавель – Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. – 26 с.

44. Депутат, О.П. Цивільна оборона [Текст]: навчальний посібник / І.В. Коваленко, І.С. Мужик; за редакцією В.С. Франчука. – Львів: Афіша, 2000 р. – 336 с.

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

Разраб.	Куртов	19/12/17
Провер.	Бережний	19/12/17
Н. контр.	Нетребко	19/12/17
Листов 2		Лист 1

	ГКИЮ 030417.000	
	ДП	

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ЗАПОРОЖСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ

на технологічний процес виготовлення форсунок спеціальних

УТВЕРЖДАЮ

Нормоконтроль доц. В.В. Нетребко

Дата

Внедрен в производство

Акт № _____ Дата _____.

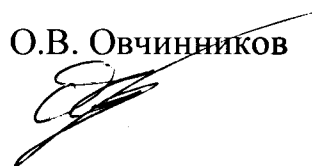


Зав. кафедрой ОТСП, проф. О.В. Овчинников

Дата 19.12.2017

Комплект документов

соответствует



ТД

ДОДАТОК А

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
											Листов 2	Лист 2			
Разраб.			Куртов								ГКИЮ 030417.000				
Пров.			Бережний												
Н. контр.			Нетребко												
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.		Код. наименование операции					Обозначение документа				
Б	Код. наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
М	Наименование детали сб. единицы или материала					Обозначение, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. расх
А 01	005 Нанесення шарів														
Б 02	Робот QIROX*QRC (320)					Оператор-зварювальник					5	22,2			
М 03	Форсунка спеціальна; проволока 07X18H9TiO, d = 1,2 мм; Ar+18 % CO ₂ - захисне єсть єму O ₂														
О 04	Провести наплавлення 112 шарів ГОСТ... ↓														
Р 05	U = 16,5 В; V _{зв} = 30 см/хв; V _{ел} = 3 мм/с														
06															
А 07	010 Свердління														
Б 08	Верстат свердлильний FOX F11-991					Сверловщик					4	0,15			
М 09	Форсунка спеціальна														
О 10	Просвердлити отвір d = 12 мм та провести візуальний огляд деталі														
Т 11	Захисні окуляри ГОСТ 12.4.023-84														
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															