

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

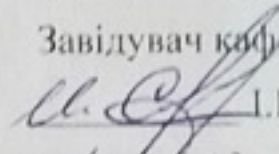
Зварювальний факультет

Кафедра інженерії поверхні

«На правах рукопису»
УДК 621.791

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

 I.V. Смирнов

« 4 » 12 2019 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему:

**«Підвищення експлуатаційних характеристик деталей, що працюють
в умовах інтенсивного зношування»**

Виконав (-ла):

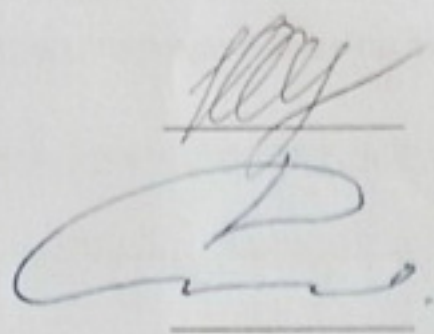
студент (-ка) II курсу, групи ЗП-81мп

Оксенюк Юрій Юрійович

Керівник:

Доцент, к.т.н.

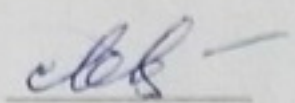
Степанов Д.В.



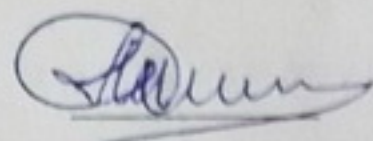
Консультант з охорони праці:

Зав. каф., д.т.н., проф.

Левченко О.Г.

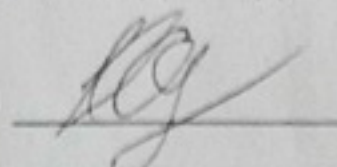


Рецензент:



Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент (-ка)



Київ – 2019 року

Реферат

Актуальність теми. Обробка сировини екструзією забезпечує великий обсяг виробництва, розмаїтність вироблюваної продукції і високий економічний ефект, обумовлений насамперед тим, що застосування екструдера дозволяє зробити процес безперервним, легко контрольованим, універсальним за видами перероблюваних матеріалів і готових виробів.

Мета і задачі дослідження. Метою даної дисертації є відновити покриття шнека екструдера яке було зношене під дією абразивів. Використати найбільш доцільний метод наплавлення. Покращити вимог охорони праці та розробки для неї стартап-проекту.

Об'єкт дослідження – шнек екструдера.

Предмет дослідження – технологічний процес підвищення зносостійкості плазмово-порошковим наплавленням шнека.

Методи дослідження. Розробка технологічного процесу підвищення зносостійкості плазмово-порошковим наплавленням виробу на основі конструктивно-технологічного та аналізу базового технологічного процесу конструкції. Також розробка стартап проекту та розділу охорони праці магістерської дисертації.

Практичне значення одержаних результатів. Застосування нового технологічного процесу на виробництві, дасть змогу значно збільшити продуктивність виготовлення, зробити процес виготовлення швидшим.

Магістерська дисертація представлена: Розрахунково-пояснювальна записка складається з реферату, 6-ти частин, висновків, переліку посилань, та додатків. Обсяг роботи: 95 арк. формату А4 та графічної частини- 8 аркушів формату А1.

Ключові слова: плазмово-порошкове наплавлення, автоклав, шнек екструдера, наплавлений шар, абразивне зношування.

Abstract

Actuality of theme. The processing of raw materials by extrusion provides a large volume of production, variety of products produced and high economic effect, due primarily to the fact that the use of the extruder allows you to make the process continuous, easily controlled, versatile in types of processed materials and finished products.

The purpose and objectives of the study. The purpose of this dissertation is to restore the coating of the extruder auger which has been worn under the action of abrasives. Use the most appropriate method of surfacing. Improve occupational safety and development requirements for a startup project.

Object of study - screw extruder.

Subject of study - technological process of increase of wear resistance of plasma-powder surfacing of auger.

Research methods. Development of technological process of increase of durability of plasma-powder surfacing of a product on the basis of structural-technological and analysis of basic technological process of design. Also the development of a startup project and a section of labor protection of the master's thesis.

The practical significance of the results obtained. The application of a new technological process at the production will significantly increase the productivity of production, make the manufacturing process faster.

Master's thesis is presented: The explanatory note consists of an abstract, 6 parts, conclusions, a list of references, and annexes. Scope of work: 100 sheets. A4 size and graphic part - 8 A1 size sheets.

Keywords: plasma-powder surfacing, autoclave, extruder auger, surfacing, abrasive wear.

Зміст

Перелік умовних скорочень	6
Вступ	7
КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ	8
1.1 Умови роботи і процес зношування екструдерів	8
1.2 Характеристики основного металу	10
1.3 Вибір способу відновлення та зміцнення поверхні деталі.	12
1.4 Основні вимоги до порошків, що наплавляються.....	16
2. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	22
2.1. Дослідження впливу амплітуди та частоти коливань плазмотрону на хімічну та структурну неоднорідність металу, наплавленого плазмово-порошковим методом	22
2.2 Дослідження структури і властивостей поверхневих шарів металу, наплавленого плазмово-порошковим методом	29
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	36
3.1 Обладнання, яке використовується при плазмовому наплавленні ...	36
4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	46
4.1 Основні передумови для вибору технологічного процесу.	46
4.2 Технологія плазмово-порошкового наплавлення.....	47
4.3. Наплавлення шнека екструдера.	62
5.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	68
6. СТАРТАП ПРОЕКТ	84
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	92
Додатки.....	95

Перелік умовних скорочень

σ_b - Межа короткочасної міцності

σ_T - Межа пропорційності (межа текучості для залишкової деформації)

δ_5 - Відносне подовження при розриві

ψ - Відносне звуження

α – Коефіцієнт лінійного розширення

A - струм

B - напруга

HRC- твердість

Вступ

Серед методів керування властивостями поверхні, розробкою яких займається інженерія поверхні, особливе місце посідають методи нанесення покриттів. Покриття дають змогу підвищити надійність та довговічність конструкцій, шляхом забезпечення ефективного захисту поверхонь від корозії та спрацьовування; надають можливість створювати вироби з унікальними сполученнями властивостей, наприклад, жароміцністю та жаростійкістю, аморфним станом поверхні, та ін.

Застосування покриттів робить актуальним новий підхід до вибору матеріалів на стадії конструювання, за яким механічна міцність деталі забезпечується завдяки використанню дешевих і недефіцитних матеріалів, а опір впливу зовнішніх факторів - локальним формуванням на її поверхні тонких шарів із спеціальними функціональними властивостями.

Останнім часом великий розвиток отримала група плазмово-порошкових методів формування покриття. В їх основу покладено формування покриття із потоку частинок, що знаходяться у атомарному, молекулярному або іонізованому стані. Потік частинок отримують розпиленням матеріалу, через дію на нього різних енергетичних джерел.

Ефективне використання технологій плазмово-порошкового нанесення покриттів можливе за умови наявності сучасного спеціалізованого обладнання, бо серед десятків факторів, від яких залежить якість покриття, більша їх частина визначається основним та допоміжним обладнанням, яке було застосовано у процесі. Особливо це стосується джерел енергії, які використовуються для формування потоку частинок матеріалу, що утворює покриття. У даному дипломному проекті розглянуто процеси, що проходять при нанесенні покриттів на шнек екструдера, методом плазмово-порошковим наплавленням.

КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ

1.1 Умови роботи і процес зношування екструдерів

Основним елементом екструдера є циліндр, всередині якого обертається шнек. Конструкція циліндра може містити додатковий пристрій підігріву. На виході з циліндра встановлюють дозувальний механізм, яким регулюють технологічні параметри залежно від складу сировини. Привід екструдера являє собою переважно електродвигун необхідної потужності з муфтою і редуктором. Екструдер обладнаний пристроями контролю температури і тиску в середині циліндра, а також швидкості обертання вала.

В процесі переробки сировина (зерно, відходи зернового виробництва, мінерали і домішки) переміщується в осьовому напрямку по гвинтовому каналу черв'яка, ущільнюється, змішується, розмелюється, гомогенізується і продавлюється крізь фільтри [1].

Надійність і довговічність екструдерів визначає надійність і довговічність його вузлів, зокрема вузла екструдування. Екструдери для переробки фуражного зерна і відходів зернопереробного виробництва (насіння трав, жмих, лущиння) з домішками мінералів працюють в складних умовах, а саме: при підвищених температурах 140–160 °С; в агресивно-абразивному середовищі; при високих питомих навантаженнях на поверхні тертя до 10 МПа (див.рис. 1.1).

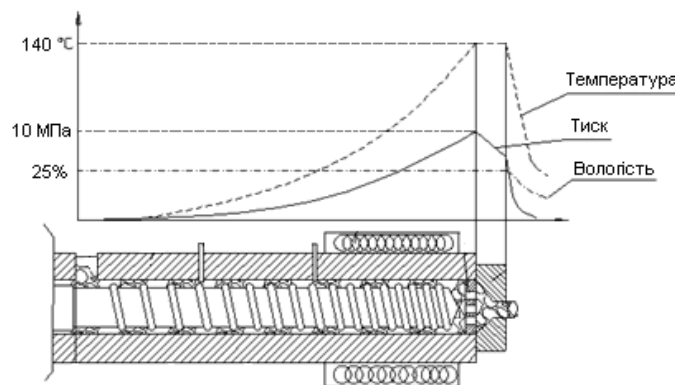


Рисунок 1.1 - Розподіл температури тиску і вологості по довжині циліндра. [1]

Підвищені температури виникають у результаті екструзії та інтрузії матеріалів всередині вузла екструдкування. При цьому всередині вузла екструдкування виникає агресивне середовище відносно матеріалів деталей екструдера в результаті утворення пари та піролізу зерна та його відходів. [1].

Процес абразивного зношування однозначно залежить від виду руйнування поверхневого шару і знеміцнення матеріалу. В процесі зношування можливе і підвищення міцності (наклеп) матеріалу, яке в більшості випадків не призводить до якісної зміни процесу зношування (не змінюється вид руйнування), а впливає тільки на інтенсивність руйнування матеріалу.

Розрізняють чотири основних види знеміцнення матеріалу при терті:

- механічне;
- теплове;
- адсорбційне;
- хімічне.

Механічне знеміцнення відбувається в результаті деформації поверхневого шару, що призводить до виникнення і розвитку дефектів структури, окрихчування матеріалу, підвищення внутрішніх напружень тощо.

Теплове знеміцнення матеріалу відбувається під дією генерованого при терті тепла (наприклад, відпуск сталі, розм'якшення полімерів).

Адсорбційне знеміцнення є результатом фізичної взаємодії матеріалу з поверхнево-активними речовинами, що викликає зниження твердості і роботи диспергування.

Хімічне знеміцнення характеризується утворенням продуктів хімічної взаємодії зношуваного матеріалу із зовнішнім середовищем або протіканням розслаблюючих матеріал внутрішніх хімічних і механо-хімічних процесів, зокрема, в полімерних матеріалах. У реальних умовах тертя можливі поєднання різних видів знеміцнення: фізико-хімічне, механо-хімічне та ін. [1].

1.2 Характеристики основного металу

Для підвищення зносостійкості шнека його виготовляють з сталі 38Х2МЮА. Це забезпечує необхідну довговічність екструдера, яка в 3 рази вища порівняно з його довговічністю при виготовленні з конструкційної сталі 45.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 38Х2МЮА в % ГОСТ 8479-70 [2].

<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Ni</i>	<i>S</i>	<i>P</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Al</i>	<i>Cu</i>	<i>Fe</i>
0.35- 0.42	0.2- 0.45	0.3- 0.6	до 0,3	до 0,025	до 0,025	1,35- 1,65	0,15- 0,25	0,7- 1,1	до 0,3	~95

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 38Х2МЮА ГОСТ 8479-70 [2].

$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_{ϵ} (МПа)	δ_5 (%)	Ψ (%)	<i>KSU</i> (Дж/см ²)	<i>HВ, не</i> <i>більше</i>
590	735	13	40	49	235-277

Таблиця 1.3 - Фізичні властивості сталі 38Х2МЮА ГОСТ 8479-70 [2].

<i>T</i> (Град)	<i>E</i> 10 ⁻⁵ (МПа)	<i>A</i> 10 ⁶ (1/Град)	<i>Λ</i> (Вт/(м·град))	<i>ρ</i> (кг/м ³)	<i>C</i> (Дж/(кг·град))
20	2,09		33	7710	
100	2,02	11,5	33		496
200	1,94	11,8	32		517
300	1,9	12,7	31		533
400	1,81	13,4	20		546
500	1,74	13,9	20		575
600	1,62	14,7	28		609
700	1,47	14,9	27		638
800	1,37		27		676

Особливості стали 38Х2МЮА: відповідальні навантажені деталі прецизійних машин і приладів виготовляють з складно легованих конструкційних сталей, наприклад 40ХН2СВА, 38ХМЮА (стара назва, нова назва марки 38Х2МЮА) і т. П., Оброблених на високу міцність ($\sigma_{0,2} = 150-170$ кгс / мм², $\sigma_B = 170-190$ кгс / мм²). Однак досягається комплекс властивостей не завжди задовольняє вимогам, що пред'являються. Актуальним завданням є підвищення міцності властивостей в поєднанні з необхідним запасом пластичності і високої розмірної стабільністю.

Для цього доцільно використовувати високотемпературну термомеханічну обробку або коротко (ВТМО). ВТМО полягає в поєднанні пластичної деформації, що проводиться вище температури рекристалізації в області існування стабільного аустеніту, з негайною загартуванням. ВТМО конструкційних легованих сталей призводить до підвищення міцності властивостей і пластичності, збільшує опір втоми, зменшує схильність до оборотної і необоротної відпускнуї крихкості, підвищує тривалу міцність. Внаслідок протікання повернення і навіть початкових стадій рекристалізації в процесі високотемпературної деформації, а також успадкування мартенситом дислокаційної структури аустеніту утворюється при ВТМО субструктура характеризується підвищеною механічною і термічною стійкістю. Це дозволяє зберегти ефект обробки після високотемпературного відпуски і повторної гарту.

Така структура повинна забезпечувати високий опір стали мікропластичної деформацій при кімнатній і підвищеній температурах. У зв'язку з цим, була досліджена можливість використання ВТМО для підвищення опору мікропластичної деформацій легованих конструкційних сталей.

Для дослідження обрані стали 40ХН2СВА і 38ХМЮА, що застосовуються для відповідальних деталей машин і приладів. ВТМО виробляли за допомогою опади на 50% відрізаних від прутка заготовок і їх гарту в маслі. Попередньо заготовки перековували з змішування волокна з метою усунення текстури. Заготовки перед деформацією нагрівали до 950 ° С, температура закінчення деформації становила 880-900 ° С. заготовки, що не

піддавалися деформації, гартували з оптимальною для цих сталей температури 920 ° С. Після відпустки при різних температурах електроіскровим методом вирізали заготовки зразків таким чином, щоб виключити вплив зон утрудненою деформації. Межа пружності і механічні властивості визначали при розтягуванні, релаксаційні випробування проводили при вигині на кільцевих зразках.

У порівнянні з загартуванням і аналогічним відпусткою межа пружності після ВТМО підвищується на 20-30%, межі міцності і текучості - відповідно на 7-10 і 11-13%. В процесі відпустки межа пружності зростає, досягаючи максимального значення при 300- 350 ° С, що пов'язано з розглянутими вище процесами стабілізації тонкої структури сталі. Збільшення температури відпустки до 300-400 ° С призводить до значного зниження міцності властивостей, в той час як межа пружності сталі мало змінюється. Після відпустки при 500 ° С властивості міцності сталі, підданої ВТМО і звичайної загартуванню, розрізняються незначно, однак відмінність у величині межі пружності складає -10%. Це вказує на відносно високу стійкість утворюється в результаті ВТМО тонкої структури. У порівнянні зі звичайною загартуванням ВТМО практично не впливає на твердість сталі. Після ВТМО пластичність сталі істотно зростає.

Результати релаксаційних випробувань при навантаженнях, що становлять 0,4 $\sigma_{0,2}$, для сталей після гарту і відпустки представлені.[2]

1.3 Вибір способу відновлення та зміцнення поверхні деталі.

Плазмове наплавлення з присадкою порошку найбільшою мірою відрізняється від інших способів плазмового наплавлення застосованими матеріалами, обладнанням і технологічними можностями.

Порошок можна отримати практично з будь-якого придатного для наплавлення сплаву незалежно від його твердості, пластичності, ступеня легування і інших властивостей, тому з цієї точки зору є універсальним присадним матеріалом. У якості присадки для плазмового наплавлення

застосовують як власне порошки (під порошком зазвичай розуміють тонко подрібнене тверде тіло з розмірами частинок до 0,1 мм, в зварювальній техніці - до 0,5 мм), так і більш грубозернисті сипучі матеріали з розмірами частинок до 25-3,0 мм.[5]

Плазмово - порошкове наплавлення має всі переваги плазмового наплавлення дротом. Крім того, застосування в якості присадочного матеріалу порошку, який, як уже зазначалося, може бути отриманий практично з будь-якого сплаву, незалежно від його твердості, міцності, ступеня легування і інших властивостей, значно розширює коло сплавів, що наплавляються механізованими способами. Вартість порошків на 10-30% нижче вартості прутків і дроту аналогічного складу . Якість порошків, зокрема, їх хімічний склад, контролювати легше, ніж якість порошкового дроту і стрічок. При необхідності порошки можна змішувати для отримання необхідного складу наплавленого металу.

Важливими перевагами плазмового наплавлення порошком є невелика товщина наплавленого шару (при необхідності) і хороше його формування, завдяки чому знижуються витрати наплавлювальних матеріалів і трудомісткість механічної обробки наплавлених виробів.

На відміну від плазмового напилення, при якому джерелом нагрівання порошку служить струмінь плазми генерується дугою непрямої дії електрод сопло, а виріб є електрично нейтральним, наплавку з присадкою порошку виконують, плазмовою дугою прямої дії або двома плазмовими дугами - прямого і непрямого дії із загальним електродом. При цьому використовують різні схеми введення порошку в дугу, які можна розділити на дві групи, що відрізняються тим, що в одній групі порошок вводять в дугу всередині плазмотрона, а в іншій поза ним. [3]

В плазмотронах з внутрішнім введенням порошку в дугу створюються, як правило, більш сприятливі умови для його нагрівання плазмою. При зовнішньої подачі порошку його нагрівання менш ефективний, зате надійність роботи плазмотрона трохи вище.

Запатентовані схеми введення порошку в дугу через електродний камеру плазмотрона не знайшли практичного застосування, так як внаслідок попадання порошку на електрод, останній швидко виходить з ладу. Плазмотрони з подачею порошку через осьовий отвір в катоді також поки не знайшли практичного застосування з - за труднощів виготовлення електродів з отвором і складнощами, пов'язаними з подачею порошку через отвір відносно малого діаметру.

Радіальний введення порошку через бічний отвір в каналі сопла типовий для напилення [6], але для наплавлення використовується рідко. При такій схемі введення порошку стабільна робота плазмотрона можлива лише при порівняно

Великих витратах плазми утворюючого газу і малих транспортує. Ця умова легко виконується при наплавці, але при наплавленні велика витрата плазми утворюючого газу небажаний, так як веде до збільшення глибини проплавлення основного металу.

Для наплавлення ефективною виявилася схема введення порошку в дугу під кутом $25-80^\circ$ через воронкоподібну щілину, утворену сумісними конічними поверхнями внутрішнього і зовнішнього сопел плазмотрона. У цьому випадку двофазний потік транспортуючого газу і порошку концентрич дузі, тому не тільки не знижує, а й підвищує її стабільність. Щоб при порівняно великій довжині внутрішньої соплової ділянки дуги електрод - виріб уникнути шунтування дугового розряду соплами і появи так званої каскадної дуги, внутрішнє і зовнішнє сопла електрично ізолюють один від одного. Дуга побічної дії горить між електродом і внутрішнім соплом і служить в основному для забезпечення стійкої роботи плазмотрона. Роль її в нагріванні порошку незначна. Більш потужна дуга прямої дії забезпечує необхідний нагрів поверхні виробу, плавлення присадкового металу і утворення зварювальної ванни.

При плазмовому наплавленні з зовнішньої подачею присадкового порошку, останній подають в зону наплавлення через отвори в торці сопла плазмотрона (їх може бути від одного до трьох) або по трубі, розташованій збоку сопла.

При наплавленні сплавів на основі нікелю, кобальту або заліза Кут нахилу цих отворів (трубки), їх перетин, витрата транспортує газу та інші параметри режиму вибирають такими, щоб порошок вводився в дугу на невеликій відстані від поверхні виробу і потрапляв в зварювальну ванну під дугою. При цьому порошок можна подавати в дугу спереду, ззаду і збоку одночасно з декількох сторін. Напрямок подачі порошку в даному випадку, очевидно, не має вирішального значення: на практиці використовують всі ці варіанти. [7]

При наплавленні композиційних сплавів додатковий канал для подачі зміцнюючих часток карбіду вольфраму найчастіше розташований позаду дуги і має такий кут нахилу, щоб зерна карбіду потрапляли в зварювальну ванну, минаючи дугу. Це дозволяє усунути або, принаймні, зменшити їх розчинення в розплаві. Зварювальний ванна утворюється за рахунок розплавлення основного металу, захисного покриття, нанесеного на зерна карбіду вольфраму, або порошку сплаву - зв'язки який подають разом з карбідом або окремо від нього по бічних каналах. У будь-якому випадку наплавлений метал має гетерогенну структуру, що складається з відносно легкоплавкої матриці і не розплавлених зерен карбіду вольфраму.

До недавнього часу плазмову наплавку порошком виконували виключно на постійному струмі прямої полярності. Хоча ідея наплавлення плазмовою дугою зворотної полярності з присадкою порошку була висловлена і запатентована Р.Гейджем і ін. ще в 1959 г., її вдалося реалізувати лише на початку 1980 - х рр. Перші промислові плазмотрони для наплавлення порошком струмом зворотної полярності були розроблені практично одночасно в Японії і в СРСР. Продуктивність плазмово - порошкового наплавлення порошком в залежності від потужності плазмотронів становить 4-10 кг наплавленого металу на годину. Реальна продуктивність наплавлення залежить від розмірів і форми виробу, товщини направляючого шару, типу присадкового порошку та інших факторів і знаходиться в межах 0,8-6 кг / год.

Мінімальна товщина наплавленого шару при внутрішньої подачі порошку дорівнює 0,25 мм, при зовнішньої - 0,5 мм. Найбільша висота одношарового

валика в обох випадках становить 5-6 мм. Можливість нанесення порівняно тонких шарів з малим проплавленням основного металу - важлива перевага плазмового наплавлення порошком. При наплавленні без коливань плазмотрона наплавлені валики мають ширину 3-10 мм; при наплавленні з коливаннями вона може досягати 40-50 мм [8].

1.4 Основні вимоги до порошків, що наплавляються.

Вимоги до порошків для плазмового наплавлення обумовлені необхідністю забезпечення тривалої і безперебійної роботи обладнання (порошкових дозаторів і плазмотронів) і отримання доброякісного наплавленого металу. Безперебійна робота обладнання залежить від плинності і гранулометричного складу порошків, а якість наплавленого металу багато в чому визначається хімічним складом, вмістом газів, гігроскопічність, відсутністю шкідливих домішок в порошку. [9]

Плинність порошків повинна бути достатньою для рівномірного і безперебійної роботи дозуючих пристроїв та плазмотронів. Досвід показує, що для нормальної роботи барабанних дозаторів, які найбільш широко застосовують для плазмової наплавки, краще порошки з плинністю 4-10 с. Гарна плинність важлива також для нормальної роботи наплавлювальних плазмотронів, в яких порошок, перш ніж потрапити в дугу, повинен пройти через систему каналів малого перетину. При малої плинності можливо забивання порошком транспортує трубки і каналів в плазмотрон, а при великій - спостерігається мимовільне висипання порошку при нерухомому барабані дозатора внаслідок вібрації обладнання.

Крім хорошій текучості, порошки не повинні комкуватися і злежуватися в процесі зберігання. Вологість наплавлювальних порошків повинна бути мінімальною. Незважаючи на те, що за вимогами технічної документації (ГОСТ 21448-75, ТУ 14-22-33-90) вологість готового порошку контролює виробник (вона не повинна перевищувати 0,1%), після тривалого зберігання порошок перед наплавленням необхідно просушити.

Як показує досвід, для плазмового наплавлення доцільно застосовувати порошки гранулометричного складу 0,06-0315 мм (допускається збільшення максимального діаметра частинок до 0,4 мм). Оптимальний гранулометричного складу порошку для плазмового наплавлення визначається, головним чином, конструкцією плазмотрона і в меншій мірі залежить від властивостей матеріалу частинок порошку. При використанні плазмотронів з внутрішнім введенням порошку наявність в подається порошку частинок розміром менше 0,06 мм призводить до частих порушень процесу наплавлення внаслідок утворення «охолодей» на стінках фокусуючого сопла в зоні введення порошку в дугу. Але занадто великі частки не встигають розплавитися в плазмовій дузі і в зварювальній ванні, що веде до великих втрат порошку в процесі на плавки і до порушення нормальної роботи в наплавленого металу.

Наплавочні порошки повинні містити якомога менше газів як розчинених у металі, так і у вигляді оксидів на поверхні частинок. Підвищений вміст газів в порошку може викликати розбризкування металу при напавленні і поява в наплавленому шарі пір і неметалевих включень. Висока концентрація кисню призводить також до утворення на поверхні напавлених валиків шлаку, що утрудняє багат шарове напавлення.[3].

1.4.1 Вибір матеріалу для напавлення

Найбільшого поширення набуло плазмове напавлення порошками нікелевих і кобальтових сплавів. У менших обсягах для плазмового напавлення використовують порошки сплавів на основі заліза, а також мідних сплавів. За кордоном порошки для плазмового напавлення випускають фірми «Кастолін - Евтектика», «Колмоной», «Делор Стелліт», «Мессер Грісхайм» і деякі інші. За хімічним складом порошки виробництва різних фірм однакового призначення практично мало відрізняються. Для зарубіжної практики характерно більш широке, ніж в Україні і Росії, застосування порошків на основі кобальту, нікелю, а також сплавів на основі туго плавких карбідів

вольфраму, ванадію та ін. Більшість з цих матеріалів добре відомо фахівцям, які займаються плазмової наплавленням і напиленням. [10]

Вимоги до порошків для плазмового наплавлення обумовлений необхідністю забезпечення тривалої і безперебійної роботи обладнання (порошкових дозаторів і плазмотронів) і отримання доброякісного наплавленого металу. Безперебійна робота обладнання залежить від плинності і гранулометричного складу порошків, а якість наплавленого металу багато в чому визначається хімічним складом, вмістом газів, гігроскопічність, відсутністю шкідливих домішок в пороші.

Плинність порошків повинна бути достатньою для рівномірного і безперебійної роботи дозуючих пристроїв та плазмотронів. Досвід показує, що для нормальної роботи барабанних дозаторів, які найбільш широко застосовують для плазмового наплавлення, краще порошки з плинністю 4-10 с. Гарна плинність важлива також для нормальної роботи наплавлювальних плазмотронів, в яких порошок, перш ніж потрапити в дугу, повинен пройти через систему каналів малого перетину. При малої плинності можливо забивання порошком транспортує трубки і каналів в плазмотроні, а при великій спостерігається мимовільне висипання порошку при нерухомому барабані дозатора внаслідок вібрації обладнання.

Крім гарної плинності, порошки не повинні комкуватися і злежуватися в процесі зберігання. Вологість наплавлювальних порошків повинна бути мінімальною. Незважаючи на те, що за вимогами технічної документації (ГОСТ 21448-75, ТУ 14-22-33-90) вологість готового порошку контролює виробник (вона не повинна перевищувати 0,1%), після тривалого зберігання порошок перед наплавленням необхідно просушити.

Як показує досвід, для плазмового наплавлення доцільно застосовувати порошки гранулометричного складу 0,06-0,315 мм (допускається збільшення максимального діаметра частинок до 0,4 мм) 180, 82, 86, 278]. Оптимальний гранулометричний склад порошку для плазмового наплавлення визначається, головним чином, конструкцією плазмотрона і в меншій мірі залежить від властивостей матеріалу частинок порошку. При використанні плазмотронів з

внутрішнім введенням порошку наявність в подається порошку частинок розміром менше 0,06 мм призводить до частих порушень процесу наплавлення внаслідок утворення "охолодей» на стінках фокуруючого сопла в зоні введення порошку в дугу. Але занадто великі частки не встигають розплавитися в плазмовій дузі і в зварювальній ванні, що веде до великих втрат порошка в процесі наплавлення і до порушення нормальної роботи в наплавленого металу.

Наплавлюючі порошки повинні містити якомога менше газів, як розчинених у металі, так і у вигляді оксидів на поверхні частинок. Підвищений вміст газів в порошку може викликати розбризкування металу при наплавленні і поява в наплавленому шарі пір і неметалевих включень. Висока концентрація кисню призводить також до утворення на поверхні наплавлених валиків шлаку, що утрудняє багат шарову наплавку. [3]

Таблиця 1.4 - Хімічний склад порошку ПН-АН34 в %

C	Cr	Si	Ni	Fe	B	Co
0,7-1,0	28-32	1,5-2,5	4-8	3	0,5-0,9	Основа

1.4.2 Газ для плазмового наплавлення

Гази для плазмового наплавлення При плазмовому наплавленні робочий газ повинен забезпечувати на надійно захист зварювальній ванні і електрода від окислення, а також сприяти сталому горінню плазмової дуги. Крім того, при плазмово - порошкової наплавки використовують в якості транспортуючого для подачі присадкового порошку в плазмотрон і його слідууючого вдування в плазмову дугу. Газове середовище повинна бути хімічно нейтральною по відношенню до наплавляти і основним металам. В якості робочих газів при наплавленні (зварюванні) використовують інертні газы (аргон, гелій), активні газы (азот, водень) і суміші газів.

Таким чином, газове середовище при плазмовому наплавленні складається з трьох потоків: плазмоутворюючого потоку (зазвичай аргон), який стискає і стабілізує дугу і захищає вольфрамовий електрод від окислення;

захисного - оберігає від окислення зварювальну ванну (аргон, гелій, азот, суміші газів); транспортуючого при плазмо - порошкової наплавці (аргон, гелій, азот, суміші газів). Деякі фізичні властивості газів, що використовуються при плазмовому наплавленні, наведені в таблиці 1.5.

Найбільш широко для плазмового наплавлення застосовують аргон. Він добре захищає зварювальну ванну від окислення і забезпечує високу стійкість горіння плазмової дуги. Крім того аргон забезпечує відносно низьку напругу збудження дуги, що дозволяє застосовувати джерела живлення з напругою холостого ходу до 80 В. У порівнянні з цим, при використанні азоту необхідні джерела з напругою холостого ходу 160 В а при використанні водню -320 В.

Гелій, як і аргон інертний газ, але істотно більш легкий (Таблиця 1.5.). При наплавленні його витрата повинен бути на 30-40% більше витрат аргону. Його висока теплоємність і ентальпія обумовлюють більш інтенсивний нагрів зони наплавлення, що відбивається на проплавляючій здатності дуги. На практиці застосовують аргон гелієві суміші (40% аргону + 60% гелію), які краще захищають зварювальну ванну, ніж гелій. Оскільки гелій значно дорожче аргону, то його застосування в чистому вигляді обмежено.

Таблиця 1.5 - Фізичні властивості деяких інертних та активних газів [3].

Газ	Молекулярна маса	Температура плазми, К	Тепломісткість плазми, ккал/кг	Потенціаліонізації, В	Розхід енергії на нагрів газів, %	Питома тепломність, кал/(г·°С)
Аргон	39,94	14700	4660	15,7	40	0,125
Гелій	4	20300	51060	24,5	48	1,25
Азот	28	7500	9930	14,5	60	0,248
Водень	2,01	5400	76600	13,5	80	3,4

Активні гази (азот, водень) при наплавленні вживають, як правило, в складі газових сумішей: 70-80% Ar + 20-30% N₂ 95% Ar + 5% H₂ та ін. У великих кількостях використовувати активні гази небажано, так як відомо, що

добавки в аргон двоатомних газів призводять до зростання напруженості електричного поля в стовпі плазмової дуги і до збільшення теплового навантаження на стінки сопла плазмотрона, а також знижують стійкість дугового розряду, ускладнюють збудження дуги і підвищують ймовірність утворення так званої «подвійної дуги». Особливо зростає напруга дуги при використанні водню, маючого велику теплопровідність і теплоємність. При плазмово - порошкової наплавки негативний характер цих явищ посилюється порівняно великою довжиною дуги від 20 до 30 мм, з яких близько 15 мм доводиться на внутрішньо-соплову частину . [11]

Заміна аргону азотом відображається на проплавленні основного металу і формуванні наплавлених валиків. При рівних значеннях сили струму дуги прямої дії і витраті газу проплавлення основного металу при наплавленні в азоті значно більше, ніж в аргоні. Це пов'язано з великим тепло) змістом і більш високою теплопровідністю азотної плазми (Таблиця 1.5.). Тому при наплавленні в азоті сила струму дуги прямої дії повинна бути на 8-12% менше, ніж при наплавленні в аргоні. Формування наплавленого металу при наплавленні в азоті або аргон - азотної суміші гірше, ніж при наплавленні в чистому аргоні.

Використання в сумішах великої кількості активних газів може також привести до їх розчиненню в металі зварювальної ванни і подальшого появи пір в наплавленого металу. [11,12]

З цих причин в сумішах з аргонном вміст водню обмежують 5%. Невеликі добавки водню істотно підвищують теплові характеристики плазмової дуги. Використання таких сумішей поліпшує змочування основного металу і забезпечує хороше формування наплавленого металу. [3]

2. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Дослідження впливу амплітуди та частоти коливань плазмотрону на хімічну та структурну неоднорідність металу, наплавленого плазмово-порошковим методом

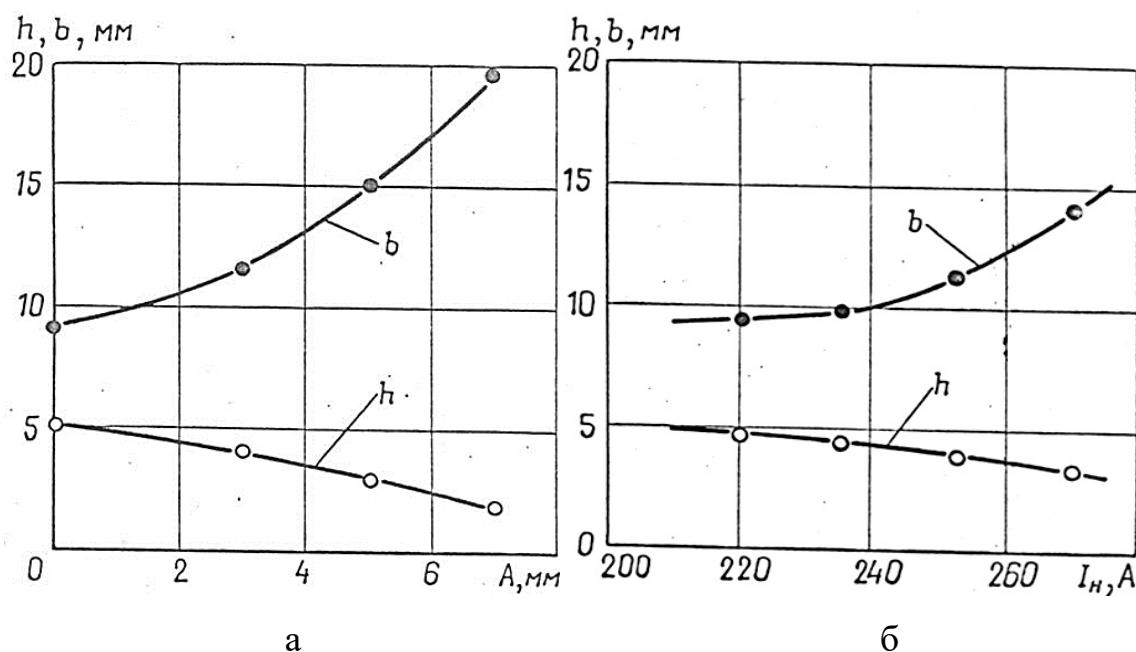
Одна з основних характеристик, яка відрізняє плазмово-порошкове наплавлення - це мала величина проплавлення основного металу. Як правило, плазмово-порошкове наплавлення проводиться з коливаннями плазмотрона, що дозволяє за один прохід наплавляти валики заданої ширини і висоти. З урахуванням того, що цей спосіб наплавлення забезпечує також відмінне формування наплавлених валиків, то всі ці фактори дозволяють виконувати наплавлення деталей в один шар з мінімальними допусками на механічну обробку [3].

Однак до останнього часу, при розробці технологій наплавлення конкретних деталей при виборі частоти і амплітуди коливань плазмотрона основна увага приділялася формуванню наплавлених валиків і їх геометричним характеристикам. Як ці показники впливають на характер проплавлення основного металу, на хімічну та структурну неоднорідність наплавленого металу і ЗТВ не досліджувалося.

В рамках виконання теми було проведено дослідження впливу цих показників на формування наплавлених валиків та хімічну і структурну неоднорідність наплавленого металу і ЗТВ.

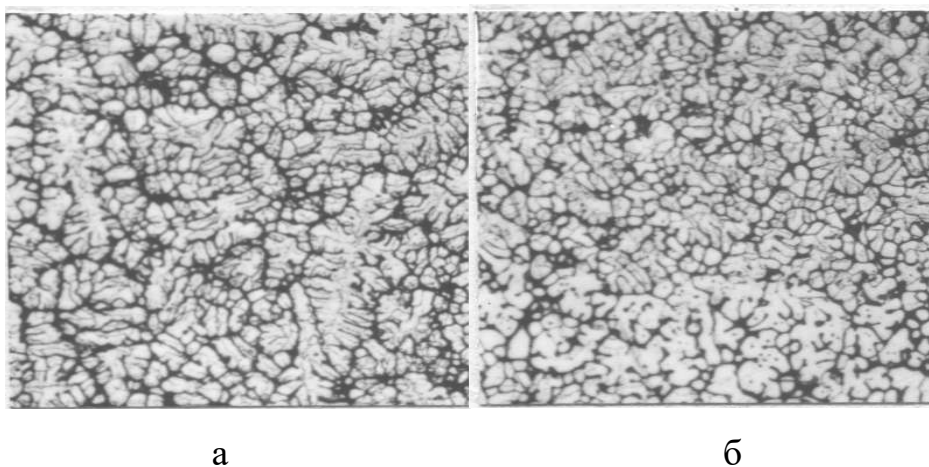
Найбільш значний вплив на форму та структуру наплавленого валика надає амплітуда коливань плазмотрону. Зі збільшенням амплітуди збільшується ширина валика і знижується його висота (рис. 2.3, а). При наплавленні без коливань ($A = 0$) на струмі 240 - 245 А валик високий і має невеликий підворот (коефіцієнт форми валика дорівнює 1,8), хоча в цілому формування хороше. При амплітуді 2...3 мм формування хороше, в поперечному перерізі валик має напівкруглу форму з кутом змочування менше 90 о.

Зі збільшенням струму при постійній амплітуді збільшується ширина і зменшується висота валика (рисуюнок 2.3, б).



Рисуюнок 2.3 - Вплив амплітуди коливань A ($I_d = 245$ А; $f = 70$ хв-1) (а) і струму I_d ($A = 3$ мм; $f = 70$ хв-1) (б) на висоту h і ширину b наплавленого валика [20]

Мікроструктура валиків при значеннях амплітуди 0...3 мм практично однакова (рис. 2.4, а), а при амплітуді 5 мм і більше значно зростає частка дрібних зерен, майже з рівними осями (рис. 2.4, б), які при наплавленні без коливань присутні лише в незначних кількостях поблизу лінії сплавлення і в поверхневій зоні валиків.



Рисуюнок 2.4 - Вплив амплітуди та частоти коливань плазмотрону на мікроструктуру наплавленого металу: а – $A = 0$, $f = 0$; б – $A = 5$, $f = 70$ хв-1. Струм 245 А; $\times 300$ [20]

Збільшення частоти коливань дуже мало змінює коефіцієнт форми валика (рис. 2.5), причому він зростає за рахунок досить незначного зниження висоти валика, тобто валик стає більш плоским. Гарне формування країв валика починається при частоті понад 60 хв-1.

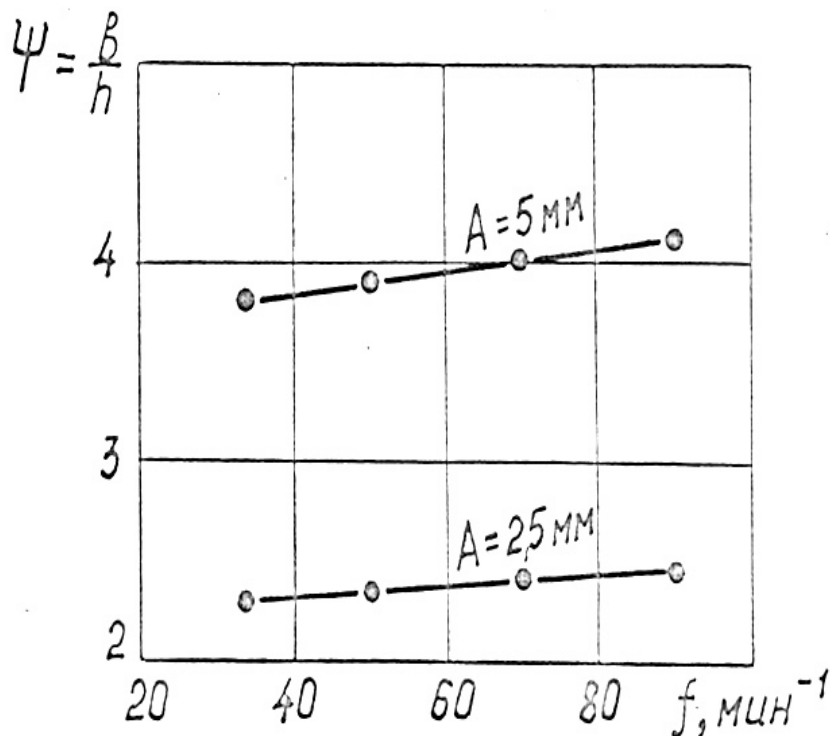


Рисунок 2.5 – Вплив частоти коливань плазмотрону на форму валика (Струм дуги 245 А) [20]

Структура наплавленого металу при частоті коливань близько 80 - 90 хв-1 кілька подрібнюється в порівнянні з частотою 30 - 50 хв-1 (рис. 2.6, а, б). Вплив струму наплавлення на форму валика звичайне, тобто зі зростанням струму валик стає нижче і ширше (див. рис. 2.3, б). Але навіть при досить великих для швидкості 12 м/год. величинах струму (270 А) і подачі порошку (3,8 кг/год.) наплавлення з коливаннями дозволяє уникнути помітного проплавлення основного металу.

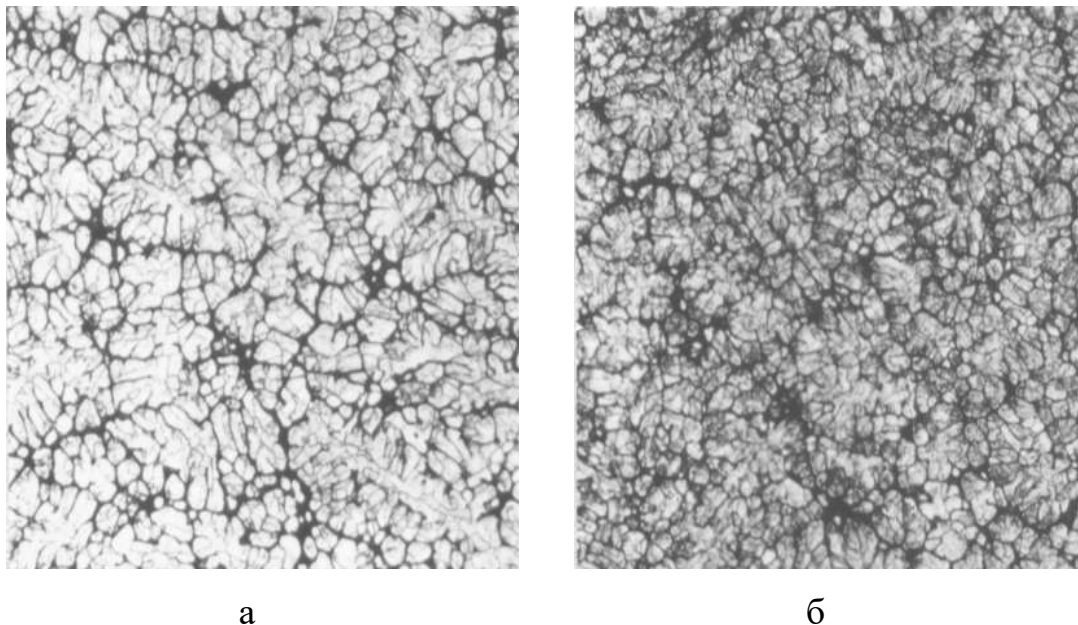


Рисунок 2.6 – Вплив частоти коливань плазмотрону на мікроструктуру наплавленого металу: а – $A = 2,5$, $f = 34$ хв-1; б - $A = 2,5$, $f = 90$ хв-1. Струм 245 А; $\times 300$ [20]

У подальших дослідженнях впливу амплітуди та частоти коливань плазмотрону на структурну та хімічну неоднорідність наплавленого металу використовували більшу амплітуду коливань плазмотрону - 10 мм, та три частоти коливань: зразок 1 - 40 хв-1, зразок 2 - 60 хв-1, зразок 3 - 90 хв-1. Інші показники режиму: струм - 180 А; швидкість наплавлення - 10,5 м/год.; подача порошку - 55 г/год. Зовнішній вигляд наплавлених валиків наведено на рис. 2.7.

Наплавлені валики були розрізані по центру уздовж поздовжньої вісі. Після шліфування й полірування зразки були протравлені електролітичним методом в розчині хромової кислоти і були проведені їх металографічні дослідження.

При збільшенні $\times 20$ на поздовжньому шліфі наплавленого валику 1 (рис. 2.8, а) зафіксована досить рівна лінія сплавлення, з невеликим збільшенням глибини проплавлення в місцях проходження плазмової дуги.



Рисунок 2.7 - Зовнішній вигляд наплавлених валиків: 1 – наплавлення з частотою 40 хв-1; 2 - те ж, частота - 60 хв-1; 3 - те ж, частота - 90 хв-1. Амплітуда коливань - 10 мм [20]

Кристалізація напавленого металу дендритна (рис. 2.8, б). Мікроструктура складається з аустенітної матриці і виділень δ -фериту по межах кристалітів. Ширина кристалітів становить 20-35 мкм. При поперечному переміщенні плазмотрона при накладенні одного шару на інший видно межу між ними і область перекриття, причому межа між шарами зберігається від поверхні напавлення до лінії з'єднання з основою.

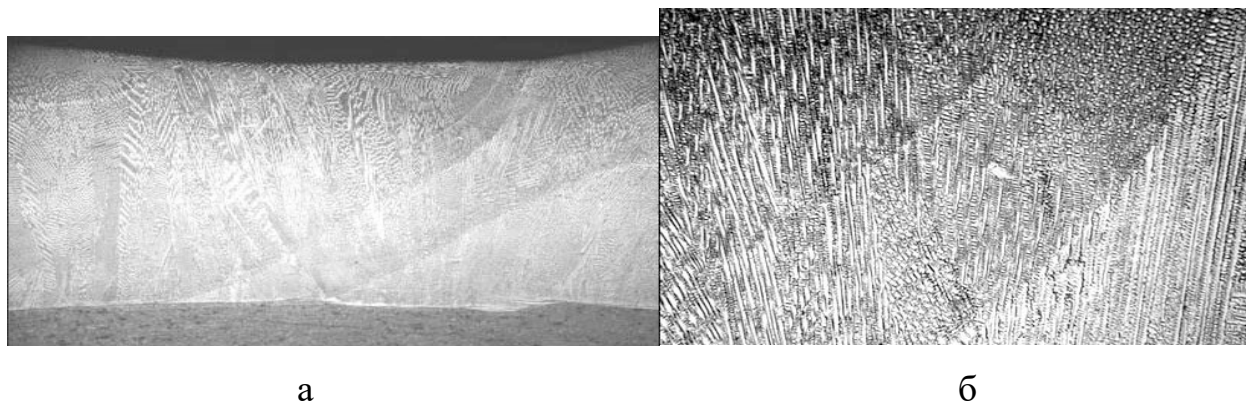


Рисунок 2.8 - Макро- (а) та мікроструктура (б) напавленого валика 1 (поздовжній шліф). а - $\times 20$; б – $\times 100$ [20]

Зона з'єднання напавленого металу з основним металом є практично рівною лінією. З боку напавленого металу розташовується перехідний прошарок, так звана «паралельна межа», що має твердість проміжну за значеннями між твердістю напавленого і основного металу. Ширина цього прошарку змінюється в межах 5-50 мкм і залежить від ступеня пропавлення

основного металу, тобто від зміни складу наплавленого шару при перемішуванні основного і наплавленого металу. [20]

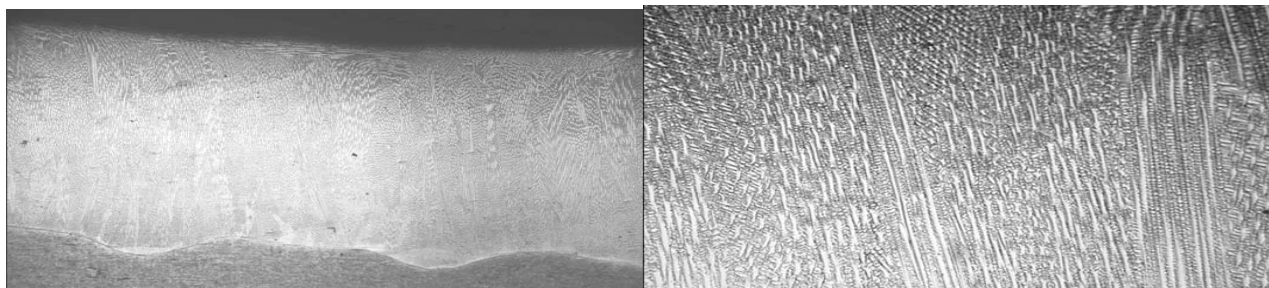
Також необхідно відзначити наявність так званих «затьоков» на лінії з'єднання, що представляють собою основний метал, який включається в наплавлений шар. Чим менше частота коливань, тим більше може бути частка таких «затьоков».

У наплавленому валику 1 максимальна глибина їх проникнення в наплавлений шар складає 90 мкм. Ширина зони термічного впливу становить 2600-2700 мкм.

На рис. 2.9, а, б приведена макро- і мікроструктура наплавленого валика 2.

Зона з'єднання наплавленого металу з основним металом має хвилястий характер (рис. 2.9, а). Кристалізація наплавленого металу дендритна. Стовпчасті кристаліти проростають від лінії з'єднання з основним металом до поверхні зразка і мають ширину 15-20 мкм.

При поперечному переміщенні плазмотрона при накладенні одного шару на інший, межа (на відміну від валика 1) відсутня, що свідчить про хорошему перемішуванні наплавленого металу (рис. 2.9, б). Зона з'єднання наплавленого і основного металу являє собою звивисту хвилясту лінію (має конфігурацію синусоїди, що повторює коливання плазмотрона), в западинах якої утворюється дисперсна ячеїста структура. «Затьоков» основного металу в наплавлений метал не виявлено. Ширина перехідного прошарку уздовж лінії сплавлення становить 2...40 мкм. Ширина ЗТВ - 3700...3800 мкм.



а

б

Рисунок 2.9 - Макро- (а) та мікроструктура (б) наплавленого валика 2 (поздовжній шліф). а - х20; б – х100 [20]

На рис. 2.10, а, б представлена мікроструктура наплавленого валика 3.

Зона з'єднання наплавленого металу з основним металом має хвилястий характер з більшою частотою піків і западин, ніж в наплавленому валику 2, що пояснюється більш високою частотою коливань плазмотрону (рис. 2.10, а). По лінії з'єднання зі сталлю Ст3 спостерігається тонкий прошарок змінної ширини від 2 до 20 мкм. Ширина ЗТВ становить 4200-4500 мкм.

Чітко видно витягнуті кристаліти, які розташовані перпендикулярно до лінії сплавлення і які мають ширину 15 - 20 мкм. Мікроструктура наплавленого металу валика 3 аналогічна мікроструктурі наплавлених валиків 1 і 2 і складається з аустеніту і δ -фериту, розташованого по межах кристалітів (рис. 2.10, б).

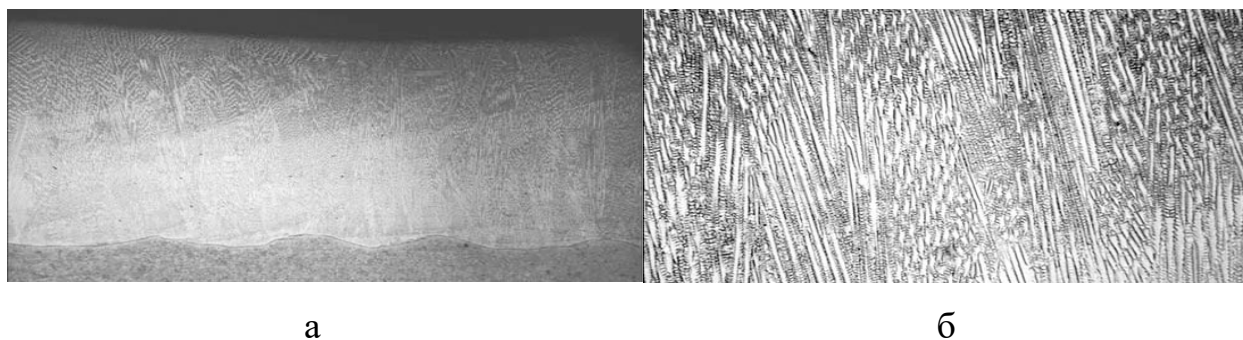


Рисунок 2.10 - Макро- (а) и мікроструктура (б) наплавленого валика 3 (поздовжній шліф). а - х20; б – х100 [20]

Таким чином, при збільшенні частоти коливань плазмотрона відбувається:

1. Краще перемішування шарів наплавленого металу і вирівнювання структури по перетину наплавлення.
2. Подрібнення структури, тобто зменшення ширини кристалітів від 50 мкм в наплавленому валику 1 до 20 мкм в наплавлених валиках 2 та 3.
3. Лінія з'єднання наплавленого і основного металів в поздовжньому напрямку має хвилясту конфігурацію з більшою частотою піків і западин і, яка, в основному, повторює частоту коливань плазмотрона.

4. Збільшення ширини ЗТВ від 2700 мкм в наплавленому валику 1 до 3700...3800 мкм в наплавленому валику 2 і 4200...4500 мкм в наплавленому валику 3 [20].

2.2 Дослідження структури і властивостей поверхневих шарів металу, наплавленого плазмово-порошковим методом

2.2.1 Прилад та методика проведення експериментів

В 2017 році були проведені дослідження структури шарів, наплавлених плазмовим методом, а також проведено їх локальний хімічний аналіз та визначені мікро механічні характеристики за допомогою приладу "Микрон-гамма" (рис. 2.11). Проведення досліджень корозійної стійкості цих зразків в різних середовищах заплановано на 2018 р.

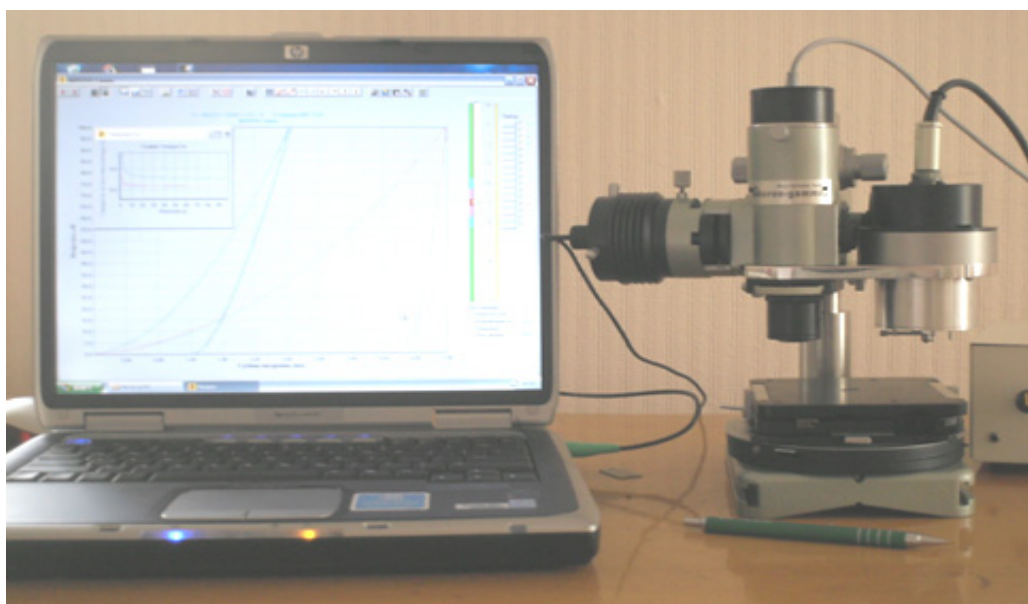


Рисунок 2.11 - Зовнішній вигляд приладу "Микрон-гамма" [20]

Багатофункціональний прилад «Мікрон-гамма» призначений для дослідження фізико-механічних властивостей поверхневих шарів матеріалів методами безперервного вдавнення індентора, сканування, металографії й топографії.

Методика досліджень з використанням приладу «Мікрон-гамма» заснована на автоматичній реєстрації в процесі випробувань навантаження (Р)

на індентор і глибини (h) його вдавлення в поверхню випробуваного матеріалу у вигляді діаграми навантаження $P = f(h)$ (рис. 1.16.). По суті, діаграма являє собою роботу витрачену індентором на подолання опору матеріалу (площа під гілкою навантаження $S1$, глибина вдавлення $h1$) і роботу витрачену матеріалом на відновлення своїх властивостей (площа під гілкою розвантаження $S2$, глибина вдавлення $h2$).

Розшифровка такої діаграми дозволяє отримувати не тільки більш широку, але також і принципово нову, в порівнянні зі стандартним методом випробувань на мікротвердість, інформацію. Метод дозволяє фіксувати цінну інформацію про сам процес вдавлення індентора, враховуючи процеси, що відбуваються внаслідок релаксації напружень, формозміни матеріалу під індентором в процесі вдавлення, при витримці під навантаженням, при навантаженні і т. інш.

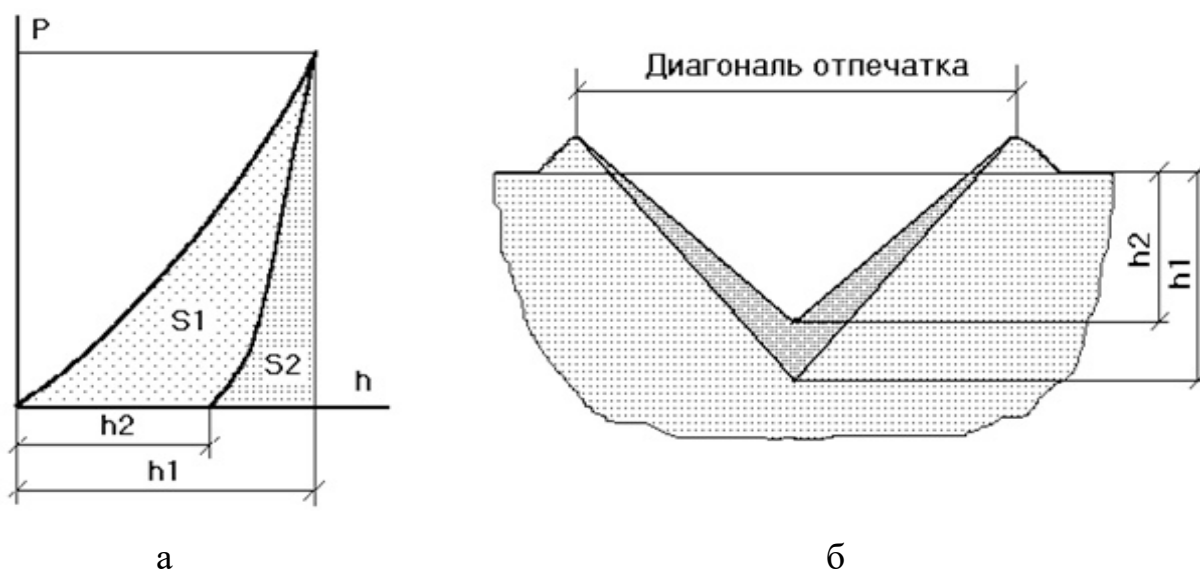


Рисунок 2.12 - Діаграма навантаження (а) і перетин відбитка (б), які фіксуються в процесі досліджень з використанням приладу «Мікрон-гамма» [20]

Метод безперервного вдавлення дозволяє:

- проводити випробування на мікротвердість в діапазоні малих і понад малих навантажень;
- вивчати особливості мікродеформації матеріалів з кінетики вдавлення індентора;
- реєструвати мікроповзучість матеріалів;

- вимірювати градієнт властивостей по глибині вдавнення;
- відчувати матеріали з поганою здатністю, що відображає (зокрема полімерні матеріали), а також матеріали, у яких відбиток сильно змінює розміри після зняття навантаження;
- вимірювати крихкість матеріалів по діаграмі вдавнення;
- вимірювати пружність матеріалів.

На рис. 2.13 наведені деякі залежності (графіки), які одержуються у процесі досліджень з використанням приладу «Мікрон-гамма».

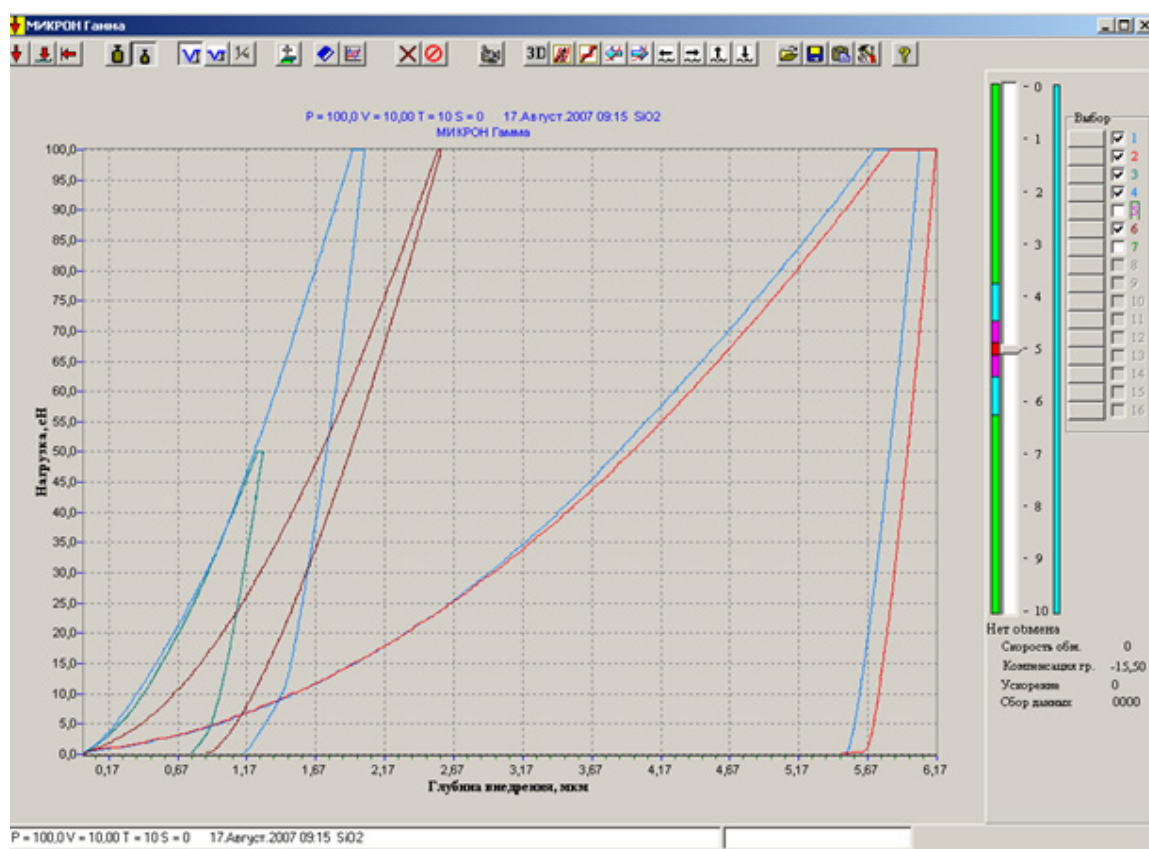


Рисунок 2.13 - «Діаграми навантаження» - залежність глибини вдавнення від навантаження для різних складових структури сплаву [20]

2.2.2 Дослідження структури шарів, наплавлених плазмовим методом порошком ПН-АН34

Мікроструктуру металу, наплавленого порошком АН-34 на основі кобальту, приведена на рис. 2.14, а-в.

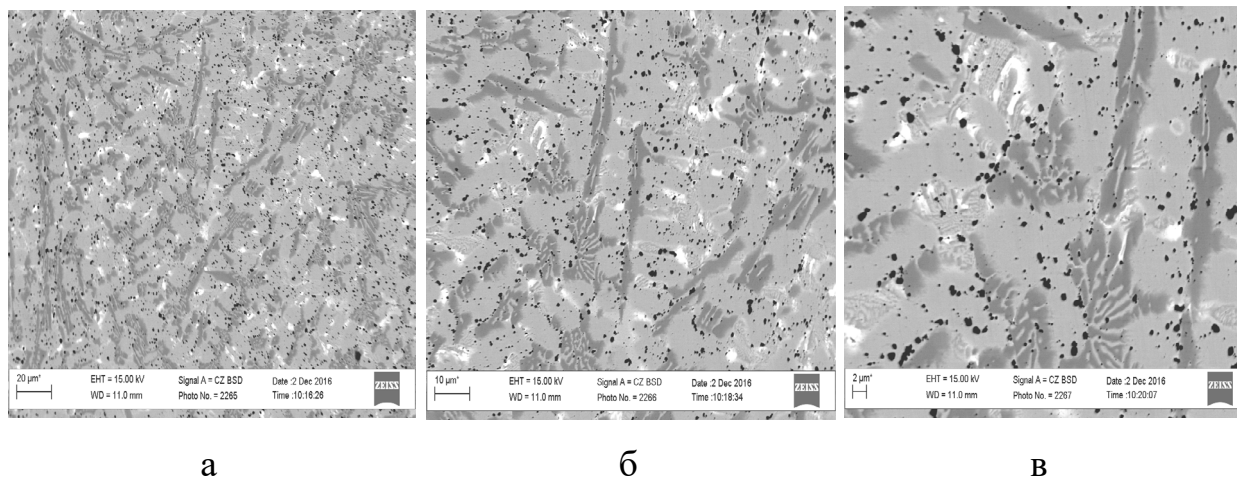


Рисунок 2.14 – Мікроструктура наплавленого металу, наплавленого порошком АН-34 на основі кобальту: а – $\times 500$; б – $\times 1000$; в – $\times 2000$ [20]

Всі стеліти, включаючи сплав АН-34, відрізняються високою зносостійкістю при нормальній і підвищеній температурах, жароміцністю та окалиностійкістю. Вони стійкі також проти корозії у багатьох агресивних середовищах.

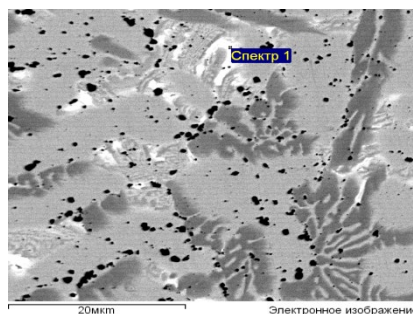
Структура наплавленого кобальтового стеліту складається з твердого розчину на базі кобальту і карбідів, переважно типу M_7C_3 , $M_{23}C_6$ і M_6C , до складу яких поряд з хромом і вольфрамом входить також кобальт. Характер структури, в основному, залежить від концентрації вуглецю, хрому і вольфраму.

В результаті аустенізації при температурах, близьких до температури солідусу, твердість Co-Cr-W-C-сплавів знижується і може бути знову відновлена за допомогою старіння. Підвищення твердості при старінні стелітів пов'язано з переходом метастабільного при температурі старіння карбіду Cr_7C_3 в карбід $Cr_{23}C_6$, що супроводжується виділенням дрібнодисперсних вторинних карбідів. [20]

2.2.3 Локальний хімічний аналіз структурних складових шарів, наплавлених плазмовим методом порошком ПН-АН34

Було проведено локальний хімічний аналіз окремих структурних складових досліджуваних типів наплавленого. Нижче на рисунках як приклад

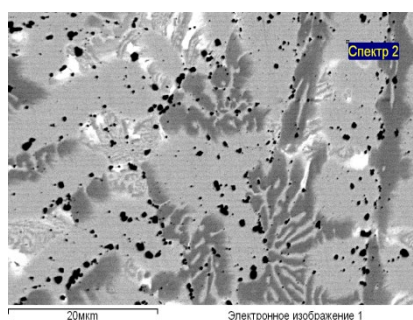
представлені окремі результати цих аналізів для кожного з типів наплавленого металу. Аналіз виконувався на ділянці, розмір якої становив 1-3 мкм. Місце аналізу вказано на кожному малюнку написом "спектр". Місце аналізу зазначено уколом, який знаходиться в лівому верхньому кутку написи. Результати локального аналізу поверхневого шару сплаву, наплавленого порошком АН-34 на основі кобальту (Рисунок 2.15) [20].



а

Элемент	Весовой %	Атомный%
Cr K	17.87	24.15
Fe K	1.81	2.28
Co K	48.52	57.84
Ni K	4.35	5.21
Yb M	0.74	0.30
Ta M	3.12	1.21
WM	23.59	9.01
Итоги	100.00	

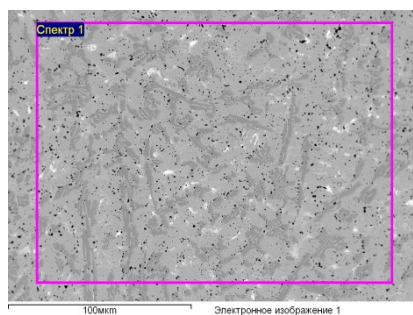
б



в

Элемент	Весовой %	Атомный%
Si K	3.00	5.93
Cr K	24.78	26.45
Fe K	3.23	3.20
Co K	60.07	56.57
Ni K	7.06	6.68
Sr L	1.85	1.17
Итоги	100.00	

г



д

Элемент	Весовой %	Атомный%
C K	6.39	25.16
Cr K	32.54	29.62
Fe K	2.23	1.89
Co K	47.25	37.95
Ni K	4.37	3.52
WM	7.23	1.86
Итоги	100.00	

ж

Рисунок 2.15 - Результати локального хімічного аналізу металу, наплавленого порошком ПН-АН34: а, в, д - місця аналізу; б, г, ж - масова частка легуючих елементів в місцях аналізу [20]

2.2.4 Дослідження мікромеханічних характеристик шарів, наплавлених плазмовим методом порошком ПН-АН34

Як було вказано вище, з використанням приладу «Мікрон-гамма» можливо досліджувати мікромеханічні характеристики структурних складових

наплавлених шарів. Для цього використовують діаграми навантаження - залежність глибини вдавнення індентору від навантаження для різних складових структури сплаву (див. рис. 2.13).

На рис. 2.16 наведено діаграми навантаження, які були отримані при дослідженні цього сплаву на приладі «Мікрон-гамма».

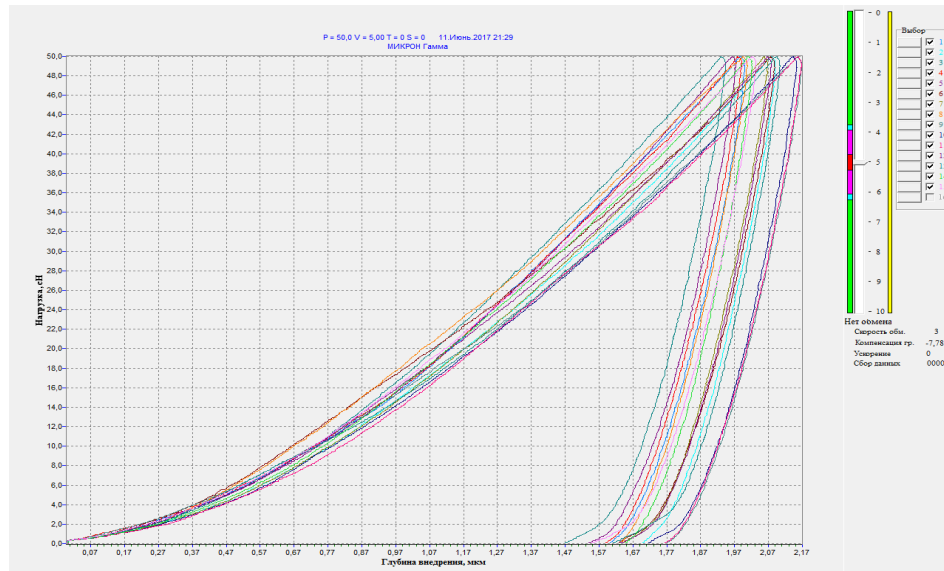
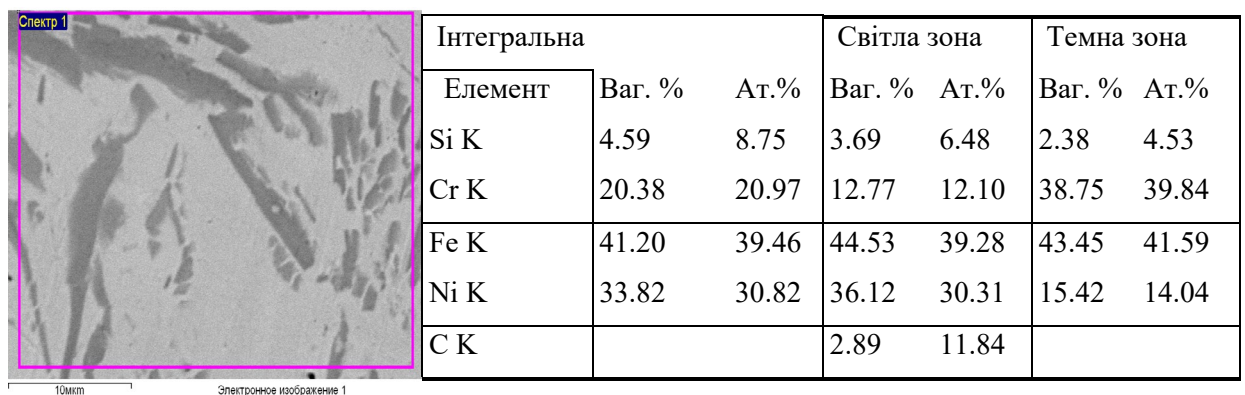


Рисунок 2.16 – Залежності глибини вдавнення індентора від навантаження для різних структурних складових наплавленого металу на основі кобальту АН34 [20]

Далі на рис. 2.17 приведена структура сплаву ПН-АН34 і результати хімічного аналізу його окремих структурних складових, а на рис. 2.18 – мікромеханічні характеристики цих складових, які були отримані в результаті обробки діаграм навантаження, наведених на рис. 2.16.



а

б

Рисунок 2.17 - Структура наплавленого металу на основі кобальту (а) і результати хімічного аналізу його окремих структурних складових (б) [20]

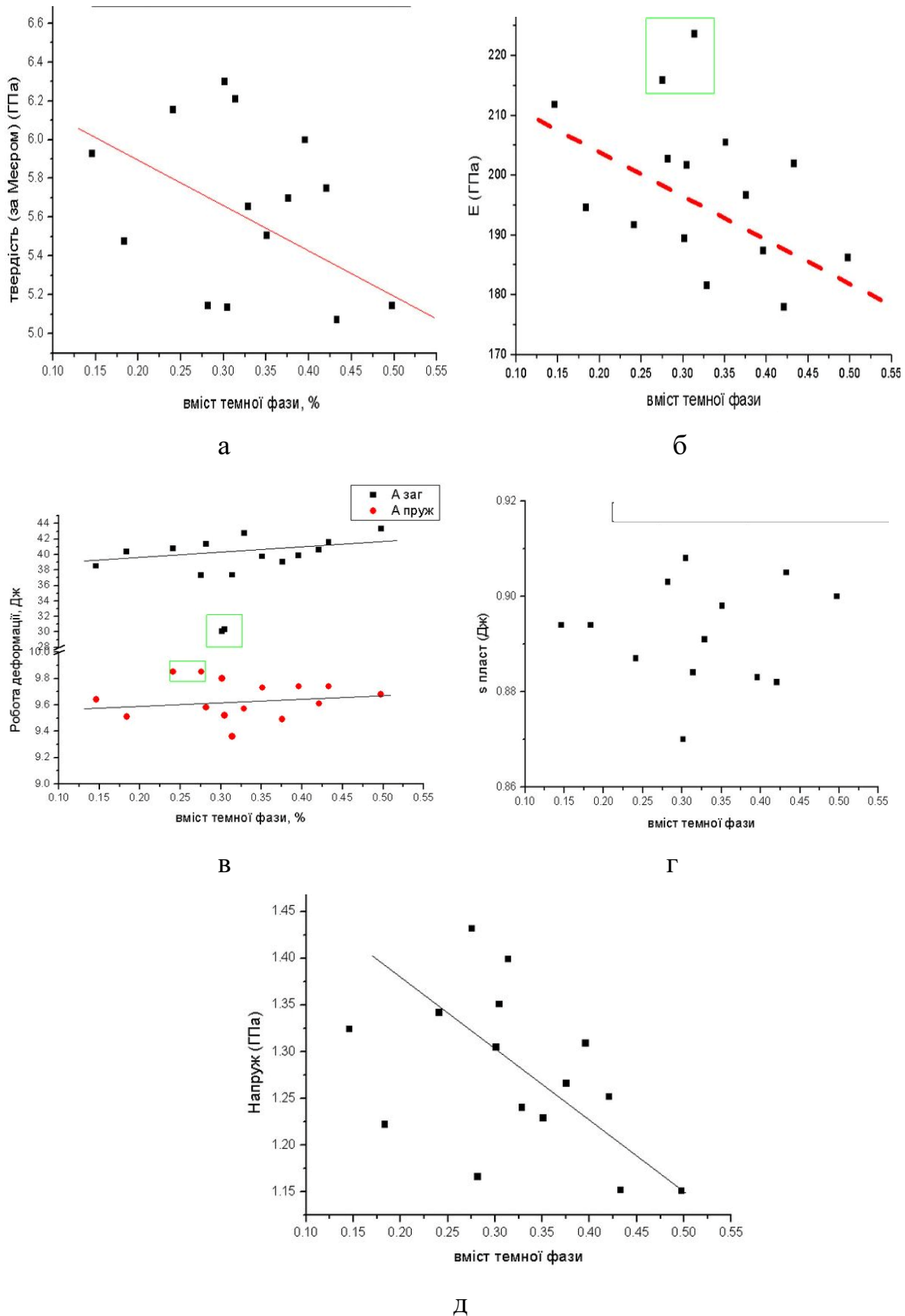


Рисунок 2.18 – Залежність мікро механічних характеристик наплавленого металу на основі кобальту від його структури: а – твердість; б – модуль Юнга; в - робота деформації; г - пластичність; д - напруження. Точки на діаграмах отримані в результаті обробки кривих, наведених на рис. 2.16 [20].

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обладнання, яке використовується при плазмовому наплавленні

Основні вузли і механізми обладнання для плазмового наплавлення. Для реалізації численних способів плазмового наплавлення було розроблено велику кількість різноманітного обладнання, яке випускалося промисловістю як в одиничних екземплярах, так і досить великими серіями. Як правило обладнання для плазмового наплавлення створюють на основі агрегатно - модульного принципу, тобто універсальні або спеціалізовані апарати і установки різного призначення компонують, в основному, з уніфікованих вузлів і блоків [13]. Основними вузлами обладнання для плазмового наплавлення є плазмотрон, механізми переміщення плазмотрона у вертикальній і горизонтальній площинах, механізм коливань плазмотрона, пристрій для подачі присадкового (електродного) матеріалу, апаратура харчування газами, шафа управління і джерело живлення. До складу установок для наплавлення можуть входити колона для монтажу основних вузлів, маніпулятор для обертання наплавлюючої деталі, пристрій для підігріву наплавлюючої деталі, автономний блок охолодження і тд

Плазмотрон являє я найважливішим вузлом наплавочного обладнання для плазмового наплавлення, визначаються всі його основні характеристики. Залежно від способу плазмового наплавлення (наплавка електродним або присадковим дротом, порошком, механізована або ручна) застосовують плазмотрони різної конструкції.

Коливальні механізми. У практиці промислового виробництва досить часто виникає необхідність проводити наплавлення деталей широкими валиками. Для отримання таких валиків застосовують поперечні коливання плазмотрона, завдяки чому вдається наплавляти за один прохід валики шириною до 50 мм і висотою до 6 мм.

Як показує досвід, при наплавленні валиків шириною до форми валика і обрисах зони проплавлення В цьому випадку для 20-25 мм характер руху плазмотрона мало позначається на формі валика і обрисах зони проплавлення. В цьому випадку для забезпечення поперечних коливань плазмотрона можна застосовувати кулачки - ексцентрики. При наплавленні більш широких верств ексцентрикові механізми не забезпечують постійної швидкості переміщення плазмотрона по ширині валика, в результаті чого) останній набуває сідловидну форму нерівномірним виходить також проплавлення основного металу.

Живильники для подачі присадкового порошку. У наплавлювальному обладнанні для плазмово - порошкового наплавлення живильник повинен забезпечувати високу стабільність подачі порошку в заданому діапазоні гранулометричного складу і масової швидкості подачі. В установках для наплавлення порошками застосовують пневматичні і пневмомеханічний живильники. [14]

В пневматичних живильниках порошок подається за рахунок розрідження, створюваного струменем транспортує газу в інжекторі. Порошок з бункера вільно прокидається в інжекційну камеру змішується з транспортує газом і в підвішеному стані подається по гнучкому трубці в плазмотрон. У деяких конструкціях живильників газопорошкова суміш утворюється безпосередньо в бункері живильника вихровим потоком газу, в інших при пробудженні порошку через сітки і т.п. і потім інжектуються транспортує газом. Як показав досвід, пневматичні живильники не забезпечують рівномірне подавання порошку, так як кількість подаваного в плазмотрон порошку в значній мірі залежить від його гранулометричного складу і від витрати транспортує газу.

У пневмомеханічних живильниках порошок дозується механічним способом (за допомогою обертового барабана, шнека і т.д.), а подається в плазмотрон потоком газу. Ці живильники в застосуванні більшої кількості мірою відповідають вимогам плазмово - порошкового наплавлення.

Апаратура живлення газами. Для живлення установок плазмового наплавлення газами проводиться за допомогою систем, що складаються з

газових балонів високого тиску, газових редукторів, ротаметрів і регуляторів тиску або витрати газів, газових шлангів. При плазмовому наплавленні присадковим (електродної) дротом апаратура харчування забезпечує подачу плазми утворюючого і захисного газів. При плазмово - порошковій наплавці, крім того подається газ, який транспортує присадний порошок. Джерела живлення електричного струму. Для харчування установок плазмового наплавлення застосовують серійно випускаються зварювальні випрямлячі з падаючої зовнішньої характеристики і напругою холостого ходу не нижче 60 В, наприклад, ВДУ 504, ВДУ 505, ВДУ 506, ВСВУ - 400, ВДУ - 1201 і т.п. [3]

3.1.1 Вибір установки.

Залежно від обсягів виробництва наплавляються деталей, вимог до рівня автоматизації технологічного процесу та інших факторів плазмової наплавки можна виконувати на універсальних установка, що дозволяють наплавляти деталі різної форми і розмірів, або на спеціалізованих установках, призначених для наплавлення деталей одного типу, - клапанів двигунів внутрішнього згоряння, дисків і сидел арматури, заготовок інструменту і т.п.[3].

Установка РМ-300 призначена для механізованого плазмово-порошкового наплавлення (ППН) плоских, торцевих, циліндричних і інших поверхонь різних деталей з метою захисту їх від зносу, корозії або надання їм спеціальних властивостей.

Наплавлення здійснюється високотемпературною стиснутою дугою, що одержується в плазмотроні з неплавким електродом. В якості присадкового матеріалу використовується дрібнозернистий порошок зносостійких, корозійностійких і інших сплавів на основі Fe, N і Co. Робочим газом служить чистий аргон (99,995% Ar).[4]

Параметри, що характеризують умови експлуатації:

Висота над рівнем моря, м до 1000

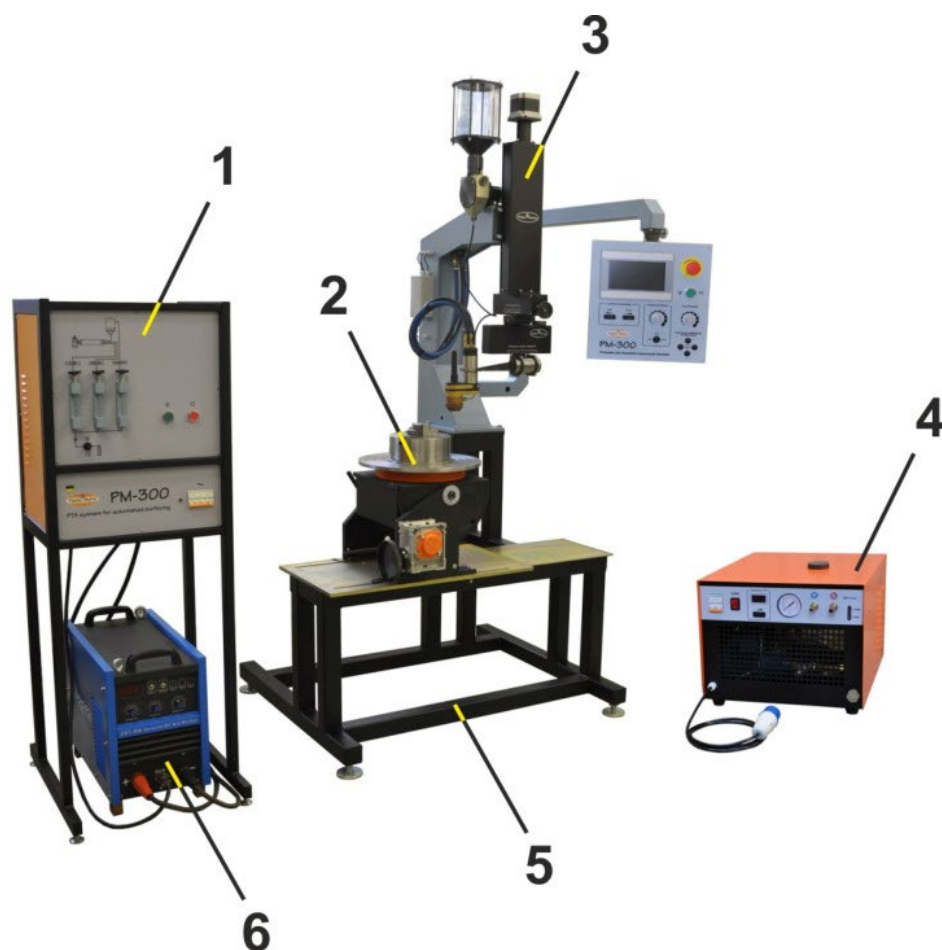
Температура навколишнього повітря, ° С 5 - 40

Відносна вологість при, %: $20^{\circ}\text{C} < 90$

$40^{\circ}\text{C} < 50$

Навколишнє середовище – не вибухонебезпечне, що не містить значної кількості агресивних газів і пари в концентраціях, що руйнують метал і ізоляцію, яке не насичене струмопровідним пилом і водяними парами.

До складу установки РМ-300 (Рисунок 3.1.) входять наступні основні вузли і комплекти:



1 - блок управління; 2 - обертач; 3 - наплавочний модуль; 4 - блок охолодження; 5 - станина;
6 - зварювальне джерело живлення

Рисунок 3.1 - Зовнішній вигляд установки РМ-300 [4].

3.1.2. Допоміжне обладнання при плазмовому наплавленні.

3.1.2.1. Коливальний механізм.

Механізм коливань змонтований на Г-подібній основі і складається з крокового двигуна марки FL57STH76-2804A, на вихідному валу якого

змонтований зубчастий приводний ролик, зубчастого ременя з натяжним пристроєм і рейкової направляючої з кареткою, на якій змонтований кронштейн для кріплення плазмотрона.

Коливальні рухи плазмотрона здійснюються за рахунок обертально-поворотного руху вала двигуна, яке передається каретці через зубчастий ремінь. Останній прикріплено до каретки спеціальної притискною планкою. Двигун управляється контролером, встановленим в блоці управління.

Ширина коливань і швидкість переміщення плазмотрона змінюються плавно в межах 0 - 50 мм і 0 - 50 мм/с, причому ширину коливань можна змінювати незалежно за рахунок зміщення лівої або правої межі валика в режимі online. Для цього на лицьовій панелі пульта управління є відповідні клавішні перемикачі.

Для розширення технологічних можливостей при наплавленні в коливального механізму передбачена можливість змінювати час вистою по краях валика в діапазоні 0 – 2.0с з дискретністю 0.1 с. Причому, їх можна змінювати незалежно як зліва, так і справа.

З метою полегшення настройки положення плазмотрона відносно поверхні наплавлення каретка механізму коливань має можливість переміщатися «вліво-вправо» на 120 мм. Швидкість переміщення каретки при вимкнених коливаннях 15 мм/с і 2,5 мм/с при увімкнених.

Залежно від попередньої настройки при виключенні коливань плазмотрон може зупинятися або по осі валика, що наплавляється, або в одному з крайніх положень. Для контролю положення плазмотрона є відповідна шкала на кришці механізму. Введення і контроль всіх параметрів механізму коливань здійснюється у відповідному вікні сенсорної панелі оператора на пульті управління.

Механізм коливань кріпиться до механізму поперечного переміщення за допомогою спеціального поворотного кронштейна.

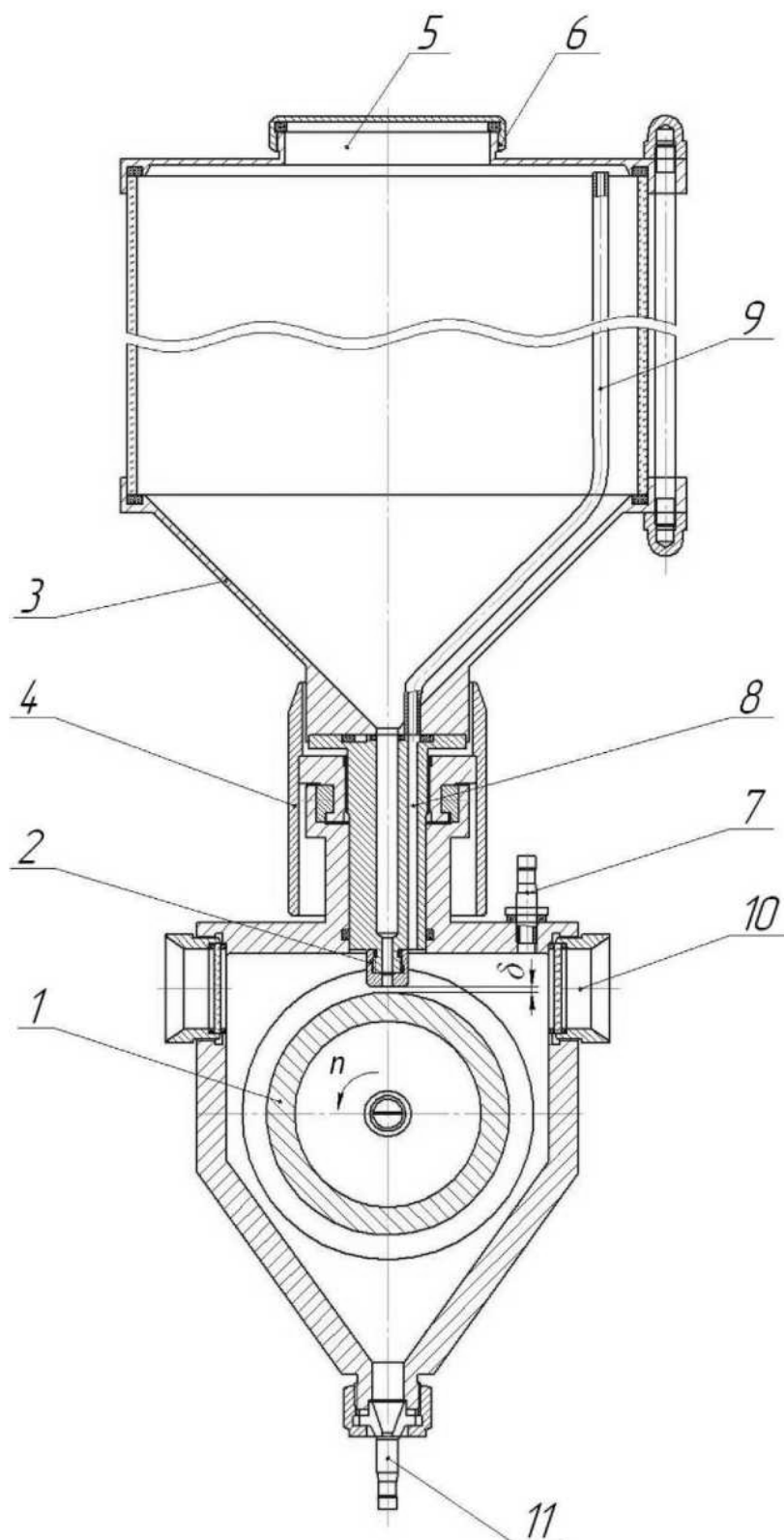
Всі коригування параметрів коливань і положення робочого інструмента можна проводити в процесі наплавлення або зварювання.[4].

3.1.2.2 Живильник для подачі порошку.

Порошковий живильник призначений для дозування і подачі присадкового порошку в зону наплавлення.

Складається (Рисунок 3.2.) з дозуючого пристрою, прозорого бункера і приводу у вигляді крокового двигуна марки FL57STH76-2804A. Дозуючий пристрій виконано у вигляді барабана з поздовжніми насічками 1 і вертикально розташованої над ним рухомий трубки 2, через яку порошок сиплеться з бункера 3 на барабан. Трубка жорстко пов'язана з бункером і переміщається разом з ним при регулюванні робочого зазору δ . Зазор регулюється за допомогою спеціальної гайки 4, на конічній частині якої нанесена відповідна шкала. За один оборот гайки трубка переміщується на 1 мм.

Барабан змонтований безпосередньо на валу двигуна. Витрати порошку регулюються грубо за рахунок зміни зазору між трубкою і барабаном і точно шляхом зміни швидкості обертання барабана П. Зазор встановлює діапазон, в межах якого плавно регулюється подача порошку. Діапазон регулювання зазору 0 - 3 мм, швидкості обертання барабана 0 - 30 об/хв. Для візуального контролю робочого зазору в корпусі живильника порошку передбачені оглядові вікна 10. Швидкість обертання барабана і тим самим подача присадкового порошку обчислюється контролером виходячи із заданих геометричних параметрів валика, що наплавляється і швидкості наплавлення. Для оперативного корегування подачі порошку в процесі наплавлення на лицьовій панелі пульта управління є відповідний регулятор. [4]



1 - барабан з поздовжніми насічками; 2 - дозуюча трубка; 3 - бункер; 4 - регулююча гайка; 5 - горловина; 6 - кришка; 7 - штуцер; 8 - канал для введення газу в бункер; 9 - трубка для подачі газу в бункер; 10 - оглядове вікно;

11 - штуцер для виходу порошку.

Рисунок 3.2 - Конструкція живильника порошку [4].

3.1.2.3 Джерела живлення електричного струму.

В установці РМ-300 в якості джерела живлення зварювальної дуги використовується тиристорний зварювальний випрямляч ВД-506Д, який розташовується між стійок під блоком управління. Управління зварювальним струмом здійснюється з пульта управління. [4]

3.1.3 Вибір плазмотрона

Модуль для наплавлення, що входить в комплект постачання, комплектується плазмотроном РР-6-03. Додатково установка може бути укомплектована іншими плазмотронами. Зміна одного плазмотрона на інший здійснюється разом з тримачем (Рисунок 3.3).

Всі плазмотрони працюють на струмі прямої полярності. В робочому режимі в плазмотроні горить тільки дуга прямого дії (електрод - виріб). Для полегшення її підпалу використовується допоміжна дуга непрямої дії (електрод - сопло), яка в свою чергу збуджується за допомогою блоку підпалу дуги. Після підпалу дуги прямої дії дуга непрямої дії та блок підпалу дуги вимикаються автоматично.

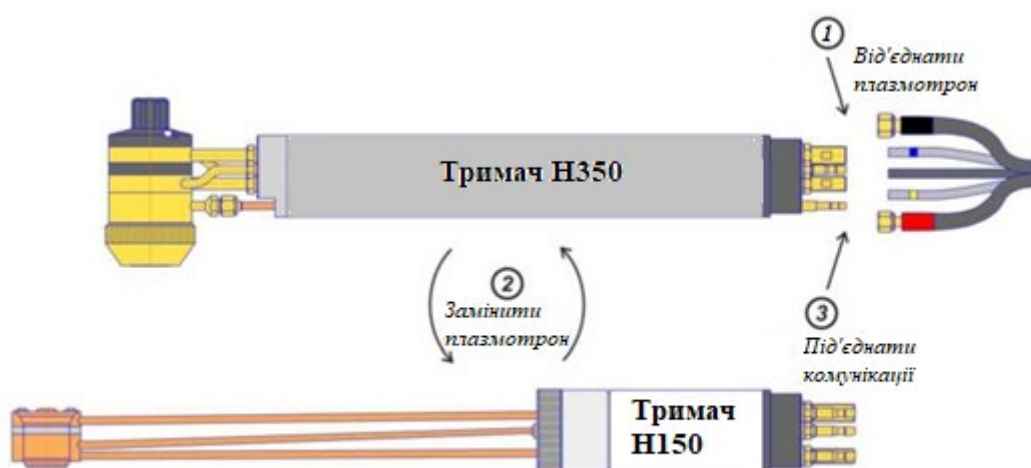


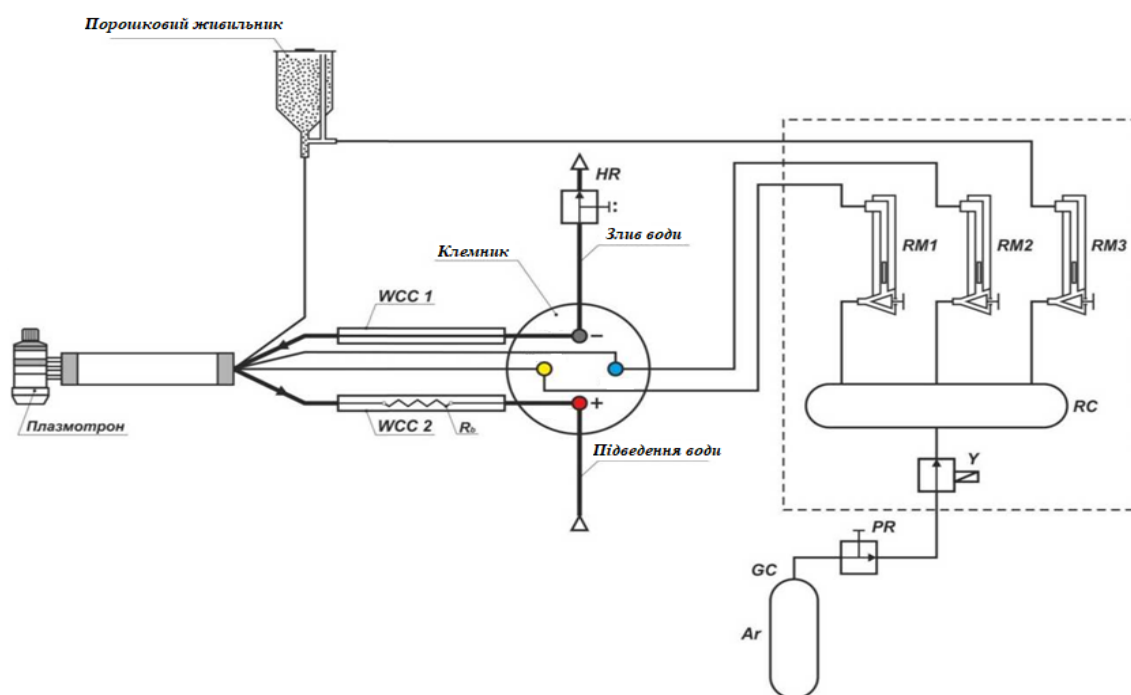
Рисунок 3.3 - Схема заміни плазмотрону [4].

Охолодження плазмотрона - водяне. Шланги, що підводять воду, використовуються також для підведення зварювального струму, для чого

всередині шлангів є гнучкі мідні дроти, припаяні до наконечників. Крім того, в шлангу, що живить непряму дугу, додатково вмонтовано обмежувальний опір номіналом 1,0 Ом. Він виконаний у вигляді ніхромової спіралі діаметром 8 мм, впаяної в розрив мідного дроту.

Для нормальної роботи плазмотрона потік охолоджувальної води повинен бути не нижче 2 л/хв., який контролюється гідравлічним реле, що розташоване в стійці модуля для наплавлення. Це значення встановлюється попередньо в контролері за допомогою сенсорної панелі оператора. Якщо охолоджуючий потік води нижче за це значення, контролер блокує підпал дуги. Контролер також вимірює поточну витрату охолоджуючої води.

У плазмотроні роль плазмоутворюючого, транспортуючого і захисного газу виконує аргон. Схема подачі газу і охолоджувальної води показана на Рис. 3.4



RM1-RM3 - ротаметри для регулювання і контролю витрат газу: RM1 - плазмоутворюючого; RM2 - захисного; RM3 - транспортуючого; GC - балон газовий; PR - редуктор газовий; Y - електропневмоклапан; RC - ресивер; R_b - баластний опір; HR - гідро реле; WCC1 (пряма дуга), WCC2 (непряма дуга) – водоохолоджувані струмопідводи.

Рисунок 3.4 - Схема подачі газу і охолоджувальної води до плазмотрону [4].

Плазмотрон з тримачем кріпиться до коливального пристрою за допомогою спеціального кронштейна, що дозволяє орієнтувати його щодо деталі в потрібному положенні. [4]

4. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Основні передумови для вибору технологічного процесу.

Технологія і техніка наплавлення повинні при максимальній продуктивності процесу забезпечити заданий хімічний склад і структуру наплавленого металу, а також хороше формування наплавленого шару. Хімічний склад і структура наплавленого металу визначають експлуатаційні властивості уточненої деталі, а при хорошому формуванні наплавленого шару зменшуються припуски і полегшується подальша механічна обробка деталей, поліпшується якість наплавлення.

Відомо, що найбільший ефект наплавлення дає в разі застосування високолегованих сталей і сплавів з особливими властивостями тільки для робочого шару деталі, а властивості міцності забезпечуються основним металом, в якості якого використовують нелеговані або низьколегованого низьковуглецеві конструкційні сталі. Таким чином, на відміну від зварювання, при якій метал зварного шва за хімічним складом, як правило, близький основного металу, при напавленні склад і властивості металу наплавленого шару в більшості випадків суттєво відрізняються від складу та властивостей основного металу, що часто ускладнює технологію наплавлення.

На хімічний склад наплавленого металу значний вплив мають параметри режиму наплавлення. Зміна цих параметрів впливає на частку основного металу в наплавленому γ_0 і на повноту протікання окислювально - відновних реакцій між розплавленим металом і навколишнім середовищем.

Якщо легуючий елемент не окислюється і не відновлюється в процесі наплавлення і надходить в зварювальну ванну тільки з електродного або присадочного матеріалу, що характерно для більшості способів плазмового наплавлення, то його зміст в i - м шарі можна розрахувати за рівнянням

$$R_H = R_{\gamma} - R_{\gamma_0}/i$$

де R_H - зміст легуючого елемента в наплавленого металу; R_{γ} - то ж в електроді;

γ_0 - частка основного металу в наплавленому.

При $0 < 0,1$, що також характерно для більшості способів плазмового наплавлення, вже в першому шарі вміст легуючого елемента в наплавленого металу практично мало відрізняється від його змісту в електродному (присадний) матеріалі. Це одне з найважливіших переваг плазмового наплавлення.

В даному розділі розглядаються основні особливості технологій різних способів плазмового наплавлення, наведені приклади застосування цих технологій при наплавленні різних деталей [3].

4.2 Технологія плазмово-порошкового наплавлення.

Області застосування розглянутого способу наплавлення визначаються наступними його особливостями:

- використанням в якості присадочного матеріалу порошків, що дає можливість механізувати наплавку зносостійких, жароміцних та інших високолегованих сплавів, з яких складно або неможливо виготовити електродний дріт;
- малим проплавленням основного металу, що дозволяє отримати вже в першому шарі, незалежно від його товщини, необхідний склад наплавленого металу і відмовитися в багатьох випадках від багатошарової наплавлення; завдяки цьому скорочуються витрати наплавлюючих матеріалів і час наплавлення;
- відмінним формуванням наплавлених валиків, стабільністю і хорошою відтворюваністю їх розмірів, в результаті чого скорочуються витрати на механічну обробку наплавлених деталей: малі припуски на обробку - це також один із шляхів економії наплавлювальних матеріалів; [3]
- можливістю змінювати в широких межах параметри режиму, багато хто з них незалежно один від одного, що надає процесу плазмового наплавлення велику гнучкість і дозволяє наплавляти як невеликі

деталі, на які потрібно нанести всього кілька грам сплаву, так і великі вироби, на яких маса наплавленого металу може складати десятки кілограмів, легкістю автоматизації процесу наплавлення.

4.2.1. Технологічні параметри та особливості технології плазово-порошкового наплавлення.

У загальному випадку процес плазово - порошкового наплавлення (ППН) характеризується наступними технологічними параметрами: силою струму дуги I , напругою U , швидкістю наплавлення v_n ; амплітудою коливань плазмотрона A , частотою коливань плазмотрона f , грануляцією порошку d , масової швидкістю подачі порошку $G_{\text{п}}$, плазмо утворюючих, що транспортує і захисним газами і їх витратою відповідно $q_{\text{пл}}$, $q_{\text{тр}}$, $q_{\text{з}}$, відстанню від плазмотрона до виробу h , діаметром внутрішнього $d_{\text{вн}}$ і зовнішнього сопел плазмотрона $d_{\text{н}}$, температурою підігріву наплавлюючої деталі $T_{\text{под}}$.

Одним з найважливіших достоїнств плазово - порошкової наплавки є можливість забезпечення вельми малого проплавлення основного металу, що вже відзначалася в перших публікаціях по плазово - порошковій наплавці. [15]

Авторами були проведені дослідження залежності величини проплавлення основного металу від найбільш важливих параметрів режиму. Крім чисто прикладного значення, ці дослід дозволили краще зрозуміти механізм утворення наплавленого шару при плазово - порошковій наплавці.

Сила струму дуги прямої $I_{\text{п}}$ дії має найбільший вплив на долю основного металу в наплавленому (рис. 4.1). Це особливо помітно при наплавленні з малою масовою швидкістю подачі порошку (до 2 кг / год.). При підвищенні швидкості подачі порошку воно проявляється в меншій мірі - діапазон сили струму, забезпечуючи допустиме проплавлення основного металу, розширюється. Діапазон сили струму при наплавленні Ni - Cr - Si - B - сплаву на низьковуглецеву сталь, при якому величина γ_0 знаходиться в межах 2-10%, наведено на (рис. 4.2).

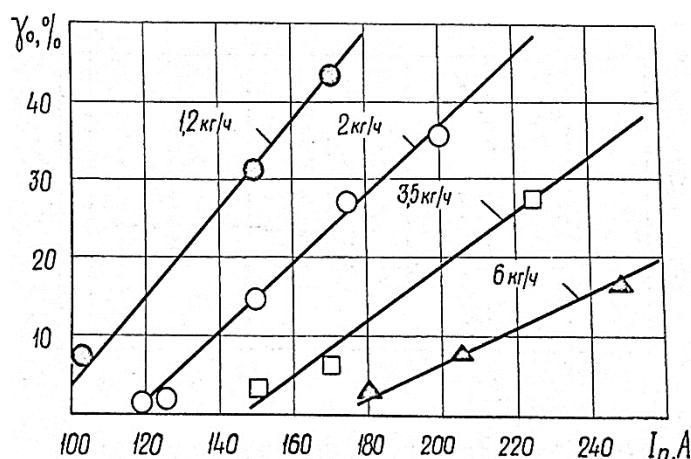


Рисунок 4.1 - Залежність частки основного металу γ_0 в наплавленому від сили струму дуги прямої дії I_n при різній продуктивності наплавлення

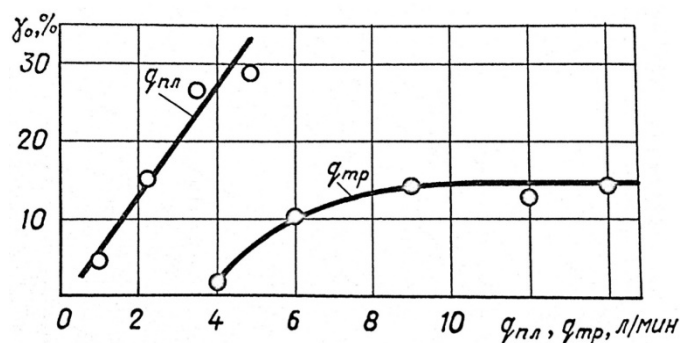


Рисунок 4.2 - Діапазон значень сили струму дуги прямої дії I_n , при яких частка основного металу в наплавленому шарі знаходиться в межах 2-10%

Струм непрямої дуги I_k практично не впливає на проплавлення основного металу, що добре узгоджується з результатами калориметричних досліджень. Помічено, однак, що при занадто малій I_k знижується стабільність роботи плазмотрона. При великих значеннях I_k сильно зростає теплове навантаження на плазмо утворююче сопло. З цієї точки зору існує деякий оптимальне значення сили струму непрямої дуги, що дорівнює 70-100 А.

Зі збільшенням витрати плазмо утворюючого газу $q_{пл}$ частка основного металу γ_0 в наплавленому збільшується (рис. 4.3). Вплив $q_{пл}$ на проплавлення основного металу пов'язане головним чином з тиском плазмової дуги на зварювальну ванну, так як Ефективна теплова потужність дуги при зміні в досліджених межах змінюється всього на 10-15% [16]. У той же час швидкість потоків плазми в дузі збільшується більш ніж в два рази. Очевидно, що витрата

плазмо утворюючого газу при наплавленні повинен підтримуватися по можливості малим. Його значення вибирають з умов забезпечення стійкості горіння дуги і стабільності процесу наплавлення. На практиці $q_{пл} = 1-2$ л / хв.

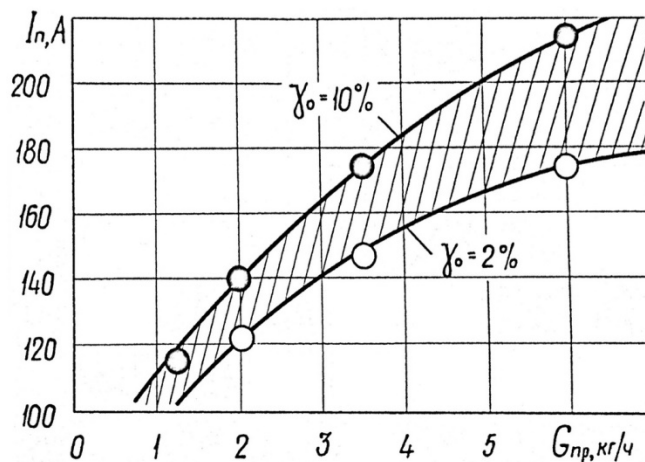


Рисунок 4.3 - Залежність частки основного металу γ_0 в наплавленому від витрати плазмо утворюючого $q_{пл}$ і транспортуючого $q_{тр}$ газу

Витрата транспортує газу $q_{тр}$ в межах 4-9 л / хв. впливає на частку основного металу в наплавленому валику γ_0 аналогічно плазмо утворюючому газу, але помітно слабкіше. Подальше підвищення $q_{тр}$ не призводить до збільшення проплавлення (рис. 4.3). Зіставляючи ці дані з результатами вимірів швидкості потоків плазми в дузі при різних витратах транспортує газу, легко переконатися, що і в цьому випадку спостерігається повна відповідність між впливом витрати аргону на швидкість плазми і на величину γ_0 .

Зі збільшенням витрати транспортує газу зростають втрати внаслідок підвищення початкової швидкості частинок і погіршення умов їх нагрівання в дузі. При малому порошку витраті транспортує газу (3-4 л / хв.) процес наплавлення часто порушується внаслідок забивання порошком каналів плазмотрона. Оптимальним вважається витрата транспортує газу в межах 6-9 л / хв.

Амплітуда і частота коливань плазмотрона в вивчених межах ($A=2,5-16$ мм, $f=8-87$ мин^{-1}) лише незначно впливають на проплавлення основного металу. Так, наприклад, при зміні амплітуди коливань в межах 2-16 мм величина γ_0 змінюється в межах 12-17%. На підставі цього амплітуду коливань

плазмотрона A слід вибирати виходячи з необхідної ширини наплавляючого валика, враховуючи, однак, що ширина валика перевищує величину A на 5-8 мм. Частота коливань повинна бути згодна зі швидкістю наплавлення таким чином, щоб крок коливань становив 2-5 мм.

При зміні відстані від плазмотрона до виробу h в межах 7-22 мм проплавлення основного металу зберігається практично постійним, що є важливою перевагою плазмового наплавлення. З огляду на, що зі збільшенням відстані h погіршується захист зварювальної ванни і зростають втрати порошку, рекомендують підтримувати його рівним 8-15 мм.

Величина γ_0 в значній мірі залежить від масової швидкості подачі порошку G_n (при постійних величинах інших параметрів процесу) (рис. 4.4). На практиці подача порошку вибирається одночасно зі швидкістю наплавлення, тому вплив цих двох факторів доцільно розглядати спільно.

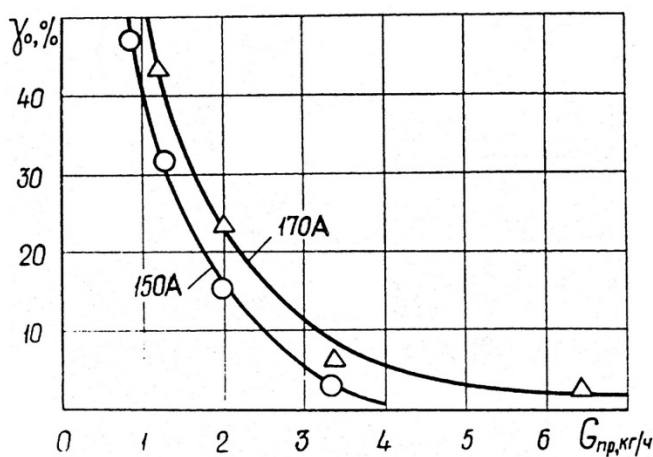


Рисунок 4.4 - Залежність доли основного металу γ_0 в наплавлюваному від масової швидкості подачі порошку G_n при $I_n=150$ і 170 А

При збільшенні швидкості наплавлення v_n в інтервалі 17-32 м / ч, величина якого залежить від сили струму, масової швидкості подачі порошку і амплітуди коливань, частка основного металу залишається майже незмінною, а потім знижується. При підвищенні швидкості наплавлення для збереження постійної товщини наплавленого стоячи необхідно збільшити швидкість подачі порошку. В цьому випадку для забезпечення плавлення більшої кількості

порошку необхідно також збільшувати силу струму дуги прямої дії. В результаті одночасного збільшення v_n , G_n і I_n (за умови збереження товщини наплавленого шару) зростає γ_0 . Звідси випливає, що продуктивність наплавлення шару певної товщини обмежена допустимою величиною γ_0 .

Зв'язок між товщиною наплавленого шару, часткою основного металу в наплавленому і продуктивністю наплавлення ілюструє (рис. 4.5). З нього видно, що наплавку шару Ni - Cr - Si - В - сплаву товщиною 1,0-1,5 мм можна виконувати з продуктивністю 1,0-1,5 кг / ч, якщо величина γ_0 не повинна перевищувати 15%. Наплавлення валиків товщиною понад 3 мм можна виконувати з продуктивністю більше 6 кг / ч при $\gamma_0=10\%$.

З наведених даних випливає, що вибір оптимальних режимів плазмово - порошкового наплавлення зводиться, в основному, до визначення сили струму дуги прямої дії I_n , масової швидкості подачі порошку G_n і швидкості наплавлення v_n . Значення інших параметрів режиму (I_k , $q_{пл}$, $q_{тр}$, h) повинні підтримуватися постійними в зазначених вище межах. Амплітуду поперечних коливань плазмотрона A встановлюють в залежності від необхідної ширини наплавленого валика, а частота коливань f визначається в залежності від швидкості наплавлення.

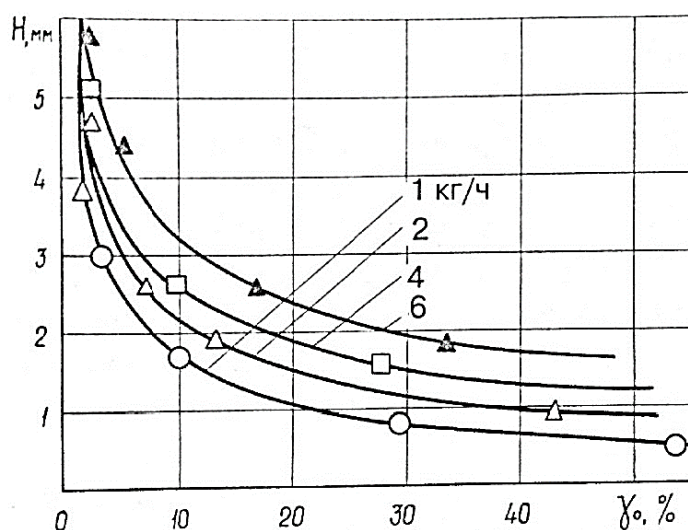


Рисунок 4.5 - Товщина наплавленого шару H і доля основного металу γ_0 в наплавленому при різній продуктивності наплавки

Для вибору значень $I_{\text{п}}$, $G_{\text{п}}$ і $v_{\text{н}}$ можна рекомендувати наступну методику. Залежно від заданої товщини наплавленого шару і допустимої величини γ_0 по графіку (див. рис. 4.5) визначають продуктивність наплавлення, т. е. величину масової швидкості подачі порошку $G_{\text{п}}$, а потім за графіками $I_{\text{п}}=f(G_{\text{п}})$ або $\gamma_0=f(I_{\text{п}})$ при $G_{\text{п}}=\text{const}$ (див. рис. 4.1 і 4.2) знаходиться потрібне значення сили струму. Отримане значення $I_{\text{п}}$ справедливо для наплавлення валиків шириною до 20 мм. У разі наплавлення валиків великої ширини необхідно силу струму обчислювати за формулою

$$I_{\text{п}}=I_{20}+\kappa(B-20),$$

де I_{20} - значення сили струму, знайдене графічно для $B = 20$ мм; B - ширина наплавляючого валика, мм; κ - емпіричний коефіцієнт, що дорівнює 3,5-4,0 А / мм.

При відомій продуктивності і заданих розмірах валика швидкість наплавлення може бути визначена за формулою

$$v_{\text{н}}=G_{\text{п}}/\rho\mu BH,$$

де $G_{\text{п}}$ - масова швидкість подачі порошку в г / с; ρ - щільність наплавленого металу, г / см³; μ - коефіцієнт повноти валика, при плазмово - порошковому наплавленні, рівний 0,8-0,85; B , H - відповідно ширина і висота наплавленого валика, см.

Розглянута методика вибору режимів наплавлення заснована на використанні емпіричних залежностей між силою струму, подачею порошку і часткою основного металу в наплавленому, в даному випадку це Ni - Cr - Si - В - сплав. Ці емпіричні залежності визначаються теплофізичними характеристиками наплавляється. З цієї причини при виборі режимів наплавлення для інших сплавів необхідно враховувати їх теплофізичні характеристики.

Характерні режими наплавлення деталей різної величини і форми наведені в (табл. 4.1).

Продуктивність наплавлення. При плазмово - порошкової наплавці зі збільшенням сили струму плазмової дуги продуктивність підвищується швидше, ніж при дугового наплавленні, що плавиться (рис. 4.6). Якщо форма і

розміри наплавлюючої деталі не обмежують силу струму наплавлення, то продуктивність плазмово - порошкового наплавлення шарів товщиною більше 3 мм обмежується тільки максимально допустимим робочим значенням сили струму плазмотрона і максимально можливою подачею порошку, тобто такою подачею, при якій не забиваються канали та сопла плазмотрона. Наприклад, для плазмотронів ПП - 6-01 ці значення становлять 400 А і 10 кг / год. [17]

Таблиця 4.1 - Режими плазмово – порошкового наплавлення деяких деталей

Параметр	Сідло засувки	Валик діаметром 200 мм	Шнек	Клапан дизельного двигуна	Клапан легкового автомобіля
Сила струму, А	180	300	60	100	80
Розхід плазمو-утворюючого газу (аргон), л/хв.	2	4	1,5	1,5	1,5
Розхід транспортуючого газу (аргон), л/хв.	6	8	5	5	5
Розхід захисного газу (аргон), л/хв.	20	20	15	15	12
Розмах коливання, мм	25	30	5	10	3
Швидкість наплавлення, мм/хв.	100	100	280	200	350
Продуктивність наплавлення, кг/год.	3,0	5,0	2,2	1,8	1,4

Продуктивність нанесення тонких шарів значною мірою залежить від допустимого розведення наплавленого металу основним.

Чим тонше шар і чим менше задана величина тим нижче продуктивність яка визначається масою наплавленого металу в одиницю часу. За - мабуть, в даному випадку більш правильною буде оцінка продуктивності по площі поверхні, що наплавляється в одиницю часу.

Втрати порошку. Не всі частинки порошку, що рухаються по периферії стовпа дуги, потрапляють в зварювальну ванну. Ті з них, які потрапляють, на наплавляється поверхню попереду або збоку зварювальної ванни, в результаті пружного відскоку від цієї поверхні безповоротно губляться. Втрати порошку будуть менше, якщо зварювальний ванна «підтікає» під дугу. Це спостерігається при хорошому змочуванні основного металу металом зварювальної ванни. при невеликій швидкості наплавлення, при наплавленні на спуск, при великій товщині наплавленого валика і т.д. Втрати порошку зростають, якщо плазмотрон розташовується або періодично підходить близько до крайки наплавлюючої деталі, якщо ширина підкладки менше діаметра сопла і т.д.

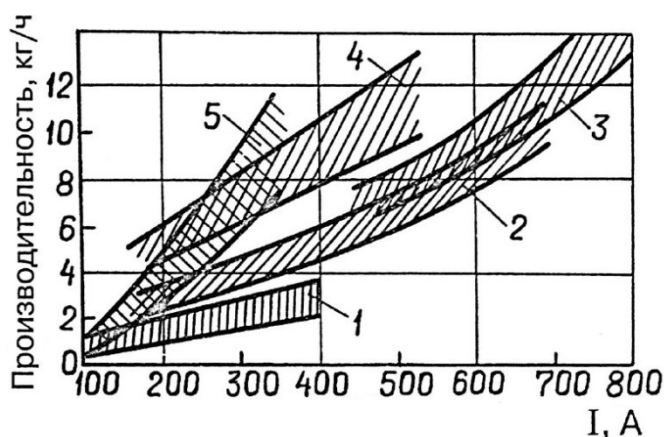


Рисунок 4.6 - Залежність продуктивності деяких способів наплавки від сили струму: 1 – дугова наплавка штучними електродами; 2 – Дугова наплавка суцільним дротом під флюсом; 3 – дугова наплавка самозахисною порошковою стрічкою; 4 – дугова наплавка самозахисним порошковим дротом; 5 – плазмово- порошкова наплавка

Звідси випливає, що втрати порошку залежать від багатьох параметрів режиму: I_p , v_n , $G_{пр}$, $q_{пл}$, $q_{тр}$, $d_{вн}$, d_n , і інші визначають характер руху і інтенсивність плавлення порошку в плазмовій дузі, розміри зварювальної ванни

і наявність прошарку рідкого металу під дугою. Однак з перерахованих параметрів на втрати порошку, головним чином, впливає сила струму $I_{\text{п}}$ і витрата транспортує газу $q_{\text{тр}}$ (рис. 4.7). При оптимальних режимах наплавлення вони не перевищують 5-8%.

Розміри і форму наплавлених валиків визначають в основному масової швидкістю подачі порошку, амплітудою поперечних коливань плазмотрона, швидкістю наплавлення і струмом дуги прямої дії (рис. 4.8). Вплив інших параметрів незначно.

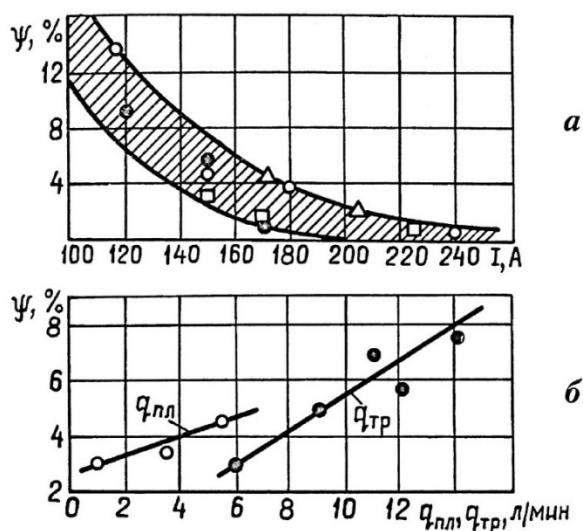


Рисунок 4.7 - Залежність коефіцієнту втрат порошку ψ від сили струму наплавлення $I_{\text{п}}$ (а) і розхід плазмоутворюючого $q_{\text{пл}}$ і транспортуючого $q_{\text{тр}}$ газів (б); при різній подачі порошку, кг/год: ● -1,2; ○ -2,0; □ -3,5; ▲ -6

Як показує досвід, товщина валика при одношарової наплавленні не повинна перевищувати 5-6 мм, інакше з'являються підкоміри і несплавлення по його краях. Мінімальна товщина наплавленого шару при $\gamma_0 \leq 10\%$ становить приблизно 0,5 мм (рис. 4.9). Наплавлення більш тонких шарів (0,25-0,30 мм) практичного застосування не отримала. Якщо допускається порівняно велика проплавлення основного металу, то плазово - порошкове наплавлення з малим посиленням валика не представляє будь-яких труднощів.

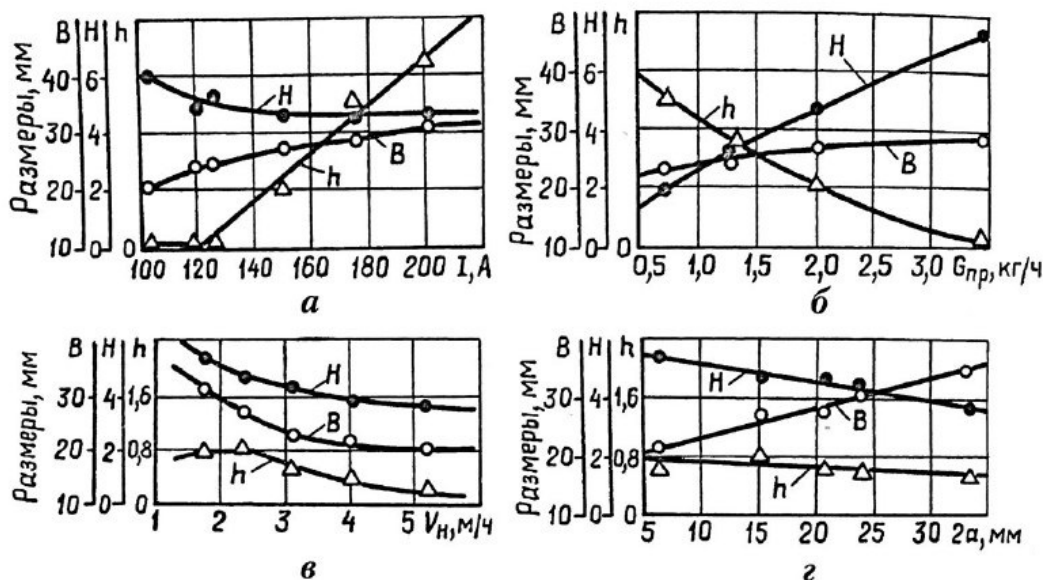


Рисунок 4.8 - Вплив сили струму наплавлення I (а), масою швидкості подачі порошку $G_{\text{пр}}$ (б), швидкість наплавлення $v_{\text{н}}$ (в), і амплітуди коливання A (г) на ширину B і висоту H наплавленого валика і глибину проплавлення h

Плазмово - порошкову наплавку, як правило, ведуть з поперечними коливаннями плазмотрона, тому ширина валика визначається, головним чином, амплітудою коливань і досягає 55-60 мм. При наплавленні без коливань ширина валика становить 3-6 мм в залежності від діаметру фокусуєчого сопла і сили струму.

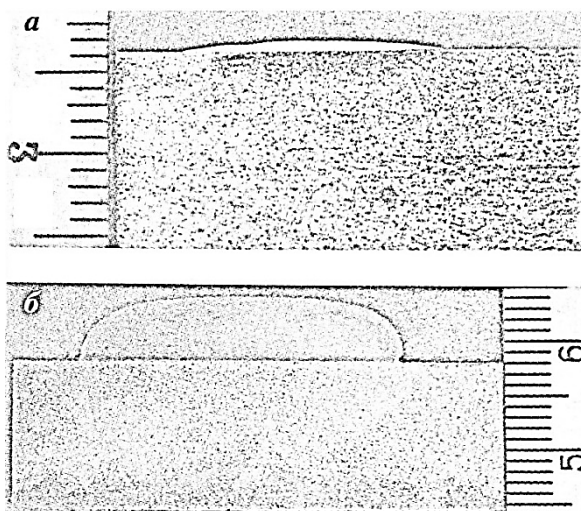


Рисунок 4.9 - Макрошліфи валиків, наплавлених плазмово- порошковим методом за один прохід мінімальної (а) і максимальної товщини (б)

Якість наплавленого металу. Завдяки малому проплавленню і незначного чаду легуючих елементів хімічний склад наплавленого металу вже в першому шарі відповідає складом присадочного порошку. Однорідність хімічного складу розпорошених порошків і висока стабільність режиму плазмового наплавлення забезпечують високу якість і однорідність хімічного складу наплавленого металу. Для мікроструктури металу, наплавленого плазмово - порошковим методом, характерна мала ширина перехідної зони від основного металу до наплавленого. У більшості випадків відзначається типова для наплавленого металу орієнтована структура. Однак, змінюючи відповідним чином ефективну теплову потужність плазмової дуги і гранулометричний склад порошку, можна придушити спрямований зростання стовпчастих кристалітів (рис. 4.10).

Якщо порошок складається в основному з дрібних частинок і тільки частково з великих, то перші розплавляються зварювальної ванні повністю, а другі - ні, виконуючи роль додаткових центрів кристалізації, наприклад, добавка до дрібнозернистому порошку ПР - 10Р6М5 (фракція 80-125 мкм) 15-30% порошку фракції 200-250 мкм викликає поява в зварювальної ванні додаткових центрів кристалізації (рис. 4.11, б). При частці цієї фракції менше 15% такий ефект практично непомітний з - за повного розплавлення невеликої кількості великих часток в плазмової дузі і зварювальній ванні. При змісті фракцій 200-250 мкм більше 30% для підтримки оптимальної форми валика необхідно підвищення сили струму, що призводить до появи в структурі наплавленого металу дендритів, орієнтованих в напрямку тепловідводу, хоча розмір цих дендритів і їх кількість менше, ніж в разі наплавлення порошком дрібнозернистих фракцій (рис. 4.11, а, б). При утриманні великих фракцій (0,315-0,4 мм) більше 30% прискорюється охолодження зварювальної ванни. Структура наплавленого металу помітно подрібнюється, а карбідна сітка стає дуже тонкою (рис. 4.11, в).

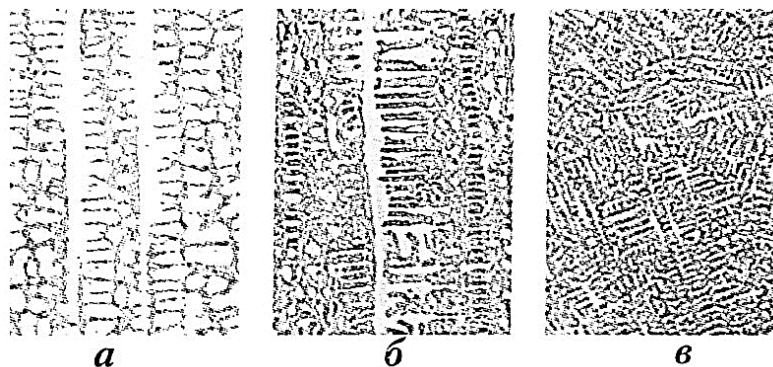


Рисунок 4.10 - Мікроструктура наплавляючого стеліта: а- ручне дугове наплавлення покритим електродом; б- плазмово- порошкове наплавлення, фракція порошка 200-250 мкм; в- теж, суміш порошоків двох фракцій -160-200 (70%) і 500-630 мкм (30%); х300

Вплив крупнозернистого порошку на структуру наплавленого металу в цьому випадку пов'язано тільки з його термічним впливом на зварювальну ванну, а саме, з місцевим переохолодженням і загальним зменшенням перегріву. За - мабуть, цей ефект можна значно підсилити, ввівши в порошок модифікатори. Введення в ванну модифікаторів через порошок має бути більш ефективним, ніж через плавиться електрод, так як в останньому випадку внаслідок сильного перегріву крапель електродного металу відбувається дезактивація модифікують присадок. [18,19]

Поява в наплавленого металу пір і неметалевих включень пов'язано або з поганою якістю присадочного порошку, або з незадовільною захистом зварювальної ванни. Спеціальної підготовки перед наплавленням для присадочного порошку не потрібно. Необхідно тільки перевірити гранулометричний склад порошку і просушити його, якщо перевищено термін гарантійного зберігання. Підготовка основного металу полягає в очищенні наплавляючої поверхні від іржі і забруднень, необхідно також не допускати надмірного її окислення при підігріві перед наплавленням.

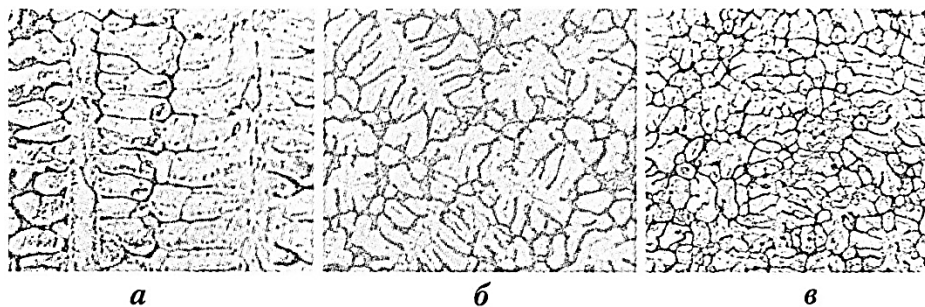


Рисунок 4.11 - Мікроструктура сталі 10P6M5, наплавлена порошком різних фракцій: а- наплавлення дрібнозернистим порошком, фракція 80-125 мкм; б- теж +30% фракції 200-250 мкм; в- теж +30% фракції 315-400мкм; х400

Для плазмово - порошкового наплавлення характерна менша схильність до утворення кристалізаційних тріщин, ніж для дугового наплавлення електродом, що плавиться, що пояснюється більш сприятливим термічним циклом, обумовленим, зокрема, поперечними коливаннями плазмотрона.

Як правило, плазмову наплавку порошком застосовують при виготовленні нових деталей, найчастіше замість ацетилен - кисневої або аргонодугового наплавлення з присадкою прутків або ручного дугового наплавлення. Однак у багатьох випадках вона, по - видимому, може успішно конкурувати і з механізованого дугового наплавленням. Цей спосіб наплавлення забезпечує значне (до 3-5, у деяких випадках - до 12 разів) підвищення продуктивності праці, зниження витрат наплавлювальних матеріалів і поліпшення якості наплавленого металу.

В Україні і Росії плазмово - порошкову наплавку застосовують для наплавлення ущільнювальних поверхонь арматури для теплових і атомних електростанцій, нафтохімічних підприємств і суднових установок: черв'яків екструдерів для переробки пластмас; деталей суднового устаткування; замків і муфт бурильних труб; деталей металургійного обладнання; пуансонів; металорізального інструменту; втулок циркуляційних насосів атомних реакторів та інших деталей. Для наплавлення використовують нікелеві і кобальтові сплави, леговані сталі, зносостійкі чавуни, бронзи та інші матеріали. плазмово - порошкову наплавку застосовують також у виробництві клапанів двигунів внутрішнього згорання різного призначення, починаючи з

клапанів двигунів легкових автомобілів (діаметр тарілки не більше 30 мм) і кінчаючи клапанами потужних суднових дизелів з діаметром тарілки більше 200 мм. [3]

При проведенні досліджень по темі використовувалась універсальна установка для плазово-порошкового наплавлення ОБ2184 на базі апарату А1756, яка була розроблена у від. № 2 ІЕЗ ім. Є.О. Патона (рис. 4.12 ;табл. 4.1).

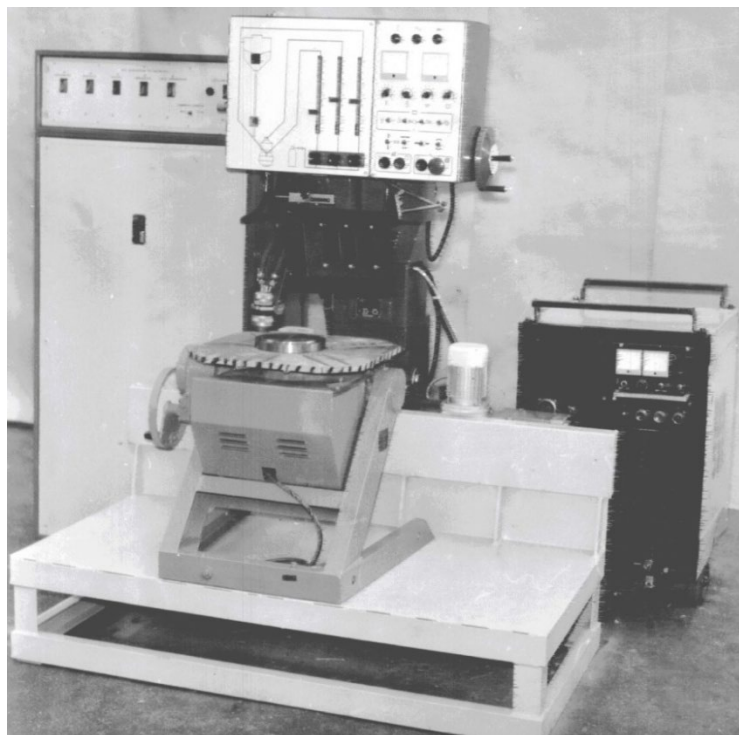


Рисунок 4.12 - Універсальна установка для плазово-порошкового наплавлення ОБ2184 на базі апарату А1756, яка використовувалась при проведенні досліджень

Таблиця 4.2 - Технічні характеристики установки ОБ2184 для плазово-порошкового наплавлення

№п/п	Параметр	Тип установки
1	Призначення установки	Універсальна
2	Струм наплавлення, ПР 100%, А, не більше	450
3	Межі регулювання подачі присадного	0,35-15
4	порошку, кг/год.	
5	Швидкість переміщення апарата, м/год.	3-6
6	Частота обертання планшайби, об/хв.	0,1-5
7	Розмах коливань плазмотрону, мм	25
8	Частота коливань плазмотрону, 1/хв.	8-120
9	Витрата газу, л/хв., не більше	20
10	Охолодження плазмотрона	Водяне, автономне
11	Габаритні розміри, мм: довжина x ширина x висота	1800 x1160 x1850
12	Маса, кг	800

4.3. Наплавлення шнека екструдера.

Підготовка порошку. Порошок піддають ситовій класифікації. Класифікацію проводять за допомогою сита з сітками № 080, 040 і 028.

Порошки сушать в сушильній шафі при температурі 130-150° С протягом 3-5 годин в деках з нержавіючої сталі.

Для цього використовується піч ПКО 1.2-200. Дана піч має нагрівачі у вигляді спіралей. Піч має гарну теплоізоляцію. Це дозволяє знизити втрати тепла та робить її достатньо економічною. Технічні характеристики печі ПКО 1.2-200 наведені у таблиці 4.3

Таблиця 4.3 - Технічні характеристики печі ПКО 1.2-200

Робочий діапазон температур, °С	Робочий простір		Габаритні розміри	Потужність/Напруга кВт/В	Маса, кг
	Об'єм, літр	Шир.×вис.×глиб. мм	Шир.×вис.×глиб. мм		
400...1200	200	500×630×650	1170×1150×1120	15/380	420

Підготовка поверхні деталі. Підготовці поверхні деталі до наплавлення надається першорядне значення, оскільки від її якості значною мірою залежить міцність зчеплення частинок порошку з поверхнею деталі.

Попереднє очищення. Деталь очищають від бруду, мастила та інших забруднень в миючих препаратах типу «Лобомід-102» та ін.

Даний миючий засіб призначено для попередньої і остаточної очистки від масел, консерваційних матеріалів, мастильно-охолоджуючих рідин, експлуатаційних забруднень, нагару, отверділих масел, бітуму та інших забруднень, для підготовки поверхні чорних і кольорових металів перед фарбуванням, нанесенням захисних, декоративних покриттів.

Дефекація. Технологічний процес, який носить назву дефекація, служить для оцінки технологічного стану деталей з послідуєчим їх сортуванням на групи придатності. В ході цього процесу проводиться перевірка відповідності

деталей технічним вимогам, викладеним в технічних умовах на ремонт або в керівництвах по ремонту, при цьому застосовується повний контроль.

Дефекація деталей це також інструментальний і багатостадійний контроль. Для послідовного виявлення не відновлюваних деталей із загальної маси застосовуються наступні стадії:

- З явними неусувними дефектами – візуальний контроль;
- З прихованими неусувними дефектами – неруйнівний контроль.

Процесі дефектації деталей використовуються наступні методи контролю:

- Органолептичний огляд (зовнішній стан деталі, наявність деформацій, тріщин, задирів, відколів і тд.);
- Інструментальний огляд за допомогою пристосувань і приборів (виявлення прихованих дефектів деталей за допомогою засобів неруйнівного контролю);
- Безшкальних мір (калібри і рівні).

Механічна обробка.

Для усунення дефекту деталі, потрібно зняти пошкоджений шар ролику 1мм, для цього використовуємо токарний верстат JET BD-3. Технічні характеристики приведені в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 - Технічні характеристики верстату JET BD-3

Напруга живлення	230 В
Споживана потужність	750 Вт
РМЦ	500 мм
Діаметр обробки над станиною	220 мм
Діаметр патрона	100 мм
Внутрішній отвір шпинделя	50 мм

Струменево – абразивна обробка. Перед наплавленням для очищення поверхні від оксидів і досягнення шорсткості поверхні $R_z = 10- 60$ мкм деталь піддаємо струменево – абразивній обробці. Обробку проводимо на напівавтоматі для абразивної обробки 487 Р НПО “ВИСП”. Твердість деталі не перевищує HRC 40, тому в якості абразиву використовуємо шліф-зерно

електрокорунду нормального марок 12А або 15А зернистістю 63Н. Приведемо у таблиці 4.5. рекомендований режим обробки для сталі такої твердості.

Таблиця 4.5. - Рекомендовані режими струменево – абразивної обробки.

Робочий тиск стиснутого повітря, МПа	0,6
Відстань від зрізу сопла до поверхні, мм	150
Кут нахилу сопла до поверхні, °	60-90
Витрати стиснутого повітря, м ³ /год.	300
Діаметр сопла, мм	8

Знежирювання поверхні. Загальне знежирювання поверхні деталі, конструкції або виробу здійснюється органічними розчинниками, миючими засобами, луговими розчинниками і різними емульсіями (табл. 4.6).

Таблиця 4.6. – Органічні розчинники

Характер забруднення	Метал деталі	Розчинник	Режим обробки		
			Температура, °С	Тривалість, хв.	
				Занурення	Витримки в парах розчинника
Робочі та консерваційні мастила	Всі метали, окрім титану	Тетрахлоретилен (токсичний)	121	не менш 0.5	0,5...5,0
	Всі метали окрім Ag, Ti, Al, Cu і її сплавів	Трихлоретилен (токсичний)	87	не менш 0.5	0,5...5,0
Полірувальні та шліфувальні пасти	Всі метали окрім Ti, всі поліровані покриття	Тетрахлоретилен, катіонат-10 мас. конц. 1..3 кг/м ³	121	не менш 0.5	0,5...5,0
	Всі метали окрім Ti, Cu і її сплавів, всі поліровані покриття окрім срібних, міді і мідних сплавів	Трихлоретилен, стабілізований, катіонат-10 мас. конц. 1..3 кг/м ³	87	не менш 0.5	0,5...5,0

Обираємо органічний розчинник тетрахлоретилен.

В технічно обґрунтованих випадках допускається проводити знежирення за допомогою щіток та іншого матеріалу, для протирання, змоченого бензином, розчинником або ацетоном.

Ізоляція. Заізолювати поверхню яка не буде наплавлятися. Для цього використовується пластичний компаунд на силіконовій основі виробництва «Максблок» США.

Наплавлення

Наплавлення на шнек проводять в наступній послідовності:

- підготовлену для наплавлення деталь закріплюють в спеціальному пристосуванні (обертачі);
- встановлюють задану дистанцію наплення між зрізом сопла плазмотрона і наплавлюючої поверхні шнеку за допомогою поперечної подачі. Збільшення дистанції наплавлення призводить до зниження міцності зчеплення підшару. Це пов'язано з тим, що при плазмовому напавленні, в результаті високого градієнту температур в плазмовому струмені, частинки, що наплавляються встигають охолоджуватися, при цьому різко знижується пластичність і здатність заповнювати мікронерівності поверхні підложки;
- проводять запуск плазмової установки при значеннях параметрів, що забезпечують малі електричні і теплові навантаження на плазмотрон;
- встановлюють технологічний режим наплавлення. Параметри режиму повинні забезпечувати гарне проплавлення частинок порошку та задовільні властивості покриття. Міцність зчеплення покриття з основою інтенсивно збільшується з підвищенням струму та напруги на дузі. З урахуванням можливостей джерела живлення можна вважати прийнятною величину сили струму 300 А. Збільшення напруги стримується можливостями установки. Цілком прийнятна величина напруги 250 В.
- подають порошок і при цьому обертають деталь зі швидкістю (12-15 об/хв.;)

При напавленні необхідно, щоб встановленні значення параметрів не змінювалися; плазмовий струмінь повинен бути стабільним, без пульсацій.

Транспортування порошку та його подача в плазмовий струмінь повинні виконуватися рівномірно, без утворення закупорювання отвору для подачі порошку.

В процесі наплавлення та по його закінченні візуально контролюється стан наплавлюючої поверхні: рівномірно матовий колір, відсутність сторонніх включень, тріщин, сколів, відшарувань, вздуття та місць перегріву.

Механічна обробка. Наплавлені поверхні підлягають механічній обробці, яка забезпечує шорсткість робочої поверхні $Ra = 0,32$ мкм. Для отримання такої поверхні виконуємо шліфування робочих поверхонь за допомогою стрічково - шліфувального верстата Grit GIS 75, характеристики якого наведені в табл. 4.7.

Шліфування виконується в три етапи: чорнове, чистове та фінішне(тонке). Чорнове шліфування виконується шліфувальною стрічкою RB 315X P100 до шорсткості оброблюваної поверхні $Ra = 1,13$ мкм. Чистове шліфування виконується стрічкою C-W P240 SAIT до шорсткості $Ra = 0,63$ мкм. Фінішне шліфування реалізується за допомогою стрічки C-W P400 SAIT до шорсткості $Ra \leq 0,32 - 0,16$ мкм .

Таблиця 4.7 - Характеристики стрічково - шліфувального верстата Grit GIS 75

Потужність, кВт	4
Швидкість обертання, об/хв.	3000
Розміри стрічки, мм	75×2000
Маса, кг	74

Контроль якості наплавлених покриттів. Вироби з покриттям піддають контролю по зовнішньому вигляду, товщині, геометричним розмірам.

Контроль по зовнішньому вигляду виконується з метою виявлення зовнішніх дефектів – сколів, відшарувань. Для цього використовують луп десятикратного збільшення ЛІ-3, ЛІ-4 по ГОСТ 8309-75, ГОСТ 7594-75.

Геометричні розміри деталі з покриттям вимірюються за допомогою лінійки (ГОСТ 427-75) та штангенциркуля (ГОСТ 166-80) та повинні відповідати вимогам креслення.

Товщину покриття на деталі вимірюють штангенциркулем (ГОСТ 166-80), мікрометром (ГОСТ 6507-78) та товщиномірами різноманітних типів. Похибка вимірювань всіх типів товщиномірів складає в середньому 10%.

Контроль мікроструктури здійснюють на зразках при збільшенні 250-1000 крат з метою виявлення нерівномірного розподілу включень, наявності несплошностей та забруднень.

Консервація виробу виконується шляхом обмашуванням деталі мастилами, які вибирає замовник із каталогів.

5.ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Метою цього розділу є розробка заходів з охорони праці при плазмово-порошковому наплавленні шнеків екструдера, проектування безпечного та надійного устаткування і технологічного процесу, що дасть можливість забезпечити нормальні умови праці, усунути небезпеку травматизму, професійні захворювання, пожежі, вибухи, аварії на об'єкті, що проектується.

5.1 Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Основними шкідливими та небезпечними факторами при наплавленні є:

Хімічні фактори — підвищений рівень зварювального аерозолю і газів у повітрі робочої зони і в зоні дихання наплавника.

Фізичні фактори — підвищена яскравість світла; підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання; підвищений рівень інфрачервоного випромінювання; підвищена температура поверхні обладнання, матеріалів; підвищена або знижена температура, відносна вологість та швидкість руху повітря на робочому місці наплавника; підвищений рівень шуму на робочому місці; недостатня освітленість робочої зони; небезпечний рівень напруги в електричному ланцюгу, замикання якого може відбутися через тіло людини; іскри, бризки і викиди розплавленого металу; системи, що знаходяться під тиском: більшим від атмосферного; рухомі машини та механізми; рухомі елементи виробничого обладнання; пересувні вироби, заготовки, матеріали; конструкції, що руйнуються; підвищений вміст позитивно та негативно заряджених іонів.

Психофізіологічні фактори — фізичне перевантаження: статична перенапруга; динамічна перенапруга; нервово-психічне перевантаження:

напруження зорових аналізаторів; нервово-емоційне напруження.

При плазмовому наплавленні порошком ПН-АН34 на зварника можуть діяти такі шкідливі і небезпечні фактори:

- шкідливі аерозолі;
- ультрафіолетове , видиме та інфрачервоне випромінювання;
- шум
- електричний струм;
- рухомі механізми;
- системи, які знаходяться під тиском, вищому від атмосферного.

При наплавленні в зону дихання зварника та інших робітників можуть потрапляти зварювальні аерозолі, а також токсичні гази. Кількість і склад зварювальних аерозолів, їх токсичність залежать від складу наплавних матеріалів.

Інтенсивність випромінювання дуги в оптичному діапазоні (ультрафіолетове, видиме інфрачервоне) і його спектр залежать від потужності дуги. При відсутності захисту можливі ураження органів зору та опіки шкіряних покривів.

Джерелами шуму при наплавочних роботах є:

- трансформатор;
- вентилятор, вмонтований в випрямляч;
- механізми переміщення і т.д.

Неправильне експлуатування електрообладнання або його несправність приводять до ураження електричним струмом.

Застосування в промисловості автоматів зменшує обсяг ручної праці та поліпшує її умови. Автомати знижують травматизм на підприємствах. Проте під час їх роботи можливий вплив на працюючих фізично-небезпечних виробничих факторів: рухомих пристроїв, пересувного матеріалу (виробів, заготовок, інструменту). Рухомі машини, механізми і вироби, при відсутності захисних пристроїв, можуть привести до травмування робітників. Для захисту від рухомих частин обладнання місця установки зазначеного обладнання необхідно огорожувати. Особлива небезпека виникає, коли існує можливість

захоплення одягу чи волосся працюючого рухомими частинами обладнання. Також небезпечними є затискувачі пристрої.

Мікроклімат

Суттєвий вплив на організм працівника, його працездатність здійснює мікроклімат (метеорологічні умови) у виробничих приміщеннях Системи вентиляції повинні забезпечувати в складально-зварювальних цехах (температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря), а також вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Такі цехи характеризуються незначним (менш 20 ккал/м³·год.) питомим надлишком тепла, яке впливає на зміну температури повітря. Цехи повинні бути забезпечені водяним обігріванням.

Мікроклімат у виробничому приміщенні в холодний період року не відповідає санітарним нормам, тому потрібно поліпшити умови праці за рахунок організації припливної вентиляції з калорифером.

Шкідливі речовини

Незалежно від кліматичних умов у робочій зоні виробничого приміщення вміст шкідливих речовин не повинен перевищувати ГДК.

Основним шкідливим фактором (ГОСТ12.1.005-88) при наплавленні є: забруднення повітря зварювальними аерозолями. При зварюванні нагріті до високої температури і тому більш легкі, ніж оточуюче повітря пари металів і компоненти зварювального матеріалу піднімаються над місцем зварювання і потрапляють в зону температур одного порядку з оточуючим повітрям, тому швидко конденсуються і твердіють (утворюється тверда складова зварювального аерозолі). Більшість частинок зварювального аерозолі (приблизно 90%) мають розмір менш 5мкм. При наплавленні в зону дихання працюючих можуть потрапляти зварювальні аерозолі, які містять у складі

твердої складової оксиди різноманітних металів, основні з них (марганець), а також токсичні гази (озон, оксид вуглецю, оксиди азоту).

Марганець у зварювальному аерозолі утворюється при плазмовому наплавленні сталей вміщуючи марганець чи при виконанні цих робіт дротами, до складу яких входить марганець.

Потрапляючи в організм людини через органи дихання чи травлення, оксиди марганцю викликають хронічні, а при високих концентраціях і гострі отруєння. Вони уражають центральну нервову систему, викликаючи в ній важкі органічні зміни. Крім того, зміни виникають в легенях, печінці. Характерні ознаки отруєння: головний біль, запаморочення, печія, болі в кінцівках. Гранично припустима концентрація марганцю і його сполук у перерахуванні на оксид марганцю в робочій зоні виробничого приміщення не повинна перевищувати $0,2 \text{ З мг /м}^3$ повітря, при концентрації 10 З мг /м^3 уже можливі гострі отруєння.

Оксид вуглецю – газ, що зустрічається всюди, де є умови не повного згоряння речовин, що містять вуглець. Систематичне перебування людини в зоні підвищених концентрацій може обумовити отруєння. Характерні ознаки отруєння – головний біль, біль у скронях, запаморочення, блювота, утрата свідомості.

Озон – газ, що утворюється в місцях електричних розрядів під дією ультрафіолетових променів при плазмовому наплавленні в середовищі захисних інертних газів.

Гранично припустима концентрація не повинна перевищувати $0,1 \text{ З мг /м}^3$ повітря. Перевищення припустимої концентрації впливає на органи дихання. Найбільш характерні ознаки отруєння: сухість у роті, загрудні болі, кашель, печіння в шлунку. Токсичність озону сильно підвищується при наявності в повітрі оксидів азоту: їх спільна дія на організм у багато разів сильніша, ніж окремо.

Повітря в робочій зоні не перевищує допустиму граничну концентрацію і умови праці відповідають II-му класу.

Шум

Граничні величини шуму на робочих місцях регламентуються ДСН 3.36.037-99. В ньому закладено принцип встановлення певних параметрів шуму, виходячи з класифікації приміщень за їх використанням.

Джерелами шуму при наплавлювальних роботах є:

- трансформатор;
- вентилятор, вмонтований в випрямляч;
- механізми переміщення.

Оскільки рівень звуку при роботі обладнання при допустимому значенні 80 дБ, становить 75 дБ (виробничий шум не перевищує встановлених норм), тому відпадає необхідність проведення заходів для зниження шуму, за часовою характеристикою шум є постійним та широкополосним.

Електробезпека

Широке використання в промисловості електричної енергії зобов'язує приділити увагу профілактиці електротравматизму. Неправильне експлуатування електрообладнання або його несправність приводить до ураження електричним струмом. При протіканні електричного струму через тіло людини може виникнути небезпека ураження його окремих органів або організму в цілому. Основними видами ураження є: опік електричною дугою; так званий удар при доторканні до струмоведучих частин; розрив тканин та ін. Велику небезпеку мають також місцеві підвищення температури на ділянках низько провідних електричних ланцюгів і спалахів, котрі можуть викликати пожежу або вибух.

Все устаткування для нанесення покриттів працює з напругою 220 чи 380 В. Тому небезпека завжди актуальна і виникає при торканні людиною незахищених струмоведучих частин трансформаторів, випрямлячів, електропроводів і іншого устаткування під напругою.

Все електроустаткування повинне відповідати ПУЕ-2017 "Вироби електротехнічні. Вимоги безпеки". Також виникає небезпека і при торканні частин устаткування, що не знаходиться під напругою, але випадково у результаті порушення чи ушкодження ізоляції знаходиться під ним. Опір ізоляції окремої ділянки мережі не менш ніж 0,5 МОм.

Для захисту від ураження електричним струмом корпус наплавлювальної установки необхідно заземляти. Послідовне включення в заземлюючий провідник декілька апаратів заборонена.

Окремі елементи зварювального ланцюга, відрізки зварювальних кабелів при нарощуванні потрібно з'єднувати роз'ємними з'єднувальними муфтами. Струмоведачі кабелі зварювального ланцюга повинні бути ізольовані по всій довжині і захищені від механічних пошкоджень. Забороняється залишати на робочому місці зварювальний інструмент, який знаходиться під напругою.

Приєднання і від'єднання від мережі плазмових установок, пере ввімкнення зварювального струму, рукоятками, розміщеними всередині установки, що не має блокування, а також спостереження за налагодженим станом установок в процесі експлуатування повинно проводитись електротехнічним персоналом. Персонал, що обслуговує плазмові установки, повинен періодично проходити інструктаж, щодо безпеки при користуванні електричним струмом і методів надання першої допомоги.

Освітлення приміщення

Природне освітлення:

На нашому місці природне освітлення – однобічне бокове.

Вікна виходять на захід.

Установка розміщена на відстані 2-х метрів від вікна.

Штучне освітлення:

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях для компенсації нестачі природного світла та для освітлення приміщень у темний період доби. Від того, наскільки кваліфіковано воно

спроєктовано залежить безпека праці та самопочуття працівників, продуктивність їх праці та якість продукції. Відомо, що раціонально виконане штучне освітлення приміщень при одній і тій же витраті електроенергії підвищує продуктивність праці на 15- 20%. Разом з тим неправильно вибране та недостатнє освітлення робочих місць може бути причиною функціональних зорових порушень у працівників.

Загальне освітлення (незалежно від системи освітлення) повинно відповідати встановленим нормам стосовно нерівномірності освітлення в зоні розміщення робочих місць. Відповідно до вимог відношення максимальної освітленості до мінімальної допускається не більше: для робіт I - III розрядів при люмінесцентних лампах – 1,5 , при інших джерелах світла – 2; для робіт IV-VII розрядів – відповідно 1,8 та 3. Підрозряд роботи зору – б (фон середній, контраст об'єкта з фоном – малий); Штучне освітлення здійснюється лампами освітлення люмінесцентного типу ЛД-40.

Технічні характеристики люмінесцентної лампи ЛД-40 наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Технічні характеристики люмінесцентної лампи ЛД-40

Потужність,Вт	Напруга мережі на лампі, В	Номінальний світловий потік, лм.	Колірна температура, К
40	220	2340	4000

Середній потік лампи нестабільний в світловому потоці тому приймаємо світловий потік рівний 2100 лм.

Визначимо кількість ламп на ділянці. Світильнику типу ЛП 002-4×40/П-02 з чотирма лампами ЛД-40, кожна знаходиться на висоті 3,5 метра над робочою поверхнею. Коефіцієнт запасу 1,8. Побілка в приміщенні ділянки світла ($\rho_{ст} = 70\%$, $\rho_{стіни} = 50\%$, $\rho_{підл} = 10\%$).

Табличне значення відповідає освітленості 100 лк, нормована освітленість становить 300 лк.

Метод світлового потоку. Основне розрахункове рівняння методу світлового потоку, за яким можна визначити світловий потік лампи світильника, має такий вигляд:

З метою оптимізації виробничого освітлення передбачають:

- обмеження прямої блискучості за рахунок добору світильників;
- очищення світильників, вікон від забруднень один раз на 3 місяці;
- фарбування стін титановими або цинковими білилами з високим коефіцієнтом відбивання для видимого світла за низьким коефіцієнтом для ультрафіолетових променів.

5.2 Нормативні вимоги безпеки та гігієни праці

На робочих місцях необхідно забезпечити достатній рівень природного й штучного освітлення. При наплавці для зварників – операторів і підручних існує загроза ураження електричним струмом, одержання опіків від випромінювання зварювальної ванни та інше.

Міри електробезпеки на ділянках і окремих робочих місцях при зварюванні в інертних газах й наплавленні повинні відповідати загальноприйнятим для зварювального виробництва машинобудівних заводів вимогам.

Необхідно також приймати додаткові заходи, враховуючи безпеку ураження рідким металом.

В зоні наплавки в навколишнє середовище виділяються шкідливі гази, аерозоль, променева енергія, тому гігієні праці при використанні зварних процесів необхідно приділяти належну увагу.

Це є основні завдання, які ми повинні вирішити при застосуванні зазначеної технології.

Горіння зварювальної дуги супроводжується випромінюванням видимих осліплюючі-яскравих світлових променів і невидимих для ока так званих

ультрафіолетових та інфрачервоних променів. Інтенсивність променистої енергії в основному залежить від зварювального струму і величини напруги.

Потужне ультрафіолетове випромінення спостерігається при зварюванні в середовищі захисного газу.

Видимі світлові промені осліплюють, оскільки яскравість їх перевищує фізіологічно допустиму норму. Короткі ультрафіолетові промені навіть при короткочасній дії можуть викликати електрофтальмію. Інфрачервоні промені головним чином здійснюють тепловий ефект, їх інтенсивність залежить від потужності дуги.

Інтенсивність випромінення зварювальної дуги в оптичному діапазоні і його спектр залежать крім потужності також від використаних матеріалів і захисного газу. При відсутності захисту можливі поразки органів зору (катаракта) і опіки шкіряних покривів.

Для захисту від випромінення дуги і зниження контрасту між дугою та оточуючими предметами інтер'єру приміщень, обладнання цехів і діляниць плазмових методів наплавлення необхідно фарбувати у світлі кольори (сірий, жовтий, голубий) з дифузійним відбиванням світла, з використанням цинкових і титанових білил і жовтого крону для поглинання ультрафіолетового випромінення. Місця виконання наплавлювальних робіт відкритою дугою слід огорожувати негорючими ширмами та щитами.

Незахищені ділянки тіла захищаються спеціальною робочим одягом, обличчя захищається щитком або шоломом, кінцівки рук - рукавицями, а очі – спеціальним склом-світлофільтром, вставленим в щиток або шолом.

В масках або шоломах між темним і прозорим склом повинен бути проміжок 0,5-1мм, щоб захищати очі від перегрівання.

Наплавлення може бути причиною травмування робітників, при цьому можуть мати місце пошкодження очей, опік тіла, поранень.

Для захисту тіла від опіків використовується спеціальний одяг та взуття. Одяг та рукавиці повинні бути справними. Одяг потрібно одягати з напуском брюк на взуття щоб не залишилось незахищених частин тіла.

Робітники повинні використовувати засоби індивідуального захисту:

- спецодяг (ТУ17-98-69-77);
- спеціальні рукавиці типу Тр;
- ручні або наголовні щитки з світлофільтрами С8;
- спеціальне взуття.

Для захисту людей не пов'язаних з наплавленням, робоче місце повинно бути огороженим екранами і ширмами висотою не менш 1,6 мм. Підлеглі зварника, які знаходяться недалеко від місця наплавлення або працюючих в недостатньо огорожених місцях зварювання, повинні використовувати відкидні маски і спецодяг. Підлога в приміщенні, де проводяться роботи, повинна бути виконана із негорючих матеріалів. Об'єм промислового приміщення на одного робітника не менш 15 м³, а площа не менш 4,5 м², виключаючи площу яку займає обладнання і проходи. Промислові приміщення, де виконуються складально – зварювальні роботи повинні відповідати вимогам, а також санітарним правилам № 1009-73.

5.3 Інженерні рішення для забезпечення безпеки обладнання

1. Для обслуговуючого персоналу, а також для всіх робітників, пов'язаних з експлуатуванням випрямляча, обов'язковим є дотримання правил технічного експлуатування електроустановок, вимог безпеки при експлуатуванні електроустановок

2. Допуск до експлуатування випрямляча дозволений людям відповідної кваліфікації.

3. Напруга в мережі є небезпечною, тому :

- корпус випрямляча надійно заземлений. Для цієї мети випрямляч обладнаний болтом заземлення із знаком „Земля”, розміщеним на задній стінці випрямляча.
- один із вихідних зажимів випрямляча, до якого під'єднується провід, що іде до виробу (зворотній провід), і зварювальний стіл також надійно заземлені.

4. Забороняється робота випрямляча без кожуха, з відкритими боковими стінками і переміщення випрямляча без відключення його від мережі.

Вентиляція

Складально-зварювальні цехи і дільниці потрібно забезпечувати місцевою і загально обмінною (припливною) вентиляцією. Приток повітря в холодний період року (зимній і перехідний) обов'язково механічним з підігрівом зовнішнього повітря, повністю компенсуючи об'єм видаленого повітря. Для цього використовується вентилятор Ц470 №3.2 з електродвигуном серії А02 потужністю 1,5 кВт, та калорифер КФС №6. В теплий період року потрібно забезпечити природне постачання зовнішнього не забрудненого вентиляційними і технологічними викидами повітря через віконні пройми.

Найбільш ефективним засобом для зниження концентрації забруднень у робочій зоні робітника є місцеві відсмоктувачі, які мають в порівнянні з витяжною загально обмінною вентиляцією такі переваги: а) локалізують шкідливі речовини безпосередньо в зоні їх виникнення, та запобігають

розповсюдженню їх по всьому об'єму промислового приміщення; б) завдяки близькому розміщенню до джерела шкідливих виділень місцеві відсмоктувачі можуть видаляти їх за допомогою мінімальних об'ємів повітря, що має велику економічну перевагу в порівнянні з загально обмінною вентиляцією.

Специфічною складністю устрою місцевих відсмоктувачів при наплавленні є необхідність створення певної швидкості повітря в зоні зварювальної дуги, ефективне видалення в процесі наплавлення шкідливих речовин що утворюються, не порушуючи газовий захист дуги (забезпечуючи одночасно високу якість зварного шва). В зв'язку з цим до місцевої вентиляції при зварюванні в середовищі захисного газу ставиться технологічна вимога щодо обмеження рухливості повітря в зоні дуги: при наплавленні бронзи в середовищі аргону не більше 0,5 м/с. Збільшення витрат захисного газу не

рекомендується, оскільки може призвести до роздування шкідливих викидів, а збільшення витрат відсмоктуваного повітря – до зниження якості шва.

При виконанні робіт в умовах цеху на стаціонарно розміщених зварювальних установках для очищення робочого простору від аерозолів, найбільш оптимальним буде застосування місцевої витяжної вентиляції.

Схема вентиляції яка використовувалася показана на рис. 5.1

Для покращення мікроклімату на робочому місці запропоновано поліпшену схему вентиляції: припливну з калорифером з повітрообміном, що дорівнює об'єму витяжного повітря рис. 5.2.

В теплий період року можливо знехтувати притоком, оскільки баланс здійснюється за рахунок використання вікон. При цьому отримуємо сприятливі умови праці.

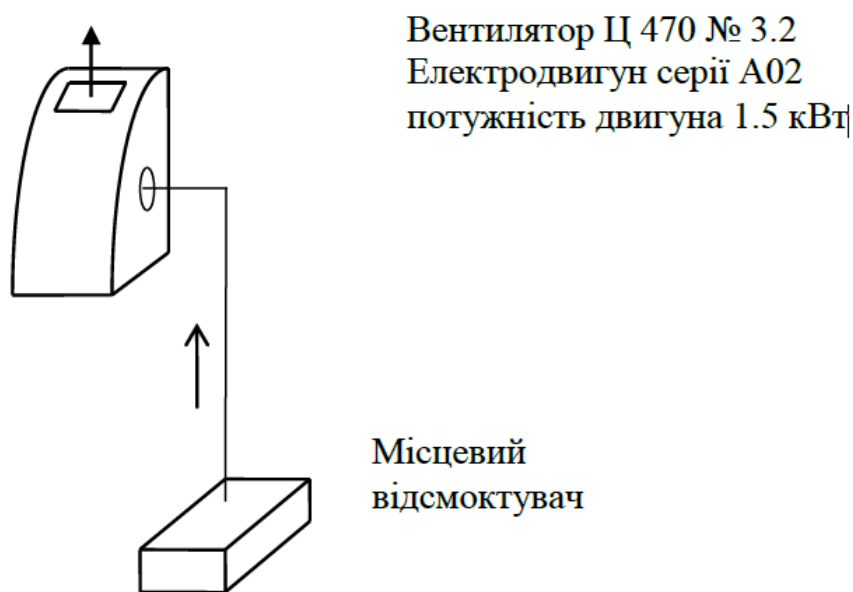


Рис.5.1 - Схема вентиляції яка використовувалася.

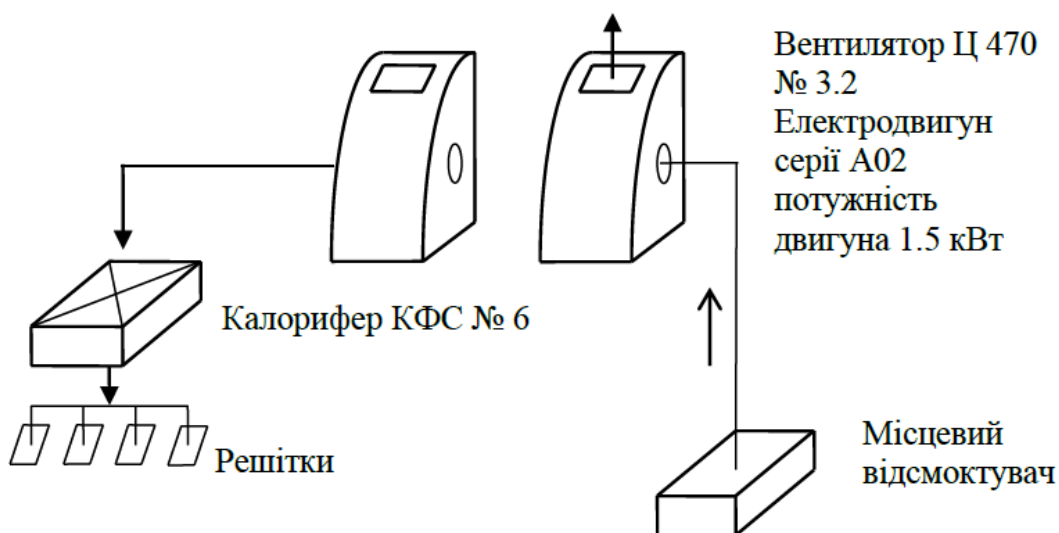


Рис.5.2 Схема вентиляції.

5.4 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

До видів небезпеки, що можуть статися на виробництві, належать: пожежа; вибух (усередині обладнання, будівлях або навколишньому середовищі); розрив або зруйнування обладнання; викид шкідливих речовин; сполучення перелічених видів небезпеки [35, 36]. З метою запобігання виникненню та ліквідації надзвичайних (аварійних) ситуацій на підприємстві має бути план локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій у відповідності до положення [35]. Під час аналізу небезпеки підприємства (об'єкта) потрібно визначити всі можливі аварійні ситуації і аварії, в тому числі й малоймовірні, з катастрофічними наслідками, які можуть виникати на підприємстві, розглянути сценарії їхнього розвитку і оцінити наслідки. Виявлення можливостей і умов виникнення аварій має виконуватись на основі аналізу особливостей роботи як окремого обладнання (апаратів, машин тощо), так і їх групи (технологічних блоків), а також з урахуванням небезпечних властивостей речовин і матеріалів (вибухопожежонебезпечних та шкідливих), що використовуються у виробництві. При цьому слід враховувати параметри стану речовин (температура, тиск, агрегатний стан тощо) і стан обладнання, які відповідають як нормальному технологічному режиму, так і режимам, які можливі при настанні й розвитку аварії.

5.4.1 Пожежна безпека

Зварювальні і інші огневі роботи повинні проводитися у відповідності з СНиП II-90-81, СНиП II-2-80, з типовими правилами пожежної безпеки для промислових підприємств. Цех і діляниця, де виконуються зварювальні роботи, відносяться згідно (ОНТП 24-86) до категорії Г виробництва за вибухопожежною небезпекою (негорючі речовини й матеріали у гарячому, розжареному, розплавленому станах, процеси обробки яких супроводжуються виділенням променистої теплоти, іскор, полум'я, горючі гази, рідини, тверді речовини, які спалюються чи утилізуються у вигляді палива).

У приміщенні виділяються (згідно з ПУЕ) клас II-IIa – зони приміщень, в яких є тверді або волокнисті горючі речовини.

Місця, відведені для проведення робіт, установки і обладнання повинні бути очищені від легкозаймистих матеріалів, що легко займаються, в радіусі не менш ніж 5 м.

Місця проведення наплавлювальних робіт повинні бути обладнані засобами вогнегасіння (сухий пісок, вогнегасники тетрахлорні, порошкові або вуглекислотні).

Ступінь вогнестійкості будівлі – I (не допускається поширення вогню на основні будівельні конструкції), мінімально допустиме обмеження вогнестійкості – 2,5год, максимально допустиме обмеження поширення вогню для внутрішніх стін – 25 см.

Категорія захисту від блискавки – I, від прямих ударів використовується стержневі блисковідводи.

Пожежна безпека забезпечується:

- запобіганням загоранню ізоляції при КЗ за рахунок максимального струмового захисту;
- запобіганням виникненню горючого середовища за рахунок надійної герметизації обладнання, обмеженням використання і зберігання вибухонебезпечних речовин;

- використанням пожежної сигналізації з датчиком (ІДФ-1, ДПД та ін.);
- використанням вогнегасників для класу пожеж Е типу УО, ОП-10А.

При організації технологічного процесу дотримуються усіх вимог електростатичної електробезпеки.

Рекомендоване періодичне очищення робочого місця цеху, апаратури від відходів, відкладення пилу, заміна ЛЗР і ГР на вогнебезпечні технічні миючі засоби.

Передбачені пристрої, які забезпечують обмеження розповсюдження пожежі.

Приміщення обладнується пристроями колективного та індивідуального захисту людей від небезпечних факторів пожежі і противодимного захисту.

Тип виконувannya електрообладнання в приміщенні повинен відповідати класу зони пожежо - і вибухобезпечності.

5.4.2. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

У випадку пробою електричної напруги на корпус зварювального агрегату необхідно відключити рубильник і довести до відома про це майстра або начальника дільниці.

У випадку потрапляння кого-небудь під напругу, необхідно відключити зварювальний агрегат від мережі, покласти потерпілого на дерев'яний настил, підклавши під голову ватник, викликати лікаря за телефоном 103 і, якщо це необхідно, зробити постраждалому штучне дихання.

У випадку загорання зварювального агрегату необхідно відключити рубильник і приступити до гасіння пожежі за допомогою вогнегасника.

Кожен робітник і службовець, що виявив пожежу або загорання, зобов'язаний:

– негайно сповістити про це в заводську пожежну охорону за телефоном 101;

– приступити до гасіння вогню пожежі наявними в цеху (на ділянці) засобами пожежогасіння (вогнегасник, пісок, пожежний кран тощо);

– викликати до місця пожежі посадових осіб (начальника цеху, ділянки).

У випадку одержання травми необхідно довести до відома про це майстра, начальника ділянки та звернутися в медпункт.

6. СТАРТАП ПРОЕКТ

6.1 Опис ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах нанесення покриття, було розроблено технологію, що може використовуватися в різних напрямках виробництва. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап-проекту, який визначить вигоди які може отримати користувач.

Таблиця 6.1 - Опис ідеї стартап-проекту.

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення більш продуктивного методу наплавлення деталі що зношується абразивним методом	Застосування для наплавлення плазмовим порошком	Дозволить виробництву більш якісно проводити відновлення деталей

Отже, пропонується нова технологія, що має підвищену ефективність, просту реалізацію, та має можливість удосконалення.

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

Визначено перелік наступних конкурентів:

Конкурент 1– ООО «Металізатор» м.Дніпро;

Конкурент 2– ООО «Стил ворк» м. Кривий ріг;

Конкурент 3– ООО «НВО Теплосила» м. Дніпро.

Таблиця 6.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

№ п/п	Техніко- економічні характеристик и ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів Технологія зварювання				W (слабк а сторон а)	N (нейт раль на сторо на)	S (силь на сторо на)
		Мій проект	Конку - рент 1	Конку- рент 2	Конку- рент 3			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Використання та компанування нестандартного обладнання	+	-	-	-			+
2.	Розробка креслень	+	-	+	+			+
3.	Продуктивність	+	-	-	-			+

Після порівняння характеристик проекту з конкурентами був визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик і властивостей ідеї потенційного товару, що є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності, а саме з таблиці 6.2 бачимо, що наш проект потребує менше витрат часу, більш універсальний порівняно з найближчими конкурентами та є більш продуктивним.

6.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту. Визначено технологічну здійсненність ідеї проекту, яка передбачає аналіз таких складових в таблиці 6.3

Таблиця 6.3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту.

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Створення більш продуктивного методу наплавлення деталі що зношується абразивним методом	Інженерні та конструкторські рішення	Наявні	Доступні
2	Використання більшої кількості оснащення у порівнянні з виробниками-конкурентами	Спеціальне устаткування	Наявні	Доступні

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що даний проект можна реалізувати тому що всі необхідні технології реалізації даних ідей наявні.

6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначаємо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації. Це дозволяє спланувати напрямки розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку, які наведені у таблиці 6.4

Таблиця 6.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту.

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	150
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Наявність креслень, представлення результатів проектування
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Не змінна
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	47%

За попереднім оцінюванням ринок має зростаючу динаміку і хороший попит на запропонований нами продукт, тому робимо висновок, що ринок є привабливим для входження.

Далі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл.6.5).

Таблиця 6.5 - Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту.

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Абразивне зношування	Машинобудування	- відновлення порошком, що має стійкість до абразивного зношування	- оперативність налаштування виробництва.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. Для попередження таких ситуацій необхідно якісне обладнання, а також виконувати роботи мають лише високо кваліфіковані робітники. Також, повинно бути своєчасне технічне обслуговування даного продукту (таблиця 6.6).

Таблиця 6.6 - Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Наявність більш дешевих технологій	Зацікавити потенційних клієнтів високою швидкістю виконання замовлення
2	Коливання курсу валют	Через зміну курсу може зрости вартість сировини, і собівартість може значно зрости.	Необхідно слідкувати за курсом валют, а також прораховувати всі можливі ризики, щоб вартість продукту, що початково зазначена, не була меншою за собівартість.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 6.7 - Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером.

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	«Металізатор», «Стил ворк» ,«НВО Теплосила»	«Plazma mastert»	Україна	Власники комбайнів та зернових транспортерів	Технології побудовані і за допомогою інших методів

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Поки проект не впроваджено в життя, це важко зробити точно, можна дати лише попередню оцінку конкурентоспроможності.

Таблиця 6.8 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності.

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Висока технологічність	Використання великої кількості автоматизованих комплексів
2	Висока якість	За рахунок високого рівня автоматизації
3	Висока продуктивність	Можливість одночасно розробляти замовлення на різних етапах виробництва

В таблиці 6.8 на основі аналізу проведеного в таблиці 6.7 визначили та обґрунтували фактори конкурентоспроможності нашого проекту.

Таблиця 6.9 - Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможнос ті	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з нашою технологією						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Висока технологічність	1						+	
2	Висока якість	1						+	
3	Висока продуктивність	0						+	

Таблиця 6.10 - SWOT- аналіз стартап-проекту.

Сильні сторони: - висока швидкість виконання замовлення; - відповідність конструкції всім нормативним вимогам; - продуктивність;	Слабкі сторони: - висока вартість автоматизованих комплексів та допоміжного обладнання - досить великі витрати часу для облаштування обладнання на конструкцію - висока вартість ремонту у випадку поломки
Можливості: - попит; - корисність;	Загрози: - конкуренція

В таблиці 6.10 проводимо перелік сильних та слабких сторін. А також ринкових загроз та ринкових можливостей який складаємо на основі факторів загроз і можливостей який ми складали раніше. Ринкові загрози та можливості на відміну від факторів ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

Таблиця 6.11 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту.

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	75%	1 рік
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	40%	1 рік

Проводимо аналіз розроблених нами альтернатив ринкового впровадження і з зазначених альтернатив обираємо ту яка має найбільшу ймовірність отримання ресурсів, а також є найшвидшою в реалізації. Отже обираємо стратегію нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу наявними ринковими можливостями.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті розроблений технологічний процес підвищення термінів експлуатації шнека екструдера за рахунок наплавлення на робочу поверхню порошок ПН-АН34 плазмово – порошковим наплавленням.

Дослідили структуру порошку ПН-АН34 після його наплавлення на метал.

Проведемо аналіз умов роботи, види зношування і причини виникнення дефектів та напружень; вибраний доцільний спосіб підвищення зносостійкості плазмовим – порошковим наплавленням.

Було вибране основне технологічне обладнання. Розроблені операції технологічного процесу.

Розглянуті питання щодо охорони праці при проведенні технологічного процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зносостійкість деталей екструдерів і термопластавтоматів в абразивному середовищі / Під загальною редакцією В.Г.Каплуна. – ХНУ.– 2014.–244с..
2. http://metallischekiy-portal.ru/marki_metallov/stj/38X2MYA.
3. Гладкий П.В., Переpletчиков Е.Ф., Рябцев И.А. – Плазменная наплавка. – К: «Екотехнологія», 2007. – 292 с..
4. РМ-300 инструкция по эксплуатации RUS (КПИ) Plasma Master.
5. Лебедев Б.Д. Терминология процессов сварки с использованием присадочного материала. / Сварочное пр-во. – 1980. - №5. - 43с.
6. Хасуй А. Техника напильника. / М.:Машиностроение, 1975. – 288с.
7. Плазменная наплавка роликов проводковой арматуры стана 600 / П.В. Гладкий, Е.Ф. Переpletчиков, И.И. Фрумин и др. / Автоматическая сварка. – 1969. – №4. – С.66-68.
8. Уеда М., Нотоми Х., Кусано Т. Способ наплавки твердого поверхностного слоя / заявка 56-144865. – Япония – Опубл. 11.11.81.
9. Гладкий П.В., Переpletчиков Е.Ф., Сом А.И. Порошки для плазменной наплавки / 1967. – 19. - №12.
- 10.Плазменная наплавка сплавов на основе меди / Л.А. Чкалов, П.В. Гладкий, И.И. Фрумин, В.А. Кузнецов / Автоматическая сварка. – 1981. - №10. – С. 39-41.
- 11.Новожилов Н.М. Основы металлургии дуговой сварки в активных защитных газах. – М.: Машиностроение, 1972. – 167 с.
- 12.Петров Г.Л. Сварочные материалы. – Л.: Машиностроение, 1972. – 280с.
- 13.Чвертко А.И. Основы рационального проектирования оборудования для автоматической и механизированной электрической сварки и наплавки. – Киев: Наукова думка, 1988. – 240с.
- 14.Усов Л.Н., Борисенко А.И. Применение плазмы для получения высокотемпературных покрытий. – М.-Л.: Наука, 1965. – 85с.
- 15.Гладкий П.В., Фрумин И. И. Плазменная наплавка / Автоматическая сварка. - 1965. - №3. – С.23-27.

- 16.Переpletчиков Е.Ф., Гладкий П.В. О влиянии параметров плазменно-порошковой наплавки на проплавление основного металла / Високопроизводительные процеси наплавки и наплавочные матеріали. – Коммунарск, 1973. – С.19-25.
- 17.Сом А.И. Новые плазматрони для плазменно-порошковой наплавки / Автоматическая сварка. - 1999. - №7. – С.44-48.
- 18.Мовчан Б.А., Кушниренко Б.Н. Сварка аустенитной стали с независимой присадочной проволоки / Автоматическая сварка. – 1960. - №2. – С.89-91.
- 19.Овсиенко Л.Е. Влияние нерастворимых примесей на кристаллизацию и структуру металлов. Кристаллизация металлов. – М.:Изд-во АН СССР, 1960. – С.76-86.
- 20.Рябцев И.А. Отчет промежуточный . – 2017. С.5-40.

Додатки