

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

**Інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона
Кафедра смарт технологій з'єднань та інженерії поверхонь**

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ І.В.Смирнов
«___» _____ 2021р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Автоматизовані технологічні системи у зварюванні»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»
на тему:
«Обладнання для плазмової сфериодизації порошкових матеріалів»**

Виконав:
студент IV курсу, групи ЗА-71
Ільїн Д.В.

Керівник:
Доцент, к.т.н., Мінаков С.М.

Консультант з охорони праці:
Зав. каф. Охорони праці, промислової та цивільної безпеки,
Д. т. н., проф., Левченко О.Г.

Рецензент:
Доцент, к.т.н., Стреленко Н.М.

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2021 року

Анотація

Ключові слова: зварювання, технологія, адитивність, металеві порошки, сфероїдизація, установка, аналіз, метод, розробка, спроектовано.

Дипломний проект присвячений розробці корпусу реактору дослідницької установки для сфероїдизації металевих порошків. Проведено аналіз існуючих адитивних способів виготовлення певних конструкцій та методів отримання сфероїдизованого металевого порошку, як ключового елементу в виготовленні конструкцій. Запропоновано та спроектовано корпус реактора дослідницької установки для сфероїдизації металевих порошків. Спроектовано систему рідинного охолодження реактору та систему відкачування повітря й відпрацьованого, в процесі утворення плазми, газу. В конструкцію реактора враховано можливість його обслуговування з середини. Спроектовану рухому раму конструкції. Розроблено комплекс заходів з охорони праці для запобігання надзвичайних ситуацій.

Обсяг пояснювальної записки: 72 сторінок, кількість ілюстрацій: 84.

Annotation

Key words: welding, technology, additivity, metal powders, spheroidization, installation, analysis, method, design, designed.

Diploma project of dedicated to the development the reactor vessel of experimentally installation for the spheroidization of metal powders. An analysis of the existing additive methods of preparing singing constructions and methods of rejecting a spheroidized metal powder, which is a key element in the preparation of constructions, has been carried out. Proponent and designed the reactor vessel of the pre-slidnitsky installation for the spheroidization of metal powders. The system of separate cooling to the reactor and the system of evacuating the gas, in the process of establishing the plasma, was designed. In the design of the reactor, the possibility of servicing from the middle is guaranteed. Rough frame design is designed. A complex of entries from the protection of the law has been broken up for the protection of oversight situations.

Explanatory notes: 72 pages, number of illustrations: 84.

ЗМІСТ

ВСТУП

1. ЗАГАЛЬНИЙ АНАЛІЗ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	9
1.2 Аналіз способів виробництва металевого порошку та методи його сфероїдизації.....	14
1.3 Завод порошкової металургії АО “ПОЛЕМА”.....	27
2. ПРОЕКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ КОРПУСУ РЕАКТОРА ДЛЯ СФЕРОЇДИЗАЦІЇ МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ.....	31
2.1 Склад установки.....	31
2.2 Технічна реалізація проекту.....	33
2.2.1 Корпус реактора.....	33
2.2.2 Система охолодження реактора.....	39
2.2.3 Механізм кріплення реактора.....	45
2.2.4 Конструктивна особливість переміщення установки.....	52
2.2.5 Рама.....	54
2.2.6 Вібромеханізм.....	58
3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	60
3.1 Аналіз небезпечних факторів виробництва.....	60
3.2 Нормативні вимоги безпеки та гігієни праці.....	62
3.3 Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці.....	65
3.4 Пожежна безпека.....	66

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Обладнання для плазмової сфероїдизації порошкових матеріалів	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Ільїн Д.В.						
Перевір.		Мінаков С.М.						
Н. Контр.		Спіріна К.О.				КПІ ім. Ігоря Сікорського ІМЗ ЗА-71		
Затверд.		Смирнов І.В.						

ВСТУП

На сьогоднішній день, одним з двигунів науково-технічної революції являються адитивні техноогії. Адитивною технологією називають таку технологію в якій передбачено пошарове нарощування заданого об'єкта. Найяскравішим прикладом виконання такого технологічного процесу можна вважати так звані 3D принтери. Батьком технології 3D принтера вважають американця Чарльза Халома,



Рисунок 1 - Чарльз Халом [1]

а дату появи на світ пристрою, котрий змінить погляд людей на виробництво, 1986 рік- рік оформлення патента. Основна відмінність сучасних 3D принтерів один від одного це метод позиціювання друкувальної головки. Загалом їх розрізняють 2:

- декартова: друкувальна головка, або основа моделі рухаються по взаємно-перпендикулярних напрямних.
- стереолітографія: модель/зразок нарощується шар за шаром з рідкого фотополімеру, або порошку. При цьому джерело енергетичного випромінювання формує на поверхні опрацьованого матеріалу шар розроблюваного об'єкта, немов

би його розріз. Після чого цей розріз занурюється на глибину одного шару й джерело енергетичного випромінювання переходить до наступного послідовного формування розрізу.

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		

1.ЗАГАЛЬНИЙ АНАЛІЗ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Важливу нішу в цій всій справі посіли лазерні адитивні технології:

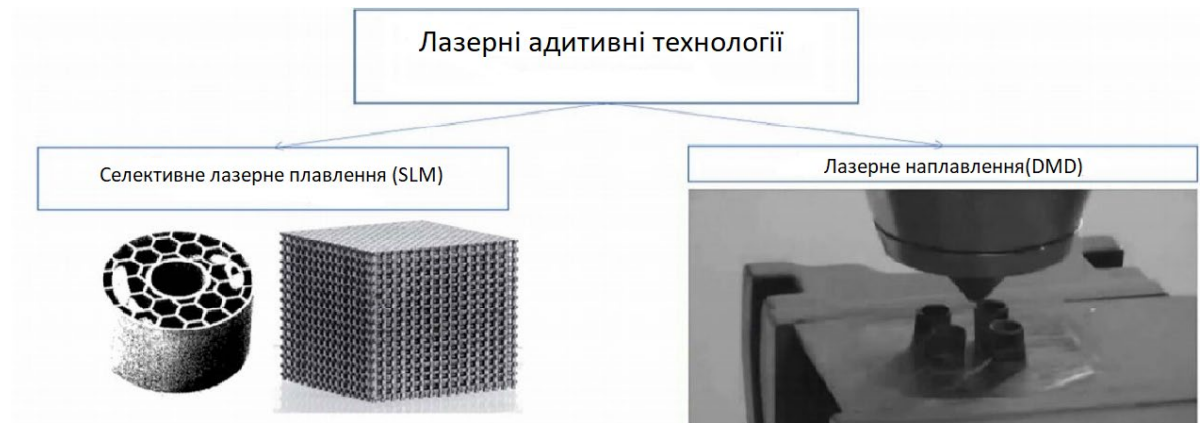


Рисунок 1.2 - Лазерні адитивні технології [2]

-DMD (Direct Metal Deposition) лазерна наплавка. Принцип виготовлення деталі полягає в тому, що металевий порошок підводиться з камери подачі до струменя інертного газу, котрий впорскується в динамічну область розплавлення. Надалі пучок лазера, координований комп'ютером, переміщується відповідно до геометрії деталі.

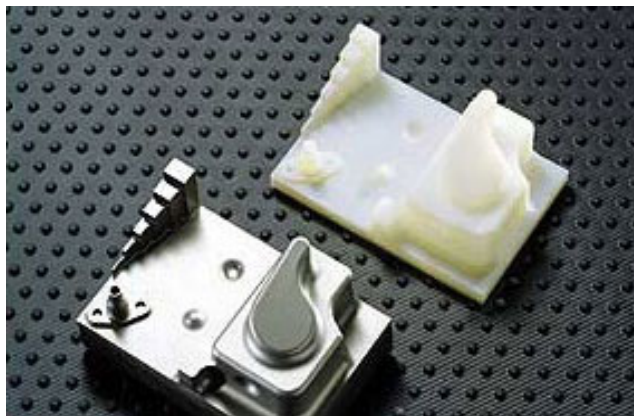


Рисунок 1.3 - Деталь виготовлена за допомогою процесу DMD [3]

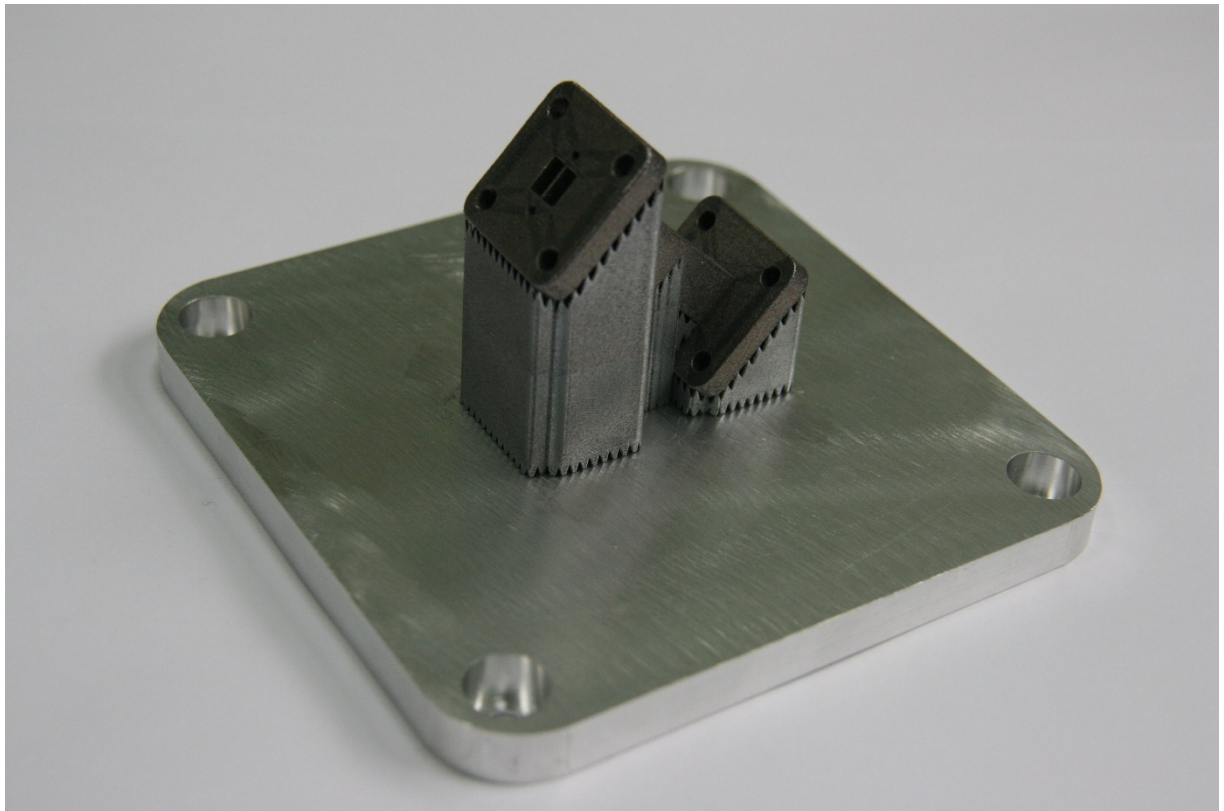


Рисунок 1.4 - Деталь виготовлена за допомогою процесу DMD [4]

До плюсів даного методу відносять:

1. можливість виготовлення виробів великого розміру простої конфігурації
2. швидкість процесу.

-SLM (Selective laser melting) селективне лазерне плавлення. Процес виготовлення виробів пошаровим послідовним запіканням металевих порошків по математичним CAD-моделям. В основному процес повторює принцип стереолітографії. Селективне лазерне плавлення технологія призначена доповнювати класичні технологічні процеси. Вона дає можливість отримати продукти переважаючі по фізико- механічним властивостям продукти традиційних методів виробництва. Дана технологія дає можливість отримати складнопрофільні вироби без використання механічної обробки та використання дорогої оснастки.

Машини для SLM спікання призначені вирішити деякий спектр задач поставлений в таких напрямках як енергетична, машинобудівна, нафтогазова, авіакосмічна, медична галузі. Слід зазначити, що термін

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		

” спікання” не вірний, так як порошок, що подається на 3D принтер, не спікається, а повністю розплавлюється під дією лазерного випромінювання.



Рисунок 1.5 - Промислова машина SLM [5]

Розглянемо більш докладно SLM технологію. Вона знаходить своє місце для виготовлення: прототипів, деталей пресс-форм, конструкцій складної форми, медичних імплантів, вузлів різних агрегатів, штампів.

Перед початком процесу виготовлення деталі має відбутися ряд задач, а саме аналіз вхідних даних (що ми хочимо отримати в кінці та чи можливо отримати бажане) та побудова виробу. Перш за все, 3D модель майбутнього виробу розбивається на шари. Кожний шар має бути завтовшки 20-100 мікрон та, в подальшому, візуалізований в 2D. Надалі спеціалізоване програмне забезпечення аналізує дінні в SLT файлі й співставляє їх з специфікаціями 3D принтера. Наступний етап після обробки інформації полягає безпосередньо в виготовленні. Загалом виготовлення можна “розбити” на 3 етапи:

1. - металевий порошок наносять на плиту побудови, яка закріплена на платформі побудови.
2. - лазерний промінь сканує перетин шару виробу та подає на цей самий перетин кількість енергії необхідну й достатню для початку процесу плавлення порошкового металу- так проходить спікання порошку.
3. - надалі платформа опускається на глибину, яка співпадає з глибиною шару. Для подальшого послідовного спікання (п2) порошок рівномірно розподіляється по всій площі плити побудови за допомогою спеціального пристрою й процес повторюється до повного виконання поставленої задачі- формування заданого профілю.



Рисунок 1.6 - Деталь виготовлена за допомогою процесу SLM [6]

Побудова виконується в камері SLM-машини, котра заповнена інертним газом-аргоном чи азотом. Основний об'єм цього газу використовується на першому етапі під час продувки з камери для видалення всього повітря (таким чином запобігається утворення оксидної плівки на виробі під час, власне, його формування). По закінченню виготовлення деталь виймає з камери машини

разом з плитою, відділяють механічним шляхом її від плити та виконують фінальну обробку виробу, якщо вона необхідна.

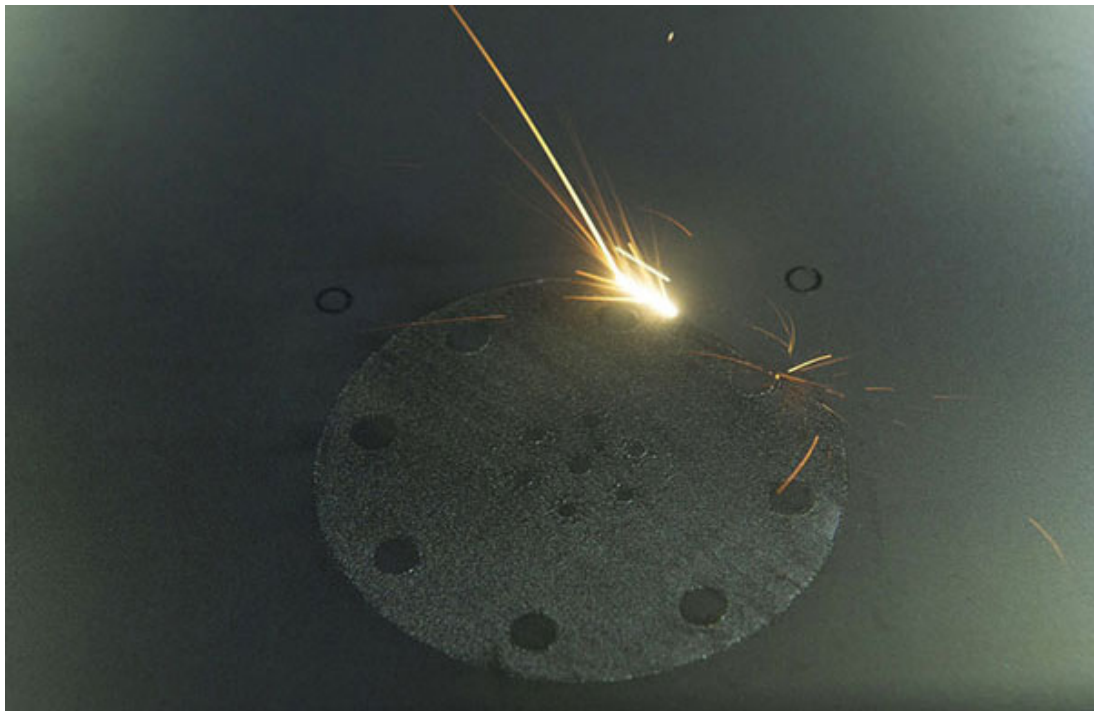


Рисунок 1.7 - Процес виготовлення методом SLM [7]

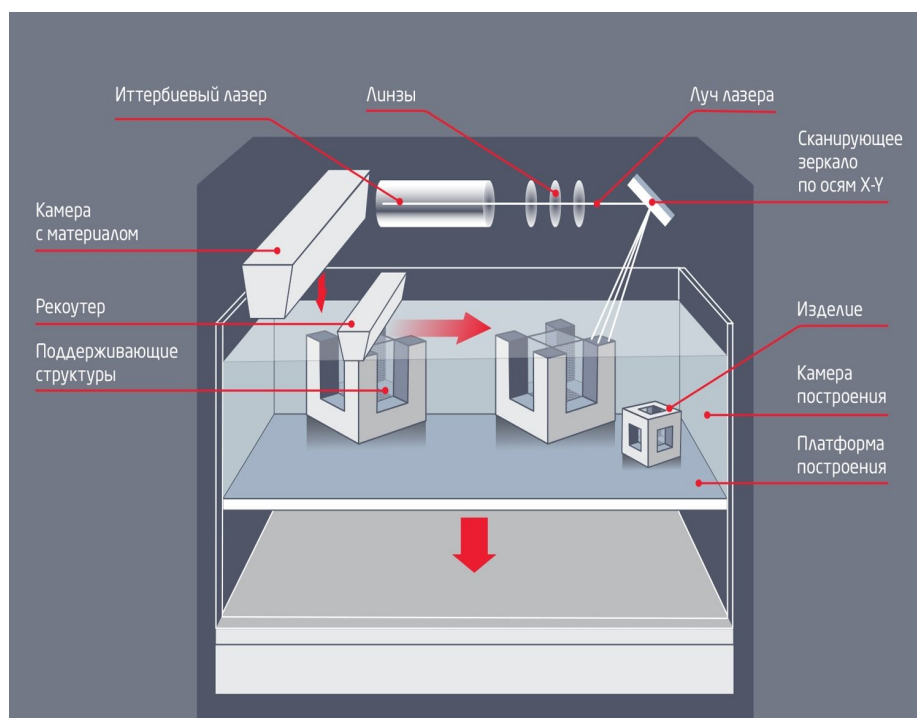


Рисунок 1.8 - Будова машини SLM [8]

До плюсів SLM-технології відносять:

-високу точність відносно математичної моделі;

- повторюваність операції;
- механічні характеристики такого виробу порівнюють з виробами виготовленими методом лиття;
- можливість створення геометрично складного виробу;

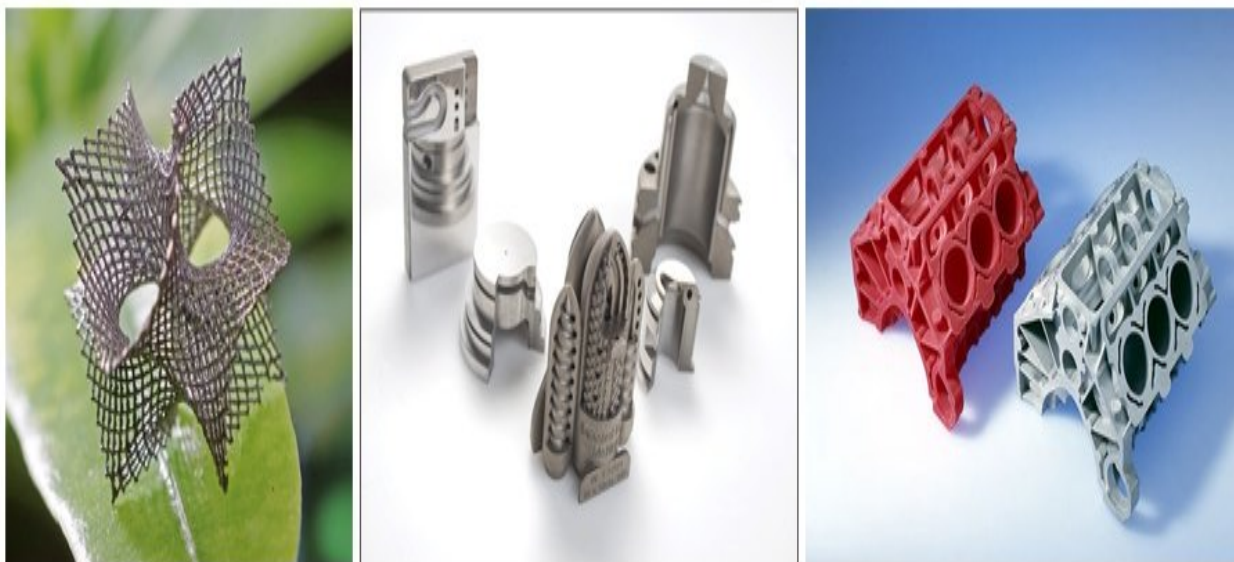


Рисунок 1.9 - Деталі виготовлені за допомогою процесу SLM [9]

- можливість виводження без оснастки та непотреба в попередніх розрахунках для використання тієї ж самої оснастки- тобто скорочуємо весь цикл робіт;
- можливість побудови об'єктів з внутрішніми пустотами;
- економія матеріалу, весь порошок, що не використався під час одного циклу, повторно використовують під час наступного;

До недоліків відносять:

- дороге обладнання;
- значно низька продуктивність на відміну від DMD-технології.

1.2 Аналіз способів виробництва металевого порошку та методи його сфероїдизації

Важливою складовою SLM-технології, або, можна вважати, її “половиною” є металевий порошок. Для використання порошку його попередньо необхідно сфероїдизувати, тобто надати гранулам металу сферичного об'єму. Це робиться

для того щоб збільшити площу контакту гранул одна з одною та в подальшому, під час плавлення, досягти кращих фізико-хімічних параметрів, таких самих, які досягаються під час процесу лиття.



Рисунок 1.10 - Металевий порошок [10]

Розвиток адитивних технологій в світі стимулював й вітчизняне виробництво, котре спрямоване на виготовлення металевих порошків конкретного гранулометричного складу. Для технології селективного лазерного спікання необхідно забезпечити порошок сферичної форми з фактичним розміром гранул не більше ніж 60мкм. Також, необхідно забезпечити повну відсутність сателітів, так як вони слугують концентраторами напруги при пошаровому нанесенні матеріалу.

Для отримання такого порошку необхідно забезпечити виготовлення так званого вхідного матеріалу. Існує багато способів його одержання. Основним таким способом є видалення з поверхності частинок сателітів та подальша сфероїдизація тих же частинок. Важливо зазначити, що даний процес може проходити під час виготовлення вхідного матеріалу, так й окремою операцією.

Одним з методів виготовленні вхідного матеріалу- металоматричного композиційного матеріалу є- метод механічного легування.

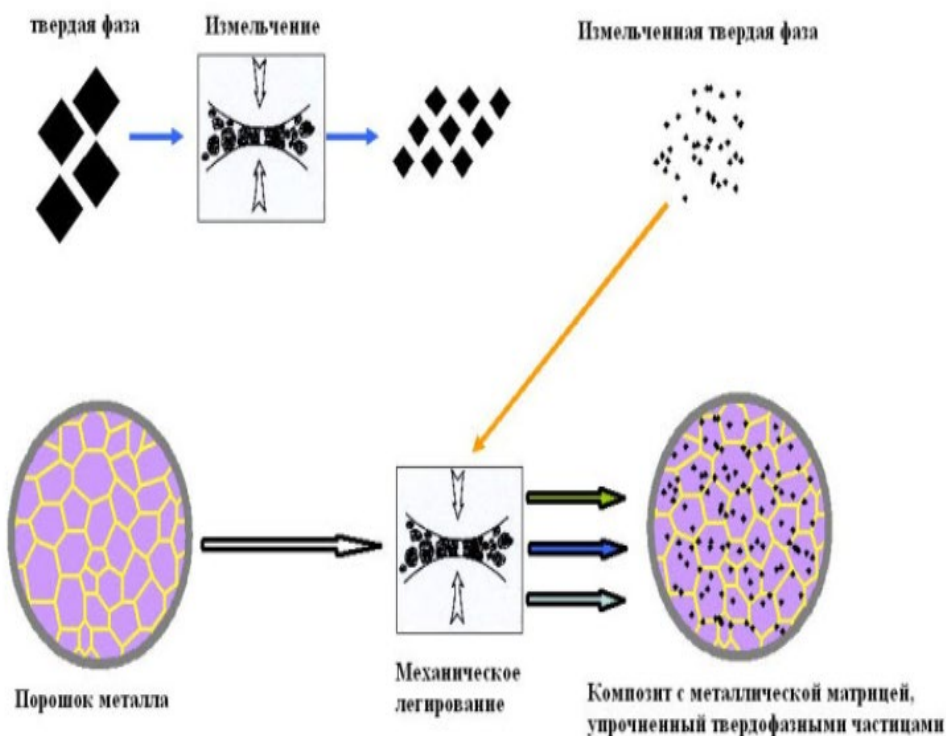


Рисунок 1.11 - Принципова схема механічного легування [11]

Його зміст полягає в комбінації операцій подрібнення та змішування, котрі мають проходити в захисній атмосфері в спеціалізованій високоенергетичній установці. На виході даного процесу отримуємо порошок різномірної форми.

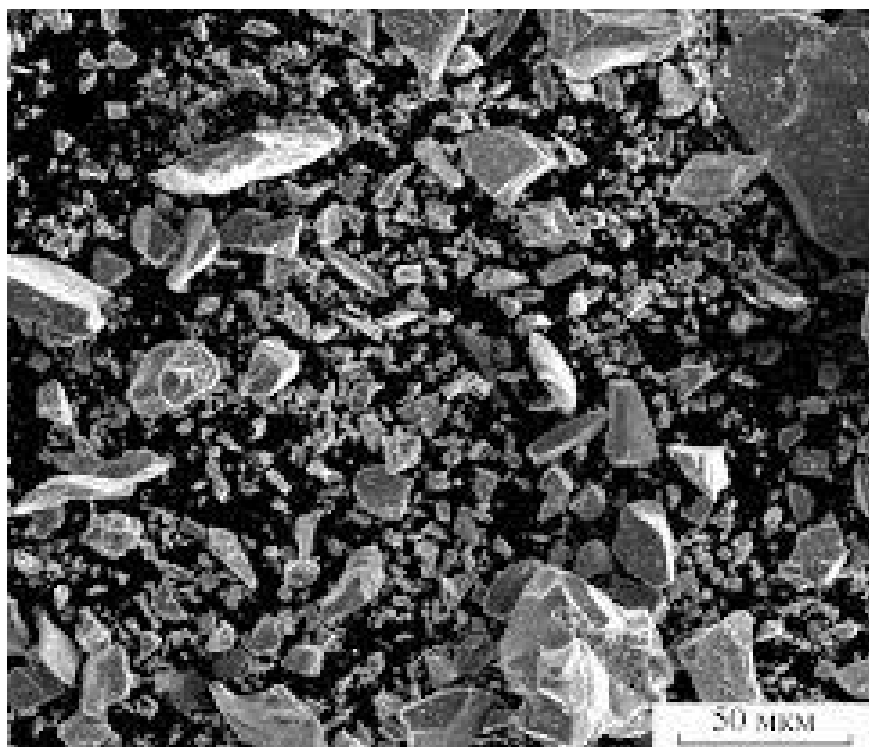


Рисунок 1.12 - Різноміфракційний порошок [12]

Також одним з найсучасніших способів виготовлення вхідного матеріалу є спосіб обґрунтований на виготовленні екзотермічної суміші порошків перехідного металу та алюмінію під час високотемпературного синтезу та деформування продуктів синтезу під час цього перехідного процесу.

Зміст способу полягає в тому, що в екзотермічну суміш вводять хоча б один матеріал, який представляє з себе об'ємну композицію різнорідних хімічних компонентів з чіткою й явною границею між ними. Даний матеріал, немов би, підвищує міцність готової суміші. Він вибирається з групи:

- карбідів
- оксидів
- нітридів
- боридів

Екзотермічна суміш, в свою чергу, виготовляється з алюмінію з додаванням об'ємно легованого композиційного порошка, який має містити в собі від 2 до 30% об'ємно підсилюючої фази, а решта перехідний метал.

Об'ємнолегований композиційний матеріал виготовляють прокатом, або перемішуванням в механізовану високоенергетичному млині суміші порошку перехідного металу та “матеріалу, що підвищує міцність”.



Рисунок 1.13 - Високоенергетичний млин [13]

					3А-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		18

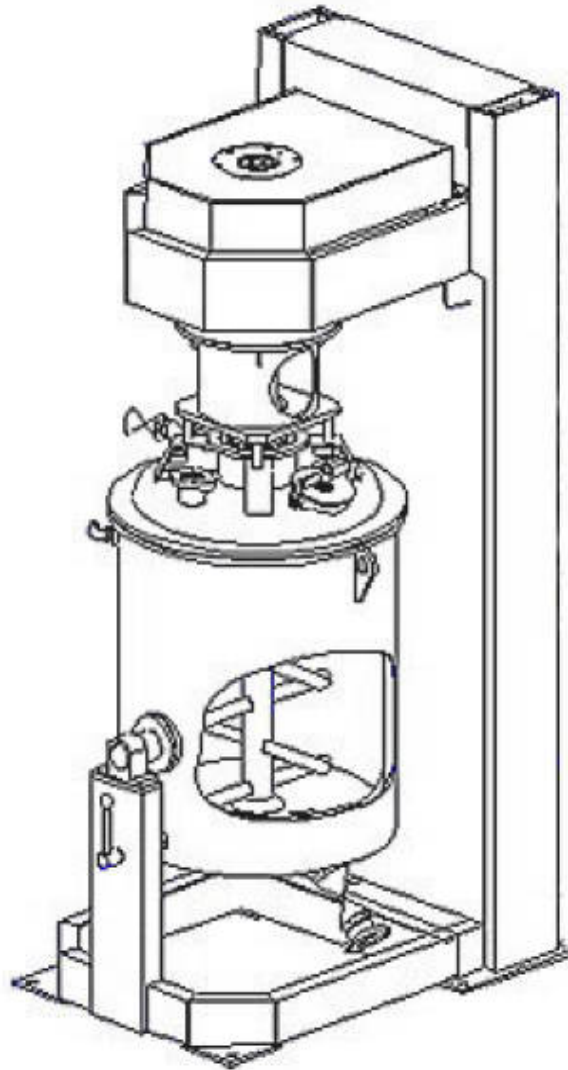


Рисунок 1.14 - Будова високоенергетичного млину [14]

Другий спосіб отримання анологічного вихідного продукту включає в себе розпилення рідкого сплаву та матеріалу з властивостями сприятливими для підвищення міцності.

Дані способи дозволяють отримувати алюмініди перехідних металів в котрих ущільнювач розподілений по вьому об'єму рівномірно. Це приводить до покращування механічних якостей та отримання жаростійкості.

Порошки, котрі виготовленні способами зазначеними вище, отримують в процесі обробки форму, що нагадує уламки. Для роботи адитивної технології спікання такі порошки непридатні, адже, у випадку застосування даних порошків, будуть повсюди виникати концентратори напруги, що приведе до скорочасного

руйнування бажаної майбутньої 3D конструкції виготовленої методом селективного лазерного плавлення/спікання.

Для отримання “доброякісного порошку”, придатного для використання в технології SLM, його необхідно сфероїдизувати.

На сьогоднішній день одним з способів отримання сферичних гранул в порошку є розплавлення частинок порошку в ламінарному потоці термічної плазми електродугового розряду генерованого плазматроном.

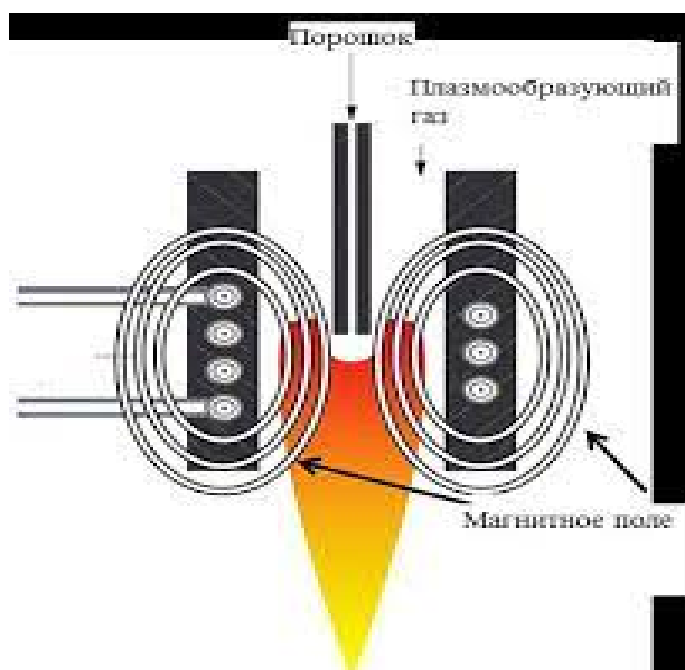


Рисунок 1.15 - Будова плазматрону [15]

Загалом весь процес можна описати так:

1. Частилки порошку, які мають форму уламків, потрапляють в ламінарний високотемпературний газовий потік та розігріваються до їх температури плавлення.
2. Під дією сил поверхневого натягнення, реконструюються в частинки сферичної форми під час охолодження в вільному падінні під дією сил гравітації.

Для сфероїдизованого порошку, необхідного для використання в технології селективного лазерного спікання, використовують установки для сферидизації металевих порошків.

Принцип сферидизації на такій установці включає в себе введення вхідного матеріалу (порошку “уламкової форми”) в високотемпературну зону ламінарного плазмового потоку. Ця зона примикає до зовнішньої сторони зрізу плазматрона по перетину якої формують рівномірний, ламінарний швидкісний потік. Введення вхідного матеріалу в область плазмового потоку необхідно забезпечити під кутом до його вісі.



Рисунок 1.16 - Приклад установки для сфероїдизації [16]

Установка для сфероїдизації металевого порошку включає в себе камеру де генерується розряд плазматрона, елемент конструкції, відповідальний за газорозподілення та принциповий механізм подачі металевого порошку. Камера плазматрона та газорозподільвач, зазвичай, виготовленні в вигляді одного елемента. Даний елемент, в свою чергу, виглядає як охолоджувальна вставка, розміщена на вході розрядної камери та утворює з нею кільцевий канал. Живильний механізм (відповідальний за подачу вхідного матеріалу) встановлюється з можливістю подачі металевого порошку в область ламінарного плазмового потоку, приєднується до зовнішньої сторони зрізу розрядної камери.



Рисунок 1.17 - Приклад установки для сфероїзації [17]

Основні принципи отримання сфероїдизованого металевого порошку

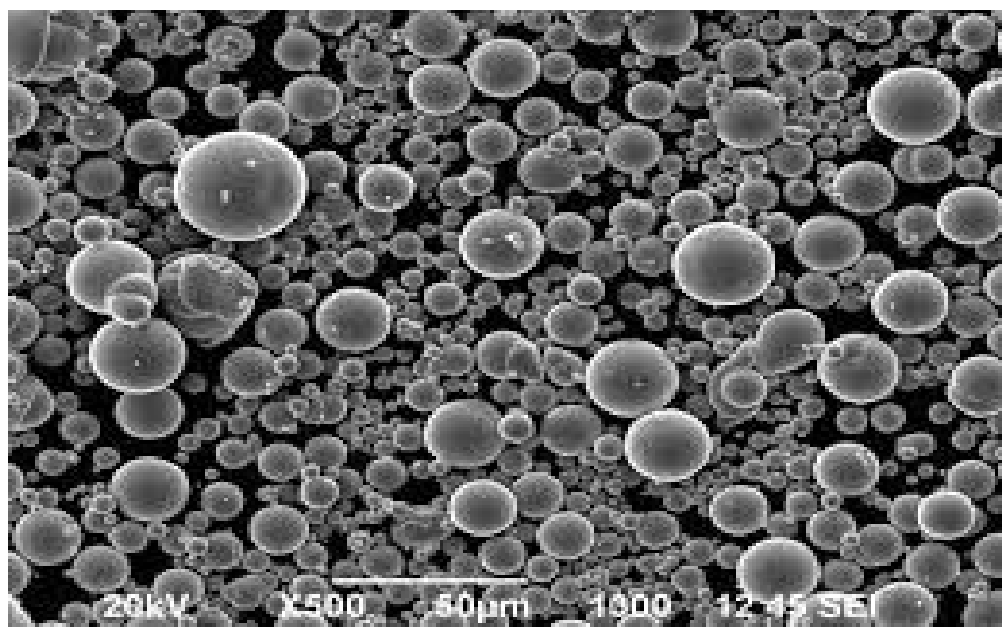


Рисунок 1.18 - Сфероїдизований металевий порошок [18]

Вхідного матеріалу, представленого тугоплавкими включеннями:

-Тугоплавкий металевий подріблений порошок засипають в вертикально встановленій в вакуумній камері трубу. Дана труба виготовлена із композиційного вуглецевого матеріалу.

-Попередньо, перед початком роботи даної установки, трубу нагрівають прохідними струмами до температури вище температури плавлення порошку. Данний нагрів відбувається зі швидкістю пропорційною розміру оброблювального матеріалу.

-Нагрів різноформеного порошку відбувається в зоні захисного газу під час проходженні ним через зону нагріву труби. В якості захисного газу рекомендовано використовувати азот (можливе використання гелію, так як обидва є інертними газами); Нагрів труби відбувається до температури 3274К (3000°C). Після розігріву до заданої температури, в порожнину розпеченої труби подають металевий порошок. Для подачі частинок вхідного матеріалу заданої конфігурації використовують певну деталь, створену кільцевими елементами розміщеними концентрично, з площиною на котрій розміщено зазори (свого роду сито) шириною 4-6 діаметрів частинок вхідного метеріалу.

Попередньо, перед подачею в трубу, необхідно виконати підігрів вхідного металевого порошку до температури, яка складає 80-90% температури плавлення вхідного металевого матеріалу.

Технічно можливо виконати дану операцію, безпосередньо, перед сфероїдизацією. Тобто підігрів відбувається шляхом нагріву жолоба по якому, під певним кутом, потрапляє до модуля плазматрону та газорозподільовача металевий порошок. Даний спосіб дозволяє зекономити частину енергії на повному підігріві повної порції оброблювального матеріалу.

Продуктом даного способу буде металевий сфероїдизований порошок з розміром частинок котрий досягає 80-100мкм. Слід зазначити, що данний розмір гранул є досить великим при нормі в 60 мкм.

До плюсів даного методу та спорідненох жо неї установки відносяться:

- Зниження енергоємності виробництва
- Можливість сферидизації частинок великих розмірів
- Спрощення технології

До мінусів:

- Дороге обладнання з певними спецефічними конструктивними особливостями
- Попит на викоритсання у сфері вирбництва крупнозернистого металевого порошку в якості вхідного матеріалу.

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		

Наступний спосіб сфероїдизації металевого порошку розроблений компанією -PPG Industries incorporated (Огайо США).



Рисунок 1.19 - Обладнання компанії PPG Industries incorporated [19]

Принципово він ґрунтується на отриманні частинок шляхом фізичного осадження з парової фази в іонній рідині.

Спосіб отримання являє собою введення іонної рідини в камеру й надалі фізичним осадженням вхідного матеріалу в іонну рідину з парової фази. Установа для данного способу складається з двох модулів:

- Так звана камера осадження
- Та блок в якому розміщується іонна рідина. Блок має вхідний та вихідний отвір для вільної циркуляції іонної рідини.

До плюсів відносять:

- Відносно швидке перетікання перехідного процесу
- Продуктивність
- Відносну простоту методу

До мінусів відносять:

- Дороге обладнання
- Складність реалізації технологічного устаткування.

Найсучасніші технології виробництва включають до свого складу використання лазера як діючого джерела енергії. Й сфероїдизація не стала виключенням з цієї тенденції.

Метод сфероїдизації металевого порошку за допомогою лазера розроблений та представлений китайським інститутом Northwestern Polytechnical University.

Northwestern Polytechnical University

Fully Funded Bachelor and Master Degree in China



Рисунок 1.20 - Китайський політехнічний інститут [20]

Установка базується на використанні лазера, випромінення якого наносить високо-теплову дію вхідному порошку тугоплавкому рідкому металу чи твердому сплаву в середовищі інертного газу, роль якого грає Аргон (можливе використання гелію). Під час протікання такого процесу відбувається оплавлення частини поверхності частинок металевого порошку “уламкової форми”. Після оплавлення моментально починає протікати процес охолодження з паралельним отриманням близької до сферичної форми, або ідеально сферичної. В установці використовується лазерне випромінювання в якості джерела тепла, дане випромінювання здатне надати температуру необхідну для розплавлення рідких тугоплавких металів й твердих сплавів металевого порошку. Процес сфероїдизації частинок порошку неправильної форми тугоплавких рідких металів, або твердого сплаву відбувається під дією сил поверхневого натягнення рідини генерованого за рахунок повного, або часткового оплавлення поверхності тих самих частинок. Яскравою відмінністю даного способу від інших є повна відсутність сторонніх домішок, причиною якої є протікання процесу сфероїдизації в аргоні високої частоти. Так, як енергія лазера є повністю контрольованою, можливе повне запобігання втрат у випадку вигорання елемента живлення в процесі сфероїдизації.

Кінцевий продукт являє собою металевий порошок зі стабільними параметрами, близькими до фізико-хімічних параметрів вхідного порошка.

До плюсів даної технології відносимо:

- Продуктивність виготовлення
- Повна відсутність сторонніх домішок
- Запобігання втрат у випадку вигорання елемента живлення
- Стабільні фізико-хімічні параметри

До мінусів:

- Дороге обладнання

Надалі представлений спосіб сфероїдизації металевих порошків представлений розробкою Сибірського хімічного комбінату

Даний спосіб можна класифікувати як класичний. Він використовується для сфероїдизації порошків оксиду магнію. Обробку вхідного матеріалу виконують за допомогою джерела тепла представленим трьома плазмовими соплами в плазмохімічному реакторі. Джерела тепла являють собою плазмотрони марки ЄДП109/200 з потужністю 70-160кВт. Плазмотрони встановлені в під кутом 120° між собою та 45° відносно до осі реактору. Також в установці передбачено транспортування вхідного матеріалу до реактору уздовж його осі за допомогою живильного механізму шнекового типу.

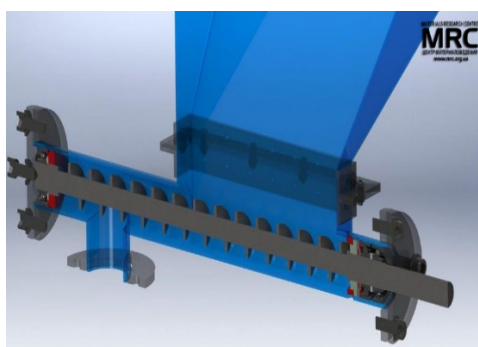


Рисунок 1.21 - Механізм подачі [21]

Дисперсійний склад вхідного матеріалу оброблювальних металевих порошків наступний: близько 60-70% від загальної маси вхідного матеріалу складають фракції з розміром частинок до 5 мкм, 20-30% до 5-10 мкм решту займають

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		26

частинки з розміром до 20мкм. Очевидною перевагою й, одночас, недоліком даної установки є можливість виготовлення порошку з дрібнозерновими фракціями, так як чим менше зерно тим кращі фізико-хімічні властивості вихідного продукту процесу селективного спікання, або плавлення.

До плюсів даної установки відносяться:

- Можливість отримання дрібного зерна в кінцевому продукті
- Відносна простота технологічного виготовлення установки

До мінусів відносяться:

- Необхідність подачі до реактору, в якості вхідного матеріалу, дрібнозерного металевго порошку.

1.Завод порошкової металургії АО “Полема”

Зі зростанням інтересу наукового та промислового товариства до адитивних технологій виготовлення продуктів, зростає попит й на продукцію, котра для цієї справи необхідна.



Рисунок 1.22 - Установка сфероїдизації промислова [22]

Одним з перших “поставив на конвейер” виробництво сфероїдизованих порошків завод порошкової металургії АО “Полема”, що в місті Тула РФ.

Обладнання даного підприємства забезпечує виготовлення порошкових композицій, які відповідають світовим стандартам якості, таким як:

- сферична форма частинок
- малий спектр гранулометричного складу
- висока чистота матеріалу

Підприємство може похвалитися такими технологічними особливостями як:

Колона розпилення порошку з вакуумною камерою- дозволяє випускати порошки сферичної форми з підвищеною насипною щільністю й високими показниками текучості. Крім того, процес плавлення в вакуумній камері знижує вміст газових домішок в порошках.

Ситова й повітряна класифікації-дозволяють збільшити продуктивність по розсівуцільових фракцій в 5 разів й виділять фракції матеріалу з кроком до 1мкм.



Рисунок 1.23 - Установка сфероїдизації промислова [22]

Процес сфероїдизації в індукційно-зв'язковій плазмі забезпечує зниження домішок оксигену в готовій продукції та видалення пилу й сателітів під час перебігання процесу нагрівання до температури плавлення та формування “сфер” під впливом сили поверхневого натягу.

Перші промислові партії порошків молібдену й вольфраму з показником сферичності більш ніж 96% й підвищеною насипною щільністю можуть застосовуватися для нанесення покриття, так й для селективного спікання, або плавлення.

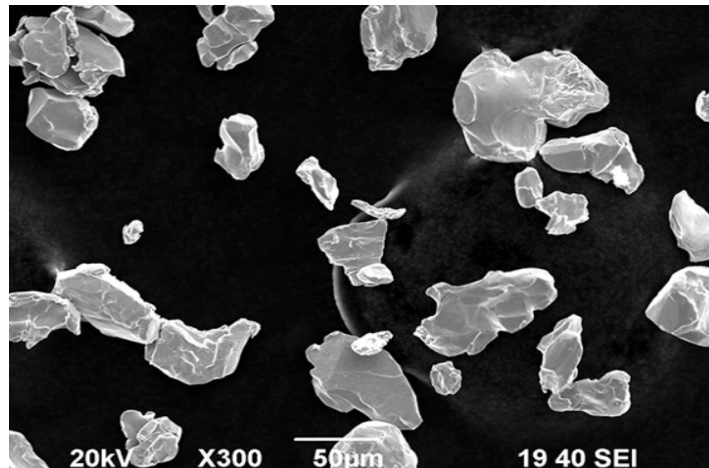


Рисунок 1.24 - Металевий порошок до сфероїдизації [22]
Гранули молібдену до процесу обробки

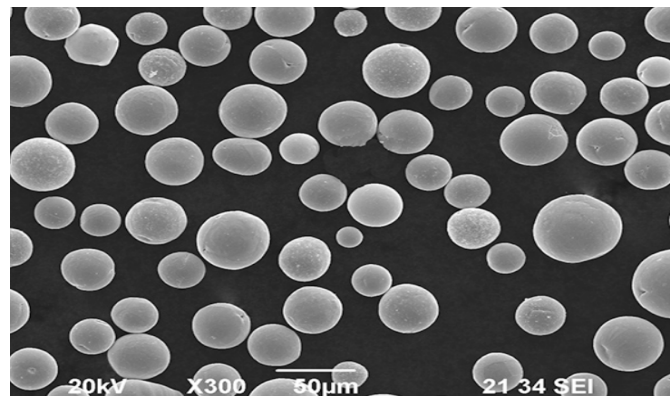


Рисунок 1.25 - Металевий порошок після сфероїдизації [22]
Гранули молібдену після процесу обробки

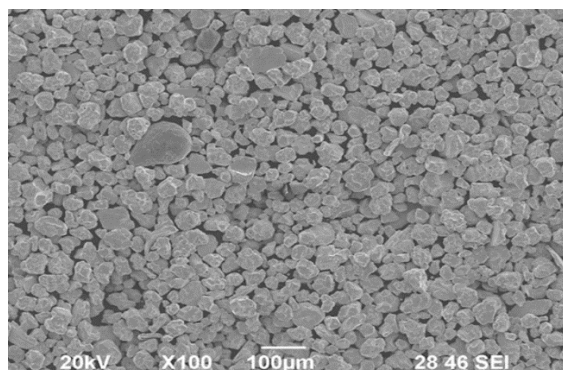


Рисунок 1.26 - Металевий порошок до сфероїдизації [22]

Гранули вольфраму до процесу обробки

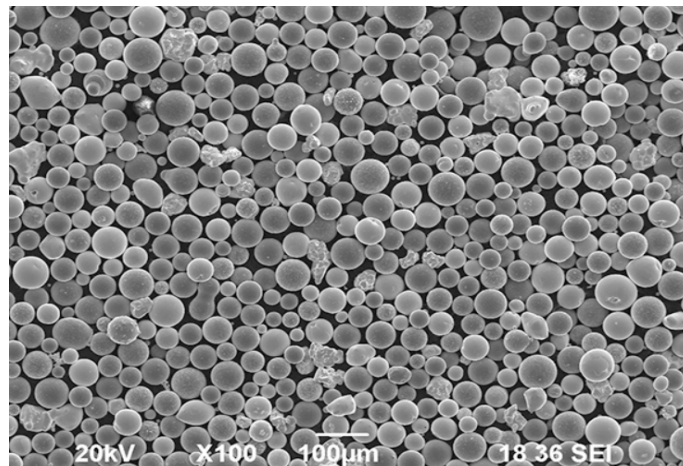


Рисунок 1.27 - Металевий порошок після сфероїдизації [22]

Гранули вольфраму після процесу обробки

До цього виробництвом тугоплавких сфероїдизованих металевих порошків займалися лише 2 компанії в світі. Цікавою те, що подібних установок, здатних на такий технологічний процес, в світі всього 7.

Розвиток адитивних технологій стимулював виготовлення порошкових композицій. Вони знайшли свою нішу в 3D друці. Було запропоновано багато технологій виготовлення металевого порошку, але не всі задовольняли технологічні обмеження. Так, найбільш популярною простою й продуктивною, є технологія сфероїдизації в потоці термічної плазми.

2.ПРОЕКТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ КОРПУСУ РЕАКТОРА ДЛЯ СФЕРОЇДИЗАЦІЇ МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ

Оскільки існує багато способів розплавлення порошкових матеріалів нагріванням у розряді плазми, то доцільно розробити універсальний реактор для різних видів генераторів плазми (СВЧ, ВЧ, дуговий). Установки із ВЧ, СВЧ – плазмотронами мають вертикальну будову. Установки із дуговими плазмовими генераторами можуть бути як горизонтальними, так і вертикальними. Тому метою даного проекту є розробка універсального реактора, що може працювати як в вертикальному, так і в горизонтальному положенні. Розробка плазмового генератора в завдання цього проекту не входить.

2.1 Склад установки

Установка для сфероїдизації металевих порошків технічно складається з декількох основних частин (ДН---):

-Рама;

-реактор.

Реактор реалізовано як конструкція виготовлена з двох труб, фланців та металевих конусів. Котра гарантує наявність певної геометрії установки, для забезпечення всіх її експлуатаційних можливостей та стійкість до деформацій під впливом формування вакууму всередині ректора.

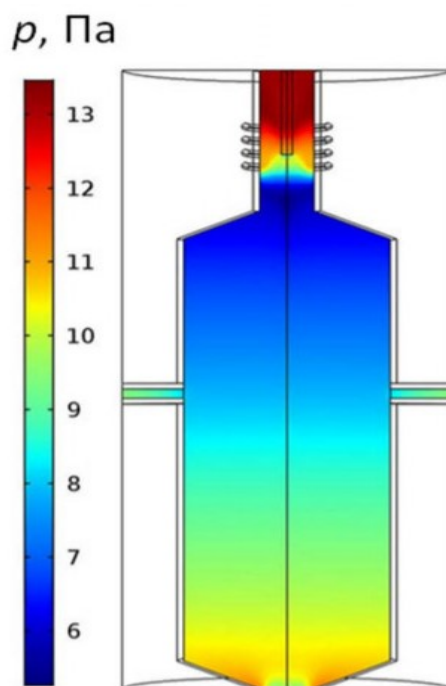


Рисунок 2.28 - Розподіл тиску в реакторі [23]

-Системи охолодження реактора

Необхідність даного елементу, зумовлена конструктивною наявністю ламінарного плазмового потоку високої температури в реакторі та необхідністю постійного охолодження корпусу, задля запобігання його механічного руйнування.

-Системи відкачування повітря

Наявність даного елементу системи зумовлена можливістю утворення окисної плівки в сфероїдизованому металувому порошку, під час роботи реактору, у випадку відсутності даного (системи відкачування повітря) технологічного рішення.



Рисунок 2.29 - Система відкачування повітря [24]

-Рама, на котрій встановлюється реактор разом з плазматроном

Необхідність використання даного технологічного рішення зумовлено потребою дотримання певної геометрії конструкції.

2.2 Технічна реалізація проекту

2.2.1 Корпус реактора

У ході процесу розробки, спроектовано 3D модель майбутнього обладнання з дотриманням певної геометрії конструкції та механічного рішення для певних потреб.

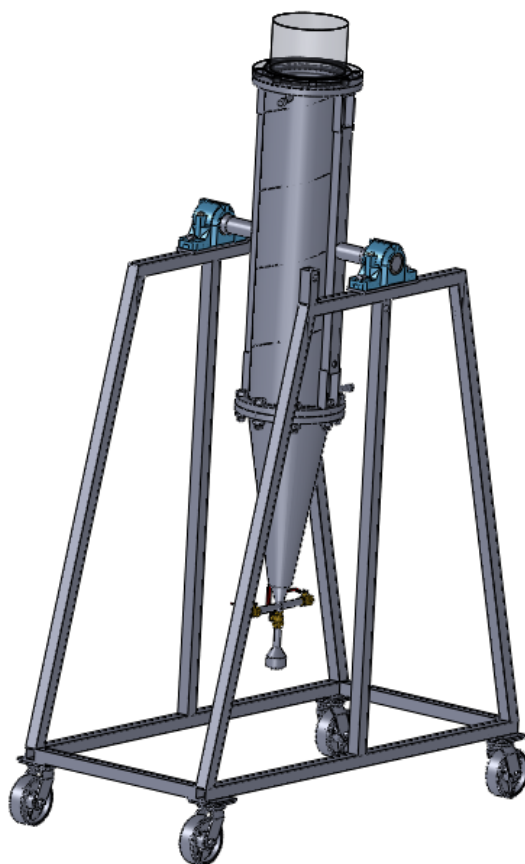


Рисунок 2.30 - Загальний вигляд проекту

(див. креслення ЗА-71.01.00.000ВЗ)

Корпус реактора для сферидизації металевих порошків виконаний з окремих частин котрі з'єднані між собою шляхом реалізації процесу зварювання TIG та механічного, реалізованого болтовим з'єднанням.

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		34

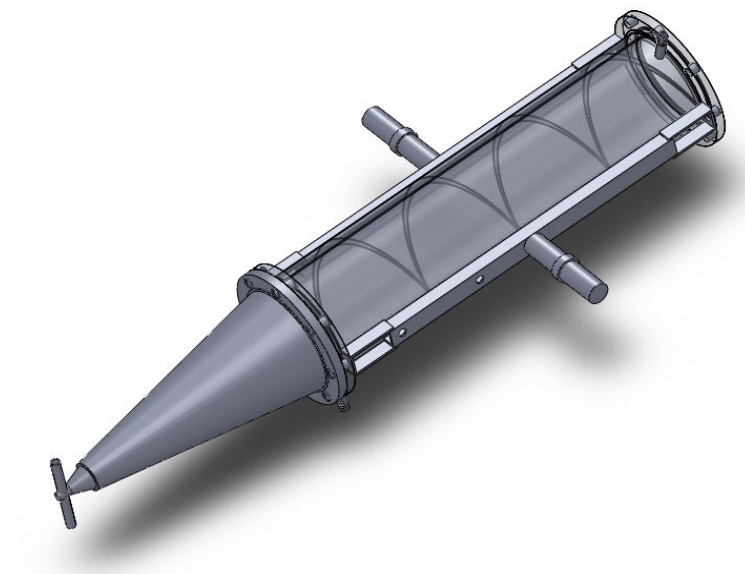


Рисунок 2.31 - Реактор

Корпус реактора виготовлено зі сталі Х18М10Т. До його конструкції належать:
-3 фланці

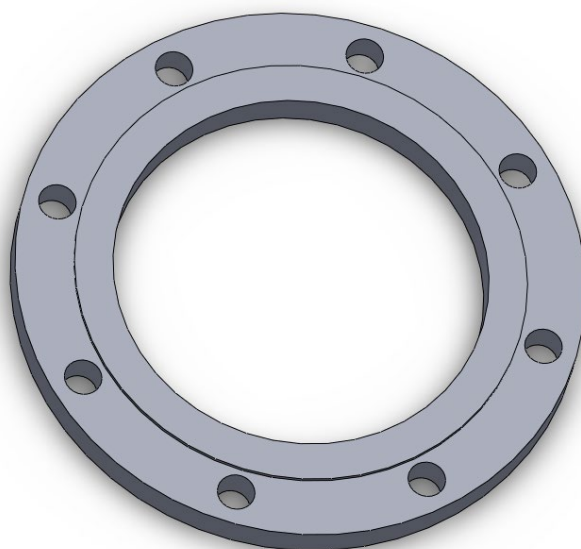


Рисунок 2.32 - Фланець (див. креслення ЗА-71.00.00.101)

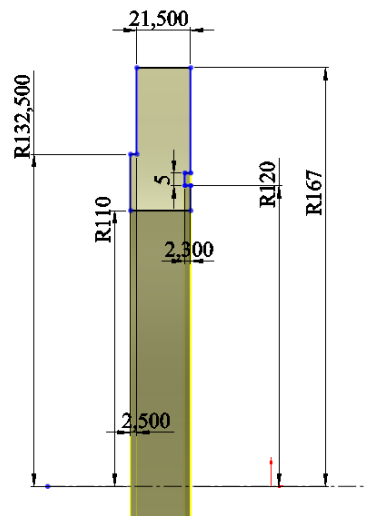


Рисунок 2.33 - Фланець-розміри

На кожному фланці розміщено 8 отворів з діаметром 22мм.

На кожному фланці зроблено проточку під ущільнювальне гумове кільце 240-250-46 ГОСТ 9833-73,



Рисунок 2.34 - Ущільнювальне гумове кільце [25]

необхідне для ущільнення зазору між фланцями та поліпшення ефекту герметизації між частинами реактора.

-2 труби основної частини реактора та одна конусної

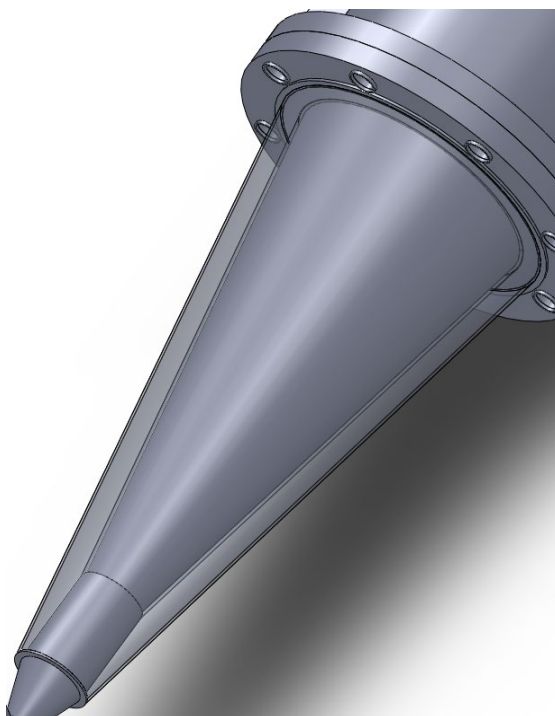


Рисунок 2.35 - Конусна частина реактора

-П'ять патрубків з трубною різьбою М20, з великим кроком, з яких двоє належать до системи охолодження основної частини реактора,

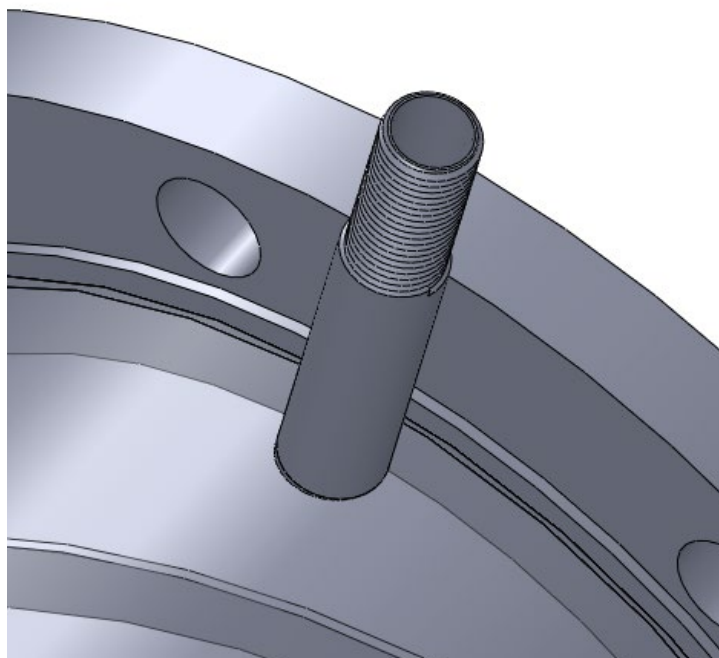


Рисунок 2.36 - Патрубок подачі охолоджувальної рідини
(див. креслення ЗА-71.00.00.103)

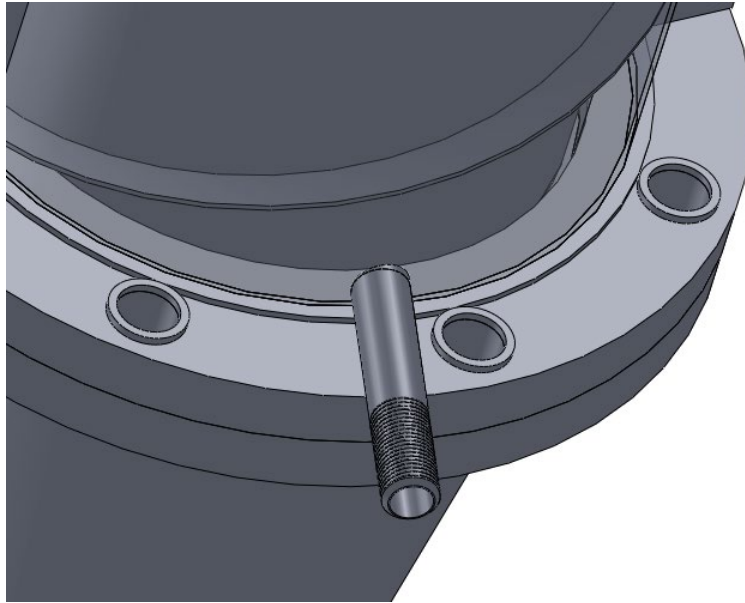


Рисунок 2.37 - Патрубок відкачування охолоджувальної рідини

двоє до системи відкачування повітря та один до системи подачі готового сфероїдизованого металевого порошку. Особливої уваги заслуговує система відкачування повітря, так як фактично вона відкачує й “відпрацьований” в процесі іонізації в плазматроні інертний газ- аргон. В майбутньому планується зациклити даний процес відкачування й подачі інертного газу.

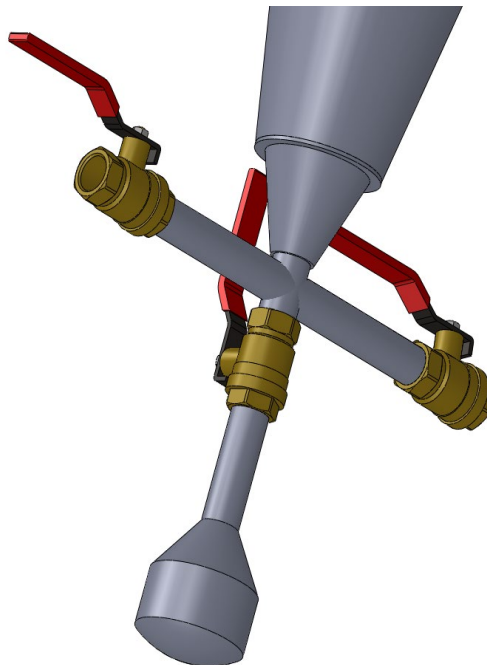


Рисунок 2.38 - Патрубки відкачування повітря та відпрацьованого газу
-Камера готової продукції



Рисунок 2.39 - Камера готової продукції

2.2.2 Система охолодження реактора

Окремого розгляду потребує система охолодження реактору. В представленому варіанті вона рідинна. Рідиною для тепловідводу слугує вода. Система представляє з себе зазор між двома трубами- меншою та більшою в діаметрі привареними до двох фланців рельєфною частиною.



Рисунок 2.40 - Реактор - зовнішня труба

(див. креслення ЗА-71.00.00.100СК)

Впросторі утвореному трубами,

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		39

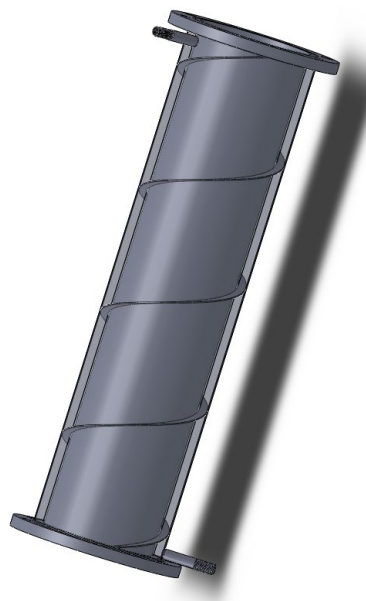


Рисунок 2.41 - Реактор - внутрішня труба
розміщено певним чином виготовлену спіраль з нержавійки.

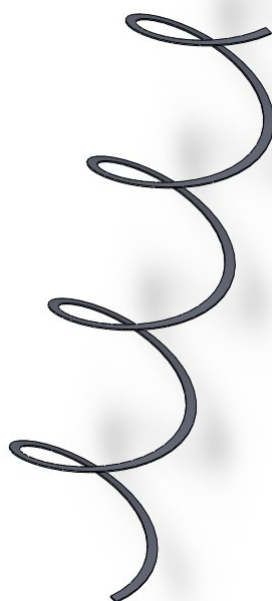


Рисунок 2.42 - Спіраль циркулювання охолоджувальної рідини
Елементом технічної реалізації підводу рідини для охолодження являються патрубки з певною довжиною, діаметром та різьбою, розміщені певним чином відносно площини рами, що запобігає механічному перетинанню одна одної.

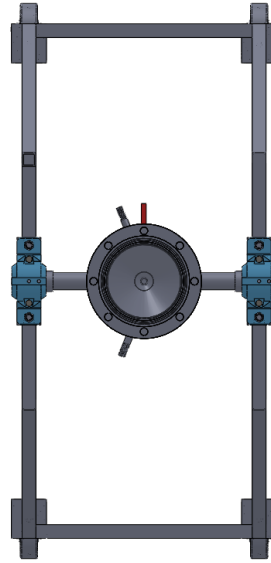


Рисунок 2.43 - Реактор вид зверху

Спіраль виготовлена зі харчової сталі X18M10T. Її довжина складає 976мм та включає в себе чотири повних повороти, товщина 2мм, завширшки 15мм, кут згину $\alpha=17,9^\circ$.

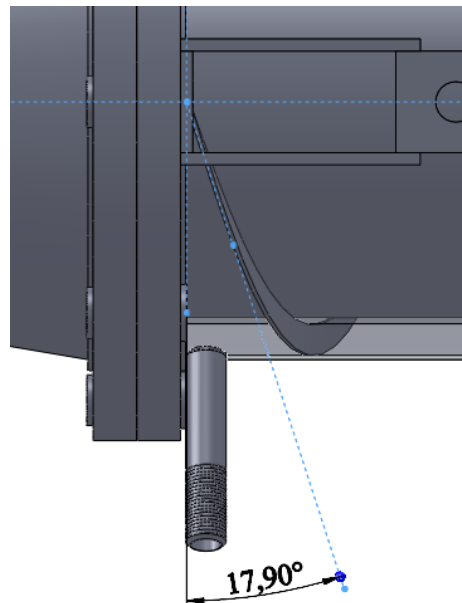


Рисунок 2.44 - Кут “згину спіралі”

Технічно спіраль виконана сегметно. Розрахована необхідність 17 сегментів для досягнення бажаного результату.

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		41

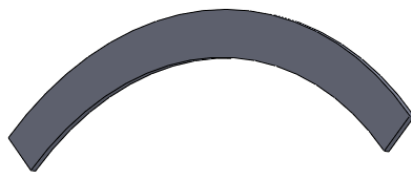


Рисунок 2.45 - Фрагмент спіралі

Розрахунки:

1.Знято виміри з сегменту спіралі, а саме довжину зовнішньої дуги елемента та внутрішньої:

-Зовнішня 196,35мм

-Внутрішня 175,78мм

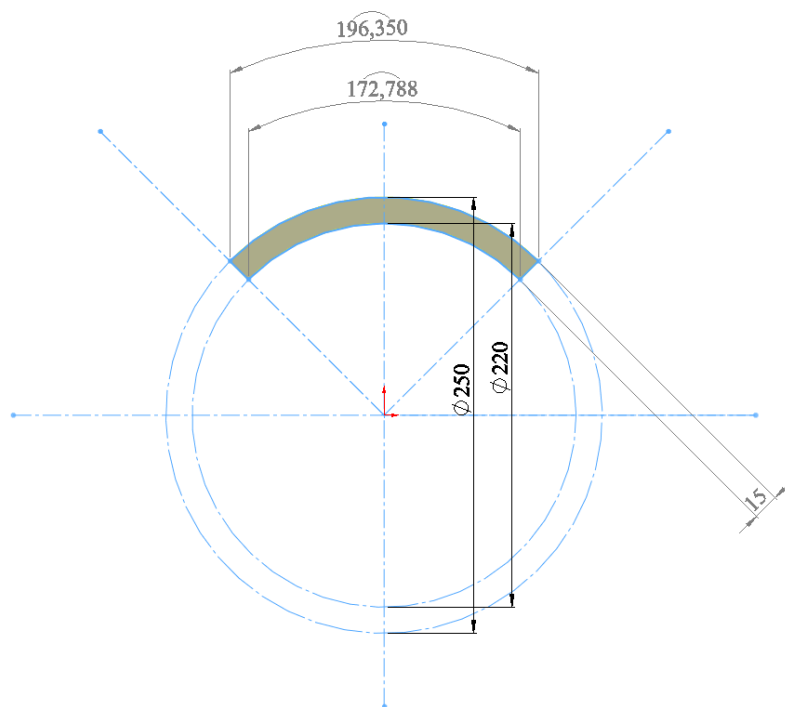


Рисунок 2.46 - Розміри фрагменту спіралі

(див.креслення ЗА-71.00.00.102)

2.Знято виміри всієї спіралі, довжини дуги внутрішньої та зовнішньої:

-Зовнішня 3289,59мм

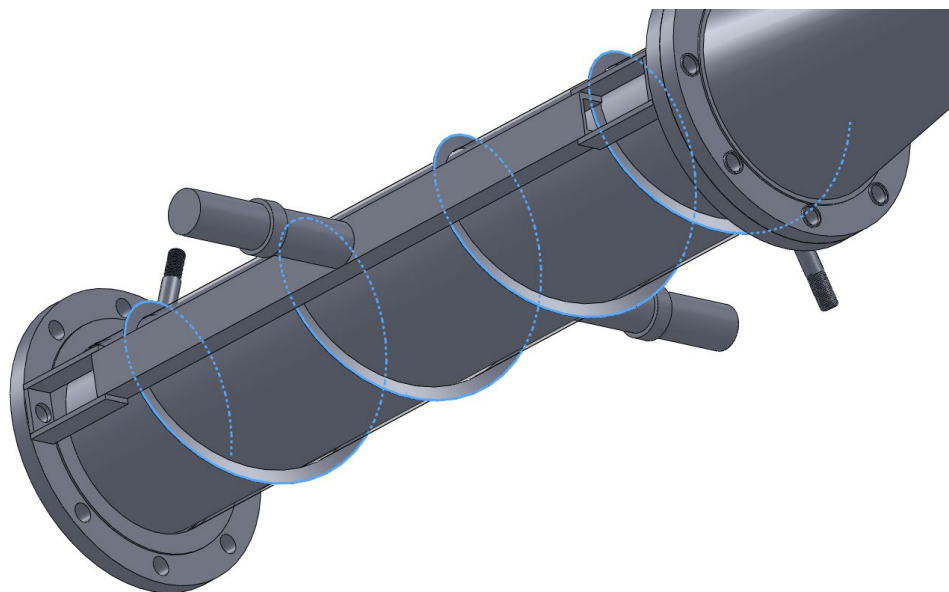


Рисунок 2.47 - Довжина спіралі "внутрішня"
-Внутрішня 2931,73мм

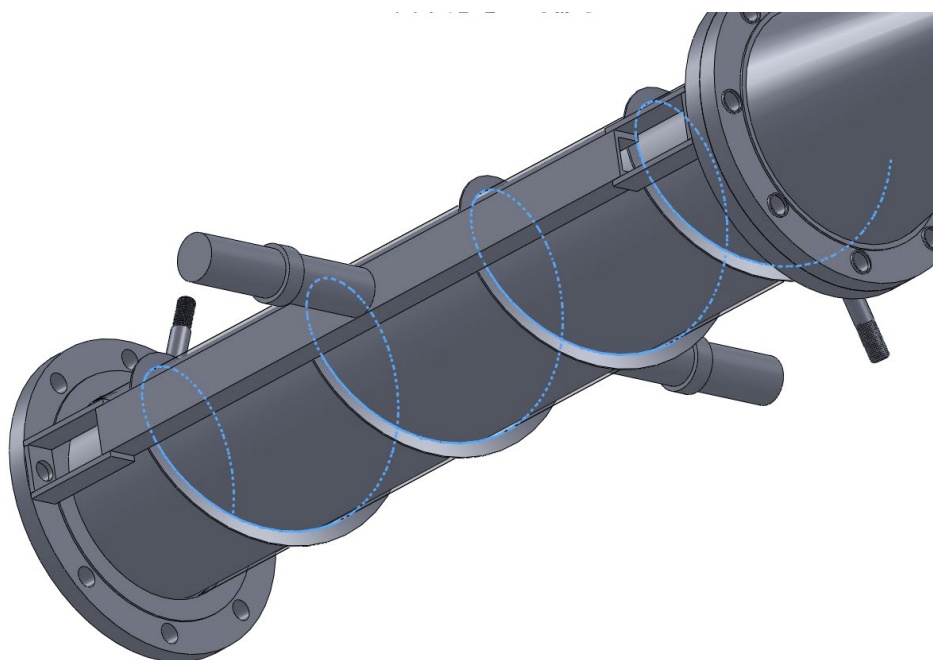


Рисунок 2.48 - Довжина спіралі "зовнішня"

3. Поділено загальну довжину дуги на сегментну відповідно:

-Зовнішня $3289,59/196,35=16,75$

-Внутрішня $2931,73/175,78=16,678$

Отримані числа це кількість необхідних сегментів для того, щоб задовільнити потребу. Оскільки дані сегменти будуть виготовлятися на замовлення шляхом нарізання на листа металу на станку ЧПУ,

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		43



Рисунок 2.49 - Процес нарізання заготовок на станку ЧПУ [26]

рахую недоцільним надавати підрядчику замовлення з нецілою кількістю необхідних елементів, тому округлюємо цю кількість до 17.

Після нарізання потрібних заготовок їх згинають на потрібний кут α , після цього їх по чергові приварюють за допомогою TIG, “сядають на точки”. Конструктивно розраховано зазор для даного зварювання та калібрування розміщення сегментів завширшки 0,5 мм.

Патрубки в системі охолодження мають такі параметри:

- довжина 100мм
- діаметр 20мм
- різьба:
 - крок 1,814мм
 - висота 40мм

Та задовільняють декілька необхідних умов:

- Певне розміщення для максимальної площі контакту охолоджувальної рідини з внутрішньою трубою.

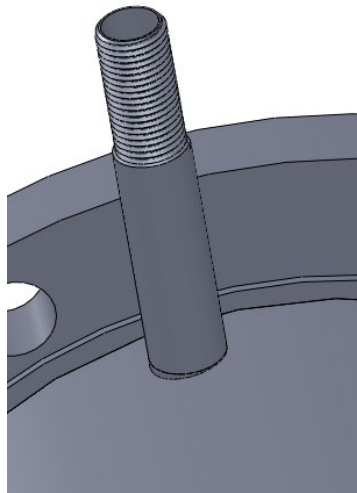


Рисунок 2.50 - Різьба патрубкa охолоджувального кожуха

-Запобігання геометричного перетину з місцями круплення фланців одне з одним за допомогою болтів та гайок й шайб

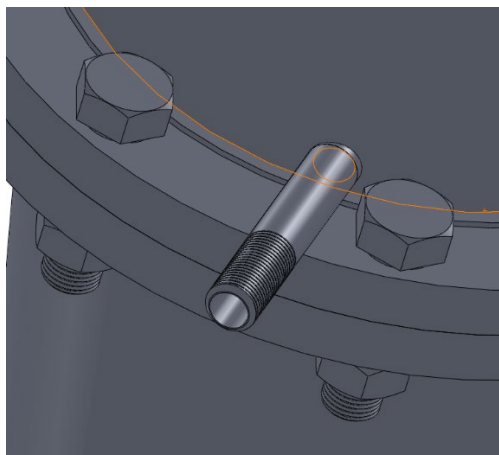


Рисунок 2.51 - Позиціонування патрубкa охолоджувального кожуха

-Запобігання перетину патрубків та труб в майбутньому підключеними до них з площиною рами так як конструкція рухома.

2.2.3 Механізм кріплення реактора

Розглянемо механізм кріплення реактору відносно рами. Обабіч реактора в одній площині розміщено певну конструкцію. В основі цієї конструкції знаходиться швелер гарячекатиний сталевий №5 ГОСТ 8240-97, довжиною 769мм.

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		45



Рисунок 2.52 - Швелер №5 [27]

До швелера приварюється певна конструкція з металевих пластин товщиною 6мм. В одній з них просвердлюється отвір діаметром 22мм для майбутнього болтового кріплення.

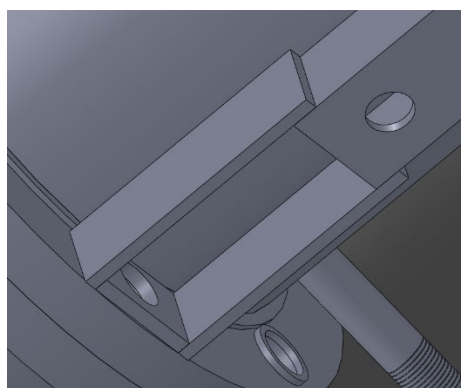


Рисунок 2.53 - Конструктивні особливості елемента кріплення реактору
Між зовнішньою трубою реактору та елементом його кріплення з рамою є зазор,

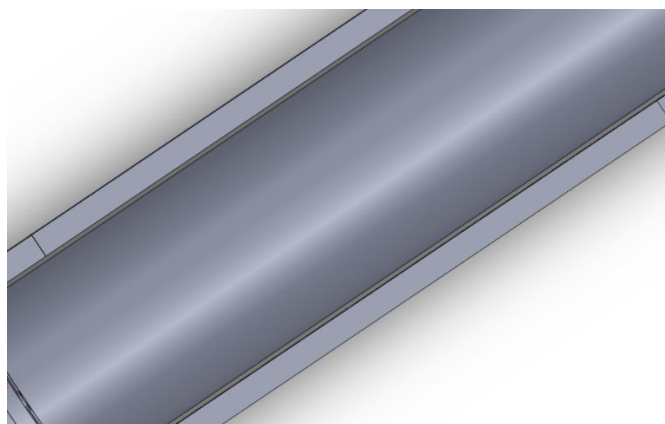


Рисунок 2.54 - Кріплення реактору відносно самого реактора

це конструктивно зумовлено використанням болтів М22*1,5*37,7*94 та безперешкодного їх функціонування.



Рисунок 2.55 - Болт [28]

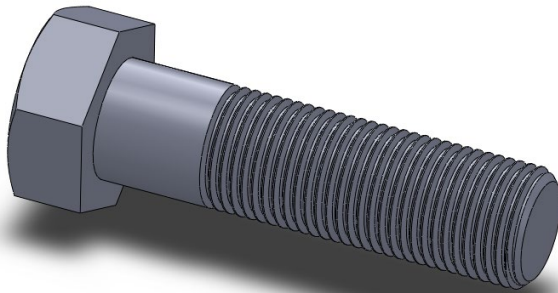


Рисунок 2.56 - Болт спроектований

По центру швелерів приварюються труби довжиною 220мм та діаметром 50мм

					3А-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		47

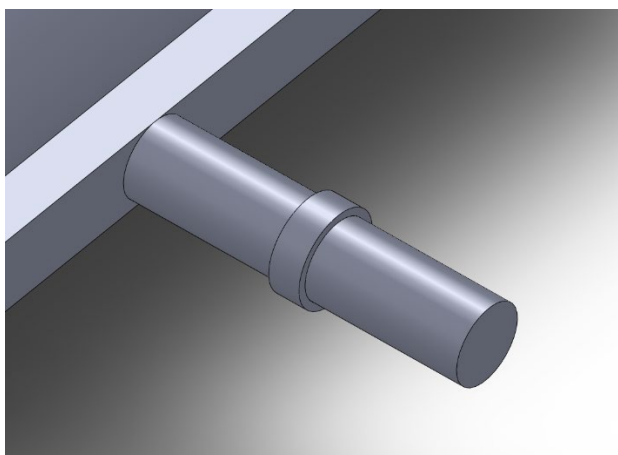


Рисунок 2.57 - Вісь повороту

з певним кожухом, котрий, в свою чергу, приварюється на відстані 100мм від швелера та має такі параметри:

- діаметр 60мм
- довжина 20мм
- товщина стінки 5мм



Рисунок 2.58 - Обмежувальний кожух

Даний елемент конструкції являється віссю обертання реактору відносно рами.

Дана модель установки являються унікальною, так як дає можливість технічного обслуговування всередині реактору.

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		48

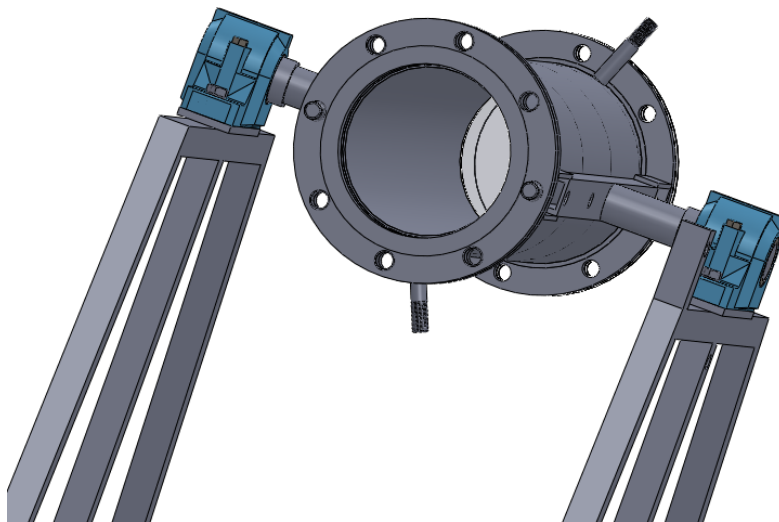


Рисунок 2.59 - Доступ до внутрішнього простору реактора

Однак, так як конструкція інертна, було прийнято рішення впровадження в будову елемента статичної фіксації реактору відносно рами, шляхом сердління двох отворів діаметром 20мм на елементі кріплення реактору

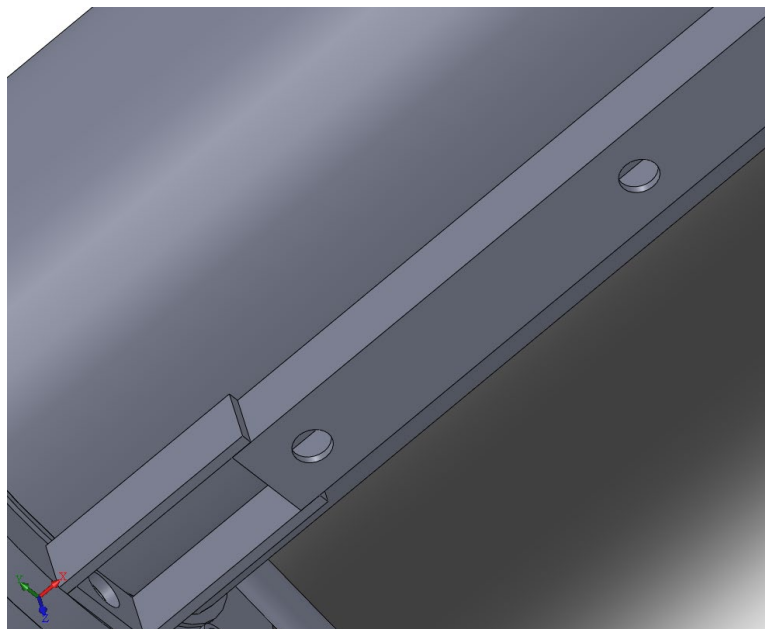


Рисунок 2.60 - Отвори на швелері для фіксації положення реактора та двох з тим же діаметром на рамі, та подальшого встановлення в них металевого прутка для діаметром 20мм та довжиною 300мм.

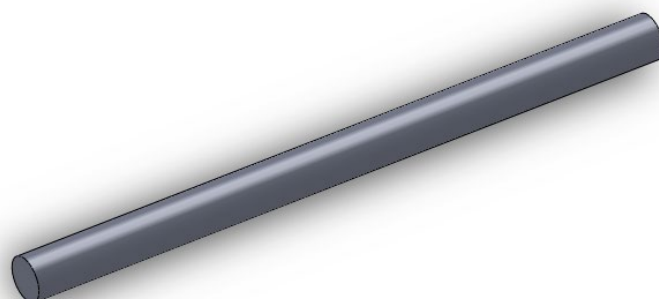


Рисунок 2.61 - Металевий пруток

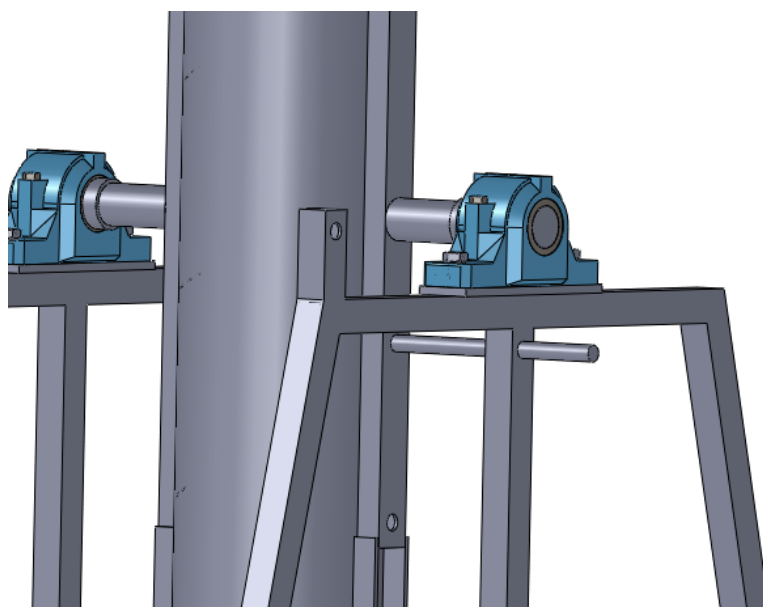


Рисунок 2.62 - Положення вертикальне(робоче)

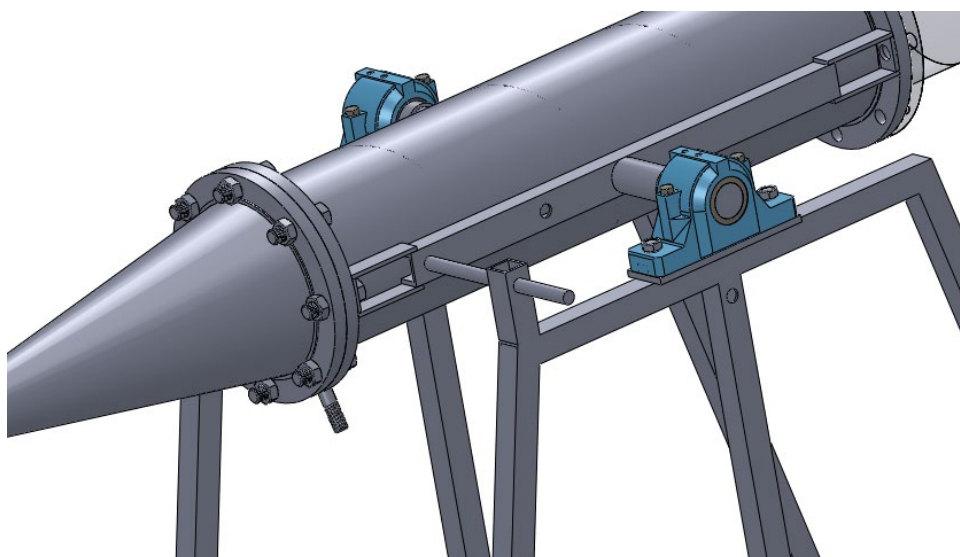


Рисунок 2.63 - Положення горизонтальне(обслуговування)

Елементом поєднання вісі обороту реактору й рами слугують корпусні самоцентровані підшипники

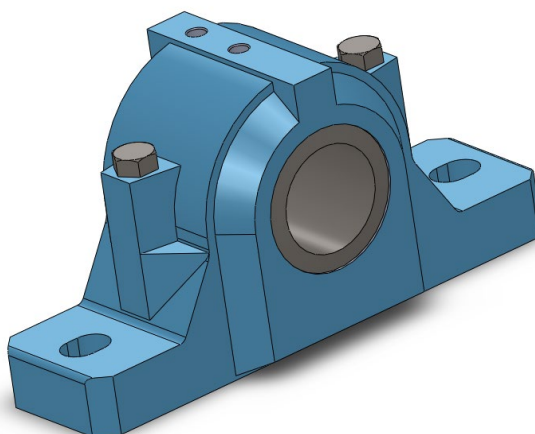


Рисунок 2.64 - Самоцентрований підшипник 3D модель

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		51



Рисунок 2.65 - Самоцентрований підшипник [29]

Необхідність використання самоцентрованих підшипників полягає в вібраціях, які виникають під час роботи реактора та під час переміщення конструкції.

2.2.4 Конструктивна особливість переміщення установки

Другою відмітною особливістю даної конфігурації установки є можливість її переміщення в просторі. Дана опція необхідна, так як установка є експериментальною. В майбутньому можливо експериментальним шляхом застосовувати різні типи плазматрону з, конкретно, даною конфігурацією “реактор-рама”. Можливість переміщення реалізовано за допомогою чотирьох поворотних роликів приварених до металевої платформи

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		52

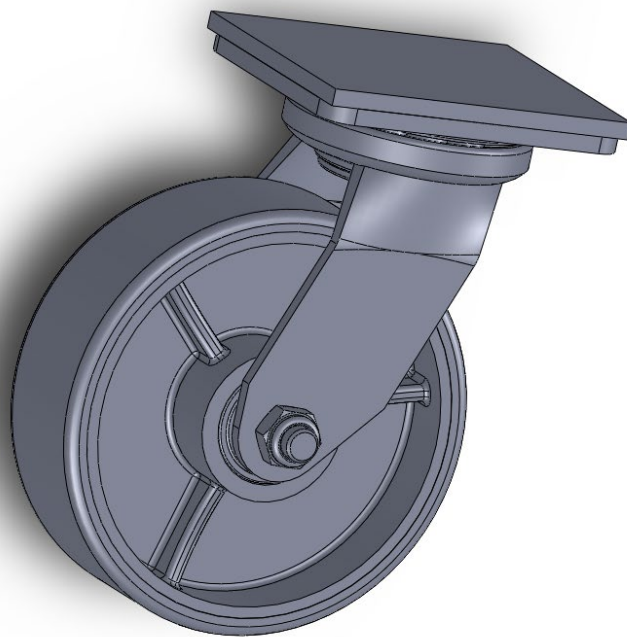


Рисунок 2.66 - Ролик 3D модель

з наступними параметрами:

-довжина 114мм

-ширина 102мм

-висота 6 мм

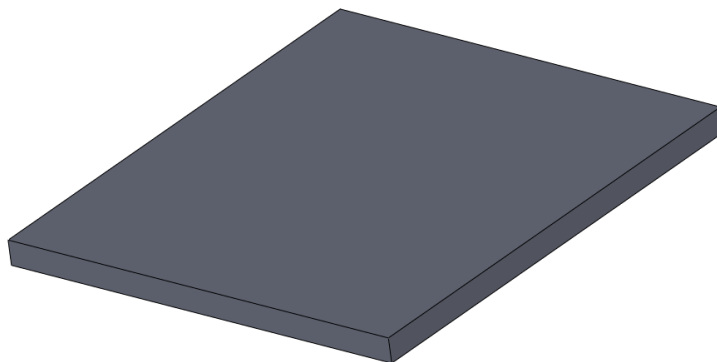


Рисунок 2.67 - Платформа кріплення ролика

Металева платформа, в свою чергу, центрована відносно рами устаноки

					3А-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		53

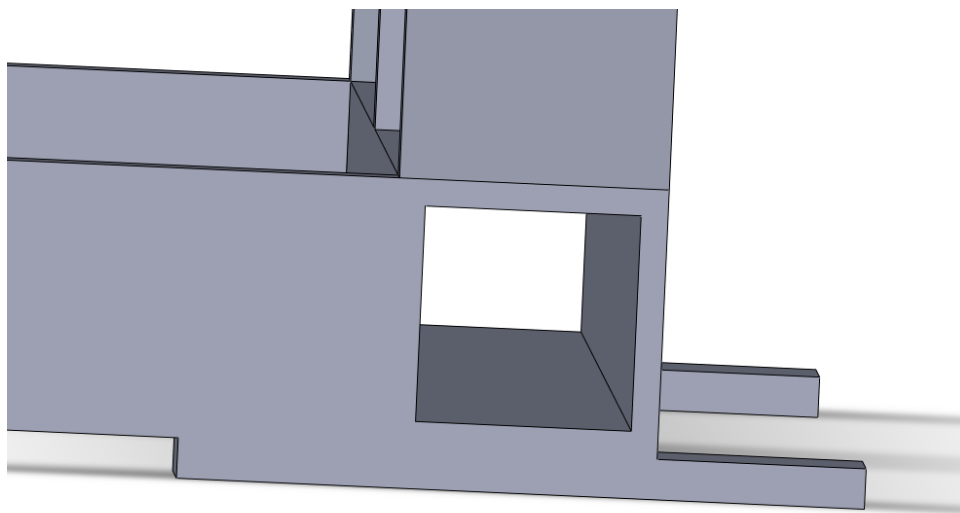


Рисунок 2.68 - Положення платформи кріплення ролика відносно рами

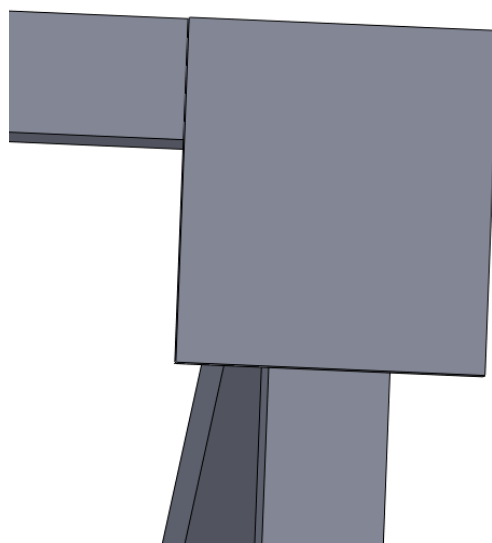


Рисунок 2.69 - Положення платформи кріплення ролика відносно рами

та приварена до неї напівавтоматом в середовищі захисних газів.

2.2.5 Рама

Рама корпусу установки виконана з профільної труби 40x40 з товщиною стінки 4мм, матеріал рами Ст3сп,

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		54



Рисунок 2.70 - профільна труба [30]

з'єднаної в певну конструкцію шляхом зварювання напівавтоматом в середовищі захисних газів.

					3А-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		55



Рисунок 2.71 - Рама

Конструкцію рами підсилено перпендикулярною профільною трубою, зважаючи на вагу майбутнього реактору.

					3A-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		56

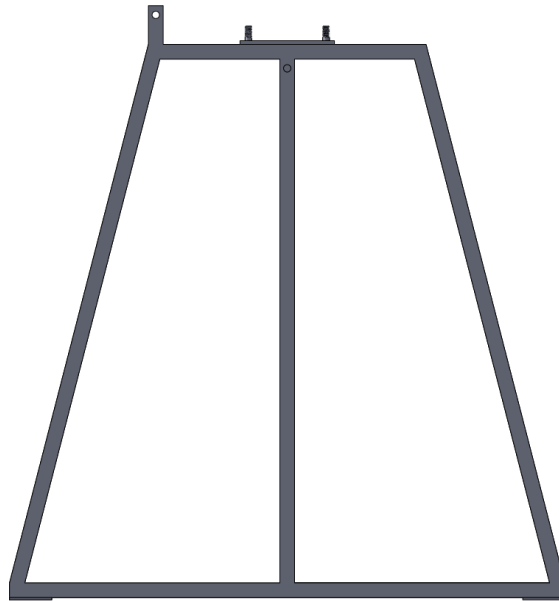


Рисунок 2.72 - Рама

Для фіксації реактору горизонтально/вертикально відносно рами передбачено два отвори діаметром 20мм, один з яких розміщено на односторонньому виступі труби.

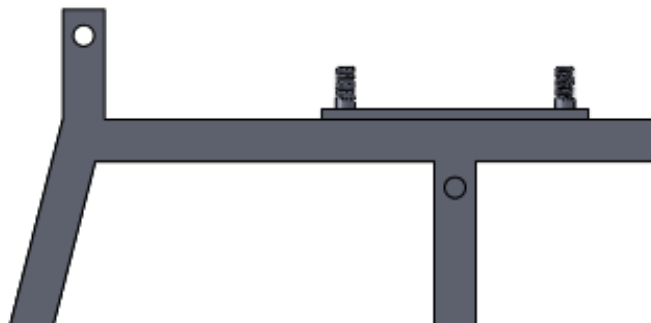


Рисунок 2.73 - отвори для фіксації положення на рамі

Елемент кріплення самоцентрованих підшипників, виконаного в вигляді платформи (довжина 255мм, ширина 70мм, висота 10мм)

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		57

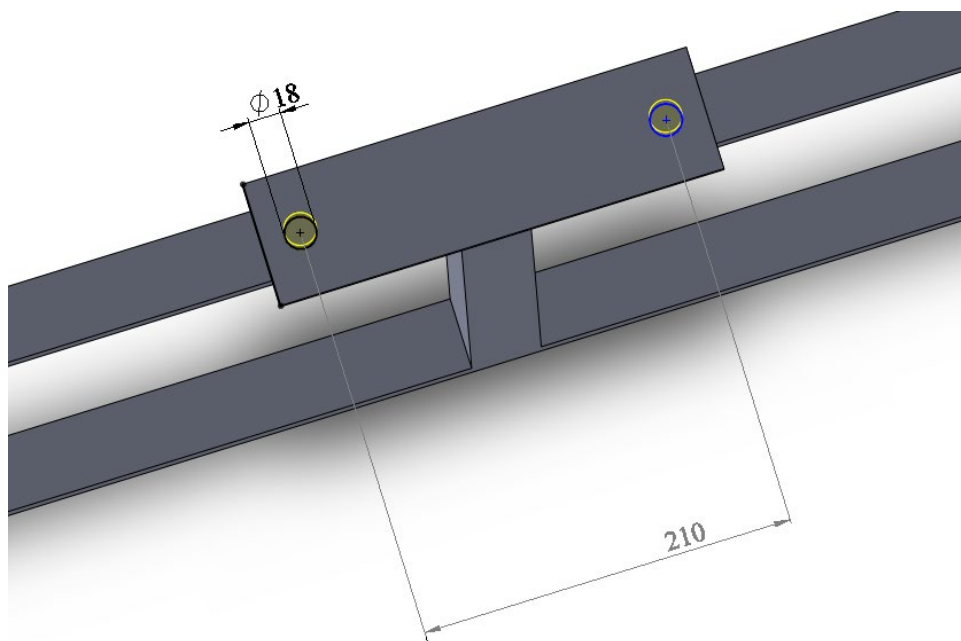


Рисунок 2.74 - Розміщення болтів відносно платформи

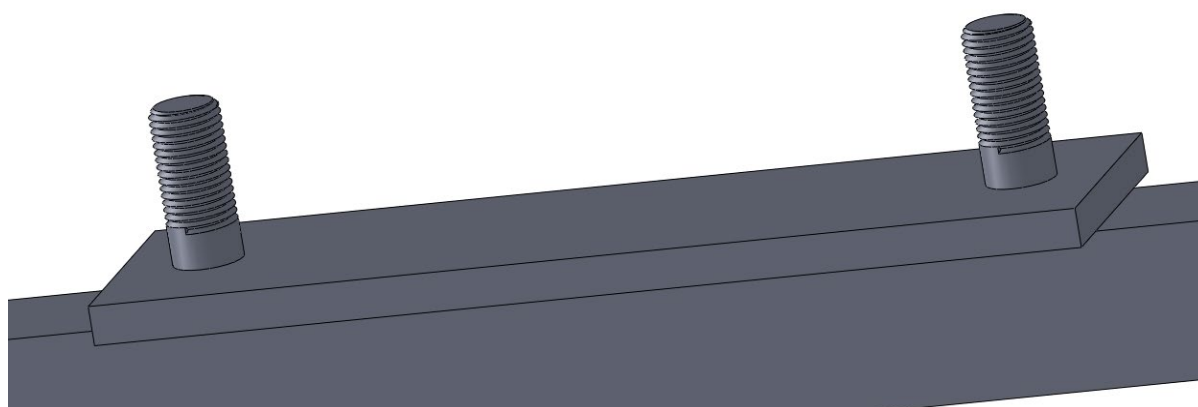


Рисунок 2.75 - Платформа разом з болтами

2.2.6 Вібромеханізм

В процесі виготовлення реактору, передбачена можливість монтажу на раму, або на корпус реактора вібромеханізму для стряхування зі внутрішніх стінок реактору деяких фракцій металевого порошку. Вібромеханізм представляє з себе електродвигун з тягарцем зі зміщеною вісю. Керуючи частотою джерела живлення електродвигуна ми можемо керувати інтенсивністю вібрацій вбромеханізму.



Рисунок 2.76 - Промисловий вібродвигун [31]

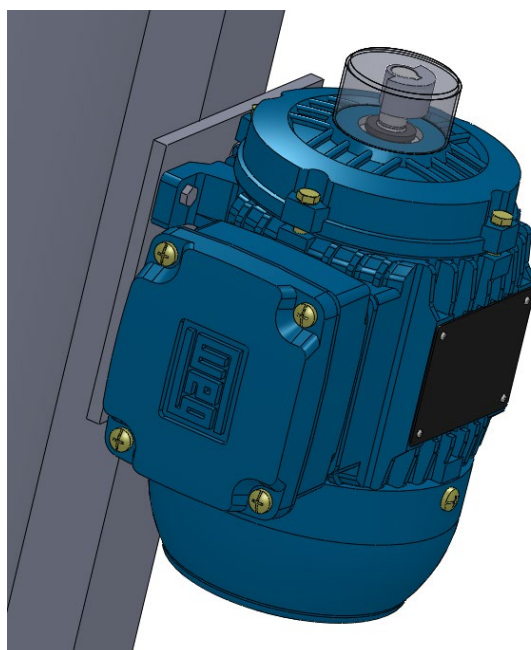


Рисунок 2.77 - Вібродвигун

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Мета розділу охорони праці є розробка комплексу заходів для майбутньої експлуатації даної установки без травматизму та інших надзвичайних ситуацій та план заходів під час процесу збирання даної установки.

3.1 Аналіз небезпечних факторів виробництва

Вважаю доцільним розглядати дане виробництво з огляду двох факторів: процесу виготовлення установки та, безпосередньо, процесу її експлуатації.

Під час процесу виготовлення/збирання (зі застосуванням зварювання TIG та напівавтоматичного):

- Зварювальні аерозолі (шкідливі речовини утворені в процесі зварювання);
- Інфрачервоне випромінювання;
- Видиме випромінювання;
- Ультрафіолетове випромінювання;
- Балони захисного газу під тиском;



Рисунок 3.78 - Балон під тиском [32]

- Бризки розплавленого металу та іскри під час процесу зварювання;
- Можливість ураження електричним струмом;

Під час експлуатації установки:

- Електроураження. Джерелом живлення плазматрону, вакуумного насосу, насосу для відкачування відпрацьованого газу, насосу системи циркуляції охолоджувальної рідини охолоджуваного кожуха та вібромеханізму(вібромотор

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		60

для струшування дрібних фракцій порошку з середини реактору в камеру готової продукції) є електроенергія;

-Шкідливі речовини. А саме- неорганічний пил (можливе ураження даною шкідливою сполукою після закінчення процесу сферидизації в реакторі, а саме відокремлення модулю готової продукції від самого реактора, з метою його спустошення для отримання вільного місця, для майбутньої партії сферидизованого металевого порошку);

-Труби та резервуари під тиском. Подача газу аргону в модуль плазмотрону для наступної іонізації, відкачування повітря з реактору, для створення середовища вакууму (таким чином запобігаємо утворенню оксидної плівки на щойно сферидизованому порошку), відкачування “відпрацьованого” інертного газу;

Варто враховувати можливість надзвичайної ситуації, такої як розгерметизація труби подачі аргону. Даний газ великої небезпеки в малих дозах для людини не несе, однак, при великій концентрації чинить на людський організм “задушливий” ефект. Даний газ накопичується біля підлоги, так як має питому вагу більшу за питому вагу повітря. Ще одним прикладом надзвичайної ситуації є можливість ураження людини струмом, шляхом контакту з механічно пошкодженим кабелем під певною напругою.

У відповідності з нормативними документами встановлюється: гранично допустима концентрація в робочій зоні ГДКрз для робочих місць.

Зварювання TIG в середовищі захисних газів та напіваавтоматичне зварювання плавким електродом є джерелами видимого випромінювання, бризок розплавленого металу й іскор. Перебіг цих двох процесів зварювання супроводжується інфрачервоним випромінюванням зварювальної дуги та нагрітого основного металу. Варто враховувати, що з підсиленням сили зварювального струму зростає й інтенсивність випромінювання.

В якості захисного газу використовують CO₂, або діоксид вуглецю.

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		

Даний газ шкідливий для людини, так як викликає запаморочення та подразнення слизової оболонки, може призвести до отруєння людини. Накопичується в нижніх шарах приміщення, так як важчий за повітря.

При роботі з даним газом необхідно забезпечити наявність функціонуючої системи вентиляції робочого приміщення. Симптоми отруєння CO₂:

-млявість;

-нудота;

3.2 Нормативні вимоги безпеки та гігієни праці

Надалі буде розглядатися комплекс правил та вимог для процесу зварювання спроектованої установки.

Вимоги до виробничих приміщень

1. Відстань між устаткуванням та між устаткуванням до стін, колон, ширина проходів- повинні відповідати чиним будівельним нормам та нормам технологічного проектування заготівельно зварювальних цехів ДБН В.2.2-28:2010.
2. Підлога, для приміщень зварювальних робіт, має бути виготовлена з вогнетривкого, діелектричного матеріалу.
3. Виробничі приміщення, в котрих відбувається процес зварювання повинні бути обладнані загальнообмінною припливно-витяжною вентиляцією відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 .
4. Повітрообмін зварювальних цехів необхідно розраховувати на розведення шкідливих речовин, не вловлених місцевими витяжними пристроями, до рівня ГДК.
5. Видалене повітря з виробничих приміщень в атмосферу повинно проходити фільтрацію від шкідливих речовин до концентрацій, що не перевищують допустимих рівнів викидів.
6. Подавання повітря необхідно здійснювати в робочу зону, або у напрямку робочої зони. Температура повітря, що подається

					3А-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		62

вентиляційними установками, необхідно забезпечити не нижче +20 0С згідно з ДСН 3.3.6.042-99.

7. Вентиляція має забезпечувати надійність під час експлуатації.

8. Вентиляція не має створювати та буди причиною надзвичайної ситуації.

9. Вентиляція не має перешкоджати внутрішньоцеховому переміщенню персоналу та обладнання.

Оскільки виробництво даної установки можна вважати разовим, доцільно використовувати, з огляду сторони потреба-кошти, місцеву вентиляцію. Яскравою відмінністю даної системи від інших є факт локального відведення зварювальних аерозолів від місця їх виникнення, що, в свою чергу, запобігає їх поширенню по всьому приміщенні.



Рисунок 3.79 - Приклад місцевої вентиляції [33]



Рисунок 3.80 - Приклад місцевої вентиляції [34]

Вимоги до організації робочих місць:

Організація та облаштування робочих місць мають відповідати ДСТУ 2456-94 та певним вимогам відносно розташування обладнання:

- між стаціонарними джерелами живлення не менше 0,8м;
- між обладнанням та місцями складування не менше 1м;
- між стінами приміщення та обладнанням не менше 0,5м.

Вимоги до освітлення

Освітлення цехів має бути організовано відповідно до ДБН Б.2.5-28-2006 “Природне і штучне освітлення”. Освітлення має поділятися на загальне та локальне, можливе використання комбінованого.

Вимоги до зварювального обладнання та виробничих приміщень

Зварювальне обладнання може бути розміщено як і в основному робочому приміщенні, так і в спеціально відведеному для нього місці відповідно до ДСН 3.3.6.096-2002.

Вимоги до персоналу

Перед початком роботи, робочий персонал має пройти попередній медичний огляд, інструктаж та контроль знань з вимог безпеки відповідно до НПАОП 0.00-4.12-05, має мати кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижчу II та кваліфікаційне посвідчення.

Вимоги та правила користування балонами під тиском

					ЗА-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		64

Балони під тиском виділяють в окрему групу небезпеки. Вони мають відповідати вимогам НПАОП 0.00-1.07-94. Кожний такий балон має відповідати певним вимогам:

- Має мати вентиль з боковим штуцером з лівою різьбою;
- Обов'язково на балоні мають бути його дані, відбиті на сферичній частині;
- Балон обов'язково має бути пофарбованим в певний колір (так як ми використовуємо вуглекислий газ то: чорний балон з жовтими літерами);



Рисунок 3.81 - Балон CO2 [35]

3.3 Інженерні рішення для забезпечення безпеки праці

При роботі з потенційно шкідливим обладнанням необхідно дотримуватися певних правил й керуватися ДСТУ 7239: 2011”Система стандартів безпеки праці”. першочергово необхідно забезпечити робочий персонал індивідуальними засобами захисту:

- захист голови;
- захист органів дихання (респіратор зі системою подачі чистого повітря);



Рисунок 3.82 - Респіратор з вбудованою системою подачі чистого повітря [36]

- захист очей, обличчя (захисні щитки зі світوفільтрами згідно ДСТУ EN 169-2001);



Рисунок 3.83 - захисний щиток зварника зі світوفільтром [37]

- захист рук;

- спецодяг (захисний комбінезон, або комплектний захисний одяг згідно ДСТУ ISO 13688-2001);



Рисунок 3.84 - Спецодяг [38]

-загальні комплексні засоби індивідуального захисту;

3.4 Пожежна безпека

Пожежна безпека – система заходів для попередження та протидії пожежі. Відповідно до вибухопожежної та пожежної небезпеки, приміщення де проводять процес зварювання відносять до категорії “Г” (негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному, або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор, полум’я);), згідно до НАПБ Б.07.005-86 та ДСТУ Б В.1.1-36:2016.

Згідно до категорії “Г” в приміщенні обов’язково мають бути виділені вибухонебезпечні зони. Електроустаткування має бути захищено згідно ДНАОП 0.00-1.32-01. В приміщеннях де проходять зварні роботи обов’язково має бути встановлено щити з вогнегасниками, відрами, сокирами, баграми. Обов’язково має відбуватися періодичний огляд приміщення та апаратури на факт недотримання норм для запобігання виникнення небезпечної ситуації.

					3А-71.00.00.000.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум	Підпис.	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведено аналіз адитивних методів виробництва певних конструкцій. Розглянуто методи виробництва металевого порошку. Розглянуто цікаві та перспективні методи сфероїдизації металевих порошків.

Спроековано корпус дослідницької установки для сфероїдизації металевих порошків з можливістю внутрішнього обслуговування реактора:

-корпус реактора.

-систему охолодження реактора (планується реалізація закільцьованої системи рідинного охолодження).

-рухомому раму.

-механізм фіксації положення.

-механізм відкачування повітря та відпрацьованого газу (планується реалізація механізму відновлення відпрацьованого газу та його рециркуляції в колі).

Розроблено комплекс заходів з охорони праці для запобігання надзвичайних ситуацій.

Технологію сфероїдизації я вважаю найперспективнішою на даний час. Так як вона повністю задовільняє потреби селективного виробництва металевих виробів різної конфігурації та ступеню складності. В майбутньому планую взяти участь у створенні даного обладнання та його модернізації й провести дослідження отриманої установки.