

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ “КИЇВСЬКИЙ  
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”  
ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ

## **Процес отримання композиційних порошків для адитивних технологій**

**Мета роботи:** дослідити вплив технологічних параметрів та отримання композиційних титан-матричних композитів з заданими фізико-механічними властивостями.

Науковий керівник

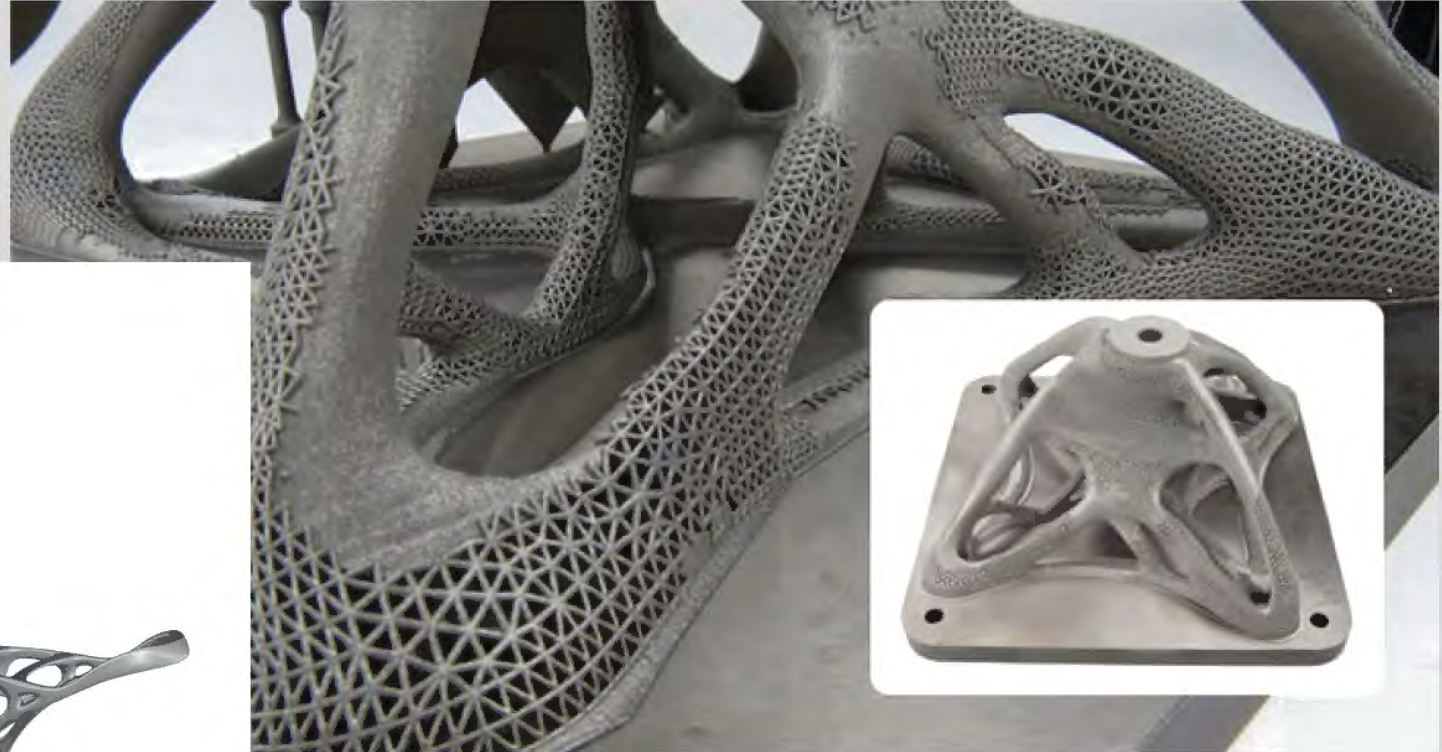
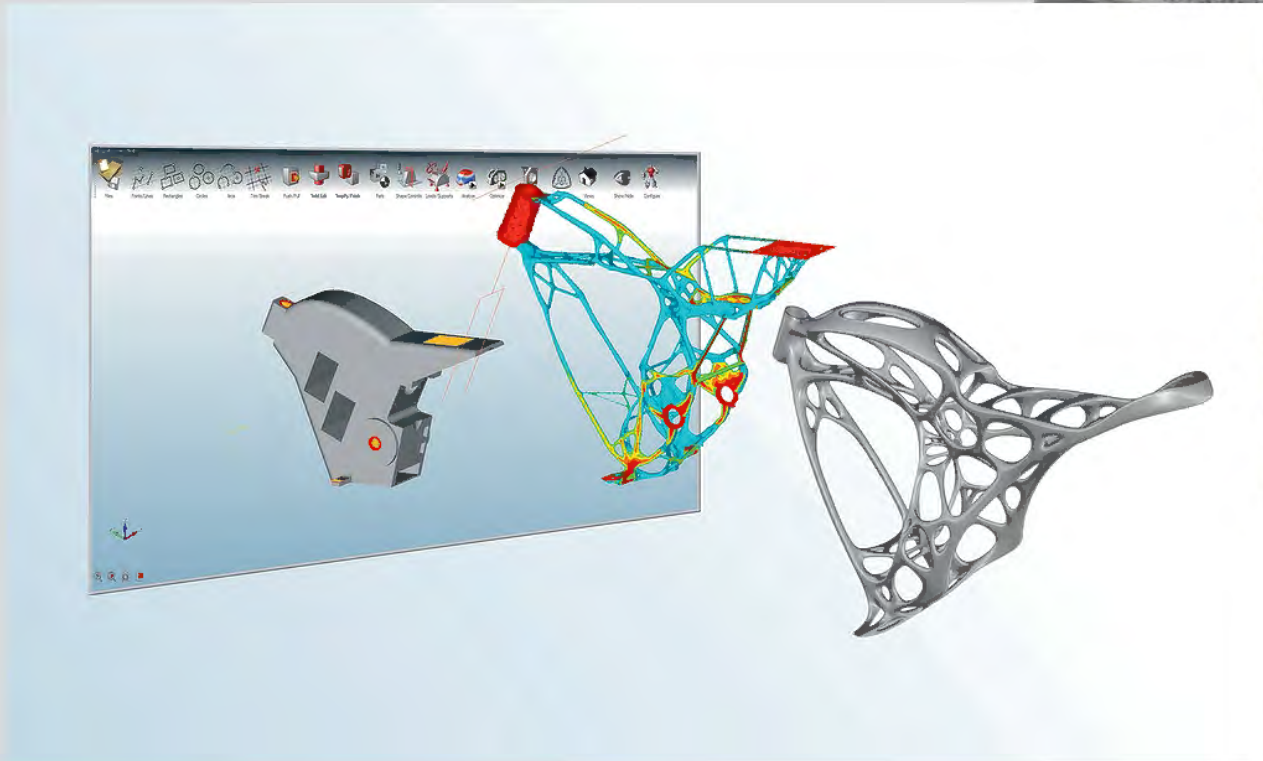
Чорний А.В.

Студент групи ЗП-61М

Макаревич В.В

## Аддитивні технології

Спосіб виготовлення виробів різної форми за даними комп'ютерної моделі шляхом пошарового додавання матеріалу у вигляді порошку, дроту, рідини ін.



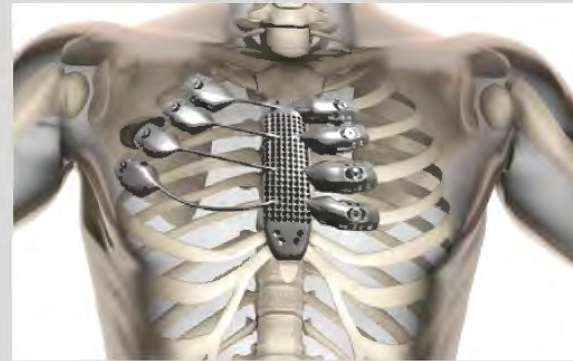
Посилений інтерес до аддитивних технологій викликаний перш за все можливістю створення об'єктів складної геометричної форми прототипів для тестування за короткий період часу без необхідності виготовлення додаткового оснащення.

## Матеріали для адитивних технологій

Сучасні принтери можуть використовувати понад 100 найменувань матеріалів для друку : акрил, бетон, гідрогель, папір, гіпс, металевий порошок нейлон, поліпропілен, поліетилен низького тиску, шоколад.



**Титан** високоміцним метал, який має низьку щільність і високу стійкість до корозії, а також має високу температуру плавлення, що робить його ідеальним матеріалом для використання в безлічі галузей промисловості, в тому числі аерокосмічної, автомобільної, військової, для створення медичних протезів, ортопедичних і зубних імплантатів і навіть ювелірних виробів



Механічні властивості композиту залежать від механічних характеристик матричної фази з титану. Введення невеликих добавок модифікаторів (бор, скандій, ітрій, лантан, церій, ніобій, молібден, вуглець) змінює основні параметри процесу кристалізації, що в свою чергу призводить до зміни структури титану і, як правило, до поліпшення його властивостей.



## Матеріали для отримання композиційних титан-матричних порошків



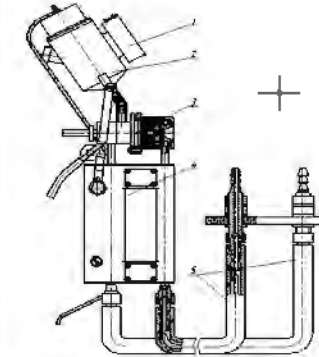
Гідрид Титану ( $\text{TiH}_2$ ) це хімічна сполука титану та водню. Переваги використання гідриду титану полягають в тому, що при температурі приблизно  $450^\circ\text{C}$  гідрид розкладається на титан та атомарний водень:  $\text{TiH}_2 \leftrightarrow \text{Ti} + \text{H}_2$ , який сприяє кращій хімічній взаємодії водню з домішками, які містяться в вихідному порошку а при температурах, вищих за  $1000^\circ\text{C}$ , реалізується реакційна взаємодія, що протікає в режимі самогоріння з виділенням великої кількості тепла.



Диборид титану ( $\text{TiB}_2$ ) розглядають як найкращу армуючу добавку до титану, що пов'язано з відносно високими значеннями температури плавлення, модуля пружності і твердості.

## ОБЛАДНАННЯ

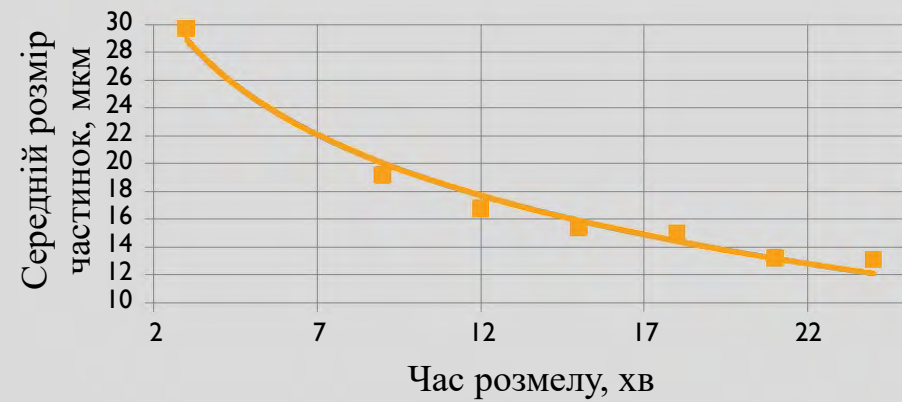
- Для розмелу порошків використовуємо планетарний кульовий млин XQM-2
- Для розпилу порошків використовуємо плазмотрон з аксіальною подачею
- Для аналізу отриманих порошків використовуємо скануючий електронний мікроскоп з енергодисперсійним мікроаналізатором РЭМ 106И



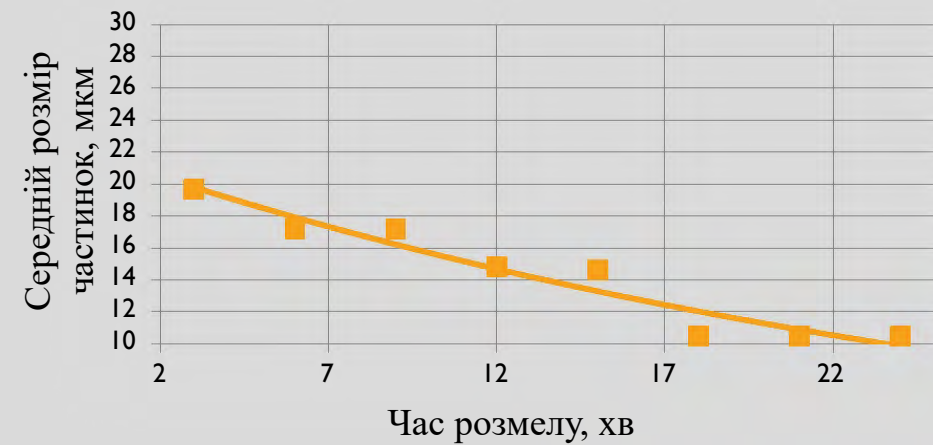
# Результати розмолу порошку



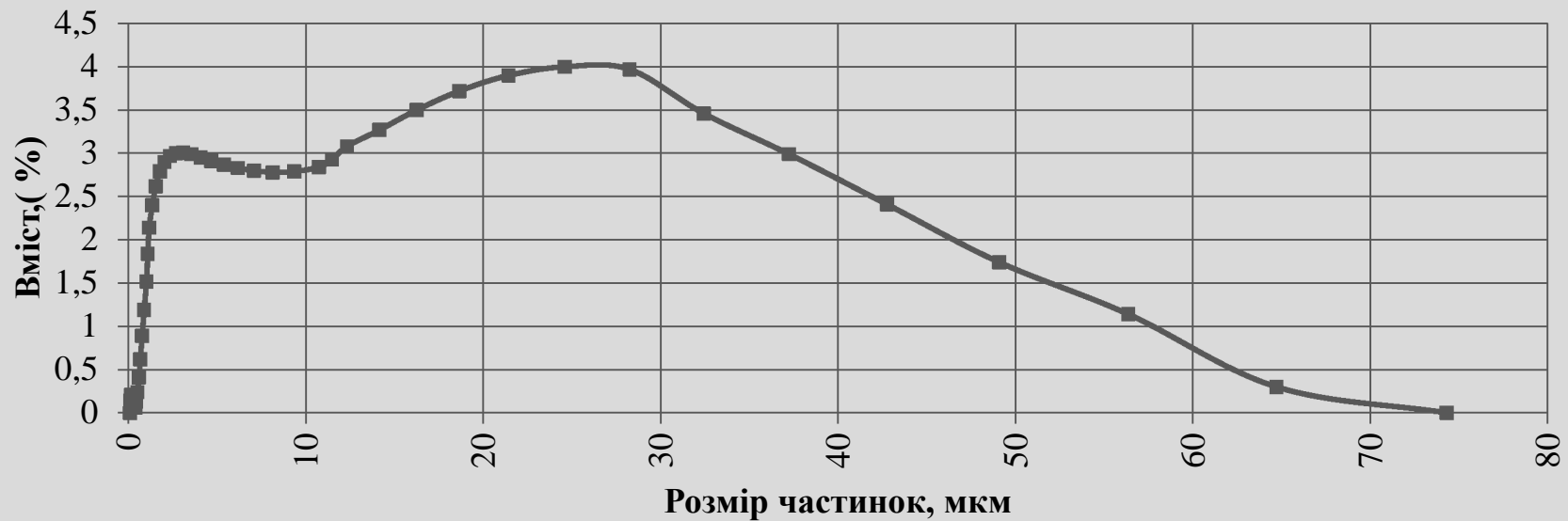
**TiH<sub>2</sub>**



**TiH<sub>2</sub>+5.3TiB<sub>2</sub>**



## Оптимальний час розмелу



На підставі експериментальних даних визначено оптимальний час розмелу, а саме 18 хв, суміші порошків  $TiH_2+TiB_2$  для отримання фракції з середнім розміром 20-30 мкм



## Обладнання для експерименту



### Технічні характеристики плазмотрону ПП-15

Напруга мережі В (частота, Гц).....	3x380 (50)
Максимальний струм дуги плазмотрона, А .....	400
Плазмоутворюючий газ і суміші м3/с .....	0,00025-0,0017
Продуктивність наплення, кг/с До .....	0,00033
Ресурс роботи сопла і електродов, год, не менше...	4
Час безперервної роботи, %.....	60
Габаритні розміри, мм, не менше.....	2770x76x87
Маса установки, кг, не більше .....	3.6

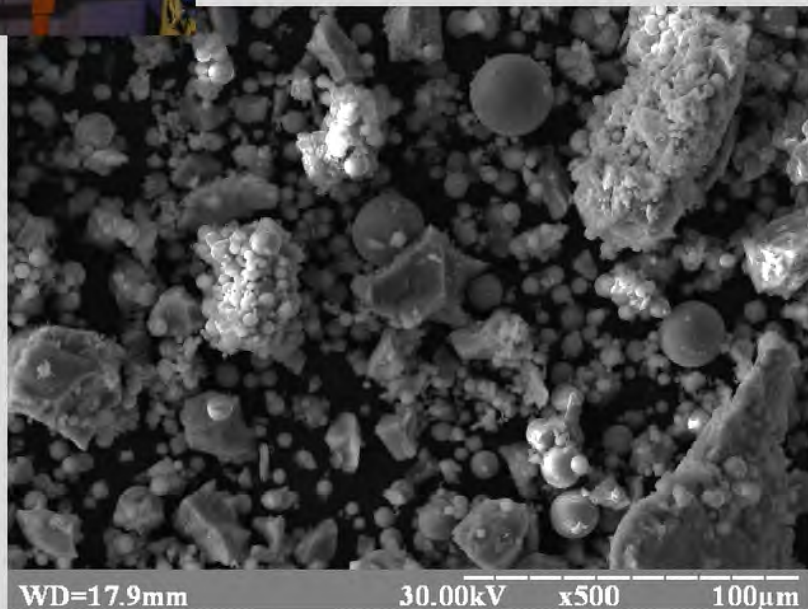


### Технічні характеристики КИУ-501

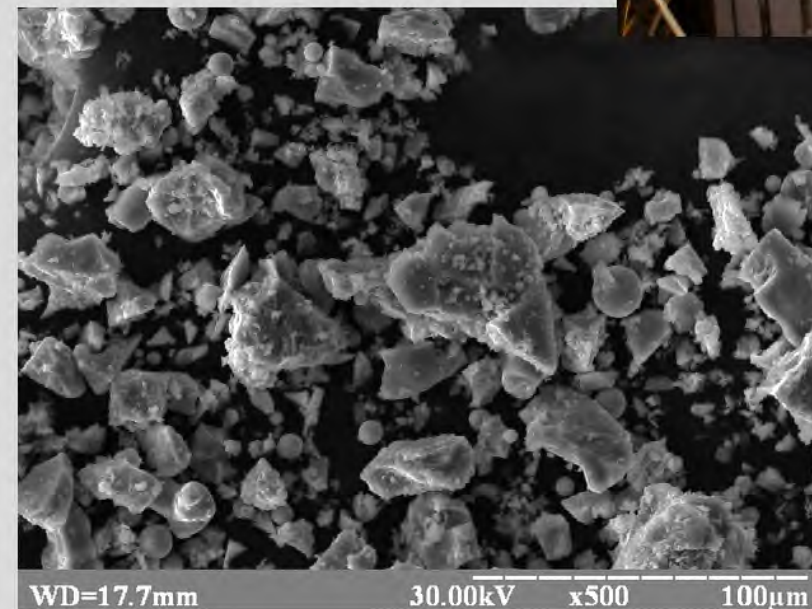
Номінальна напруга мережі, В.....	380
Частота струму живлення .....	50
Номінальний зварювальний струм, А при ПВ 60% .....	500
Межі плавного регулювання зварювального струму, А .....	Падаюча Жорстка 50÷500 600÷500
Межі регулювання робочої напруги, В.....	Падаюча Жорстка 22÷46 18÷50
Напруга холостого ходу, В .....	85
Діаметр електроду, мм .....	2-6
Габарити, мм.....	805x600x1030
Маса, кг.....	275

# Процес розпилення порошку $TiH_2 + TiB_2$

Розпилення порошку на повітрі



Розпилення порошку у воду

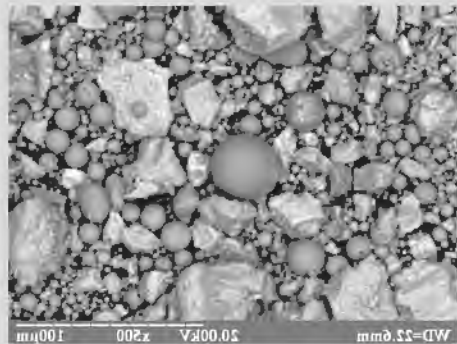


## Установка для розпилення порошку



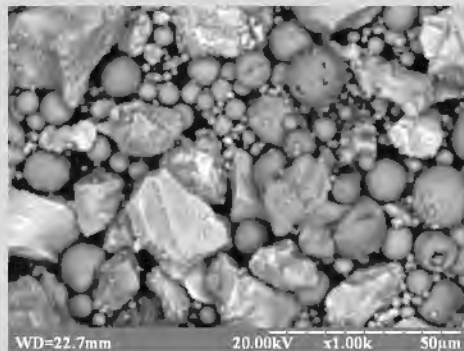
# Експериментальний підбір оптимального режиму оптимального режиму для розпилення порошків

1



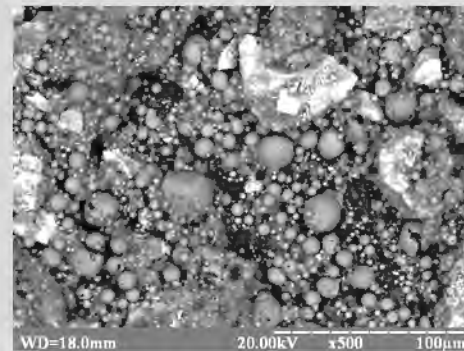
160A 30B  $\text{TiH}_2 + \text{TiB}_2$

2



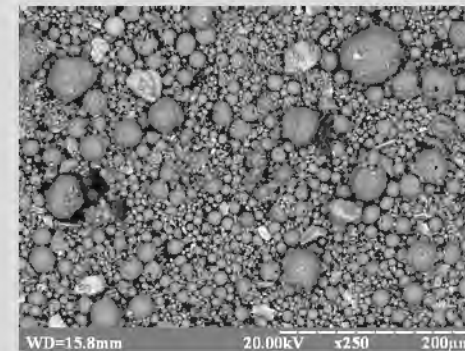
200A 30B  $\text{Ti} + \text{TiB}_2$

3



350A 20B  $\text{TiH}_2 + \text{TiB}_2$

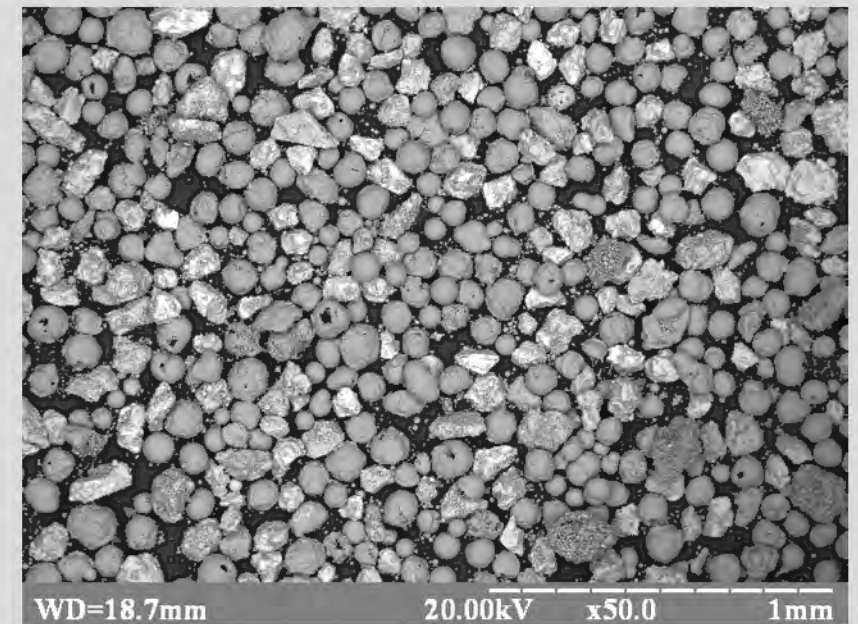
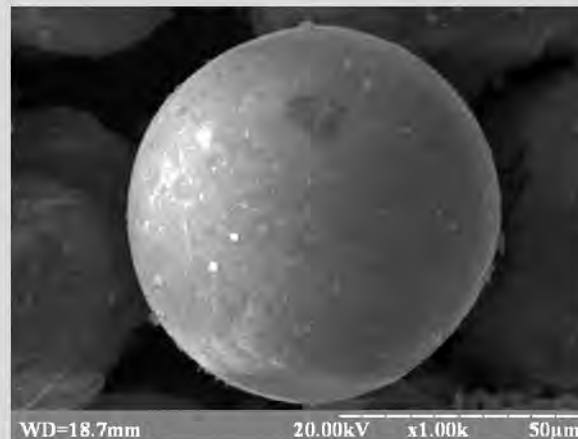
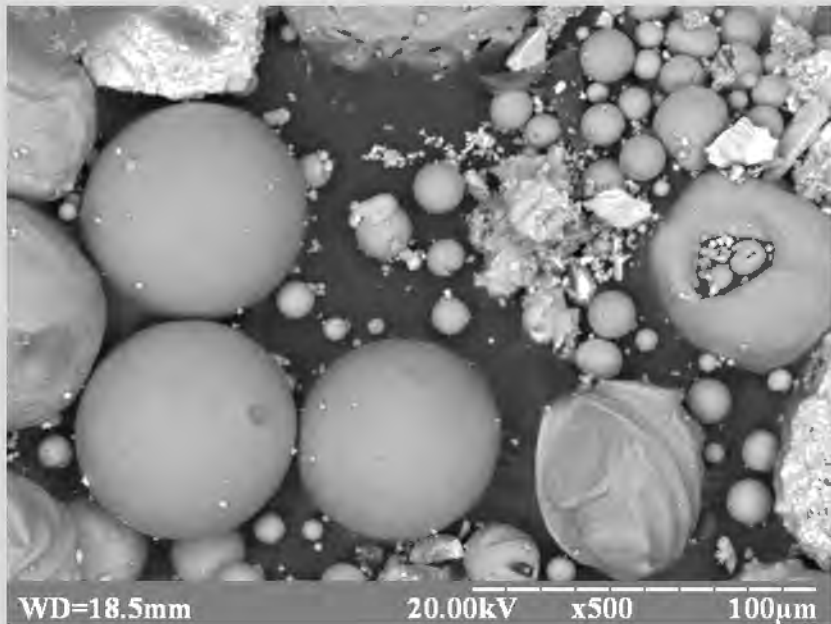
4



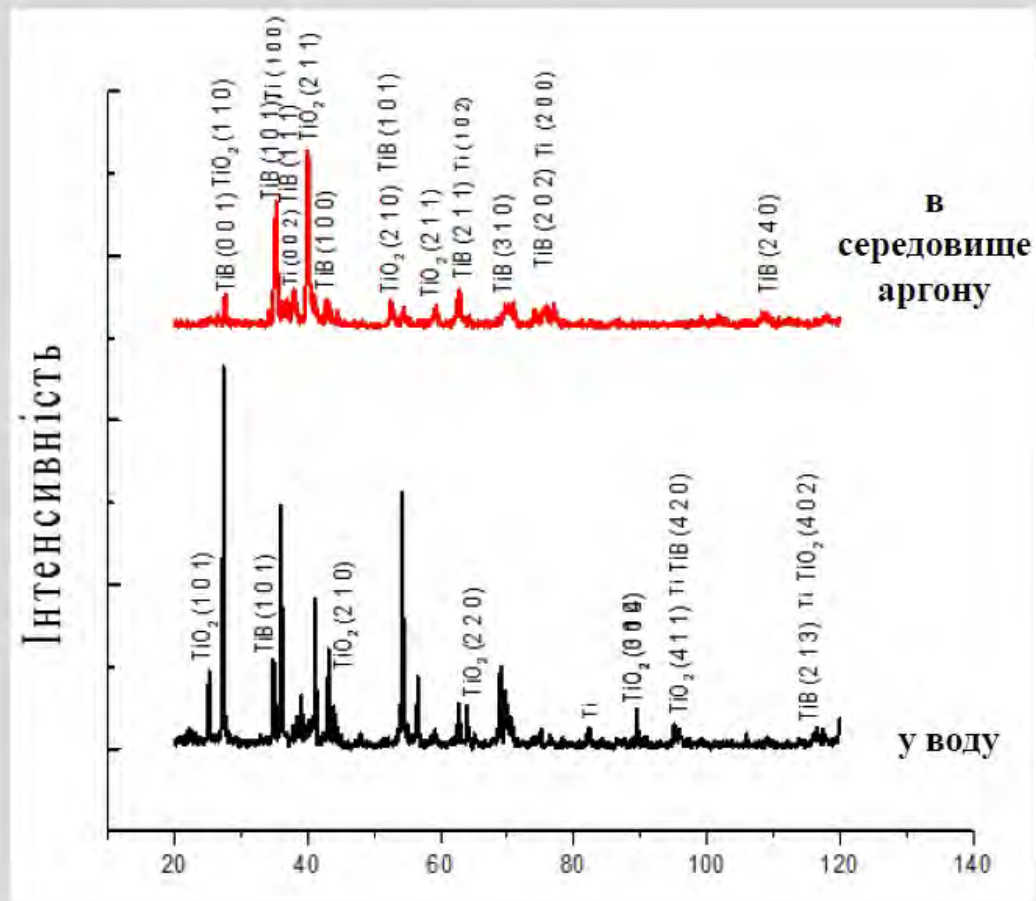
400A 20B  $\text{TiH}_2 + \text{TiB}_2$

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНОГО ПІДБОРУ РЕЖИМУ

Завдяки попередньому розмолу порошку до фракції 40 мкм, послідуочого розпилення на режимі в 400А, просіювання попередньо розпиленого порошку і повторного розпилу на режимі в 400А, вдалося досягнути найкращі показники отриманого порошку.



## Ренгенофазний аналіз



В середовище аргону		У воду	
Склад	Вміст, ваг. %	Склад	Вміст, ваг. %
$TiO_2$	11 ( $\pm 2$ )	$TiO_2$	47 ( $\pm 7$ )
$TiB$	42 ( $\pm 5$ )	$TiB$	20 ( $\pm 5$ )
$TiB_2$	6 ( $\pm 4$ )	$TiB_2$	13 ( $\pm 3$ )
$Ti$	41 ( $\pm 7$ )	$Ti$	20 ( $\pm 5$ )

## Висновки

1. На основі проведеного аналізу використання матеріалів і методів в технологіях 3-D друку, обрано найбільш перспективним матеріалом для використання в адитивних технологіях нітрид титану з домішками бора як легуючого елементу, що підвищує механічні властивості і дає можливість виготовити надлегкий титановий сплав.
2. Експериментальним шляхом були встановлені залежності між часом розмелу порошоків та вихідною грануляцією, при цьому встановлено оптимальний час розмелу порошку, для отримання фракції задовільної для подальшої отримання композиційного порошку.
3. Розроблена установка для розпилення композиційних титан-матричних порошоків. Встановлені оптимальні параметри процесу отримання композиційних порошоків для адитивних технологій.
4. Методами рентгеноструктурного та мікроскопічного аналізів встановлено, що у камері після розпилення утворюється 25-30% порошку сферичної форми з фізичними властивостями, які задовольняють вимогам 3-D друку.
5. Розроблені питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях які забезпечують покращення умов праці при роботі на вакуумному обладнанні.