



# Матеріали адитивного виробництва

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>(Інженерії, виробництва та будівництва) Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 (G8) Матеріалознавство</i>
Освітня програма	
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/ дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, 8 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS/120: лекцій – 18 год; практичних занять – 28 год; Самостійна робота студента – 74 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/ МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектори: д.т.н., професор, Мініцький Анатолій Вячеславович, mail: aminitsky@gmail.com</i>
Розміщення курсу	

### Програма навчальної дисципліни

Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

*Вивчаючи дисципліну, здобувачі отримують знання, що стосуються вивчення технологічних процесів виготовлення, підготовки та застосування матеріалів для адитивного призначення. Метою викладання навчальної дисципліни є формування у здобувачів здатностей:*

- Здатність застосовувати сучасні підходи оптимізації та дизайну матеріалів для удосконалення їх властивостей залежно від умов експлуатації.*
- Здатність застосовувати фізико-хімічні принципи для формування заданої структури матеріалів при консолідації із дисперсного стану.*

*Предметом дисципліни є аналіз та вибір матеріалів та технологій для адитивного виробництва.*

## Матеріали адитивного виробництва

Після засвоєння навчальної дисципліни здобувач повинен:

- Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали та методи адитивного виробництва для виробів різного призначення.
- Знання основних груп матеріалів та здатність обґрунтовано здійснювати їх вибір для конкретного використання.
- Розуміти принципи адитивного виробництва деталей з полімерів, металів і сплавів та кераміки.
- Розуміти технологічний цикл виготовлення виробів тривимірним друком від створення електронного прототипу до технологій постобробки.

## Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна викладається в шостому семестрі підготовки за освітньою програмою підготовки бакалаврів. Для вивчення даної дисципліни потрібні знання з дисциплін: «Основи металознавства», «Фізико-хімічні основи отримання металів, сплавів та сполук у порошковому та нанодисперсному стані», «Матеріалознавство тугоплавких матеріалів», «Основи теорії процесів консолідації порошкових та наноструктурованих матеріалів».

Дисципліна забезпечує розширення кругозору в галузі матеріалознавства та методів адитивного виробництва матеріалів чим формує набір загальних компетенцій та інтегральну компетенцію.

## Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна – «Матеріали адитивного виробництва» містить один змістовний модуль: «Матеріали адитивного виробництва»

*Розділ 1. Класифікація матеріалів у адитивних технологіях.*

*Основні групи матеріалів, що застосовуються для адитивного виробництва. Класифікація матеріалів для адитивного виробництва за станом (твердий, рідкий, дисперсний).*

*Розділ 2. Класифікація методів адитивного виробництва залежно від стану та виду матеріалів.*

*Методи, що застосовують рідкий стан (стереолітографія, пошарове наплавлення, струменевий друк), твердий стан (пошарове з'єднання листів, екструзійне формування), дисперсний стан (селективне лазерне спікання, селективне лазерне плавлення, електронно-променеве плавлення, пряме нанесення, газотермічне напилення)*

*Розділ 3. Види полімерних матеріалів для адитивного виробництва.*

*Переваги та недоліки застосування пластиків (ABS), поліамідів, полістриролів, акрилів, ПВХ-плівок. Полімерні матеріали з наповнювачами.*

*Розділ 4. Види металевих та металокерамічних матеріалів для адитивного виробництва.*

*Застосування металевих та металокерамічних матеріалів у дисперсному стані. Вимоги до порошків, що використовуються для адитивного виробництва. Основні методи отримання порошків для адитивного виробництва.*

## Навчальні матеріали та ресурси

### Базова література

1. Estrin Yu. *Architected Materials in Nature and Engineering* / Yuri Estrin, Yves Brechet, Jonh Dunlop, Peter Fratzl. - Springer Series in Materials Science, **(eBook)**, 2019. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-11942-3>
2. Chunze Yu. S. *Materials for Additive Manufacturing* / Yusheng Shi Chunze Yan Yan Zhou Jiamin Wu Yan Wang Shengfu Yu Chen Ying / Academic Press **(eBook)**, 2021 – 774 p.
3. Ahsan M.N. et. al. *A comparison of laser additive manufacturing using gas and plasma-atomized Ti-6Al-4V powders* // *Innovative Developments in Virtual and Physical Prototyping*. – London: Taylor & Francis Group, 2012.
4. Evans B. *Practical 3D-Printers: The Science and Art of 3DPrinting*/ Evans B. – Apress. 2013. 332 p.
5. Gibson I. *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing* / I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker / Springer (eBook), (2015) <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2113-3>

### Додаткова література

6. Chin S. Y. *Powder-Based 3D Printing for the Fabrication of Device with Micro and Mesoscale Features. Review* / Seow Yong Chin, Vishwesh Dikshit, Balasankar Meera Priyadarshini and Yi Zhang // *Micromachines* 2020, 11, P.658; <https://doi:10.3390/mi11070658>
7. Hausman K. *3D-Printing For Dummies* / K. Hausman / For Dummie, (2014). 384 p.
8. Barnatt C. *3D-Printing: Second Edition* / CreateSpace Independent Publishing Platform, (2014). P.30

Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних базових та додаткових джерел, які знаходяться вебресурсах для глибшого опрацювання рекомендованих викладачем розділів, що відповідають тематиці лекцій. Для окремих розділів доцільно створити електронний конспект.

## Навчальний контент

### Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

#### Зміст лекційних занять

Лекція 1. Вступ. Класифікація матеріалів у адитивних технологіях. Галузі застосування матеріалів для адитивного виробництва (мультимедійна презентація; [1])(2 години)

## Матеріали адитивного виробництва

*Лекція 2. Основні групи матеріалів, що застосовуються для адитивного виробництва. Класифікація матеріалів для адитивного виробництва за станом (твердий, рідкий, дисперсний). (мультимедійна презентація [1], [4])(2 години)*

*Лекція 3. Класифікація методів адитивного виробництва залежно від стану та виду матеріалів. Методи, що застосовують рідкий стан (стереолітографія, пошарове наплавлення, струменевий друк), твердий стан (пошарове з'єднання листів, екструзійне формування), дисперсний стан (селективне лазерне спікання, селективне лазерне плавлення, електронно-променеве плавлення, пряме нанесення, газотермічне напилення) (мультимедійна презентація [1], [4])(2 години)*

*Лекція 4. Види полімерних матеріалів для адитивного виробництва. (мультимедійна презентація [1],[4],) Переваги та недоліки застосування пластиків (ABS), поліамідів, полістриролів, акрилів, ПВХ-плівок. Полімерні матеріали з наповнювачами.(2 години)*

*Лекція 5. Види металевих та металокерамічних матеріалів для адитивного виробництва. Вимоги до порошків, що застосовуються у адитивному виробництві (мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [1])(2 години)*

*Лекція 6. Методи виробництва металевих порошків для адитивного виробництва(розпилювання газом та водою, відцентрове розпилювання)(мультимедійна презентація; [3], [4], дод. [1])(2 години)*

*Лекція 7. Методи виробництва металокерамічних порошків оксидів, карбідів, боридів.Технології, що забезпечуютьнеобхідні технологічні властивості металокерамічних порошків для адитивного виробництва (плазмохімічний синтез); мультимедійна презентація [1], [2], дод. [1])(2 години)*

*Лекція 8. Методи діагностики якості матеріалів, що застосовуються для адитивного виробництва; (мультимедійна презентація [1], [2])(2 години)*

**Лекція 9. Залік (2 години)**

### **Практичні заняття**

*Практичне заняття 1. Вступ. Організація навчального процесу. PCO.*

*Практичне заняття 2. Встановлення розміру частинок порошку для адитивного виробництва.*

*Практичне заняття 3. Вивчення інтерфейсу програми та загальні принципи 3D побудови простих деталей.*

*Практичне заняття 4. Вивчення інтерфейсу програми та загальні принципи 3D побудови простих деталей.*

*Практичне заняття 5. Вивчення інтерфейсу програми та загальні принципи 3D побудови простих деталей. **Тематична контрольна робота 1.***

*Практичне заняття 6 Тривимірна побудова геометричних тіл, обмежених плоскими поверхнями.*

*Практичне заняття 7. Тривимірна побудова геометричних тіл, обмежених плоскими поверхнями.*

*Практичне заняття 8. Тривимірна побудова геометричних тіл, обмежених плоскими поверхнями.*

*Практичне заняття 9 Тривимірна побудова геометричних тіл обертання.*

*Практичне заняття 10. Тривимірна побудова геометричних тіл обертання.*

*Практичне заняття 11. Тривимірна побудова геометричних тіл обертання. **Тематична контрольна робота 2.***

*Практичне заняття 12. Побудова 3D-моделі деталі за визначеними габаритними розмірами.*

*Практичне заняття 13. Побудова 3D-моделі деталі за визначеними габаритними розмірами.*

*Практичне заняття 14. Побудова 3D-моделі деталі за визначеними габаритними розмірами.*

### Самостійна робота студента

Самостійна робота аспірантів (загальна тривалість 74 години) з дисципліни полягає в

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для фокусування розглянутих адитивних технологій та матеріалів, що застосовуються у адитивних технологіях – 34 годин;
- підготовка до практичних занять – 28 год.
- підготовці до МКР – 6 год.
- підготовці до семестрового контролю – заліку (6 годин).

## Політика та контроль

### Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед аспірантом:

- Завдання пропущеного практичного заняття аспірант повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі. Під час практичних занять дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, використання власних хмарних ресурсів, тощо.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно використання програмного продукту та методик оптимального вибору для розв'язання реальних задач за тематикою власних наукових досліджень, курсового чи дипломного проектування. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і студенти в процесі роботи вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

### Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

**Поточний контроль:**

- **Захист звітів з практичних робіт** всього максимально 60 балів, відповідно:

○ Практична робота 1	максимум 12 бали
○ Практична робота 2	максимум 12 бали
○ Практична робота 3	максимум 12 бали
○ Практична робота 4	максимум 12 бали
○ Практична робота 5	максимум 12 бали

- **МКР** розбита на 2 Тематичні контрольні роботи, які проводяться у вигляді контрольної роботи з двох питань на 7-му та 11-му навчальних тижнях. Максимальна оцінка за кожну роботу 20 балів (10 балів – перше питання та 10 балів – друге питання), всього складає 40 балів за семестр.

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю студент повинен

## Матеріали адитивного виробництва

отримати позитивні оцінки за захист практичних робіт №1, №2, №3 та Тематичної контрольної роботи №1. Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист практичних робіт №4 і №5 та тематичної роботи №2. Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 60 балів за умови виконання усіх практичних робіт та кількості балів за видами робіт, відповідно:

- Тематичні контрольні роботи не менше 24 балів.
- Захист звітів з практичних робіт не менше 36 балів.

У випадку незгоди з семестровим рейтингом, здобувач має право здавати залікову контрольну роботу, що складається з двох завдань. Проводиться письмово, на написання відводиться 2 академічної години. У випадку, якщо оцінка за залікову контрольну менша ніж за рейтингом, застосовується «м'який» РСО (здобувач отримує більшу з оцінок із отриманих за результатами залікової контрольної або за рейтингом).

Семестровий контроль: залік.

Відповідь на кожне з питань оцінюється у 50 балів за 100-бальною шкалою, відповідно:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 10-5 балів, за неправильне використання термінів на 5 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перерахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перерахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".
- Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль знаходиться в Додатку А.

Матеріали адитивного виробництва

Матеріали адитивного виробництва

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено:

Складено: професором каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, д.т.н., професором, Мініцьким Анатолієм Вячеславовичем.

**Ухвалено** кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 9 від 14.02.2025 р.)

**Погоджено** Методичною комісією ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 6/25 від 19 лютого 2025 р.)



## Матеріали адитивного виробництва

### ДОДАТОК А

#### Завдання на семестровий контроль з дисципліни «Матеріали для адитивних технологій»

1. Класифікація матеріалів, що застосовуються для адитивного виробництва за станом (твердий, рідкий, дисперсний)
2. Галузі застосування матеріалів для адитивного виробництва
3. Класифікація методів адитивного виробництва залежно від стану та виду матеріалів.
4. Методи, що застосовують рідкий стан (стереолітографія, пошарове наплавлення, струменевий друк)
5. Методи, що застосовують твердий стан (пошарове з'єднання листів, екструзійне формування)
6. Методи, що застосовують дисперсний стан (селективне лазерне спікання, селективне лазерне плавлення, електронно-променеве плавлення, пряме нанесення, газотермічне напилення).
7. Види полімерних матеріалів для адитивного виробництва.
8. Переваги та недоліки застосування пластиків (ABS), поліамідів, полістриролів, акрилів, ПВХ-плівок.
9. Переваги та недоліки застосування полімерів із наповнювачами.
10. Види металевих та металокерамічних матеріалів для адитивного виробництва.
11. Вимоги до порошків, що застосовуються у адитивному виробництві
12. Методи виробництва металевих порошків для адитивного виробництва (розпилювання газом та водою, відцентрове розпилювання)
13. Методи виробництва металокерамічних порошків оксидів, карбідів, боридів.
14. Технології, що забезпечують необхідні технологічні властивості металокерамічних порошків для адитивного виробництва (плазмохімічний синтез)
15. Методи діагностики якості матеріалів, що застосовуються для адитивного виробництва.