



СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ 3D ДРУКУ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Освітньо-професійна програма Нанотехнології та комп'ютерний дизайн матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна) / дистанційна/ змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS/120 год; 36 годин лекцій, 18 годин практичних занять, 66 годин СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік / модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>Лекція -1 раз на тиждень, практичне заняття – 1 раз на два тижні http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Биба Євген Георгійович, e-mail: egby-iff@i11.kpi.ua Лабораторні роботи: к.т.н., доцент, Биба Євген Георгійович</i>
Розміщення курсу	<i>campus.kpi.ua</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Вивчаючи дисципліну у студентів формуються знання, щодо сучасних можливостей аддитивних технологій, використання їх у прототипуванні або серійному виробництві різних компаній, методів побудови деталей, методики обрання матеріалів для певного виробу та підготовка деталей для друку.

***Метою** навчальної дисципліни є формування у студентів комплексу професійних знань, умінь та навичок в напрямку адитивних технологій, здатності їх використання для створення прототипів, деталей та виробів.*

***Предметом** вивчення навчальної дисципліни «Сучасні технології 3Dдруку» є сучасні інженерні методи та комп'ютерні засоби для вирішення виробничих проблеми за допомогою технологій тривимірного моделювання CAD /CAM.*

Вивчаючи дисципліну студент розвиває загальні та фахові компетентності, а саме:

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.*
- Прагнення до збереження навколишнього середовища.*
- Здатність оцінювати та забезпечувати якість робіт, що виконуються.*

Сучасні технології 3d друку

- Здатність розуміти та використовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів.
- Здатність застосовувати системний підхід для розв'язання прикладних задач виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів.

Програмні результати навчання відповідно до освітньої програми:

- Виявляти, формулювати і вирішувати матеріалознавчі проблеми і задачі.
- Використовувати сучасні методи для виявлення, постановки та розв'язування винахідницьких задач в галузі матеріалознавства
- Формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі для розробки, виготовлення, випробування, сертифікації, утилізації матеріалів, створення та застосування ефективних технологій виготовлення виробів
- Проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів
- Розв'язувати прикладні задачі виготовлення, обробки, експлуатації та утилізації матеріалів та виробів

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

Для успішного засвоєння дисципліни студенту необхідно володіти знаннями з дисциплін «Фізика міцності і руйнування», «Інженерне матеріалознавство», «Фундаментальні засади теорії та технології порошкових композиційних матеріалів». Вивчення дисципліни сприяє засвоєнню навчальних дисциплін циклу професійної підготовки.

Дисципліна забезпечує розширення інженерного кругозору в галузі інженерії матеріалів чим формує набір компетентностей для подальшого вивчення дисциплін матеріалознавчого напрямку. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані у підготовці магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Вступ. Організація очного/дистанційного навчання.

Розділ.1. Історичні передумови виникнення адитивних технологій. Термінологія та класифікація. Области застосування АМ технологій.

Розділ 2. Матеріали, технології та машини для вирощування металевих виробів.

Розділ 3.Сучасні аддитивні технології і порошкова металургія.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Сучасні аддитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування [Текст] : навч. посіб. / О. Д. Манжілевський, Р. Д. Іскович-Лотоцький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. - 105 с.
2. Порошкові титанові сплави для адитивних технологій: структура, властивості, моделювання: монографія / О. В. Овчинников, З. А. Дурягіна, Т. Є. Романова [та ін.]. – Київ: Наукова думка, 2021. – 196 с.
3. Нові матеріали та композити : навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, І. О. Сивак, С. І. Сухоруков – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 161 с.
4. Нові матеріали та технології їх отримання : підручник / Е. С. Геворкян, Г. Д. Семченко, Л. А. Тимофеєва [та ін.]. – Харків : УкрДУЗТ, 2015. – 341 с.

Допоміжна література

1. 3D Printing: Understanding Additive Manufacturing, Andreas Gebhardt, Julia Kessler, Laura Thurn, Carl Hanser Verlag GmbH & Company KG, 2018. – 204 p.

Сучасні технології 3d друку

2. *3D Printing: Technology, Applications, and Selection*, RafiqNoorani, CRC Press, 2017. –271 p.
3. *Advances in 3D Printing & Additive Manufacturing Technologies*, David Ian Wimpenny, Pulak M. Pandey, L. Jyothish Kumar, Springer, 2016. – 186 p.
4. Mandrycky C. Etal. *3D bioprinting forengineering complextissues//biotechnologyadvances*. – 2016. – т. 34. – №. 4. – с. 422-434.
5. *Інноваційні технології виробництва продукції та надання послуг [Електронний ресурс] : конспект лекцій / С. М. Логвінков, І. М. Літвінова. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2021. – 95 с.*

Довідкові матеріали та новини індустрії на сайтах:

- <https://alt-print.com/>
- <https://3dprinter.ua/blog/>
- <https://3ddevice.com.ua/uk/>

Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних джерел, більш глибоко опрацювати рекомендовані викладачем розділи, що відповідають тематиці лекцій та/чи лабораторнихробіт.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Зміст лекційних занять

- Заняття 1. Сучасні аддитивні технології прототипування виробів. Основні відомості про прототипування виробів.
- Заняття 2. Історичні передумовипояви адитивних технологій. Области застосування прототипування виробів. [1-4]
- Заняття 3. Види та класифікація адитивних технологій. Метод стереолітографії. [1-4]
- Заняття 4. Види та класифікація адитивних технологій. Методи селективного лазерного спікання/оплавлення та електропроменевого оплавлення [1-4].
- Заняття 5. Види та класифікація адитивних технологій. Powder bed технології 3d друку. [1-4].
- Заняття 6. Види та класифікація адитивних технологій. Екструзійні та ламінантні адитивнеі технології [1-4].
- Заняття 7. Характеристика ринку адитивних технологій. Критерії вибору технологій [1-4]
- Заняття 8. Модульна контрольна робота**
- Заняття 9. Технології та машини для вирощування металевих виробів. Група BedDeposition. Група DirectDeposition.[2-4]
- Заняття 10. Матеріали для "металевих" АМ-машин. Методи отримання металевих порошків для технології 3d друку.[1-4].
- Заняття 11. Адитивне виробництво металевих виробів дуговою наплавкою. [1-3].
- Заняття 12. Плазмові технології адитивного виробництва. [2, 3]
- Заняття 13. Вимоги та технології одержання порошків металевих та керамічних матеріалів для технологій селективного лазерного спікання. [1-4]
- Заняття 14. Використання технологій адитивного виробництва для виготовлення виробів медичного призначення. [1-4]
- Заняття 15. Аддитивні технології у виробництві деталей авіаційної та космічної техніки. [1-4].
- Заняття 16. Засоби підготовки конструкцій виробів для виготовлення засобами адитивних технологій [4]
- Заняття 17. Специфічні види адитивних технологій.[1-4]
- Заняття 18. **Залік**

Зміст практичних робіт

Сучасні технології 3d друку

Основні завдання практичних робіт є формування у студентів уявлень про методи отримання та дослідження матеріалів для адитивних технологій; отримання комплексу знань про вибір обладнання та методів 3D друку.

Практична робота №1. Вступне заняття. Правила техніки безпеки під час роботи з лабораторним обладнанням.

Практична робота №2. Знайомство з сучасними методами отримання вихідних матеріалів для адитивного виробництва.

Практична робота №3-4. Отримання порошків для АМ технологій плазмо-хімічним методом.

Практична робота №5. Визначення гранулометричного складу та питомої поверхні порошків для 3Dдруку.

Практична робота №6-7. Отримання виробів за допомогою SLA технології друку фотополімерною смолою.

Практична робота №8. Основні методи дослідження виробів отриманих за допомогою АМ-технологій.

Заключне заняття.

Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 66 годин) з дисципліни полягає в:

- підготовці до лекційних занять – в розрахунку 1,5 години на 1 лекцію (27 годин).
- підготовці до Практична роботаів, аналізі одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунку 1,5 година на 1 годину виконання = 27 години;
- підготовці до тематичних контрольних робіт – 6 години.
- підготовці до підсумкової атестації – заліку (6 годин).

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- Відвідування усіх видів занять не є обов'язковим.
- Пропущене без поважної причини лекційне заняття студент повинен відпрацювати шляхом написання тестування з кожної пропущеної теми.
- Завдання пропущеного Практична роботау студент має виконати в час, узгоджений з викладачем.
- Під час Практична роботаів забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі.
- Результати виконаних Практична роботаів оформлюються у вигляді звітів. Звіт супроводжується формулами, графіками – елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. За дистанційної форми навчання звіт може виконуватися як «від руки», так і в будь-якому текстовому редакторі. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – застосування творчого підходу до виконання лабораторних робіт, у тому числі, використання даних для робіт з тематики власних наукових досліджень. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.
- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Тестування за пропущену лекцію має бути пройдено не пізніше 2-х тижнів з часу пропущеної лекції. Звіти з лабораторних робіт виконуються і подаються на перевірку не пізніше 2-х тижнів

Сучасні технології 3d друку

з моменту завершення. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.

- 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>.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль:

- експрес-опитування або тестування на лекційних заняттях – максимум 1 бал, всього 16 балів.
- захист звітів з Практична роботаів всього максимально 60 балів – максимум 10 балів з кожної роботи
- МКР проводяться у вигляді тесту на 8-му навчальному тижні. Максимальна оцінка за кожний тест 24 бали.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист Практична робота №2 та №3 і Модульної контрольної роботи. Для позитивного другого календарного контролю студент повинен отримати позитивні оцінки за захист лабораторних робіт №3-4, та №5.

Семестровий контроль: залік.

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

- Експрес-опитування або тестування на лекційних заняттях не менше 10 балів.
- Модульна контрольна робота не менше 15 балів.
- Захист звітів з лабораторних не менше 35 балів.

У випадку незгоди з семестровим рейтингом, студент 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» PCO (студент отримує більшу з оцінок із отриманих за результатами залікової контрольної або за рейтингом).

Відповідь на кожне з питання 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.

Сучасні технології 3d друку

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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *Перелік питань, які виносяться на семестровий та календарний контроль знаходиться в Додатку А.*
- *Практична роботаи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій ЦККНО «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» в структурі ННІМЗ ім. Є. О. Патона, яке застосовується під час одержання та дослідження широкого спектру порошкових, композиційних матеріалів та покриттів, а також з частковим проведенням в профільних наукових установах.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент каф. Ливарного виробництва, к.т.н., Биба Євген Георгійович

Ухвалено кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії

(протокол № 21 від 08/07 2022р.)

Погоджено Методичною комісією Інституту матеріалознавства та зварювання ім. Є.О.Патона

(протокол № 10/22 від 10/07 2022р.)

Сучасні технології 3d друку

ДОДАТОК А

Перелік питань на календарний контроль з дисципліни «Сучасні технології 3Dдруку»

1. Що таке «аддитивні технології»?
2. Які види тривимірного друку існують?
3. На основі чого базувався перший 3D принтер?
4. Які сфери використання 3D друку?
5. Які основні завдання та перспективи застосування адитивних технологій.
4. Наведіть приклади застосування адитивних технологій у різних галузях промисловості та сферах людського життя в Україні та за кордоном.
5. Які нагальні проблеми сьогодення можливо вирішити за допомогою адитивних технологій?
6. Наведіть класифікацію принтерів за принципом друку. Які особливості мають різні способи двовимірного друку?
7. Наведіть основні історичні етапи розвитку 3D принтерів.
8. Проаналізуйте сутність процесу 3D друку.
9. Проаналізуйте способи 3D друку різними матеріалами. У чому полягають їх особливості, переваги та недоліки?
10. Наведіть приклади останніх досягнень використання 3D друку у різних сферах та галузях.
11. Проаналізуйте приклади застосування адитивних технологій у таких сферах як медицина, архітектура, будівництво.
12. У чому полягають переваги і недоліки використання адитивних технологій у різних сферах та галузях?
13. Проаналізуйте перспективи розвитку адитивних технологій в Україні.
14. У чому полягають особливості застосування 3D принтерів на виробництві та у побуті?
15. Назвіть та проаналізуйте особливості, технічні характеристики, переваги та недоліки побутових 3D принтерів різних виробників.
16. У чому полягають особливості експлуатації побутових 3D принтерів?
17. Наведіть приклади найпоширеніших несправностей під час експлуатації побутових 3D принтерів.
18. Якими способами можливо створювати тривимірні моделі?
19. Які існують програми для 3D моделювання?
20. З чого складаються всі об'єкти?
21. Які існують онлайн програми для моделювання?
22. Що таке 3D сканер?
23. Принцип роботи 3D сканеру.
24. Види 3D сканерів.
25. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням SLA технології.
26. У чому полягають особливості друку за SLA технологією?
27. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням SLA технології.
28. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням SLA технології.
29. Проаналізуйте властивості фотополімерних матеріалів та деталей, що з них надруковані.
30. Поясніть принцип 3D друку деталей із застосуванням DLP технології.

Сучасні технології 3d друку

31. У чому полягають відмінності SLA та DLP технологій 3D друку?
32. Проаналізуйте сутність 3D друку з застосуванням SLS технології.
33. Назвіть відмінності SLS та SLA технологій.
34. У чому полягають особливості, переваги та недоліки SLS технології?

*Перелік питань на семестровий контроль
з дисципліни «Сучасні технології 3D друку»*

1. Що таке «аддитивні технології»?
2. Які види тривимірного друку існують?
3. На основі чого базувався перший 3D принтер?
4. Які сфери використання 3D друку?
5. Які основні завдання та перспективи застосування адитивних технологій.
4. Наведіть приклади застосування адитивних технологій у різних галузях промисловості та сферах людського життя в Україні та за кордоном.
5. Які нагальні проблеми сьогодення можливо вирішити за допомогою адитивних технологій?
6. Наведіть класифікацію принтерів за принципом друку. Які особливості мають різні способи двовимірного друку?
7. Наведіть основні історичні етапи розвитку 3D принтерів.
8. Проаналізуйте сутність процесу 3D друку.
9. Проаналізуйте способи 3D друку різними матеріалами. У чому полягають їх особливості, переваги та недоліки?
10. Наведіть приклади останніх досягнень використання 3D друку у різних сферах та галузях.
11. Проаналізуйте приклади застосування адитивних технологій у таких сферах як медицина, архітектура, будівництво.
12. У чому полягають переваги і недоліки використання адитивних технологій у різних сферах та галузях?
13. Проаналізуйте перспективи розвитку адитивних технологій в Україні.
14. У чому полягають особливості застосування 3D принтерів на виробництві та у побуті?
15. Назвіть та проаналізуйте особливості, технічні характеристики, переваги та недоліки побутових 3D принтерів різних виробників.
16. У чому полягають особливості експлуатації побутових 3D принтерів?
17. Наведіть приклади найпоширеніших несправностей під час експлуатації побутових 3D принтерів.
18. Якими способами можливо створювати тривимірні моделі?
19. Які існують програми для 3D моделювання?
20. З чого складаються всі об'єкти?
21. Які існують онлайн програми для моделювання?
22. Що таке 3D сканер?
23. Принцип роботи 3D сканеру.
24. Види 3D сканерів.
25. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням SLA технології.
26. У чому полягають особливості друку за SLA технологією?
27. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням SLA технології.
28. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням SLA технології.

Сучасні технології 3d друку

29. Проаналізуйте властивості фотополімерних матеріалів та деталей, що з них надруковані.
30. Поясніть принцип 3D друку деталей із застосуванням DLP технології.
31. У чому полягають відмінності SLA та DLP технологій 3D друку?
32. Проаналізуйте сутність 3D друку з застосуванням SLS технології.
33. Назвіть відмінності SLS та SLA технологій.
34. У чому полягають особливості, переваги та недоліки SLS технології?
35. Проаналізуйте властивості матеріалів та деталей, що виготовлені за SLS та SLA технологіями.
36. Поясніть принцип створення металевих деталей за допомогою DMLS технології.
37. У чому полягають особливості друку за LOM технологією?
38. У чому полягає відмінність LOM технології від SLA і SLS технологій?
39. У чому полягають особливості друку та постобробки деталей, що надруковані за допомогою LOM технології?
40. Проаналізуйте спосіб 3D друку з застосуванням FDM технології.
41. Проаналізуйте основні операції 3D друку деталей з застосуванням FDM технології.
42. У чому полягають особливості друку за FDM технологією?
43. Наведіть структурну схему та проаналізуйте процес друку деталей із використанням FDM технології.
44. Проаналізуйте механічні, фізичні, хімічні та інші властивості пластиків для FDM технології.
45. Наведіть класифікацію адитивних технологій виготовлення деталей з металу.
46. Проаналізуйте існуючі технології 3D друку металом.
47. У чому полягає сутність виготовлення деталей з металу за допомогою технології розплавлення порошкового шару та її різновидів?
48. Поясніть принцип виготовлення деталей з металу за допомогою технології осадження спрямованою енергією та її різновидів.
49. Наведіть приклади застосування адитивних технологій виготовлення деталей з металу на вітчизняних підприємствах.
50. У чому полягають особливості друку деталей з ABS та PLA пластику?
51. Які дефекти виникають у друкованих деталях? Як їх усунути?
52. Проаналізуйте способи механічної обробки та особливості склеювання деталей з ABS та PLA пластику.
53. В яких медичних сферах можливо використовувати 3D друк?
54. Що таке біодрук?
55. Які матеріали можливо використовувати для медичних цілей.?
56. Які перспективи розвитку 3D друку в медицині?