



Адитивні технології

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	денна/змішана/дистанційна
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 годин / 4 кредити ECTS: 36 год. – лекції; 8 год. – практичні заняття; 10 год. - лабораторні роботи; 66 год. - СРС.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік/МКР/РГР
Розклад занять	згідно www.rozklad.kpi.ua .
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент Мінаков Сергій Миколайович, minakovsergey61@gmail.com Лабораторні: к.т.н., старший викладач Мінаков Антон Сергійович, macabez15@gmail.com
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6557

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна «Адитивні технології» входить до циклу вибіркової підготовки бакалавра напряму 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій».

Мета дисципліни - є отримання студентом професійних знань, умінь та навичок в напрямку адитивних технологій, здатності їх використання для створення прототипів, деталей та виробів. Вивчення принципів обрання технології та матеріалу для виконання певної задачі, у тому числі застосування технологій, матеріалів та обладнання зварювання.

Предмет дисципліни – технології, обладнання та матеріали адитивного виробництва.

Відповідно до **освітньої програми «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій»** першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, студенти після засвоєння дисципліни деталізують та поглиблюють такі **компетентності**.

Загальні компетентності:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 1);
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 7);

Фахові компетентності:

- Здатність використовувати знання в галузі металообробки для призначення технології підготовки конструктивних елементів до зварювання та споріднених технологій (ФК1)
- Здатність використовувати знання з прикладної технічної механіки для виконання проектно-конструкторських робіт в галузі зварювання та споріднених технологій за типовими методиками (ФК3);
- Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію технічних комплексів, мати базові уявлення про правила їх експлуатації (ФК4);
- Здатність застосовувати комп'ютеризовані системи проєктування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки (ФК7).
- Здатність до просторового мислення і відтворення просторових об'єктів, конструкцій та механізмів у вигляді проєкційних креслень та тривимірних геометричних моделей (ФК8)

Програмні результати навчання:

- Виконувати геометричне моделювання деталей, механізмів і конструкцій у вигляді просторових моделей і проєкційних зображень та оформлювати результат у виді технічних і робочих креслень (PH5)
- Навички практичного використання комп'ютеризованих систем проєктування (CAD), підготовки виробництва (CAM) та інженерних досліджень (CAE) (PH12)

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

У процесі засвоєння дисципліни «Адитивні технології» студент поглиблює та деталізує знання з дисциплін:

- Інформатика
- Технологія конструкційних матеріалів
- Матеріалознавство
- Інженерна та комп'ютерна графіка
- Теорія процесів зварювання
- Деталі машин і основи конструювання
- Технології та устаткування зварювання плавленням, лазерних та споріднених процесів
- Метрологія, стандартизація і сертифікація

Результати навчання з дисципліни «Адитивні технології» є корисним для дипломного проєктування за освітньою програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій».

3. Зміст навчальної дисципліни

Термінологія. класифікація. передумови

Субтрактивні та адитивні технології. Термінологія. Критерії оцінки. адитивних технологій. Bed Deposition. Direct Deposition. Технологія виготовлення 3-х мірних карт поверхні місцевості. Photosculpture. Стереолітографія. Фотополімерні технології. Пошарове спікання.

Матеріали для адитивних технологій

Металеві матеріали на основі Ni і Co, Fe, Ti, Al.

Порошкова металургія. Дисперсність. Сферичність. Основні характеристики порошків широкого застосування. Фізико-хімічні методи отримання порошкових матеріалів. Керамічні матеріали. Прямі («direct») і непрямі («indirect») технології отримання керамічних виробів. Технологія 3DP. Селективне лазерне спікання (SLS). Стереолітографія (SLA). Three-dimensional printing techniques. ламінування листових матеріалів (LOM). Прямо струменевий друк (Direct inkjet Printing); екструзію стрижнів і волокон (Robocasting, Direct Ink Writing); моделювання методом наплавлення (Fused Deposition Modelling, FDM). Проблеми виготовлення монолітних керамічних виробів. Волокна SiC. Властивості виробів із застосуванням волокон SiC. Особливості волокнистих композиційних матеріалів. Дисперсно-зміцнені композиційні матеріали. Технології виготовлення дисперсно-зміцнених композитів: САП, хіміко-металургійні методи, механічне легування, СВС, САМ-процес, композиційне лиття, вихровий метод, інжекційний метод. Виготовлення металокерамічних композиційних матеріалів з металевою матрицею (ММС). Технологічні процеси отримання композиційних матеріалів.

Моделювання процесів адитивного виробництва

Теоретичні основи процесу SLS. Капілярна нестабільності Релея-Плато. Консолідація порошку в процесі SLS. Нестабільність розплавленої ванни. Кут змочування металом треку підкладки. Моделі процесу селективного лазерного плавлення. Теплофізичні властивості порошку.

Сучасні адитивні технології

Selective Laser Melting (SLM). Direct laser metal deposition (DLMD). Three-Dimensional Printing (3DP). Direct additive laser construction (CLAD). Direct Light Processing (DLP). Direct Metal Deposition (DMD). Direct Metal Laser Sintering (DMLS). Direct Metal Printing (DMP). Electron Beam Direct Manufacturing (EBDM). Electron beam freeform fabrication (EBF3). Extrusion Free Formation (EFF). Fused Deposition Modeling (FDM). Fused Filament Fabrication (FFF). Inkjet Printing (IJP). Laser Cusing Laser consolidation (LC). Laser Engineered Net Shaping (LENS). Laser Metal Deposition (LMD). Laminated Object Modeling (LOM). Laser Engineered Net Shaping (LENS). Stereolithography (SL). Stereo Lithography Apparatus (SLA). Selective Laser Sintering (SLS). Solid Ground Curing (SGC). WLAM (лазер) і WAAM (дуга). GMAW, GTAW і PAW. Two Photon Polymeriz (2PP). Ballistic Particle Manufacturing (BPM). Переваги та недоліки адитивних технологій. Технологія 3D-друку піщаних форм. Гібридні технології. Постобробка і контроль якості. Адитивні технології і біодизайн. Адитивні технології та швидке прототипування. Ливарне виробництво.

Застосування технологій зварювання до адитивного виробництва

TIG . MIG . Імпульсне MIG. Cold Metal Transfer (CMT). Tandem Pulsed MIG. Плазма РТА. Процес WAAM. Комплекси для реалізації зварювальних адитивних технологій. Виготовлення пішохідного мосту методом Wire-Arc Additive Manufacturing. 3D-принтер Relativity Stargate. Формування шарів металу при 3D – дуговому зварюванні

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

- 1) Сучасні адитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування : навчальний посібник / О.Д.Манжілевський, Р.Д.Іскович-Лотоцький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 105с.
- 2) Адитивні технології полімерних матеріалів (Огляд) О.П. Масючок, М.В. Юрженко, Р.В. Колісник, М.Г. Кораб // Автоматичне зварювання, №5, 2020. С. 53-60
- 3) Bandyopadhyay A. Additive Manufacturing / A. Bandyopadhyay, A. Amit., 2019. – 484 с. – (2nd Edition).

Додаткова література:

- 1) Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3Dдруку (I частина) / Г.О. Андрощук // Наука, технології, інновації. - 2017. - № 1. - С. 68-77.
- 2) Gibson I. Additive Manufacturing Technologies 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing / I. Gibson, D. Rosen, B. Stucker., 2015. – 498 с. – (Second Edition).
- 3) Badiru B. A. Additive Manufacturing Handbook: Product Development for the Defense Industry / B. A. Badiru, V. V. Valencia, D. Liu., 2017. – 948 с. – (1st Edition).
- 4) 3D Printer Market Sales Will Exceed \$14.6 billion in 2019 [electronic resource]. — Access: <http://blogs.gartner.com/pete-basiliere/2015/09/29/3dprintermarket-sales-will-exceed-14-6-billion-in2019/>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

1-й тиждень

Лекція 1 Термінологія та класифікація. Історичні передумови появи адитивних технологій.

Субтрактивні та адитивні технології. Термінологія. Критерії оцінки адитивних технологій. Bed Deposition: SLS і SLA; SLM; DMLS; EBM; LaserCusing; SPLS; Ink-Jet (Binder jetting). Direct Deposition: DMD; LENS; DM; MJS. Класифікація ASTM: Material Extrusion; ; Material Jetting; Binder Jetting; Sheet Lamination; Vat Photopolymerization; Powder Bed; Directed energy deposition. Технологія виготовлення 3-х мірних карт поверхні місцевості. Стереолітографія. Фотополімерні технології. Пошарове спікання.

2-й тиждень

Лекція 2 Металеві матеріали. Порошкова металургія.

Металеві матеріали на основі Ni і Co, Fe, Ti, Al. Порошкова металургія. Історія. Особливості спікання. Стадії технологічного процесу. Переваги та недоліки. **Практичне заняття №1** Призначення G та M кодів при програмування верстатів із ЧПК.

3-й тиждень

Лекція 3 Властивості порошкових матеріалів для адитивного виробництва.

Дисперсність. Сферичність. Основні характеристики порошків широкого застосування. Фізико-хімічні методи отримання порошкових матеріалів: Відновлення оксидів і солей, дисоціація карбонілів, гідрометалургійний спосіб. Механічні методи отримання порошкових матеріалів: розмелювання в млинах, газова та плазмова атомізація. Сфероїдезація.

4-й тиждень

Лекція 4 Керамічні матеріали.

Види керамічних матеріалів. Виготовлення виробів із SiC: гаряче пресування, рідкофазне спікання. Застосування виробів із SiC.

Лабораторна робота №1 Управління верстатом із ЧПК. Програма Mach3.

5-й тиждень

Лекція 5 Адитивні технології для отримання керамічних виробів. Прямі («direct») і непрямі («indirect») технології отримання керамічних виробів. Технологія 3DP. Селективне лазерне спікання (SLS). Стереолітографія (SLA). Three-dimensional printing techniques. ламінування листових матеріалів (LOM). Прямо струменевий друк (Direct inkjet

Printing); екструзію стрижнів і волокон (Robocasting, Direct Ink Writing); моделювання методом наплавлення (Fused Deposition Modelling, FDM). Проблеми виготовлення монолітних керамічних виробів.

6-й тиждень

Лекція 6 Устаткування для виготовлення керамічних виробів за допомогою адитивних технологій.

Волокна SiC. Властивості виробів із застосуванням волокон SiC. Застосування полікарбосілана. Стереолітографія. Керамічна суспензія (DLP). Вироби із оксиду алюмінію, діоксиду цирконію і трикальцій фосфату. Обладнання провідних світових фірм для виготовлення керамічних виробів за допомогою адитивних технологій.

Практичне заняття №2 Написання G-кодів примітивів для програмування верстатів із ЧПК.

7-й тиждень

Лекція 7 Композиційні матеріали.

Особливості волокнистих композиційних матеріалів. Дисперсно-зміцнені композиційні матеріали. Технології виготовлення дисперсно-зміцнених композитів: САП, хіміко-металургійні методи, механічне легування, CBC, САМ-процес, композиційне лиття, вихровий метод, інжекційний метод. Виготовлення металокерамічних композиційних матеріалів з металевою матрицею (ММС).

8-й тиждень

Лекція 8 Технології виготовлення волокнистих композиційних матеріалів.

Методи отримання зміцнюючих волокон. Технологічні процеси отримання композиційних матеріалів. Пресування. Контактне формування. Вакуумування. Деталі, що виготовляються з композиційних керамічних матеріалів. Переваги та недоліки властивостей.

Лабораторна робота №2 Управління верстатом із ЧПК. Операційна система Linux CNC.

9-й тиждень

Лекція 9 Моделювання процесів адитивного виробництва.

Теоретичні основи процесу SLS. Капілярна нестабільності Релея-Плато. Консолідація порошку в процесі SLS. Нестабільність розплавленої ванни. Кут змочування металом треку підкладки. Моделі процесу селективного лазерного плавлення. Теплофізичні властивості порошку.

10-й тиждень

Лекція 10 Особливості підготовки адитивних технологій.

проектування в середовищі САПР; перетворення в STL-файли; перенесення STL-файлу в машину адитивного виробництва і маніпулювання цими файлами; налагодження машини; виготовлення; витяг виробу; наступна обробка (постобробка); застосування.

Практичне заняття №3 Підготовка програм 3D наплавлення на мові програмування Python.

11-й тиждень

Лекція 11 Сучасні адитивні технології -1.

Selective Laser Melting (SLM). Direct laser metal deposition (DLMD). Three-Dimensional Printing (3DP). Direct additive laser construction (CLAD). Direct Light Processing (DLP). Direct Metal Deposition (DMD). Direct Metal Laser Sintering (DMLS). Direct Metal Printing (DMP). Electron Beam Direct Manufacturing (EBDM). Electron beam freeform fabrication (EBF3). Extrusion Free Formation (EFF). Fused Deposition Modeling (FDM). Fused Filament Fabrication (FFF). Inkjet Printing (IJP).

12-й тиждень

Лекція 12 Сучасні адитивні технології-2.

Laser Cusing Laser consolidation (LC). Laser Engineered Net Shaping (LENS). Laser Metal Deposition (LMD). Laminated Object Modeling (LOM). Laser Engineered Net Shaping (LENS). Stereolithography (SL). Stereo Lithography Apparatus(SLA). Selective Laser Sintering (SLS). Solid Ground Curing (SGC). WLAM (лазер) і WAAM (дуга). GMAW, GTAW і PAW. Two Photon Polymeriz (2PP). Ballistic Particle Manufacturing (BPM). Переваги та недоліки адитивних технологій.

Практичне заняття №4 Слайсінг 3D моделей.

13-й тиждень

Лекція 13 Технологія 3D-друку піщаних форм.

Види піщаних матеріалів. Технології 3D-друку піщаних форм: підготовка CAD моделі; Виробництво піщаних стрижнів; Збирання форм. 3D-принтери для друку піщаних ливарних форм. Технологія ExOne. Обладнання 3D-друку піщаних форм.

14-й тиждень

Лекція 14 Гібридні технології.

Обладнання для гібридних технологій. Matsuura LUMEX Avance-25. DMG MORI LASERTEC 65 3D. DMG MORI LASERTEC 4300 3D. Гібридна установка фірми Hybrid Manufacturing Technologies.

Лабораторна робота №3 3D друк простих форм на принтері Prusa-i3.

15-й тиждень

Лекція 15 Постобробка і контроль якості.

Видалення підтримуючого матеріалу. Поліпшення текстури матеріалу. Підвищення точності. Поліпшення естетичного сприйняття. Підготовка до використання в якості моделі. Поліпшення властивостей за допомогою нетеплових методів. Поліпшення властивостей за допомогою теплових методів. Усунення анізотропії через різні стратегії сканування шару лазером. Контроль якості.

16-й тиждень

Лекція 16 Адитивні технології і біодизайн.

Біонічний дизайн. Виготовлення порожнистих структур за допомогою адитивних технологій. Слайсінг. Мікрорешітчасті структури. Композитні структури cuboct. CAD-та CAE-системи. Біонічні принципи в архітектурі, промисловому дизайні, техніці та медицині. MX3D-Metal.

Лабораторна робота №4 3-х осьова MAG наплавка на верстаті із ЧПК простих форм швів.

17-й тиждень

Лекція 17 Адитивні технології та швидке прототипування. Ливарне виробництво.

Технологія Printoptical. Пошаровий принцип побудови моделі. Технології SLS, DLP, PolyJet.

Підтримуючі структури.

Синтез-моделей для ливарного виробництва. Технології лиття металів і пластмас з використанням синтез-моделей і синтез-форм. Синтез-моделі із світлозатверджувальних смол. Ювелірні вироби. Силіконові форми. Восківка.

18-й тиждень

Лекція 18 Застосування технологій зварювання до адитивного виробництва.

TIG . MIG . Імпульсне MIG. Cold Metal Transfer (CMT). Tandem Pulsed MIG. Плазма РТА. Процес WAAM, реалізованого Баркером у 1920 р. Комплекси для реалізації зварювальних адитивних технологій. Виготовлення пішохідного мосту методом Wire-Arc Additive Manufacturing. 3D-принтер Relativity Stargate. Формування шарів металу при 3D – дуговому зварюванні

Лабораторна робота №5 4-х осьова MAG наплавка на верстаті із ЧПК простих форм швів. **Залікова контрольна робота**

6. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи (66 год.):

6.1 Виконання і оформлення розрахунково-графічної роботи відповідно до індивідуального завдання (всього – 15 год.).

6.2 Підготовка до заліку – 6 год.

6.3 Підготовка до лабораторних та практичних занять- 17 год.

6.4 Підготовка до лекцій – 1,44 години на кожну лекцію (всього – 26 год.) – вивчення додаткових матеріалів за наступною програмою:

- 1) Історія появи 3D технології Photosculpture
- 2) Технологія гарячого пресування у порошковій металургії
- 3) Сфероїдезація порошкових матеріалів за допомогою лазера
- 4) Виготовлення виробів із SiC методом просочування
- 5) Проблеми виготовлення монолітних керамічних виробів
- 6) Виготовлення волокон із SiC
- 7) Дисперсно-зміцнені композиційні матеріали для зварювальних мундштуків
- 8) Вакуумне просочування при виготовленні волокнистих композиційних матеріалів.
- 9) Капілярна нестабільності процесу SLS.
- 10) Слайсінг моделей для 3D друку
- 11) Extrusion Free Formation (EFF).
- 12) Застосування зварювальних технологій GMAW для 3D друку
- 13) Технологія ExOne 3D друку
- 14) Застосування гібридних технологій у зварювальному 3D друці
- 15) Різні стратегії сканування шару лазером у процесі SLS.
- 16) Біодизайн у зварювальному 3D друці
- 17) Поєднання технологій лиття та зварювання
- 18) Застосування технологій «Холодної дуги» для адитивного 3D наплавлення

6.5 Підготовка до МКР - 2 год.. МКР полягає у проходженні тестів 2 рази на семестр у системі Moodle 1 год. МКР-1 проводиться у комп'ютерному класі під час практичного заняття 3 (10 тижднів) впродовж 30 хв., МКР-2 проводиться у комп'ютерному класі під час лекції №17 (17 тижднів) впродовж 30 хв.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчальної дисципліни «Адитивні технології» є складовою частиною загальної політики в галузі якості КПІ імені Ігоря Сікорського і полягає у виконанні викладачем і студентами наступних принципів.

- ✓ На лекціях і лабораторних заняттях обов'язковим є відключення телефонів. На заліку забороняється використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті.
- ✓ На лекціях і лабораторних заняттях студенти проявляють активність. На лекціях питання задаються у відведений викладачем час. На лабораторних заняттях питання вирішуються по мірі виникнення в діалоговій формі. За активність студентів на заняттях викладач призначає заохочувальні бали.
- ✓ Лабораторні заняття виконуються командами студентів (підгрупами). Склад команди визначають студенти за погодженням з викладачем. Закінчені результати виконання кожного заняття демонструються викладачеві на наступному занятті. Захист виконання повного комплексу лабораторних занять здійснюється командою студентів на останньому занятті.
- ✓ Лабораторні заняття повинні бути виконані і захищені до початку залікової сесії. Перездачі заліку допускаються згідно чинних норм, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського.
- ✓ Академічна доброчесність є базовим принципом освітнього процесу і підлягає беззаперечному виконанню викладачем і студентами.
- ✓ Викладач є лідером і гарантом підготовки методичних матеріалів, навчання, контролю і поліпшення дисципліни на сучасному рівні з урахуванням вимог міжнародних стандартів з використанням кращої практики підприємств та університетів світу.

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

Поточний контроль проводиться за рішенням викладача в двох формах: експрес-опитування за темою попередньої лекції на початку лекції, опитування за темою заняття на початку лабораторного заняття.

Календарний контроль: проводиться один раз на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Умови позитивного результату з календарного контролю: студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 50% від максимально можливого балу на момент календарного контролю.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання повного комплексу лабораторних та практичних занять, розрахунково-графічної роботи, модульної контрольної роботи сумарний семестровий рейтинг не нижчий 60 балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Студенти які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також студенти, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку в семестрі проходять семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи.

Розрахунок рейтингових балів

- Присутність або відсутність студента на аудиторному занятті не оцінюється
- **Експрес-опитування на лекціях;**
Ваговий бал – 1. Максимальна кількість балів на всіх лекціях складає: $1 \text{ бал} \times 18 = 18 \text{ балів}$.
- **Виконання та захист лабораторних і практичних робіт;**
Ваговий бал – 4. Максимальна кількість балів складає: $4 \text{ бали} \times 9 = 36 \text{ балів}$:
- **Виконання розрахунково-графічної роботи - 8...20 балів.** Тема РГР призначається із списку тематики завдань. Правильно зроблена РГР має ваговий бал 20. Неповна або частково неправильна — 8.
Критерії оцінювання РГР :

- РГР виконана повністю і правильно – 20 балів
 - РГР виконана не повністю (нараховуються штрафні бали):
 - ✓ не побудована 3D модель деталі «– 8 балів»;
 - ✓ побудована 3D модель деталі з помилками «– 4 бали»;
 - ✓ не вірно написані G-коди «– 8 балів»;
 - ✓ РГР оформлена з порушеннями вимог «– 4 бали».
 - **Виконання модульної контрольної роботи – 26 балів.** Після проходження теоретичного матеріалу на лекціях студенти складають тести у системі Moodle 2 рази (за першу та другу частини пройденого матеріалу) по 30 питань. Кожне тестування оцінюється у 13 балів (0,43 бали за кожну правильну відповідь).
 - Розмір шкали рейтингу з дисципліни складає: $R=18+36+20+26=100$ балів.
Умови допуску до заліку:
 - ✓ виконані і захищені всі лабораторні роботи;
 - ✓ виконані всі практичні заняття;
 - ✓ виконана і захищена РГР;
 - ✓ виконана МКР, яка складається з 2 частин;
 - **Залікова семестрова контрольна робота** пропонується у разі набору студентом недостатньої для семестрової атестації кількості балів (від 50 до 59 балів) або при незгоді студентом з кількістю балів набраних протягом семестру.
 - Попередній рейтинг здобувача (за винятком балів за РГР) скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи (відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського наказ №НОН/131/2022 від 03.05.2022 р.).
 - Питання які виносяться на залікову контрольну роботу наведені в п. 9.
- Критерії оцінювання залікової контрольної роботи:**
Залікова контрольна робота складається з 10 теоретичних питань.
- Правильна відповідь на кожне оцінюється в 8 балів ($8 \times 10=80$ балів).
 - Шкала оцінювання кожного із 10 теоретичних питань:
 - 0 - відповідь невірна або відсутня;
 - 0,8-2,4 – відповідь частково (на 30%) вірна.
 - 3,2-4,8 – відповідь частково (на 60%) вірна.
 - 5,6-7,2 – відповідь частково (на 90%) вірна.
 - 8 - відповідь правильна і повна.
- Величина шкали залікової контрольної роботи $R_2 = 80$ 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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Тематика завдань для виконання розрахунково-графічної роботи:

Розробити 3D модель деталі типу квадратна труба 100x100x5мм та написати G-коди для пошарового наплавлення 5 шарів способом MAG із висотою шара 1,6 мм

Розробити 3D модель деталі типу прямокутна труба 50x100x5мм та написати G-коди для пошарового наплавлення 8 шарів способом MAG із висотою шара 2 мм

Розробити 3D модель деталі типу овальна труба 50x120x5мм та написати G-коди для пошарового наплавлення 8 шарів способом MAG із висотою шара 1,4 мм

Розробити 3D модель деталі типу трикутна труба 50x120x5мм та написати G-коди для пошарового наплавлення 8 шарів способом MAG із висотою шара 1,5 мм

Розробити 3D модель деталі типу конус із основою діаметром 130 товщиною стінки 6 мм та написати G-коди для пошарового наплавлення 10 шарів способом MAG із висотою шара 1,4 мм. Діаметр конуса у горі 110 мм

Розробити 3D модель деталі типу конус із основою діаметром 20 товщиною стінки 6 мм та написати G-коди для пошарового наплавлення 10 шарів способом MAG із висотою шара 1,4 мм. Діаметр конуса у горі 180 мм

Перелік питань, які виносяться на модульний контроль та залік:

- 1) Поясніть про передумови появи адитивних технологій
- 2) Поясніть відмінності та спільне у субтрактивних та адитивних технологіях
- 3) Поясніть про технології Bed Deposition
- 4) Поясніть про технології SLS і SLA
- 5) Назвіть особливості стереолітографії (SLA)
- 6) Поясніть про прямо струменевий друк (Direct inkjet Printing)
- 7) Поясніть про ламінування листових матеріалів (LOM)
- 8) Поясніть про металеві порошкові матеріали на основі Ni і Co,
- 9) Поясніть про металеві порошкові матеріали на основі Fe
- 10) Поясніть про металеві порошкові матеріали на основі Ti,
- 11) Поясніть про металеві порошкові матеріали на основі Al
- 12) Поясніть які властивості порошкових матеріалів для необхідні для адитивного виробництва
- 13) Назвіть особливості виготовлення виробів із SiC
- 14) Назвіть особливості композиційних матеріалів
- 15) Назвіть особливості технології виготовлення волокнистих композиційних матеріалів
- 16) Поясніть про моделювання процесів адитивного виробництва
- 17) Назвіть особливості гібридних технологій
- 18) Поясніть про технологію 3D-друку піщаних форм
- 19) Назвіть особливості постобробки і контролю якості в адитивних технологіях
- 20) Поясніть про застосування біодизайну в адитивних технологіях
- 21) Назвіть особливості синтез-моделей для ливарного виробництва
- 22) Назвіть особливості процесів WAAM, GMAW
- 23) Наведіть принципової схеми верстата для 3D наплавлення
- 24) Поясніть про призначення G та M кодів при програмуванні 3D принтерів

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено к.т.н, доц. Мінаковим Сергієм Миколайовичем.

Ухвалено кафедрою зварювального виробництва (протокол №6 від 18.11.23)

Погоджено Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол №05/23 від 11.12.23)