



Лазерна поверхнева обробка
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)
Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова (Варіативна)</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна/змішана)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>IV курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС (120 год): лекції – 36 год, практичні – 18, лабораторні – 18 год, СРС – 48 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік, МКР, РГР</i>
Розклад занять	<i>згідно www.roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>Головко Л.Ф., професор, д.т.н.</i> leongolovko@gmail.com Практичні: <i>Блощицин М.С., к.т.н.</i> m.bloshchytsyn@gmail.com Лабораторні: <i>Блощицин М.С., к.т.н.</i> m.bloshchytsyn@gmail.com
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof

Програма навчальної дисципліни

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

Кредитний модуль “Лазерна поверхнева обробка” відноситься до циклу професійної та практичної підготовки і базується на знаннях, які засвоїв студент при вивченні фундаментальних та спеціальних дисциплін, у тому числі, вищої математики, фізики, матеріалознавства, опору матеріалів, деталей машин і основ конструювання, основ теорії теплопровідності, фізики технологічних лазерів, технології машинобудування, електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів.

Розвиток лазерного технологічного обладнання здійснюється при надзвичайно швидкому зростанню їх використання у промисловості для розділення, зварювання, термічної обробки й інших способів обробки, постійно зростаючого переліку матеріалів. Вивчення кредитного модуля спрямоване на формування у студента уявлення про можливості використання у промисловості технологій лазерної поверхневої обробки, мотивації творчого пошуку їх удосконалення для вирішення проблем підприємств. Це обумовлює необхідність отримання основоположних знань, потребує додаткового цілеспрямованого ознайомлення з новими лазерними технологіями і відповідним сучасним обладнанням.

Навчальна дисципліна належить до переліку дисциплін циклу професійної підготовки освітньої програми другого рівня вищої освіти – магістра з прикладної механіки.

Предмет курсу: лазерна поверхнева обробка, як технологічна система, основу якої становлять фізико-хімічні процеси, що відбуваються в поверхневому шарі матеріалу при дії лазерного випромінювання. Встановлення зав'язків між параметрами лазерного випромінювання, властивостями матеріалу, що обробляється, і умовами їх взаємодії, обумовлює можливість управління термічними процесами і, як наслідок, результатами обробки (глибиною зміцненого шару, його мікроструктурою, твердістю, зносостійкістю і т. ін.).

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей у відповідності до ОПП, а саме:

Загальні компетентності (ЗК)	
КЗ.01	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
КЗ.02	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
Фахові компетентності спеціальності (ФК)	
ФК 3	Здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій і технічних засобів.
ФК 13	Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи щодо характеру та особливостей фізичних процесів при взаємодії концентрованого випромінювання з речовиною, оцінювати коефіцієнт поглинання, знаходити способи його підвищення.
ФК 16	Здатність обирати оптимальні та розробляти нові технології та обладнання для лазерних та фізико-технічних процесів з метою підвищення продуктивності та контрольованості цих процесів.
ФК 19	Здатність конструювати окремі елементи та вузли технологічного обладнання, проектувати компоненти комплексів та складати технологічні системи для вирішення завдань виробництва у зварюванні, лазерних та споріднених технологіях.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння кредитного модулю мають продемонструвати такі **програмні результати навчання**:

РН 19	Розраховувати, оцінювати та вимірювати енергетичні, часові та просторові параметри впливу лазерного випромінювання на речовину для здійснення технологічних операцій.
РН 23	Оптимально обирати, застосовувати, компонувати і перевіряти технічний стан та ресурс технологічного обладнання для лазерних технологій.
РН 24	Розробляти технологічні процеси та операції лазерних та фізико-технічних технологій з використанням їх переваг та особливостей
РН 25	Розраховувати режими лазерної обробки і визначати оптимальні технологічні, енергетичні, оптичні параметри лазерного випромінювання.
РН 26	Знати основні принципи виготовлення конструкцій за допомогою зварювання, лазерних та споріднених технологій, склад та призначення допоміжного оснащення, алгоритми та заходи з комплексної механізації і автоматизації виробництва.

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

Навчальна дисципліна є вибірковою компонентою освітньої програми «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій» і належить до циклу професійної підготовки. Для вивчення даного кредитного модуля необхідне успішне засвоєння навчального матеріалу, з таких дисциплін і кредитних модулів, як «Вища математика», «Теоретична механіка», «Теоретичні основи теплотехніки», «Матеріалознавство», «Фізика взаємодії концентрованих потоків енергії з речовиною».

Знання, отримані при вивченні даної дисципліни використовуються студентами під час підготовки кваліфікаційних робіт бакалаврів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Системний аналіз лазерної поверхневої обробки матеріалів.

Тема 2. Енергетичні та просторово - часові характеристики лазерного випромінення.

Тема 3. Поглинання лазерного випромінення матеріалами.

Тема 4. Теплові процеси, що відбуваються в матеріалах при лазерній поверхневій обробці

Тема 5. Структурно-фазові перетворення, що відбуваються в матеріалах при дії лазерного випромінення.

Тема 6. Вплив лазерного опромінення на фізико-механічні властивості матеріалів

Тема 7. Технологічне обладнання для лазерної поверхневої обробки.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

<https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefofj>

1. Головка Л.Ф., Блощин М.С. електронна версія конспекту лекцій до дисципліни «Лазерна поверхнева обробка; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 2; дата отримання грифу 25.09.2017.
2. Головка Л.Ф., Блощин М.С. електронна версія конспекту лекцій до дисципліни «Процеси лазерної поверхневої обробки»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 2; дата отримання грифу 25.09.2017.
3. Лазерні технології та комп'ютерне моделювання / Л.Ф. Головка, С.О. Лук'яненко // Монографія, К.: Вістка, 2009. - 296 с.
4. Вакуумні іонно-плазмові технології зміцнення деталей машин триботехнічного призначення / О.Й. Мажейка, Л.Ф. Головка, А.М.Лутай, Є.К. Солових // Монографія, Кіровоград: "КОД", 2014 316 с.
5. Кіянівський М.В., Цивінда Н.І. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні. Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ. 2011.- 412 с.
6. Комп'ютерне моделювання у лазерних технологіях / Л.Ф. Головка, С.О. Лук'яненко, І.Ю. Михайлова, В.А. Третяк // Монографія, К.: ВПП «Текст». 2015. - 236 с.

Додаткова література

1. Виготовлення біметалів з використанням ливарного процесу і лазерної обробки / Л.Ф. Головка, С.С. Салій, В.В. Романенко, М.С. Блощин, О.Д. Кагляк, О.А. Савченко, - Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022.- 208с.
2. Головка Л.Ф., Блощин М.С. електронна версія конспекту лекцій до дисципліни «Технологія лазерної поверхневої обробки»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 2; дата отримання грифу 25.09.2017.
3. Головка Л.Ф., Блощин М.С. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по курсу «Технологія лазерної поверхневої обробки»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 11; дата отримання

грифу 26.06.2017.

4. Головка Л.Ф., Блощин М.С. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт по курсу «Процеси лазерної поверхневої обробки»; гриф механіко-машинобудівного інституту; протокол Вченої Ради MMI № 11; дата отримання грифу 26.06.2017.
5. Laser-based Technologies for Sustainable Manufacturing // Edited by Avinash Kumar, Ashwani Kumar, Abhishek Kumar // First edition published 2023 by CRC Press 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742; and by CRC Press 4 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon, OX14 4RN; CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, LLC © 2024 selection and editorial matter, Avinash Kumar, Ashwani Kumar, Abhishek Kumar; individual chapters, the contributors ISBN: 978-1-032-39273-8 (hbk) ISBN: 978-1-032-51470-3 (pbk) ISBN: 978-1-003-40239-8 (ebk) DOI: 10.1201/9781003402398
6. Handbook of optical and Laser Scanning, 2nd Edition, / OPTICAL SCIENCE AND ENGINEERING // Edited by Gerald F. Marshall and Glen E. Stutz / CRC Press Tylor & Francis Group, 2012
<https://drive.google.com/file/d/1WvHAUgSHlyV4WEe47KiY58OSu98vnZww/view?usp=sharing>
7. Handbook of optics / volume IV/ Optical Properties of Materials, Nonlinear Optics, Quantum Optics / therd edition, sponsored by the OPTICALSOCIETY OF AMERICA, Editor-in-Chief: Michael Bass, Associate Editors: Casimer M. DeCusatis, Jay M. Enoch, Vasudevan Lakshminarayanan, Guifang Li, Carolyn MacDonald, Virendra N. Mahajan, Eric Van Stryland, The McGraw-Hill Companies, 2010
<https://drive.google.com/file/d/1Lu6AAwqguU3uyuauxOjQHeCNQfJ2bWIL/view?usp=sharing>
8. Laser Systems and Applications / course 2, 2nd Edition / Optics and Photonics Series, National Center for Optics and Photonics Education (OP-TEC), University of Central Florida, 2016
https://drive.google.com/file/d/1pv55zO6Z1y1Prw0mw5YCIDFYvX_ZIZh-/view?usp=sharing
9. Handbook Of Laser Technology And Applications – Vol.1. Principles/ Editor by Colin E Webb, University of Oxford and Julian D C Jones, Heriot-Watt University, Institute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia 2004
<https://drive.google.com/file/d/18BcE1fm8uu8rIX7BQiaK7ZzE6lZhAoHL/view?usp=sharing>
10. Handbook Of Laser Technology And Applications Vol 2 (Laser Design And Laser Systems) - Webb C Jones J / Editor by Colin E Webb, University of Oxford and Julian D C Jones, Heriot-Watt University, Institute of Physics Publishing Bristol and Philadelphia 2004, Isbn 0750309636
<https://drive.google.com/file/d/1Fjr3VqP8f0Eupdr4Wn0E0UCfF7WRBUNo/view?usp=sharing>
11. Elements of Optical and Laser Beam Scanning: Modeling of Mirror and Prism Scanning Devices // Yajun Li / Published: 2021 <https://doi.org/10.1117/3.2593204> PDF ISBN: 9781510643697 | Print ISBN: 9781510643680
<https://www.spiedigitallibrary.org/ebooks/PM/Elements-of-Optical-and-Laser-Beam-Scanning--Modeling-of/eISBN-9781510643697/10.1117/3.2593204>
12. The Proper Care of Optics: Cleaning, Handling, Storage, and Shipping // Robert Schalck Published: 2019 <https://doi.org/10.1117/3.2518746> PDF ISBN: 9781510625761 | Print ISBN: 9781510625754
<https://www.spiedigitallibrary.org/ebooks/PM/The-Proper-Care-of-Optics--Cleaning-Handling-Storage-and/eISBN-9781510625761/10.1117/3.2518746>

13. Елементи робототехнічних пристроїв і модулі ГВС: Підручник / Л.С. Ямпольський, М.М. Поліщук, М.М. Ткач; За заг. ред. Л.С. Ямпольського. - К.: Вища шк., 1992. - 431с.
14. Теорія оптичних систем: підручник / І. Г. Чиж. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. – 426 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/46029> та <https://drive.google.com/file/d/1zZ0un7clj6OcUav6ta-vTfQoFqtFZ4wx/view?usp=sharing>

Студент має ознайомитись з цими ресурсами зважаючи на конкретні теми дисципліни.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Тема 1.1 Системний аналіз лазерної поверхневої обробки матеріалів Лекція 1. Лазерна поверхнева обробка. Як технологічна система. Можливості застосування лазерного випромінювання для управління властивостями поверхонь металевих виробів. Класифікація методів лазерної поверхневої обробки їх характеристики. Основні технологічні процеси лазерної поверхневої обробки, їх характеристики, межі застосування (відпал, відпустка, загартування, спікання композитів, наплавлення, шокове зміцнення, мікролегування, загартування з рідкого стану, аморфізація, лазерна хіміко-термічна обробка). Розгорнутий аналіз всіх факторів та параметрів процесу лазерної поверхневої обробки, їх причинно-наслідкові зв'язки. Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання. Навести та порівняти критерії класифікації електрофізичних та електрохімічних методів обробки матеріалів Література: [5-13]
2-4	Тема 2. Енергетичні та просторово - часові характеристики лазерного випромінювання та способи їх вимірювання і контролю Лекція 2. Можливості управління процесами лазерної поверхневої обробки. Основні фактори й параметри лазерної поверхневої обробки. Алгоритм керування процесом лазерної поверхневої обробки. Характеристики лазерів, які застосовуються при поверхневій обробці матеріалів. Енергетичні параметри лазерних пучків, які застосовуються при поверхневій обробці матеріалів. Способи і пристрої вимірювання параметрів лазерного випромінювання. Способи вимірювання потужності лазерного випромінювання, що базуються на його поглинанні твердим тілом або рідиною. Вимірювачі потужності лазерного випромінювання калориметричного типу. Прилади для вимірювання потужності випромінювання калориметричного типу (вимір різниці температур рідини). Компактні переносні автономні вимірники потужності лазерного випромінювання Література [5-13] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Лекція 3. Швидкодіючі пристрої для вимірювання потужності лазерного випромінювання Прилади для вимірювання потужності лазерного випромінювання прохідного типу. Вимірники потужності болометричного типу. Вимірники потужності лазерного випромінювання типу РСІ. Прилади для вимірювання потужності лазерного випромінювання прохідного типу на базі поглинаючих газових або рідинних середовищ. Вимірник потужності, що працює на відгалуженні випромінювання газовим середовищем. Прилади для вимірювання потужності випромінювання на

	основі плівкових термопар. Прилади для вимірювання потужності випромінювання на основі піроелектриків. Способи вимірювання розподілу потужності випромінювання (прилад Стіна, прилад рухомої діафрагми). Література [5-13] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Лекція 4. Просторово-часові характеристики лазерних пучків, які використовуються при лазерній поверхневій обробці. Способи керування формою та розподілом інтенсивності у вихідних пучках та на поверхні матеріалу, що обробляється. Лінзові системи для фокусування лазерного випромінювання на основі сферичних лінз, за допомогою циліндричних лінз та аксиконів. Дзеркальні оптичні системи фокусування, які застосовуються при лазерній поверхневій обробці, на базі параболічних дзеркал, системи фокусування типу центральний та позавісений Касегрен, системи фокусування лазерного випромінювання на базі тороїдальних та інтегруючих дзеркал, біпризм і циліндричних дзеркал. фокусаторів. Системи сканування лазерного випромінювання. Фокусування лазерних пучків з Гаусовим розподілом інтенсивності та методика розрахунку df та $di(Li)$ з урахуванням аберацій сферичної лінзи. Фокусування багатомодових лазерних пучків сферичними лінзами, методика розрахунку df, $di(Li)$ та величини перетяжки Література [5-13] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання
5-6	Тема 3. Поглинання лазерного випромінювання матеріалами Лекція 5. Фізичні процеси, що відбуваються в матеріалах при дії лазерного випромінювання. Загальна характеристика фізико-хімічних процесів, що відбуваються в матеріалах при дії лазерного випромінювання. Поглинання лазерного випромінювання біологічними середовищами, металами, діелектриками. Вимірювання коефіцієнтів поглинання і розсіювання лазерного випромінювання біологічними тканинами та температур їх нагрівання при лазерному опроміненні. Вплив довжини хвилі лазерного випромінювання, параметрів опромінювання (потужності, швидкості переміщення, площі зони фокусування) та властивостей матеріалу (температури, електропровідності та теплопровідності) на поглинальну здатність. Література [5-13] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Лекція 6. Способи підвищення і вимірювання поглинальної здатності матеріалів. Особливості поглинання лазерного випромінювання з довжиною хвилі 1,06 мкм і 10,6 мкм та способи його підвищення. Способи вимірювання поглинальної здатності поверхонь при лазерному опроміненні: спосіб використання відбитого лазерного випромінювання для підвищення поглинальної здатності поверхонь, спосіб збирання відбитого випромінювання сферичним дзеркалом з центральним отвором, за допомогою системи термопар, встановлених на плоскій поверхні над виробом з центральним отвором, спосіб вимірювання поглинальної здатності матеріалів за допомогою калориметричної та піроелектричної напівсфер з центральними отворами для проходження сфокусованого випромінювання. Література [5-13] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання
7-8	Тема 4. Теплові процеси, що відбуваються в матеріалах при лазерній поверхневій обробці Лекція 7. Основні фактори, що визначають процеси лазерного нагрівання матеріалів та математичні моделі, що їх описують, способи розрахунку параметрів нагрівання. Визначення температур нагрівання поверхневого шару

	матеріалів при дії імпульсного лазерного випромінення та глибини зони термічного впливу (загартування) в поверхневому шарі. Методика визначення температур в поверхневому шарі матеріалу при дії безперервного лазерного випромінення. Способи спрощення процесу виконання розрахунків. Методика розрахунку режимів лазерної обробки для отримання зміцненого шару в сталях і чавунах при заданих його геометричних параметрах (глибини, ширини) і твердості. Література [5-13] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Лекція 8. Визначення режимів лазерного зміцнення та наплавлення сфокусованим та скануючим лазерним випроміненням. Методика розрахунку режимів лазерної обробки для отримання максимальної глибини зміцненого шару. Особливості визначення умов лазерного зміцнення скануючим лазерним променем. Визначення режимів лазерного газопорошкового наплавлення функціональних шарів. Література [5-13] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання
9-13	Тема 5. Структурно-фазові перетворення, що відбуваються в матеріалах при дії лазерного випромінення Лекція 9. Загальна характеристика структурно-фазових перетворень в сталях при лазерному опроміненні: нагрів, охолодження; критичні точки, Структурно – фазовий стан у залізо - вуглецевих сталях у вихідному стані та його зміна при нагріванні до температур , що не перевищують точку A_{c1} , що лежать в інтервалі $A_{c1} < T < T_{пл}$, що перевищують $T_{пл}$. Особливості структурно-фазових перетворень в сталях при лазерному нагріванні з високою і надзвичайно високою швидкістю. Процеси, що відбуваються в кристалевій решітці у тому числі при наявності легуючих елементів і домішок. Особливості структурно - фазових перетворень в сталях при повільному і надзвичайно швидкому охолодженні. Критичні точки. Мартенситні перетворення, механізм зміцнення залізобуглецевих сплавів. Фазовий наклеп. Література [1, 5, 8-10] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Лекція 10. Особливості структурно-фазових перетворень в сплавах при лазерному нагріванні з наступним авто охолодженням. Структурно-фазові перетворення в армкозалізі, мало вуглецевих, середньо вуглецевих і високо вуглецевих сталях при лазерному нагріванні імпульсним і безперервним випроміненням. Особливості структурно-фазових перетворень при лазерному нагріванні мало легованих конструкційних сталей типу 40Х, ШХ15, 65Г, ХВГ, 9ХС. Можливості лазерного зміцнення високолегованих конструкційних сталей мартенситного класу типу 30Х13, 40Х13, сірих, білих, ковких і високоміцних легованих чавунів. Література [1, 5, 8-10] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Лекція 11. Структурно-фазові перетворення при лазерному нагріванні високолегованих сплавів. Можливості застосування лазерного випромінення для зміцнення високолегованих інструментальних сталей Х12М, Х12МФ. Вплив імпульсного лазерного випромінення на структуру і розподіл мікротвердості сталі Х12М, умови отримання стабільно високої мікротвердості. Мікроструктура зони термічного впливу в сталі Р6М5 після лазерної обробки з оплавленням і без оплавлення поверхневого шару при дії імпульсного і безперервного випромінення, особливості розподілу

	карбідоутворюючих хімічних елементів, вуглецю. Особливості лазерної обробки сталі Р18. Покращення властивостей сплавів аустенітного класу типу Х18Н10Т, 12ХН3МА. Література [1, 5, 8-10] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Лекція 12. Особливості впливу лазерного опромінення на властивості сплавів титану. Мікроструктура, хімічний та фазовий склад титанових сплавів типу ВТ і ОТ. Характер структури, що формується в титанових сплавах при обробці з оплавленням і без оплавлення поверхні. Вплив густини потужності лазерного випромінювання і швидкості обробки на розподіл мікротвердості по глибині ЗТВ в титанових сплавах ВТ3-1 і ВТ9 при різних швидкостях обробки і густині потужності. Можливість покращення структури зміцненого шару, підвищення його мікротвердості, наступною за лазерним впливом відпуском або термозміцненням при температурах, близьких до температур поліморфного перетворення. Розширення ліній на рентгенограмах титанових сплавів, підданих впливу безперервного лазерного випромінювання, свідчить про дроблення кристалів і збільшення мікровикривлень решітки. Опромінення титанових сплавів в середовищі азоту, аргоні і на повітрі. Література [1, 5, 8-10] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Лекція 13. Можливості використання лазерного випромінювання для підвищення якості сплавів на основі алюмінію, міді, твердих сплавів. Алюмінієві сплави мають високу теплопровідність і відбивну здатність. В умовах короткочасного нагрівання виникають труднощі розчинення домішок і проміжних фаз, що у сукупності з відсутністю мартенситних перетворень при лазерному загартуванні робить їх зміцнення складним процесом. Зміцнення алюмінію і однофазних сплавів можливо шляхом подрібнення зерна і збільшення дефектності кристалічної будови. Лазерне загартування з оплавленням технічного алюмінію й сплавів типу АК4, АМг і АМц дозволяє незначно підвищити мікротвердість, на 60 ... 80 МПа. У сплаві АК4 і дуралюмінах Д16 і Д19 найбільше зміцнення досягається при штучному або природному старінні. Після лазерної обробки відбувається значне подрібнення зерен α-твердого розчину і розчинення вторинних фаз. Мікротвердість в зоні оплавлення в сплаві Д19 знижується з 1300... 1650 до 800...1050 МПа, тобто лазерне загартування цих сплавів недоцільно. Література [5, 8-10] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання
14	Тема 6. Вплив лазерного опромінення на фізико-механічні властивості матеріалів Лекція 14. Дислокації та їх вплив на фізико-механічні характеристики матеріалів. Особливості формування лазерним опроміненням дислокацій в сплавах, їх густини, характеру розташування, що є одним із шляхів управління концентрацією і переміщенням легуючих елементів, інструментом управління процесами хіміко-термічної обробки. Вплив лазерного зміцнення на величину, знак і характер розподілу залишкових напруження в поверхневому шарі сталей з різним хімічним складом. Вплив температури відпустки на мікротвердість залізо вуглецевих сталей, зміцнених лазерним опроміненням, їх теплостійкість. Вплив лазерного зміцнення на зносостійкість і коефіцієнт тертя сплавів. Література [5, 8-10] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

15	Тема 7. Технологічне обладнання та процеси лазерної поверхневої обробки Лекція 15. Лазерне технологічне обладнання для лазерної поверхневої обробки Лазерні технологічні комплекси для поверхневої обробки матеріалів (зміцнення, мікролегування, наплавлення, зварювання) на базі потужних твердотільних лазерів з оптичним та світлодіодним накачуванням, дискові та світлодіодні лазери, СО₂ лазери, твердотільні, що працюють в синій області спектру, ексимерні. Принципи організації лазерних технологічних комплексів, системи фокусування комплексів дзеркального і лінзового типу, сканери, координатні столи з приводами на шагових, високомоментних і лінійних двигунах, приводи для обертання деталей, дозуючі пристрої для порошкових матеріалів (газопорошковий метод / пастоподібна подача порошку). Література [5-13] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Лекція 16. Процеси лазерної поверхневої обробки. Лазерно-ливарний та лазерно-механо-ливарний процеси виготовлення біметалів. Сутність лазерно-ливарного процесу виготовлення біметалів, його переваги і недоліки, способи організації. Визначення параметрів лазерного опромінення, що використовується для підплавлення поверхневого шару функціональної складової біметалу і витратних характеристик фурми для подачі розплаву конструктивної складової. Особливості механо-ливарного способу виготовлення біметалу. Визначення геометричних параметрів виступів та кроку їх розташування на функціональній складовій біметалу. Література [1, 5, 8-10] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання Лекція 17. Лазерне зміцнення робочих елементів виробів типу «клин» Інструменти і деталі машин, що мають гострозаточені робочі елементи. Визначення умов лазерного зміцнення робочих елементів деталей машин і інструментів з малими кутами загострення. Моделювання процесу лазерного зміцнення ріжучих крайок інструментів. Математична модель дії лазерного випромінювання на ріжучу крайку інструменту. Визначення умов лазерного зміцнення ріжучих елементів з різними кутами загострення. Критичні значення швидкостей лазерного зміцнення ріжучих крайок інструментів з різними кутами загострення. Критичні швидкості лазерної обробки й відповідні значення зсуву максимуму інтенсивності випромінювання щодо крайки, що окреслюють область оптимальних режимів зміцнення ріжучого клину інструмента ($j_1 = 45^\circ$ $P=1000\text{Вт}$, $d_0 = 5$ мм). Можливості застосування лазерного зміцнення інструментів і деталей з робочими елементами, що мають малі кути загострення Література [1, 5, 8-10] Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання
18	Залік

Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають у формуванні у студентів практичних навичок і умінь визначати технологічні параметри лазерної обробки, які забезпечують отримання поверхневого шару заданих геометричних розмірів (глибини, ширини) і твердості.

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Назва: Розрахунок параметрів сфокусованого лазерного променя Мета (перелік основних питань) 1. Яку систему фокусування вибираємо?

	2. Як визначається діаметр плями фокусування? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання
2	Назва: Розрахунок поглинальної здатності матеріалів у залежності від режимів опромінювання, довжини хвилі, стану поверхні Мета (перелік основних питань): 1. Як залежить коефіцієнт поглинання від стану поверхні? 2. Як залежить коефіцієнт поглинання від довжини хвилі? 3. Як підвищити коефіцієнт поглинання поверхні, назвати способи? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання
3	Назва: Розрахунок характеристик теплового стану матеріалу при лазерному нагріванні масивних виробів. Визначити вплив кінцевих ефектів Мета (перелік основних питань): 1. Назвати особливості реалізації нагрівання масивної пластини 2. Який режим лазерного впливу краще для нагрівання масивної пластини 3. Які кінцеві ефекти можливі, які їх наслідки? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання
4	Назва: Розрахунок режимів лазерного зміцнення матеріалів імпульсним, безперервним та скануючим випромінюванням Мета (перелік основних питань): 1. Назвати особливості зміцнення матеріалів імпульсним лазерним випромінюванням? 2. Назвати особливості зміцнення матеріалів безперервним лазерним випромінюванням? 3. Назвати особливості зміцнення матеріалів скануючим лазерним випромінюванням? 4. Який режим лазерного впливу краще для зміцнення, чому? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання
5	Назва: Розрахунок характеристик теплового стану лазерного нагрівання тонкої пластини Мета (перелік основних питань): 5. Назвати особливості реалізації нагрівання тонкої пластини 6. Який режим лазерного впливу краще для нагрівання тонкої пластини Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання
6	Назва: Розрахунок характеристик теплового стану лазерного нагрівання клиноподібних виробів у залежності від кута загострення, режимів опромінювання Мета (перелік основних питань): 1. Назвати особливості реалізації лазерного нагрівання клиноподібних виробів 2. Який режим лазерного впливу краще реалізовувати? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання
7	Назва: Розрахунок характеристик лазерного нагрівання багатокомпонентної системи при лазерному спіканні композиційних матеріалів Мета (перелік основних питань): 1. Назвати особливості реалізації нагрівання багатокомпонентних систем

	2. Як підбирають матеріал зв'язок при лазерному спіканні в залежності від призначення елементів? 3. Чи застосовується додаткова термічна обробка при спіканні композитних матеріалів? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання
8	Назва: Розрахунок характеристик теплового стану біологічних середовищ при лазерній гіпертермії біотканин Мета (перелік основних питань): 1. Назвати особливості лазерного впливу на біологічні тканини 2. Як розповсюджується лазерний промінь в біологічній тканині? 3. Який режим лазерної обробки кращий для біологічних тканин? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання
9	Назва: Розрахунок режимів лазерного наплавлення (газопорошкова / пастоподібна подача порошку) Мета (перелік основних питань): 1. Яким чином реалізується подача порошкового матеріалу при газопорошковому способі? 2. Яким чином реалізується пастоподібна подача порошку? 3. Назвати особливості розрахунків режимів лазерного наплавлення в залежності від особливостей реалізації наплавлення. Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання

Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять полягають у набутті вмінь налаштовувати технологічне обладнання на виконання завдання, уміти раціонально обирати установочну і вимірювальну бази, матеріал і форму інструмента, режими обробки, проводити оцінювання та вимір її результатів.

№ з/п	Назва теми лабораторного заняття (посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість годин
1	Назва: Вимірювання потужності лазерного випромінювання та рівня її флуктуацій Мета (перелік основних питань): 1. Яким чином реалізується вимірювання потужності? 2. Назвати способи вимірювання потужності в залежності від режимів роботи лазера Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання	2
2	Назва: Просторова структура та модовий склад пучків твердотільних неодимових лазерів, працюючих у режимі вільної генерації Мета (перелік основних питань): 1. Від чого залежить модовий склад пучка лазера? 2. Як визначити модовий склад пучка лазера? 3. Яка просторова структура лазерного променя? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання	2

3	Назва: Визначення каустики променю потужного лазера, сфокусованого сферичним дзеркалом Мета (перелік основних питань): 1. Від чого залежить каустика сфокусованого лазерного променю? 2. Як визначити каустику сфокусованого лазерного променю? 3. Як положення каустики сфокусованого лазерного променю впливає на результат лазерної обробки? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання	2
4	Назва: Визначення температур у зоні лазерного нагрівання при різних умовах термічного зміцнювання Мета (перелік основних питань): 1. Яким чином можна визначити температуру у зоні лазерного впливу при зміцненні? 2. Які пристрої застосовують при визначенні температури при зміцненні? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання	2
5	Назва: Дослідження впливу лазерного опромінювання на структуру вуглецевих сталей Мета (перелік основних питань): 1. Від чого залежить структура вуглецевих сталей при лазерному впливу? 2. Як впливає швидкість переміщення при лазерному опроміненні на структуру сталі? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання	2
6	Назва: Побудова, налаштування та визначення особливостей витратних характеристик пристроїв для дозування та подачі порошкових матеріалів при лазерному легуванні/наплавленні (газопорошкова та пастоподібна подача) Мета (перелік основних питань): 1. Від чого залежить режим роботи системи дозування? 2. Яка будова системи дозування порошкового матеріалу? 3. Як налаштовують системи дозування порошкового матеріалу? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання	2
7	Назва: Визначення особливостей впливу лазерного опромінення на величину деформації матеріалу у залежності від кількості термічних впливів на поверхню та модового складу Мета (перелік основних питань): 1. Від чого залежить деформації матеріалу в залежності від лазерного впливу? 2. Як модовий склад впливає на деформацію обробляемого матеріалу? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання	2
8	Назва: Визначення технологічних характеристик процесу наплавлення матеріалів лазерним газопорошковим методом. Порівняння з пастоподібною подачею порошку	2

	Мета (перелік основних питань): 1. Від чого залежить режим лазерного газопорошкового наплавлення? 2. Яка різниця між газопорошковою та пастоподібною подачею порошку? Посилання на методичний матеріал: https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof Завдання на СРС дати відповіді на контрольні запитання	
9	Назва: Залікове заняття	2

6. Самостійна робота студента

Вид самостійної роботи студента	Кількість годин	Норма часу на підготовку, год.	Термін часу, год.
Підготовка до лекцій та засвоєння додаткових питань	36	0,25	9
Підготовка до практичних робіт	18	0,4	7
Підготовка до лабораторних робіт та опрацювання результатів	18	0,9	16,2
Підготовка РГР	1	7,8	7,8
Підготовка до МКР	1	2	2
Підготовка до заліку	1	6	6
Всього			48

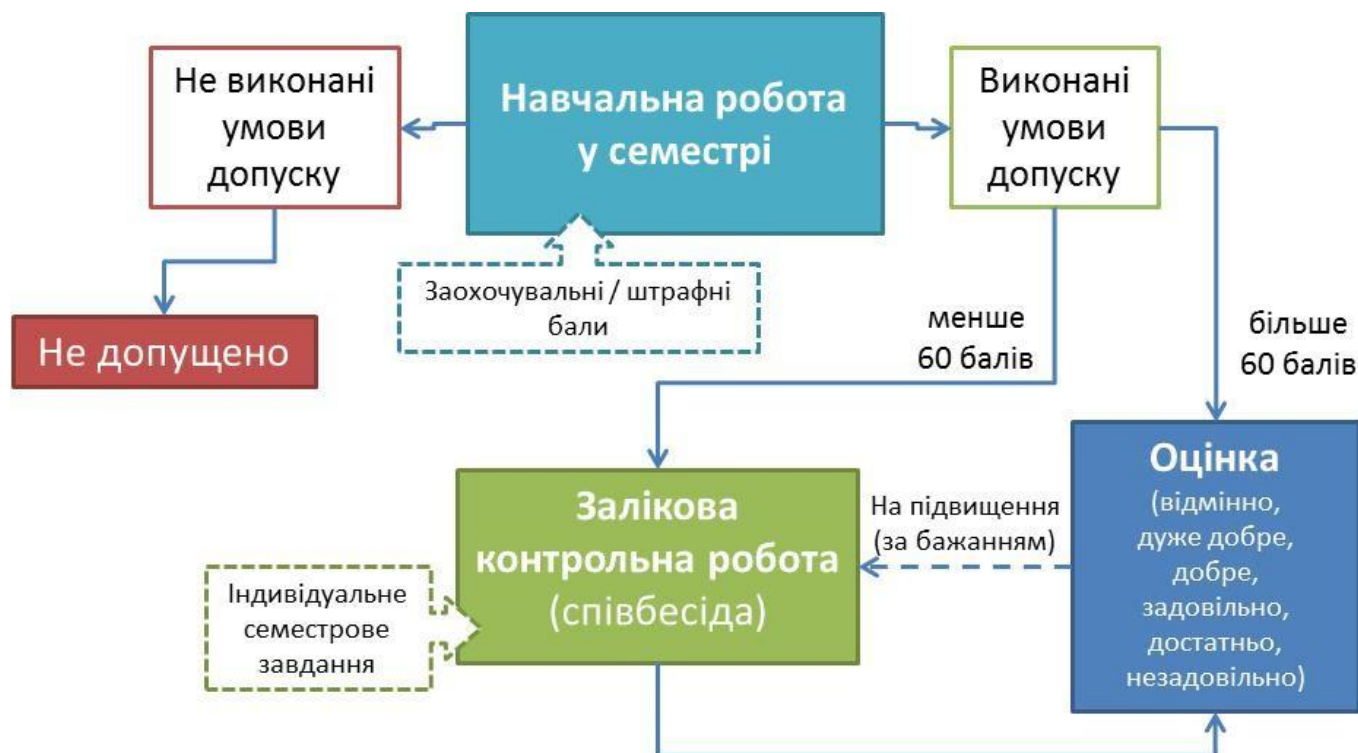
Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Пропущене лекційне заняття необхідно продивитись за допомогою запису ZOOM, законспектувати основні положення, використовуючи матеріали розміщені викладачем в Google Classroom (за посиланням <https://classroom.google.com/c/MTgwNzYzOTQ5MTg3?cjc=kccefof>).
- Практичні заняття проводяться за розкладом у відповідній лабораторії кафедри. У разі пропуску практичних занять необхідно попередити викладача і дізнатись про шляхи відпрацювання. Допускається відпрацювання практичних занять за домовленістю з викладачем поза розкладом. У разі дистанційного навчання, студент повинен забезпечити себе персональним комп'ютером з стабільним доступом до інтернету.
- У разі спізнення на пару, студенту необхідно з дозволу викладача, не заважаючи іншим, зайти до лабораторії, зайняти своє місце. Користуватись мобільним телефоном можна тільки з дозволу викладача. Звук мобільного телефона повинен бути вимкнений. У разі важливих вхідних дзвінків необхідно спитати дозволу викладача, вийти в коридор і провести розмову там.
- Користуватись мобільними телефонами під час складання екзамену не дозволяється.
- Контрольні роботи та залік проводяться за окремими правилами які викладач повинен довести до слухачів на попередньому занятті і які залежать від форми проведення навчання. До заліку допускаються студенти, які виконали усі практичні завдання, відпрацювали лабораторні роботи та здали модульну контрольну роботу.
- В усіх інших питаннях слухач повинен керуватись Правилами внутрішнього розпорядку КПІ ім. Ігоря Сікорського та Положенням про академічну доброчесність КПІ ім. Ігоря Сікорського.

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

Оцінювання результатів навчання відбувається за схемою:



Контрольні заходи:

1. Поточний контроль: виконання практичних завдань, лабораторних занять, МКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: залік.

Таблиця видів контролю та максимальної кількості балів за них.

Вид контролю	Кількість	Максимальна кількість балів на 1	Максимальна кількість балів
Виконання практичних завдань	9	4	36
Виконання лабораторних завдань	9	4	36
МКР	2	14	28
Всього			100

Оцінювання виконання практичних завдань:

Критерії	Бали
до виконаного завдання немає зауважень, дані правильні відповіді під час перевірки	4
є не принципові зауваження до виконаного завдання та/або дані відповіді з помилками під час перевірки	3
є принципові зауваження до виконаного завдання та/або не дані відповіді (дані неправильні) під час перевірки	робота не здана

Оцінювання виконання лабораторних занять:

Критерії	Бали
до виконаного завдання немає зауважень, дані правильні відповіді під час перевірки	4

є не принципові зауваження до виконаного завдання та/або дані відповіді з помилками під час перевірки	3
є принципові зауваження до виконаного завдання та/або не дані відповіді (дані неправильні) під час перевірки	робота не здана

МКР поділена на 2 частини та відбувається у вигляді проходження тестів. Кожна частина МКР складається з 14 питань. За кожну правильну відповідь студент отримує один бал. Якщо сумарна кількість правильних відповідей менше 8, то ця частина МКР вважається не зданою, при цьому бали не нараховуються. Максимально можлива оцінка за одну частину МКР складає 14 балів. За всі 2 частини – 28 балів.

Умовою допуску до заліку є виконання всіх практичних робіт, здані 2 частини МКР. Семестровий рейтинг можна підвищити за рахунок заохочувальних балів (максимум на 10) шляхом виконання додаткових індивідуальних завдань (видає викладач).

Здобувачі, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі здобувачами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими здобувачами, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи або співбесіди.

Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, здобувач отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи. Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, застосовується «жорстка» РСО – попередній рейтинг здобувача скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи.

Залікова контрольна робота проводиться у вигляді тестування. Слухачу надається 50 тестових завдань. За кожну правильну відповідь студент отримує два бали. Якщо сумарна кількість правильних відповідей менше 30, то залік вважається не зданим (незадовільно). Для перескладання заліку є дві додаткові спроби.

Отриманні слухачем рейтингові бали переводять в університетські оцінки за 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)

Перелік завдань до СРС видається студентам на початку семестру, чітко повідомляються вимоги до самостійної роботи, строки її виконання, правила оформлення, критерії рейтингового оцінювання.

Всі питання, винесені для самостійного опанування, студенти мають оформлювати у вигляді стислого конспекту. Дата здачі СРС повідомляється на початку семестру.

Бали за рейтинговою системою проставляються у Кампусі в розділі Поточний контроль, результати атестації в розділі Атестація. Екзаменаційна відомість створюється і заповнюється в Кампусі, доступ до неї існує упродовж дня екзамену (виправлення і перездача наступного дня не допускаються).

Засоби змішаного навчання. При вивченні даної дисципліни студенти повинні самостійно пройти комп'ютерне тестування для перевірки своїх знань при підготовці до модульної контрольної роботи. При вивченні даної дисципліни використовуються навчальні посібники, друкований і електронний підручник, які розміщені в classroom.google.

Спілкування з викладачем через Telegram/WhatsApp та Viber, електронну пошту.

Перелік запитань до контрольних робіт та семестрового контролю наведено в Додатках.

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 перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перезарахування (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".

Питання для самопідготовки до складання заліку: Додаток А

Перелік питань для підготовки до модульних контрольних робіт: Додаток Б

Приклад завдання на розрахунково-графічну роботу: Додаток В

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором, д.т.н., професором, Головка Леонідом Федоровичем
доцентом к.т.н. Блощиним Михайлом Сергійовичем

Ухвалено кафедрою лазерної техніки та фізико-технічних технологій (протокол №6 від 18.12.2024)

Погоджено Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 5/25 від 24.01.2025)

Перелік питань на залік

1. Класифікація методів лазерної поверхневої обробки (надати характеристики).
2. Способи вимірювання потужності лазерного випромінювання.
3. Способи підвищення поглинальної здатності матеріалів при дії лазерного випромінювання з довжиною хвилі 10,6 мкм.
4. Навести основні технологічні процеси лазерної поверхневої обробки, їх характеристики, межі застосування.
5. Способи вимірювання потужності лазерного випромінювання, що базуються на його поглинанні твердим тілом або рідиною.
6. Галузі застосування й способи лазерної поверхневої обробки матеріалів.
7. Прилади для вимірювання потужності лазерного випромінювання прохідного типу.
8. Системи фокусування на основі інтегруючих дзеркал та фокусаторів
9. Відпал, відпуск, загартування із застосуванням лазерного випромінювання, сутність процесів, основні характеристики, межі використання.
10. Дзеркальні оптичні системи фокусування, які застосовуються при лазерній поверхневій обробці.
11. Визначення температур поверхні матеріалу та її розподілу по глибині при дії імпульсного випромінювання.
12. Лазерне спікання композитів, сутність процесу, способи, основні характеристики, межі використання.
13. Способи керування формою та розподілом інтенсивності випромінювання у вихідних пучках.
14. Лазерна наплавлення, способи реалізації, різновиди процесів, основні характеристики, галузі та приклади застосування.
15. Системи сканування лазерного випромінювання на базі гальванометра.
16. Визначення параметрів лазерного опромінювання безперервним випромінюванням при гартуванні на максимально можливу глибину зміцненого шару.
17. Лазерне шокове зміцнення, сутність процесу, основні характеристики, галузі застосування.
18. Застосування сферичних дзеркал при лазерній поверхневій обробці.
19. Визначення глибини загартування в сталях при дії імпульсного випромінювання.
20. Лазерне мікролегування, різновиди процесів, основні характеристики, галузі та приклади застосування.
21. Вимірники потужності болометричного типу.
22. Визначення температур поверхні матеріалу та її розподілу по глибині при дії безперервного випромінювання.
23. Лазерно-плазмова поверхнева обробка матеріалів, сутність процесів, межі використання.
24. Вимірники потужності лазерного випромінювання типу PCI.

25. Основні фактори, які визначають поглинальну здатність матеріалів при лазерній обробці; надати характеристики взаємозв'язків між ними, способі її вимірювання.
26. Лазерне загартування з рідинного стану, сутність процесу, основні характеристики, межі використання.
27. Прилади для вимірювання потужності лазерного випромінювання прохідного типу на базі поглинаючих газових або рідинних середовищ.
28. Системи сканування лазерного випромінювання на базі дзеркала, що коливається відносно вісі лазерного променя.
29. Аморфізація поверхонь виробів використанням лазерного випромінювання, сутність процесу, основні характеристики, межі використання.
30. Способи керування формою та розподілом інтенсивності випромінювання на поверхні матеріалу, що обробляється.
31. Особливості структурно-фазових перетворень в низьколегованих та високолегованих сталях, як ХВГ, 65Г та Р6М5.
32. Лазерна хіміко-термічна обробка, сутність процесу, основні характеристики, межі використання.
33. Вимірники потужності випромінювання, що працюють на відгалуженні визначеної часті випромінювання газовим середовищем.
34. 3.Обґрунтувати вибір найбільш ефективного поглинаючого технологічного покриття для вуглецевих сталей, чавунів, сплавів алюмінію, титану при їх обробці лазерним випромінюванням з довжиною хвилі 10,6мкм.
35. Лазерна поверхнева обробка, як технологічна система.
36. Особливості структурно-фазових перетворень у високолегованих сталях, сталі Х12М,Р6М5.
37. Способи підвищення поглинальної здатності матеріалів при дії лазерного випромінювання.
38. Надати розгорнутий аналіз всіх факторів та параметрів процесу лазерної поверхневої обробки, їх причинно-наслідкові зв'язки.
39. Компактні переносні автономні вимірники потужності лазерного випромінювання.
40. Поглинання лазерного випромінювання металами, діелектриками, біологічними середовищами.
41. Основні фактори й параметри лазерної поверхневої обробки.
42. Вимірники потужності лазерного випромінювання калориметричного типу.
43. Надати характеристику особливостям лазерної поверхневої обробки скануючим лазерним пучком, навести конструкції сканерів, принцип їх дії.
44. Навести алгоритм керування процесом лазерної поверхневої обробки.
45. Прилади для вимірювання потужності випромінювання на основі плівкових термопар та піроелектриків.
46. Особливості поглинання лазерного випромінювання біологічними середовищами.
47. Характеристики лазерів, які застосовуються при поверхневій обробці матеріалів.
48. Способи розділення та фокусування лазерних пучків за допомогою призм і циліндричних дзеркал.

49. Виконати аналіз процесу поглинання лазерного випромінювання поверхнею різних матеріалів (коефіцієнт поглинання, закон, якому підпорядкований процес поглинання, глибина послаблення).
50. Енергетичні параметри лазерних пучків, які застосовуються при поверхневій обробці матеріалів.
51. Фокусування лазерних пучків за допомогою циліндричних лінз, аксиконів.
52. Визначення параметрів лазерного опромінювання безперервним випромінюванням при гартуванні на задану глибину і ширину зміцненого шару.
53. Поглинання лазерного випромінювання з довжиною хвилі 10,6 мкм, способи підвищення поглинальної здатності.
54. Просторово-часові характеристики лазерних пучків, які використовуються при лазерній поверхневій обробці.
55. Дзеркальні оптичні системи фокусування типу центральний та позавісєвий Касегрен.
56. Фізичні процеси, які відбуваються в матеріалах при дії лазерного випромінювання.
57. Лінзові системи для фокусування лазерного випромінювання.
58. Лазерне зміцнення швидкорізальних сталей Р6М5, Р18.
59. Особливості лазерної обробки сплавів на основі міді, алюмінію.
60. Фокусування лазерних пучків за допомогою сферичних лінз.
61. Просторова структура (модовий склад) вихідних лазерних пучків.
62. Фокусування лазерних пучків з Гаусовим розподілом інтенсивності та методика розрахунку df та $di(Li)$ з урахуванням аберацій сферичної лінзи.
63. Поглинальна здатність матеріалів при дії лазерного випромінювання з довжиною хвилі 1,06 мкм.
64. Оптичні системи фокусування на базі параболічних дзеркал.
65. Аналізатори розподілу потужності випромінювання у вихідних пучках на базі дзеркальної спиці, яка обертається (В.Стіна).
66. Пристрої для вимірювання поглинальної здатності поверхонь на базі калориметричної напівсфери.
67. Дзеркальні оптичні системи фокусування типу позавісєвий Касегрен.
68. Застосування для фокусування лазерного випромінювання тороїдальних дзеркал при обробці внутрішніх та зовнішніх поверхонь.
69. Аналізатори розподілу потужності випромінювання у вихідних пучках на базі дзеркального конуса.
70. Фокусування багатомодових лазерних пучків сферичними лінзами, методика розрахунку df , $di(Li)$ та величини перетяжки.
71. Аналізатор лазерних пучків на базі приймача з системою діафрагм, що рухається відносно променю.
72. Системи сканування лазерного випромінювання на базі багатодзеркального диску.
73. Механізми лазерного зміцнення сталей, чавунів, кольорових сплавів.
74. Пристрої для вимірювання поглинальної здатності поверхонь на базі піроелектричної напівсфери.

75. Визначення параметрів лазерного опромінювання безперервним випромінюванням при гартуванні на максимально можливу глибину зміцненого шару.
76. Особливості мікроструктурних змін в сталі 45 після лазерного зміцнення.
77. Особливості структурно-фазових перетворень у вуглецевих сталях при звичайному пічному та лазерному нагріваннях.
78. Особливості лазерної обробки сплавів на основі алюмінію.
79. Застосування лазерного випромінювання для термодеоформаційного зміцнення матеріалів.
80. Визначення температур поверхні матеріалу та її розподілу по глибині при дії імпульсного випромінювання.
81. Особливості структурно-фазових перетворень у вуглецевих сталях при звичайному пічному та лазерному нагріваннях.
82. Навести основні технологічні процеси лазерної поверхневої обробки, їх характеристики, межі застосування.
83. Механізм структурно-фазових перетворень і змінювання властивостей сталей при швидкісному охолодженні.
84. Визначення температур поверхні матеріалу та її розподілу по глибині при дії імпульсного випромінювання.
85. Механізм лазерного зміцнення вуглецевих сталей.
86. Особливості структурно-фазових перетворень в титанових сплавах при лазерному нагріванні.
87. Просторова структура (модовий склад) вихідних лазерних пучків.
88. Лазерне зміцнення мало-вуглецевих, у тому числі і армко-заліза, сталей.
89. Охарактеризувати особливості лазерної поверхневої обробки скануючим лазерним пучком, навести конструкції сканаторів, принцип їх дії.
90. Способи вимірювання поглинальної здатності матеріалів при дії лазерного випромінювання.
91. Лазерне зміцнення середньо-вуглецевих сталей
92. Основні фактори й параметри лазерної поверхневої обробки.
93. Особливості лазерного загартування сірих чавунів і об'ємно загартованих сталей.
94. Визначення температур поверхні матеріалу та її розподілу по глибині при дії імпульсного випромінювання.
95. Особливості лазерного гартування вуглецевих сталей при використанні безперервного потужного лазерного випромінювання.
96. Системи сканування лазерного випромінювання на базі багато-дзеркального диску.
97. Визначення параметрів лазерного опромінювання безперервним випромінюванням при гартуванні на задану глибину і ширину зміцненого шару
98. Особливості формування залишкових напружень в сталях при лазерному зміцненні.
99. Аналізатор лазерних пучків на базі приймача з системою діафрагм, що рухається відносно променю.

100. Способи керування формою та розподілом інтенсивності випромінювання на поверхні матеріалу, що обробляється.
101. Способи вимірювання потужності лазерного випромінювання.
102. Аморфізація поверхонь виробів використанням лазерного випромінювання, сутність процесу, основні характеристики, межі використання.
103. Способи керування формою та розподілом інтенсивності випромінювання на поверхні матеріалу, що обробляється.
104. Зносостійкість залізвуглецевих сплавів зміцнених лазерним промінням
105. Класифікація методів лазерної поверхневої обробки (надати характеристики).
106. Вплив лазерного зміцнення на малоциклову і багатоциклову втому.

Перелік запитань для модульної контрольної роботи з дисципліни «Лазерна поверхнева обробка»

1. Лазерна поверхнева обробка, як технологічна система.
2. Дати розгорнутий аналіз усіх факторів і параметрів процесу лазерної поверхневої обробки, їх причинно-наслідкові зв'язки; керуючі фактори.
3. Розробити алгоритм керування процесом лазерної поверхневої обробки, що є самонавчальною системою
4. Основні фактори й параметри, що визначають процес лазерної поверхневої обробки.
5. Способи й пристрої вимірювання потужності лазерного випромінювання.
6. Потужність лазерного випромінювання. Прохідні вимірники потужності, конструкції, область застосування.
7. Методи й пристрої вимірювання енергетичних параметрів лазерних пучків. Вимірники типу «РСИ».
8. Просторова структура вихідних лазерних пучків, способи її зміни й виміру її характеристик (форми, розмірів, розподілу інтенсивності).
9. Способи керування формою, розмірами й розподілом інтенсивності сфокусованих лазерних пучків, методи їх виміру.
10. Фокусування лазерних пучків з Гауссовим розподілом інтенсивності й методика розрахунків df і $di(Li)$ з обліком аберрацій сферичної лінзи.
11. Особливості фокусування сферичними лінзами багатомодових пучків, методика розрахунків df , $di(Li)$ і величини перетяжки.
12. Фокусування лазерних пучків сферичним дзеркалом, визначення параметрів фокусування.
13. Системи фокусування зі сферичними дзеркалами (тороїдальними, фокусаторами, інтегральними, спеціальними й ін.)
14. Застосування скануючих систем при лазерній поверхневій обробці, конструкція й характеристики пристроїв.
15. Фізичні процеси, що протікають у матеріалах при лазерній поверхневій обробці із причинно-наслідковими зв'язками.
16. Процес поглинання (закономірності, коефіцієнт поглинання, поглинальна здатність).
17. Просторова структура вихідних лазерних пучків, способи її зміни й виміру її характеристик (форми, розмірів, розподілу інтенсивності).
18. Поглинальна здатність матеріалів, її зміна залежно від параметрів лазерної обробки, способи й пристрої її виміру.
19. Способи підвищення поглинальної здатності матеріалів при лазерній поверхневій обробці.
20. Основні фактори, що визначають поглинальну здатність матеріалів при лазерній обробці з характеристикою взаємозв'язків, способи її виміру.
21. Вплив властивостей лазерного випромінювання й оброблюваного матеріалу на поглинання; методи його збільшення.
22. Визначення температур у поверхневому шарі матеріалів при дії імпульсного

- лазерного випромінювання.
23. Визначення глибини зони термічного впливу (загартування) у поверхневому шарі матеріалів при дії імпульсного лазерного випромінювання.
 24. Визначення температур у поверхневому шарі матеріалів при дії безперервно діючого теплового джерела, що рухається (лазерного променя). Способи спрощення розрахунків.
 25. Методика розрахунків режимів лазерної обробки для одержання зміцненого шару в конкретному матеріалі заданої глибини, ширини й твердості.
 26. Методика розрахунків режимів лазерної обробки для одержання максимальної глибини зміцненого шару.
 27. Методика розрахунків режимів лазерної обробки скануючим променем.
 28. Загальна характеристика структурно-фазових перетворень у сталях при лазерній опроміненні: нагрівання, охолодження; критичні крапки, критичні швидкості охолодження, вплив змісту вуглецю.
 29. Структурно-фазові перетворення у високолегованих сталях при лазерному нагріванні.
 30. Особливості структурних перетворень у чавунах при лазерному нагріванні.
 31. Структурно-фазові перетворення у вуглецевих сталях при лазерній обробці.
 32. Структурно-фазові перетворення в мало-вуглецевих сталях при лазерній обробці.
 33. Структурно-фазові перетворення в середньо-вуглецевих сталях при лазерній обробці.
 34. Структурно-фазові перетворення в заєвтектоїдних сталях при лазерній обробці.
 35. Особливості структурно-фазових перетворень у низьколегованих сталях.
 36. Особливості структурно-фазових перетворень у високолегованих сталях.
 37. Механізм лазерного зміцнення сталей, чавунів, кольорових сплавів.
 38. Особливості структурно-фазових перетворень у титанових і алюмінієвих сплавах при лазерному нагріванні.
 39. Механізм лазерного зміцнення металів.
 40. Застосування скануючих систем при лазерній поверхневій обробці. Переваги, недоліки, конструкції.
 41. Вплив вихідного структурного стану сталей на характеристики зміцненого шару (глибина, твердість, структура)
 42. Технологічні схеми лазерного зміцнення імпульсним і безперервним випромінюванням.
 43. Зносостійкість, коефіцієнт тертя й корозійна стійкість матеріалів, зміцнених лазерним випромінюванням.
 44. Вплив лазерного опромінення на характер і величину залишкових напруг.
 45. Теплостійкість і зносостійкість матеріалів, зміцнених лазерним випромінюванням.
 46. Вплив лазерної обробки на механічні характеристики матеріалів.
 47. Лазерне легування й наплавлення. Способи введення легуючих й матеріалів для наплавлення у ЗЛН. Характеристики, переваги, недоліки.
 48. Способи лазерного легування й наплавлення з попередньо нанесеного шару.
 49. Принцип, область застосування, переваги, недоліки.

51. Інжекційний спосіб легування й наплавлення (лазерне газопорошкове наплавлення). Особливості, схеми процесу, характеристики, технологічні можливості.
52. Способи й пристрої дозування порошкових матеріалів.
53. Лазерне мікролегування й наплавлення з попередньо нанесеного шару.
54. Механізми руху розплавленого металу.
55. Механізм лазерного мікролегування матеріалів.
56. Матеріали (порошки), застосовувані для лазерного мікролегування й наплавлення.
57. Устаткування для поверхневої (зміцнення, легування, наплавлення) лазерної обробки (структурні схеми, типи й характеристики лазерів і інших вузлів ЛТК).
58. Що таке ЛАЗЕР?
59. Що таке - ЛАЗЕРНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ?
60. Які типи лазерів Ви знаєте?
61. Як здійснюється накачування у твердотільних лазерах?
62. Як здійснюється накачування в газових лазерах?
63. Що таке резонатор і яку функцію він виконує в лазері?
64. Як забезпечується вузьконаправленність лазерного випромінювання?
65. Який кут розбіжності мають пучки твердотільних, газових лазерів?
66. Які способи зменшення розбіжності лазерних пучків?
67. Що таке когерентність лазерного випромінювання?
68. Що таке монохроматичність лазерного випромінювання?
69. Яка довжина хвилі випромінювання CO₂ лазера?
70. Яка довжина хвилі випромінювання YAG:Nd лазера?
71. Яка довжина хвилі рубінового лазера?
72. Яка довжина хвилі He-Ne лазера?
73. Які основні властивості лазерного випромінювання?
74. Чим відрізняється лазерне випромінювання від сонячного або світла лампи?
75. Що є активним середовищем CO₂ лазера?
76. Яку роль в активному середовищі виконує CO₂, He, N₂, Nd⁺³, Cr⁺³?
77. Як по конструкції розрізняють CO₂ лазери?
78. Як проохолоджується активне середовище у твердотільному і газових лазерах?
79. У якому режимі й чому може працювати CO₂ лазер: YAG:Nd, скло з ND?
80. Який к.к.д. у газових і твердотільних лазерів?
81. Лазери якої потужності (енергії) застосовуються зараз для обробки матеріалів?
82. У якому напрямку ведеться розробка лазерних систем для обробки матеріалів?
83. Які шляхи підвищення к.к.д. твердотільних лазерів?
84. Який параметр визначає фізичні процеси, що протікають в матеріалах при дії лазерного випромінювання?
85. Яка густина потужності повинна бути для реалізації процесу лазерного загартування, зварювання, наплавлення, різання, одержання отворів, шокowego зміцнення?
86. Яка максимальна густина потужності досягнута в цей час?

87. Від яких факторів залежить температура нагрівання матеріалу, від яких - глибина проникнення заданої температури, як керувати цим?
88. Що застосовується для концентрування енергії лазерного випромінювання на поверхні оброблюваного матеріалу?
89. Які дзеркальні системи застосовуються для чи фокусування?
90. Які лінзові системи застосовуються для фокусування ЛВ?
91. Коли доцільно застосовувати лінзові, коли - дзеркальні фокусиуючі системи?
92. Які викривлення (аберації) характерні для лінзових фокусиуючих систем?
93. Які викривлення (аберації) характерні для дзеркальних фокусиуючих систем?
94. Яка форма лінз застосовується для фокусиуючих систем?
95. Чим відрізняються системи фокусування зі сферичним і параболічним дзеркалом?
96. З яких матеріалів виготовляють лінзи для фокусування випромінювання різних лазерів?
97. Від яких факторів залежить діаметр плями фокусування?
98. Який модовий склад лазерних пучків, як він позначається?
99. Яка поглинальна здатність матеріалів при дії лазерного випромінювання й від чого вона залежить?
100. Як підвищити поглинальна здатність металевих матеріалів при дії випромінювання з $\lambda=10,6$ мкм та $\lambda=1,06$ мкм.
101. Чому підвищується твердість сталей при лазерному зміцненні?
102. Чи можливо зміцнювати маловуглецеві сталі лазерною обробкою?
103. Які переваги лазерного зміцнення в порівнянні з об'ємним загартуванням, загартуванням ТВЧ?
104. Що таке мартенсит лазерного загартування й чому він відрізняється від мартенситу звичайного загартування?
105. Які переваги обробки скануючим лазерним променем порівняно з розфокусованим?
106. Які схеми подачі порошку застосовуються при лазерному газопорошковому наплавленні й чим вони відрізняються?
107. Що таке самофлюсуючі порошки, назвіть представників.
108. Який газ треба застосовувати для транспортування порошоків при наплавленні?
109. Яка дисперсність порошоків для лазерного наплавлення?
110. Які способи лазерного наплавлення?
111. Чим відрізняється лазерне наплавлення від лазерного легування й лазерного зміцнення?
112. Яка витрата порошку при лазерному наплавленні?
113. Яка міцність зчеплення наплавленого шару з основою після лазерного наплавлення, плазмового, детонаційного напилювання й ін. ?
114. Які способи транспортування лазерного випромінювання застосовуються у технології?
115. Які індивідуальні й колективні заходи захисту від поразки лазерним випромінюванням?
116. Які шкідливі й небезпечні виробничі фактори характерні для ділянки лазерної обробки?

- 117. Які заходи захисту від враження електричним струмом?
- 118. Які вимоги до освітленості робочого приміщення?
- 119. Які припустимі норми по шуму?

Тематика завдань РГР:

1. Підвищення ефективності відновлювання та зносостійкості деталей нафтогазопромислового обладнання оптимізацією процесу лазерного газопорошкового наплавлення.
2. Розробка технології лазерного наплавлення, яка забезпечує підвищення зносостійкості бурових доліт.
3. Розробка технологічного процесу та обладнання для лазерного зміцнювання робочих поверхонь розподільного валу двигуна внутрішнього спалення.
4. Розробка технології лазерного зміцнення робочих поверхонь валків прокатного стану та відповідного технологічного обладнання.
5. Розробка технологічного процесу та обладнання для лазерного зміцнення ріжучих кромek матриці вирубного штампу.
6. Підвищення якості зміцнювання гостро заточених робочих елементів ріжучих інструментів та деталей машин оптимізацією процесу їх лазерного нагрівання.
7. Вивчення та оптимізація процесу локального лазерного спікання інструментального однорядного композиту.
8. Розробка технології та обладнання для виготовлення підп'ятника системи турбонаддуву дизельного двигуна з застосуванням процесу лазерного наплавлення.
9. Розробка технологічного процесу та обладнання для лазерного зміцнення робочих поверхонь ножів для переробки полімерних матеріалів.
10. Розробка технологічного процесу та обладнання для лазерного зміцнення внутрішніх поверхонь гільз дизельного двигуна.
11. Розробка технологічного процесу та обладнання для лазерного відновлення та зміцнювання робочих поверхонь колінчастого валу двигуна.
12. Розробка технології та обладнання для лазерної поверхневої обробки, яка забезпечує підвищення ресурсу роботи кульової опори автомобіля.
13. Розробити технологію та обладнання для лазерного зміцнення деталей мастильного шестеренчастого насосу.
14. Розробка технології та обладнання для лазерного зміцнення робочих поверхонь пресформ для виготовлення авіаційних втулок.
15. Розробка технології та обладнання для лазерного зміцнення металорізальних інструментів.
16. Розробка технології та обладнання для лазерного зміцнювання робочих поверхонь лопаток газотурбінного двигуна.
17. Розробка технології виготовлення деталей муфто-замкового з'єднання бурової колони з застосуванням лазерного зміцнення.
18. Розробити технологічний процес виготовлення штамків для виробництва заготівель із полімерних та шкіряних матеріалів з застосуванням лазерної технології.
19. Дослідження впливу розподілу потужності лазерного випромінювання на характеристики температурних полів у матеріалах при поверхневій обробці

- 20.Розробка швидкодіючого пристрою для вимірювання температур нагрівання матеріалів при лазерній поверхневій обробці та дослідження його робочих характеристик.
- 21.Розробка дзеркального концентратора для фокусування потужного лазерного випромінювання.
- 22.Розробка системи керування лазерним випромінюванням у просторі, та відповідного програмного забезпечення.
- 23.Інтенсифікація процесу лазерного наплавлення застосуванням додаткового джерела енергії (електричної дуги).
- 24.Розробка сферичного дзеркального об'єктиву з поширеними технологічними можливостями змінювання просторового розподілу потужності у плямі фокусування.
- 25.Інтенсифікація процесу лазерної обробки застосуванням додаткового джерела енергії (плазмового струменя).
- 26.Інтенсифікація процесу лазерної обробки застосуванням додаткового джерела енергії (ультразвукових коливань).
- 27.Розробка технології підвищення міцності зчеплення різноманітних покриттів (плазмових, детонаційних, гальванічних) з основою інтенсифікацією процесу масопереносу лазерним термоциклюванням.
- 28.Розробити лазерний технологічний комплекс для поверхневого зміцнювання з системою контролю та настройки розподілу потужності у вихідному пучку на базі швидкодіючого аналізатора.
- 29.Розробити технологію лазерного термдеформаційного зміцнювання деталей машин, яка забезпечує підвищення їх втомленої міцності та відповідне технологічне обладнання.
- 30.Розробка технології підвищення жорсткості тонколистових виробів створенням металургійних концентраторів напруг.