

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

**ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ КОНЦЕНТРОВАНИМИ
ПОТОКАМИ ЕНЕРГІЇ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

для студентів напряму підготовки 050504 «Зварювання»

Затверджено Вченою радою ЗФ НТУУ «КПІ»

Київ 2013

Обробка матеріалів концентрованими потоками енергії: Методичні вказівки до самостійної роботи для студентів денної форми навчання за напрямом 050504 «Зварювання» / Уклад.: В. М. Пащенко, 2013. – 27 с.

*Гриф надано Вченою радою ЗФ НТУУ «КПІ»
(Протокол № від . .2013 р.)*

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ КОНЦЕНТРОВАНИМИ ПОТОКАМИ ЕНЕРГІЇ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
для студентів напряму підготовки 050504 «Зварювання»

Укладач: к.т.н., доц. Пащенко Валерій Миколайович
Рецензент: д.т.н. проф. Р.М. Рижов

Зміст

Зміст	3
Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни.....	6
1.1. Загальна характеристика навчальної дисципліни	6
1.2. Рейтингова система оцінки з дисципліни	6
1.3. Види самостійної роботи	9
2. Методичні вказівки до вивчення розділів курсу	10
3. Методичні вказівки до інших видів самостійної роботи	19
4. Навчально-методичні матеріали	20
4.1. Основна література	20
4.2. Додаткова література	20

Вступ

Дисципліна «Обробка матеріалів концентрованими потоками енергії» є однією із сучасних дисциплін у циклі підготовки фахівців із зварювання та інженерії поверхні для машинобудування, ремонтних виробництв, приладобудування, виробництв по виготовленню конструкцій різного функціонального призначення.

Загальний обсяг вивчення дисципліни на одного студента становить 144 години і викладається вона згідно з типовим навчальним планом у 10-му семестрі: студенти прослуховують курс лекцій, виконують цикл лабораторних занять, беруть участь у практичних заняттях, виконують модульну контрольну роботу і складають іспит.

Дисципліна «Обробка матеріалів концентрованими потоками енергії» відноситься до спеціальних дисциплін і є однією із заключних дисциплін у циклі підготовки спеціалістів та магістрів за напрямом підготовки 0505.04. Вона ґрунтується на таких фундаментальних та професійно-орієнтованих дисциплінах: загальна фізика; хімія; математика; опір матеріалів; металознавство та термічна обробка зварних з'єднань; теорія зварювальних процесів.

Мета дисципліни полягає у формування у студента системи сучасних уявлень та знань про загальні принципи застосування концентрованих потоків енергії для обробки матеріалів з метою зміни їх агрегатного стану, структури, конфігурації, морфології поверхні, функціональних властивостей виробів із обробленого матеріалу; про основні фізико-хімічні процеси в складових частинах і елементах відповідних комплексів обладнання; про фізичні принципи фазових і структурних перетворень у матеріалах при зміцненні КПЕ; про основні закономірності різання матеріалів безперервним та імпульсним випромінюванням; про особливості застосування КПЕ в реальних технологіях обробки матеріалів та набуття студентами умінь використовувати, впроваджувати та адаптувати до конкретних умов технологічні процеси обробки матеріалів згаданими методами.

Завданням дисципліни є реалізація вимог до знань та умінь. Якими повинні опанувати студенти, а саме:

За результатами вивчення курсу студент повинен знати:

- фізичні принципи роботи джерел концентрованих потоків енергії;
- основні принципові та конструктивні схеми джерел КПЕ;
- механізми фазових і структурних перетворень у матеріалах при обробці КПЕ;
- особливості практичного застосування технологій обробки КПЕ для загартування, різання, легування, термообробки матеріалів.

На основі вивчення дисципліни студент повинен вміти:

- проводити порівняльний аналіз методів і способів обробки КПЕ та призначати відповідний для обробки виробів із конкретних матеріалів з урахуванням технологічних особливостей їх використання;
- вибирати основні характерні режимні параметри процесів обробки КПЕ та встановлювати їх зв'язок з ефективністю процесу;
- розробляти загальні технологічні схеми застосування КПЕ для обробки відповідних матеріалів;
- визначати основні параметри якості оброблених поверхонь та призначати методи визначення показників якості при відпрацюванні конкретних технологій;
- вдосконалювати технології обробки матеріалів КПЕ з урахуванням технологічних особливостей застосованих методів та функціонального призначення виробів.

1 Опис навчальної дисципліни

1.1 Загальна характеристика навчальної дисципліни “Обробка матеріалів концентрованими потоками енергії”

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Всього	Розподіл на семестр та видами занять						Семестр атест.
		Лекц.	Практ.	Семін.	Лабор.	Індивід.	СРС	
10	144	36	9	-	9	-	90	Екз.

Напрямок підготовки: 050504 – зварювання.

Освітньо-кваліфікаційний рівень спеціаліст, магістр.

Цикл, до якого відноситься дисципліна: за вільним вибором ВНЗ.

1.2 Рейтингова система оцінки з дисципліни

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) ведення конспекту і присутність на лекції;
- 2) виконання та захист 4-х лабораторних робіт
- 3) відповіді на практичних заняттях;
- 4) результати виконання модульної контрольної роботи;
- 5) відповідь на екзамені.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1) Робота на лекціях

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів на всіх лекціях становить: $2 \text{ бали} \times 18 = 36 \text{ балів}$. Присутність на одній з академічних годин лекції оцінюється 0,5 бали.

2) Практичні заняття

Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях складає: $1 \text{ бали} \times 4 = 4 \text{ бали}$.

1 балами оцінюються повні відповіді на поставлені запитання під час проходження практичного заняття.

0,5 бала оцінюються неповні відповіді та відповіді не на всі запитання, поставлені під час проходження практичного заняття.

0 балами оцінюється відсутність відповідей на поставлені запитання під час практичної роботи.

3) Лабораторні роботи

Ваговий бал – 1,5 бали. Максимальна кількість балів на всіх лабораторних заняттях складає: $1,5 \text{ бали} \times 4 = 6 \text{ балів}$.

1,5 балами оцінюється кожна з лабораторних робіт, виконана без помилок і зарахована викладачем в визначений термін без зауважень.

1 балом оцінюється кожна з лабораторних робіт, виконана без помилок і зарахована викладачем з зауваженнями після її першого виправлення і доопрацювання.

0,5 балами оцінюється кожна з лабораторних робіт, виконана без помилок і зарахована викладачем з зауваженнями після її другого виправлення і доопрацювання.

4) Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 4 бали.

Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані за модульну контрольну роботу складає 4 бали.

4 балами оцінюються повна відповідь на поставлені запитання (не менше 90 % інформації).

3 балами оцінюються достатньо повна відповідь або повна відповідь із незначними неточностями (не менше 75 % потрібної інформації);

2 балами оцінюється неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації) та незначні помилки;

0 балами оцінюється незадовільна відповідь.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_C = 36 + 4 + 6 + 4 = 50 \text{ балів.}$$

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає:

$$R_D = R_C + R_E = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною і обов'язковою умовою допуску до екзамену є своєчасне зарахування всіх та стартовий рейтинг не менше $R \geq 25$ балів.

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних питання і одне практичне.

Перелік питань наведений у методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Кожне теоретичне питання оцінюється у 15 балів, а практичне - 20 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації) – 15-14 балів.
- «добре», достатньо повна відповідь або повна відповідь із незначними неточностями (не менше 75 % потрібної інформації) – 13-11 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації та деякі помилки) – 10-9 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Система оцінювання практичного запитання:

- «відмінно», повне безпомилкове розв'язування завдання – 20-18 балів.
- «добре», повне розв'язування завдання із несуттєвими неточностями – 17-15 балів;
- «задовільно», завдання виконане з певними недоліками – 14-12 балів;
- «незадовільно», завдання не виконане – 0 балів

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка **RD** переводиться згідно з таблицею:

$RD = R_C + R_s + R_E$	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
95...100	A	відмінно
85...94	B	добре
75...84	C	
65...74	D	задовільно
60...64	E	
$RD < 60$	F_x	незадовільно
$R_C < 25$ балів або не виконані інші умови допуску до екзамену	F	не допущено

1.3 Види самостійної роботи

1. Вивчення розділів курсу з використанням рекомендованої літератури і матеріалів лекцій.
2. Підготовка до практичних робіт.
3. Підготовка до лабораторних робіт.

2 Методичні вказівки до вивчення розділів курсу

Розділ 1. Загальні питання

Тема 1.1. Розвиток і стан теоретичних та практичних знань щодо застосування концентрованих потоків енергії (КПЕ) у процесах обробки матеріалів.

Питання, що розглядаються у даній темі

Вступ. Основні поняття технології обробки. Технологічні та енергетичні характеристики КПЕ. Порівняльні характеристики основних параметрів КПЕ.

Роль вітчизняних вчених та організацій у розвитку теорії та практики застосування методів обробки матеріалів КПЕ.

Ціль і завдання курсу, його роль у підготовці спеціалістів за фахом. Практичне використання знань у різних видах діяльності спеціаліста.

[5], с. 241...246, [7] с. 2...9

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть порівняльному аналізу технологічних можливостей різних методів обробки матеріалів концентрованими потоками енергії.

Контрольні запитання до теми 1.1

1. Що таке процес введення (концентрації) енергії ?
2. Які параметри характеризують потік введеної енергії ?
3. Що дає локалізація енергії та імпульсу у просторі ?
4. Що дає локалізація енергії у часі ?
5. Які досяжні на сьогодні рівні густини енергії у сучасних методах обробки матеріалів ?
6. Які переваги і недоліки обробки матеріалів випромінюванням лазера ?
7. Які переваги і недоліки обробки матеріалів плазмою ?

8. Які переваги і недоліки обробки матеріалів електронним променем?

Розділ 2. Плазмові методи обробки матеріалів

Тема 2.1. Плазмове поверхнєве зміцнення деталей машин і оброблювального інструменту

Питання, що розглядаються у даній темі

Теоретичний опис процесу. Плазмотрони. Теплові характеристики плазмової дуги. Теплофізичні властивості і енергетичні умови взаємодії плазмового струменя із матеріалом.

Фазові і структурні перетворення у сталях при плазмовому поверхневому зміцненні.

Вибір оптимальних режимів плазмового зміцнення металообробного інструмента.

[1], с. 47...87, [7] с. 86...92.

Експлуатаційні властивості інструментальних сталей після плазмового зміцнення. Працездатність зміцнених сталей під впливом зовнішнього тертя та термічних навантажень. Динамічна тріщиностійкість зміцнених сталей. Властивості інструментальних сталей після обробки з оплавленням поверхні. Механічні властивості зміцнених сталей при статичному навантаженні.

[1], с. 93...139, [7] с. 93...102.

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть енергетичним умовам взаємодії плазмового струменя із матеріалом, що оброблюється.

Контрольні запитання до теми 2.1

1. Що таке плазма? Класифікація за температурною ознакою.
2. Принципові схеми генераторів плазми. Які основні відмінності між генераторами плазми прямої та посередньої дії?
3. Що таке пляма нагрівання?
4. Який характерний розподіл теплового потоку плазмової дуги?
5. Яким є характерний розподіл теплового потоку плазмового струменя?
6. Яким законом описується зміна теплового потоку за радіусом плями нагріву?

7. Яка фізична характеристика процесів нагрівання та охолодження дозволяє визначати параметри процесу обробки ?
8. У чому сутність плазмового загартування інструментальних сталей ?
9. Який характер зміни експлуатаційних властивостей сталей після обробки плазмою ?

Тема 2.2. Комбіновані способи зміцнення з використанням плазми

Питання, що розглядаються у даній темі

Плазмове зміцнення виробів після наплавлення. Підходи до вибору напавленого матеріалу. Використання шаруватих композицій. Механізми гальмування тріщин у шаруватих композиціях. Обробка шляхом об'ємного термічного загартування і плазмового зміцнення. Мікроструктура зміцненої зони. Технологічні можливості комплексної обробки. Обробка струмами високої частоти і плазмовим зміцненням. Плазмово-детонаційне зміцнення. Схема імпульсного генератора. Параметри стисненої плазми. Особливості структури зміцненої зони.

[1], с. 139...221, [7] с. 103...117.

На самотійне вивчення: Комбіноване індукційно-плазмове зміцнення інструмента [1], с. 213-221.

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть особливостям структури зміцнених комбінованою обробкою матеріалів.

Контрольні запитання до теми 2.2

1. Яка мета плазмового зміцнення виробів після наплавлення ?
2. У чому полягає позитивний ефект обробки плазмою після наплавлення ?
3. Як змінюється механізм руйнування матеріалу після створення шаруватих композицій в результаті плазмової обробки після наплавлення ?
4. У чому особливості структури зміцненої зони ?
5. Яка мета плазмового зміцнення виробів разом із об'ємним термічним загартуванням виробу ?

6. Яка мета плазмового зміцнення виробів разом із обробкою струмами високої частоти ?
7. Яка характерна схема розміщення зміцнених шарів деталі ?
8. Що таке плазмово-детонаційне зміцнення і які особливості стисненої плазми ?
9. Які зміни відбуваються у структурі матеріалу після плазмово-детонаційної обробки ?

Тема 2.3. Мікроплазмові методи поверхневого зміцнення деталей машин

Питання, що розглядаються у даній темі

Мікроплазмове оплавлення покриттів.

Мікроплазмове поверхнєве загартовування сталей.

Вплив теплофізичних умов нагрівання на формування зміцненого шару при мікроплазмовому загартовуванні сталей.

[6], с. 68...79.

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть характерним особливостям мікроплазмової обробки порівняно із звичайною плазмовою обробкою виробів.

Контрольні запитання до теми 2.3

1. Які основні переваги мікроплазмової обробки матеріалів ?
2. Наведіть принципову схему мікроплазмового нагрівання виробів.
3. Яка мікроструктура оплавлених газотермічних покриттів після мікроплазмової обробки ?
4. У чому особливості структурної перебудови матеріалів після мікроплазмової обробки ?
5. Яким чином впливають теплофізичні умови нагрівання на процес формування зміцненого шару за умови мікроплазмової обробки ?

Тема 2.4. Технологічні процеси плазмового зміцнення

Питання, що розглядаються у даній темі

Плазмова обробка гребних гвинтів.

Зміцнення прокатних валків і деталей прокатного обладнання. Зміцнення інструмента із швидкорізальних сталей і твердих сплавів. Зміцнення інструмента холодної обробки металу. Зміцнення ґрунтообробного інструменту і робочих органів сільськогосподарських машин.

[1], с. 280...308, [2], с. 67...69.

Напилення і оплавлення покриттів із порошкових матеріалів із використанням низькотемпературної плазми. Склад, структура і властивості поверхонь після плазмової обробки машин.

[6], с. 59...63.

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть особливостям технічної реалізації процесів плазмової обробки матеріалів.

Контрольні запитання до теми 2.4

1. Які основні характерні етапи технології плазмової обробки гребних гвинтів ?
2. Які експлуатаційні характеристики виробу покращуються в результаті обробки ?
3. Які особливості плазмового зміцнення прокатних валків ?
4. Які характерні особливості технологій зміцнення інструмента холодної обробки матеріалів ?
5. Які характерні особливості технологій зміцнення інструмента та робочих органів сільсько-господарчих машин ?

Тема 2.5. Технологічні процеси обробки металів із плазмовим підігріванням

Питання, що розглядаються у даній темі

Нагрівання поверхневих шарів заготовки і особливості процесу плазмово-механічної обробки (ПМО).

[3], додаткова с.39-123.

На самостійне вивчення: Обладнання і технології ПМО. Ефективність ПМО-машин. [3], додаткова с.123-215.

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть технологічним особливостям застосування плазми під час механічної обробки матеріалів.

Контрольні запитання до теми 2.5

1. У чому сутність процесу ПМО ?
2. Які переваги має ПМО порівняно із звичайною механічною обробкою заготовок ?
3. Що визначає баланс тепла в технологічній зоні ПМО ?
4. Який вплив має ПМО на якість поверхневого шару виробу ?
5. Технологічні особливості різних способів механічної обробки із плазмовим підігріванням.

Розділ 3. Лазерні методи обробки матеріалів

Тема 3.1. Основи лазерної генерації світла

Питання, що розглядаються у даній темі

Принцип роботи лазера. Механізм лазерної генерації світла. Типи і конструкції лазерів. Характеристики лазерного випромінювання. Керування випромінюванням лазера. [7] с. 10...35.

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть фізичній сутності процесу генерації монохроматичного лазерного випромінювання.

Контрольні запитання до теми 3.1

1. Які процеси відбуваються в активному середовищі із атомами, що знаходяться на різних енергетичних рівнях ?
2. Які функції притаманні резонаторам ?
3. Скільки основних типів лазерів застосовується в техніці ?

4. Які перспективи розвитку лазерної техніки для обробки матеріалів ?
5. Назвіть основні характеристики лазерного випромінювання.
6. Які основні параметри лазерного випромінювання характерні для технологічних лазерів ?
7. Яким чином здійснюється керування випромінюванням лазера ?
8. Які основні переваги лазерного випромінювання як інструмента обробки матеріалів ?

Тема 3.2. Лазерне різання металів та обробка отворів

Питання, що розглядаються у даній темі

Основні закономірності різання матеріалів безперервним та імпульсним випромінюванням. Типові процеси лазерного різання. Обладнання для різання матеріалів лазером.

[4], с. 112...150, [2], с. 46...67, [7] с. 62...68.

Основні технологічні закономірності процесу обробки отворів. Технологічні процеси лазерного прошивання отворів. Обладнання для лазерного прошивання отворів.

[7] с. 59...62.

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть виявленню взаємозв'язку режимних параметрів ведення процесу обробки із технологічними характеристиками процесу (швидкістю, шириною, глибиною, розмірами ЗТВ, шорсткістю, точністю різки тощо).

Контрольні запитання до теми 3.2

1. Які особливості технології лазерної обробки отворів ?
2. Які основні технологічні закономірності процесу обробки отворів ?
3. Які основні закономірності різання імпульсним випромінюванням ?
4. Які основні закономірності різання безперервним лазерним випромінюванням ?
5. Які особливості технологій лазерного розкрою неметалевих матеріалів ?

Тема 3.3. Лазерна зміцнювальна технологія

Питання, що розглядаються у даній темі

Фізичні основи взаємодії лазерного випромінювання із речовиною.

Особливості лазерної зміцнювальної поверхневої обробки.

Підготовка поверхні деталей перед лазерним зміцненням.

[6], с. 80...86, [7] с. 36...58.

Лазерне загартування.

Поверхнєве лазерне легування.

Легування металевих поверхонь із використанням технологічного лазера.

[6], с. 86...94.

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть виявленню механізму взаємодії лазерного випромінювання з речовиною.

Контрольні запитання до теми 3.3

1. Які відрізняють стадії взаємодії лазерного випромінювання із речовиною ?
2. Від чого залежить ефективність взаємодії лазерного випромінювання з речовиною ?
3. Яким законам підпорядковується процес поглинання і передавання енергії лазерного випромінювання ?
4. Що таке лазерна ерозія ?
5. Які структурні зміни в речовині спостерігаються в процесі лазерного зміцнення ?
6. Що містить в собі поняття підготовки поверхні перед лазерним зміцненням ?
7. У чому сутність процесу лазерного легування ?

Тема 3.4. Лазерне нагрівання при створенні газотермічних покриттів

Питання, що розглядаються у даній темі

Можливі напрямки застосування лазерного нагрівання при створенні покриттів.

Фізико-хімічні процеси при лазерній обробці газотермічних покриттів.

Формування покриттів із самофлюсівних сплавів при лазерному оплавленні.

Вплив додаткового легування на формування покриттів із самофлюсівних сплавів.

Лазерна обробка керамічних покриттів.

[6], с. 97...110.

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть технологічним прийомам застосування лазерного випромінювання у процесах створення поверхневих шарів.

Контрольні запитання до теми 3.4

1. Які існують основні схеми застосування лазерного випромінювання в процесах нанесення покриттів і, зокрема, газотермічних ?
2. Які основні фізико-хімічні процеси відбуваються під час високотемпературної обробки матеріалів з покриттями ?
3. Яким чином відбувається лазерне оплавлення самофлюсівних покриттів ?
4. Які зміни відбуваються в матеріалі під час лазерного оплавлення ?
5. Який механізм покращання функціональних властивостей покриттів лазерним легування ?
6. Які особливості обробки керамічних покриттів ?

Розділ 4. Методи обробки матеріалів електронним променем

Тема 4.1. Електронний промінь та його джерела

Питання, що розглядаються у даній темі

Загальні відомості. Фізико-технічні основи електронно-променевого нагрівання. Конструкції електронно-променевих установок. Джерела електронів. [5] с. 276...293, [7] с. 118...119

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть чіткому виявленню місця електронно-променевих технологій в загальній області застосування методів обробки матеріалів концентрованими потоками енергії.

Контрольні запитання до теми 4.1

1. Яка загальна схема установки для електронно-променевої обробки матеріалів ?
2. Який принцип створення пучка електронів ?
3. Які конструкції електронно-променевих установок найбільш поширені ?
4. Які основні принципові схеми і конструкції джерел електронів ?

Тема 4.2. Фізичні основи електронно-променевої обробки матеріалів

Питання, що розглядаються у даній темі

Взаємодія електронних жмутів із речовиною. Характеристики теплового джерела при взаємодії жмута електронів із речовиною. Нетермічний вплив електронів на речовину. Генерація електронним жмутом рентгенівського випромінювання.

[5] с. 294...314, [7] с. 119...127

Зміцнення поверхонь обробкою потоками високоенергетичних іонів, [7] с. 131-135.

На самостійне вивчення: Фізичні принципи, покладені в основу технологій зміцнення потоками високоенергетичних іонів. Обладнання, що реалізує згадані технології. Структура та хімічний склад матеріалів, оброблених високоенергетичними частинками.

[7] с. 136...150.

Методичні вказівки

Під час вивчення матеріалів даної теми особливу увагу приділіть процесам взаємодії електронних жмутів із речовиною.

Контрольні запитання до теми 4.2

1. Який механізм передавання енергії від електронів до молекул речовини, яка обробляється ?
2. Які основні процеси проходять під час взаємодії прискорених електронів із речовиною ?
3. Як відбувається процес передавання енергії ?
4. Який механізм поглинання енергії речовиною ?
5. Що таке нетермічний вплив електронів на речовину ?
6. Які умови генерації електронним пучком рентгенівського випромінювання ?
7. Які особливості обробки матеріалів потоками високоенергетичних іонів ?
8. Які основні особливості обладнання для реалізації технологій обробки матеріалів потоками високоенергетичних іонів ?

Навчально-методичні матеріали

Основна

1. Самотугин С.С., Лещинский Л.К. Плазменное упрочнение инструментальных материалов. – Донецк. :Новый мир, 2002.-338 с.
2. Папырин А.Н., Болотина Н.П., Боль А.А. Новые материалы и технологии. Теория и практика упрочнения материалов в экстремальных процессах. – Новосибирск: ВО «Наука». Сибирская издательская фирма, 1992. –200 с.
3. Григорьянц А.Г. Основы лазерной обработки материалов. – М.: Металлургия, 1989. – 304 с.
4. Коваленко В.С. Лазерная технология: Учебник. – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1989. – 280 с.
5. Дзюба В.Л., Волков И.В. Лазерные и электронные пучки в материале обработки. – Луганск.: изд-во «Ноулидж», 2010. – 322 с.
6. Спиридонов Н.В., Кобяков О.С., Куприянов И.Л. Плазменные и лазерные методы упрочнения деталей машин. – Мн.: Выш. Шк., 1988. – 155 с.
7. Пащенко В. М. Текст лекцій з дисципліни «Обробка матеріалів концентрованими потоками енергії» / К.: НТУУ «КПІ» ЗФ, 2013. – 150 с.

Додаткова

1. Лащенко Г.И. Плазменное упрочнение и напыление. – К.: «Екотехнологія». 2003. – 64 с.
2. Гаращук В.П. Основи фізики лазерів. Лазери для термічних технологій: Навчальний посібник. – К.: ІЕЗ ім. Є.О. Патона, 2005. –244 с.
3. Резников А.Н., Шатерин М.А., Кунин В.С., Резников Л.А. Обработка металлов резанием с плазменным нагревом. – М.: Машиностроение”, 1986. - 232 с.

3. Методичні вказівки до інших видів самостійної роботи

3.1. Підготовка до модульної контрольної роботи

Метою модульної контрольної роботи є оцінка рівня засвоєння студентами теоретичного матеріалу, поданого на лекціях та опрацьованого самостійно. Контрольна робота виконується у письмовому вигляді. Питання контрольної роботи охоплюють всі теми теоретичного курсу.

Підготовку до модульної контрольної роботи здійснюють згідно методичних вказівок [8].

Підготовка до модульної контрольної роботи полягає у вивченні рекомендованої у методичних вказівках [8] літератури згідно наведеного переліку контрольних питань.