

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 15.03.01 Машиностроение

Наименование образовательной программы: Машины и технология высокоэффективных процессов обработки материалов

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Теоретические основы обработки материалов КПЭ 2**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Родякина Р.В.
	Идентификатор	R768be585-RodiakinaRV-b3c4458f

Р.В. Родякина

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Петров П.Ю.
	Идентификатор	R653adc76-PetrovPY-f1c0c784

П.Ю. Петров

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Драгунов В.К.
	Идентификатор	R75d71719-DragunovVK-00c02b9f

В.К.
Драгунов

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ОПК-4 умением применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; умением применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении
2. ПК-18 умением применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Закономерности проплавления металлов при лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии (Контрольная работа)
2. Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом (Контрольная работа)

БРС дисциплины

8 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %		
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
	Срок КМ:	7	14
Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом			
Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом		+	
Закономерности проплавления металлов при лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии			
Закономерности проплавления металлов при лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии			+
	Вес КМ:	50	50

§Общая часть/Для промежуточной аттестации§

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ОПК-4	ОПК-4(Компетенция)	Знать: основные параметры режима сварки (резки) с использованием КПЭ (лазерный луч) и влияние, оказываемое на процесс сварки (резания) при их изменении Уметь: анализировать влияние основных процессов, протекающих при воздействии лазерного луча на обрабатываемый материал	Закономерности проплавления металлов при лазерном воздействии. Закономерности резки металлов при лазерном воздействии (Контрольная работа)
ПК-18	ПК-18(Компетенция)	Знать: основные процессы, протекающие при сварке (резке) с использованием КПЭ (лазерный луч) и их вклад в формирование качественного сварного соединения (реза) Уметь: вносить необходимые	Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом (Контрольная работа)

		корректировки параметров режима сварки (резки) с учетом влияния основных процессов, протекающих в металле при сварке (резке) с использованием КПЭ, для получения качественного сварного соединения (реза)	
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 50

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа проводится письменно по билетам. Время проведения контрольной работы - 1 час. Студент получает билет, содержащий 4 вопроса: 2 теоретических (на проверку знаний) и 2 практических (на проверку умений)

Краткое содержание задания:

Контрольная работа проводится для проверки знаний и умений по разделу: “Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом”

Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: основные процессы, протекающие при сварке (резке) с использованием КПЭ (лазерный луч) и их вклад в формирование качественного сварного соединения (реза)</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Особенности взаимодействия ЛИ: Как происходит взаимодействие лазерного луча с металлом?2. Особенности взаимодействия ЛИ: Записать уравнение Хагена-Рубенса и объяснить его смысл3. Особенности взаимодействия ЛИ: Записать закон Бугера-Ламберта и объяснить, что он характеризует4. Особенности взаимодействия ЛИ: Действие каких сил обеспечивает возможность существования канала проплавления и его форму при лазерной сварке?5. Особенности взаимодействия ЛИ: В каком случае при лазерном воздействии образуется облако плазмы?
<p>Уметь: вносить необходимые корректировки параметров режима сварки (резки) с учетом влияния основных процессов, протекающих в металле при сварке (резке) с использованием КПЭ, для получения качественного сварного соединения (реза)</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Особенности взаимодействия ЛИ: Предложить возможные меры для увеличения поглощательной способности стали при действии на нее лазерного излучения2. Особенности взаимодействия ЛИ: Определить мощность и энергию импульсов излучения N₂-лазера при длительности $\tau=10^{-8}$ с, необходимые для достижения плотности мощности излучения в фокусе $q_0=10^7$ Вт/см², если расходимость пучка 1 мрад, а фокусное расстояние оптической системы 3 см3. Особенности взаимодействия ЛИ: В каком случае эффективный КПД будет выше: для электронно-лучевой или для лазерной сварки стали? Ответ обосновать4. Особенности взаимодействия ЛИ: Определить зависимость от времени температуры тонкой пластины, нагреваемой излучением равномерно по объему, если мощность излучения зависит от времени $P=P(t)$, коэффициент отражения пластины R,

	<p>а начальная температура пластины T_0</p> <p>5. Особенности взаимодействия ЛИ: Найти мощность излучения, падающего на поверхность, если облученная область имеет вид круга радиуса r_0 и плотность мощности излучения в ней распределена по закону $q = q(\rho, \phi)$, где ρ, ϕ – полярные координаты в плоскости поверхности. $P = k\sqrt{t}$. Оценить, как будет меняться мощность излучения, падающего на поверхность, при изменении распределения плотности мощности в облученной области того же радиуса</p>
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если 3 вопроса из 4 раскрыты правильно, выбран верный метод решения обеих задач, но при вычислении в одной из задач допущены ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если студент дал верные ответы на 2 вопроса из 4 (ответил на 1 теоретический вопрос, т.е. показал наличие знаний, и решил 1 задачу, т.е. проявил умения), а на два другие пытался ответить, но допустил ошибки

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если студент не решил обе задачи (отсутствуют умения) либо не ответил на оба теоретических вопроса (отсутствуют знания) и при решении задач допустил ошибки.

КМ-2. Закономерности проплавления металлов при лазерном воздействии.

Закономерности резки металлов при лазерном воздействии

Формы реализации: Билеты (письменный опрос)

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 50

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа проводится письменно по билетам. Время проведения контрольной работы - 1 час. Студент получает билет, содержащий 4 вопроса: 2 теоретических (на проверку знаний) и 2 практических (на проверку умений)

Краткое содержание задания:

Контрольная работа проводится для проверки знаний и умений по разделу: “Особенности взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым металлом”

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные параметры	1. Объяснить, почему лазерное излучение можно
---------------------------	-----------------------------------------------

<p>режима сварки (резки) с использованием КПЭ (лазерный луч) и влияние, оказываемое на процесс сварки (резания) при их изменении</p>	<p>использовать для технологических целей? 2. При каких плотностях мощности процесс лазерной сварки идет без интенсивного испарения (указать формулу) 3. Записать соотношение, характеризующее связь между плотностью поглощенной мощности излучения q и мощностью излучения P_0 4. Обосновать применение CO₂-лазера для обработки алюминия 5. Как зависит глубина и радиус отверстий, получаемых при лазерной обработке, от параметров обработки (энергии лазерного импульса, угла расхождения излучения после фокуса оптической системы)?</p>
<p>Уметь: анализировать влияние основных процессов, протекающих при воздействии лазерного луча на обрабатываемый материал</p>	<p>1. Температура нагретого тела после его облучения лазерным импульсом, в результате остывания при теплоотводе, меняется как $T_1 = T_0(1 - t/t_0)$, где $t=0$ - момент окончания импульса, нагревающего тело. В момент $t = t_{имп}$ включается новый импульс, который дает дополнительное изменение температуры тела $T_2 = T_0 * [exp(a * (t - t_{имп})) - 1]$. Определить, как будет изменяться температура во время действия второго импульса 2. Оценить скорость испарения материала (скорость увеличения глубины отверстия) в стали, при поглощенной мощности излучения $q = 10^8$ Вт/см². 3. Определить максимальную скорость резки медной фольги толщиной 0,1 мм непрерывным излучением YAG:Nd лазера мощностью 500 Вт при радиусе пятна 50 мкм. 4. Найти максимально возможное отношение глубины отверстия к его диаметру при лазерной прошивке отверстий. 5. Определить длительность воздействия, необходимую для испарения стекла непрерывным излучением CO₂-лазера мощностью 100 Вт при радиусе облученной области 30 мкм.</p>

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется, если 3 вопроса из 4 раскрыты правильно, выбран верный метод решения обеих задач, но при вычислении в одной из задач допущены ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если студент дал верные ответы на 2 вопроса из 4 (ответил на 1 теоретический вопрос, т.е. показал наличие знаний, и решил 1 задачу, т.е. проявил умения), а на два другие пытался ответить, но допустил ошибки

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется, если студент не решил обе задачи (отсутствуют умения) либо не ответил на оба теоретических вопроса (отсутствуют знания) и при решении задач допустил ошибки.

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Физические особенности образования сварного соединения при лазерной сварке материалов малых толщин.
2. Определить мощность и энергию импульсов излучения N₂-лазера при длительности 10^{-8} с, необходимые для достижения плотности мощности излучения в фокусе $q_0=10^7$ Вт/см², если расходимость пучка 1 мрад, а фокусное расстояние оптической системы 3 см.

Процедура проведения

Зачет с оценкой проводится в виде письменной работы по билетам. В каждом билете содержится 2 вопроса: 1 теоретический вопрос по обработке лазерным излучением и 1 практический вопрос (задача). На выполнение письменной работы студентам дается 1 час (60 минут).

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ОПК-4(Компетенция)

Вопросы, задания

1. Параметры лазерного излучения в непрерывном и импульсном режимах
2. Формирование канала проплавления при лазерном воздействии
3. Энергетические условия взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым материалом
4. Привести соотношения между импульсной и средней мощностью излучения, плотностью энергии и плотностью мощности. Привести характерную зависимость порогов разрушения (плотности мощности) от длительности воздействия.
5. Показать, какой режим - непрерывный или импульсный - является более эффективным для лазерной обработки
6. Определить расходимость излучения многомодового лазера в зависимости от числа генерируемых поперечных мод

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.1. Какой источник энергии имеет максимальную плотность энергии?

Ответы:

- а) лазерный луч
- б) электронный луч
- в) электрическая дуга
- г) газовое пламя

Верный ответ: а)

- 2.7. Что характеризует направленность пучка излучения?

Ответы:

- а) угол расходимости пучка;
- б) пространственное распределение интенсивности пучка;
- в) плотность мощности излучения;

г) мощность излучения

Верный ответ: а), б)

3.8. Степень монохроматичности излучения зависит от:

Ответы:

а) длины волны излучения;

б) свойств активной среды;

в) характеристик резонатора;

г) свойств обрабатываемого материала

Верный ответ: б), в)

4.9. В основе большинства применяемых лазерных технологий лежит:

Ответы:

а) гравитационное воздействие излучения;

б) электромагнитное воздействие излучения;

в) тепловое воздействие излучения

Верный ответ: в)

5.10. При лазерной обработке металлов глубина проникновения излучения оказывается:

Ответы:

а) много больше характерного размера теплопроводности \sqrt{at} ;

б) много меньше характерного размера теплопроводности \sqrt{at} ;

в) сравнима с характерным размером теплопроводности \sqrt{at}

Верный ответ: б)

2. Компетенция/Индикатор: ПК-18(Компетенция)

Вопросы, задания

1. Лазерное излучение. Основные достоинства, позволяющие использовать его в качестве инструмента для обработки материалов

2. Основные процессы взаимодействия лазерного излучения с обрабатываемым материалом (отражение излучения, поглощение излучения, нагрев, плавление, лазерная эрозия)

3. Особенности лазерного разделения материалов. Механизмы лазерного разделения материалов

4. Определить плотность мощности лазерного излучения на обрабатываемой поверхности в центре пятна облучения, если известна мощность излучения P . (Распределение плотности мощности - гауссово: $q = q_0 \exp(-r/r_0)^2$)

5. Оценить толщину прогретого слоя стали при импульсном воздействии на нее излучения лазера YAG:Nd, длительность импульса 10^{-8} с.

6. Определить радиус области, в которой сосредоточено 50% всей энергии гауссова пучка, если задан характерный размер гауссова распределения r_0 .

Материалы для проверки остаточных знаний

1.2. Что характеризует закон Бугера-Ламберта?

Ответы:

а) изменение скорости воздействия лазерного излучения на обрабатываемый материал

б) ослабление интенсивности падающего лазерного излучения по глубине

в) изменение положения фокуса в процессе лазерной обработки

г) изменение теплофизических свойств обрабатываемого материала

Верный ответ: б)

2.3. Как увеличить поглощательную способность материала при лазерной обработке?

Ответы:

а) нанести зачерняющее покрытие на поверхность обрабатываемого материала

б) нанести светлую краску на поверхность обрабатываемого материала

в) увеличить шероховатость обрабатываемой поверхности

г) использовать специальные зеркала

Верный ответ: а, в

3.4. Как выбирается длина волны лазерного излучения при обработке?

Ответы:

а) Так, чтобы обеспечить минимальное поглощение излучения веществом;

б) Так, чтобы обеспечить максимальное поглощение излучения веществом;

в) Так, чтобы обеспечить максимальное отражение излучения веществом;

г) Так, чтобы обеспечить минимальное отражение излучения веществом.

Верный ответ: б)

4.5. При использовании импульсных лазеров длительность воздействия излучения на материал определяется:

Ответы:

а) длительностью импульса излучения;

б) плотностью мощности излучения;

в) мощностью излучения;

г) скоростью сканирования лазерного излучения по поверхности материала

Верный ответ: а), г)

5.6. Производительность обработки при импульсном воздействии определяется:

Ответы:

а) мощностью излучения;

б) плотностью мощности излучения;

в) частотой следования импульсов

Верный ответ: в)

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Студент верно или преимущественно ответил на 7 вопросов теста из 10.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент верно или преимущественно ответил на 6 вопросов теста из 10.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Студент верно или преимущественно ответил на 5 вопросов теста из 10.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Студент верно или преимущественно ответил менее чем на 5 вопросов теста из 10.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих. В приложение к диплому выносятся оценка за семестр.