

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Аддитивные технологии**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Щербаков А.В.
	Идентификатор	Raf18b6c8-ShcherbakovAV-abf82f1

(подпись)

А.В.  
Щербаков

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Федин М.А.
	Идентификатор	R3e9797a9-FedinMA-34f385d8

(подпись)

М.А. Федин

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цырук С.А.
	Идентификатор	Raf2c04da-TsyrukSA-47ef358f

(подпись)

С.А. Цырук

(расшифровка  
подписи)

## 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. ПК-1 Способен проводить научные исследования в области электротехнологических процессов и установок с системами питания и управления

ИД-1 Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электротехнологических установках и системах различных видов

2. ПК-2 Способен оптимально выбирать наиболее эффективные из известных и проектировать новые технические решения в области электротехнологических установок и систем

ИД-1 Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений

ИД-2 Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Аддитивные технологии плавления и спекания порошка на подложке (Тестирование)

2. Аддитивные технологии производства изделий из полимерных материалов» (Тестирование)

3. Аддитивные технологии с подачей присадочной проволоки (Тестирование)

4. Порошковые аддитивные технологии направленного энерговклада (Тестирование)

5. Расчет параметров технологического процесса аддитивного формообразования. (Решение задач)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	6	8	10	14
Технологии аддитивного производства изделий из полимерных материалов						
Технологии аддитивного производства изделий из полимерных материалов	+					
Аддитивные технологии, основанные на плавлении порошка на подложке (PBF).						
Аддитивные технологии, основанные на плавлении порошка на подложке (PBF).		+				
Технологии направленного энерговклада (DED, DMD) с подачей присадочного материала в виде порошка						

Технологии направленного энерговклада (DED) с подачей присадочного материала в виде порошка			+		
Технологии аддитивного формообразования с подачей присадочного материала в виде проволоки					
Технологии аддитивного формообразования с подачей присадочного материала в виде проволоки				+	
Принципы разработки аддитивных технологий и выбора элементов оборудования.					
Принципы разработки аддитивных технологий и выбора элементов оборудования.					+
Вес КМ:	10	10	10	20	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
ПК-1	ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электро-технологических установках и системах различных видов	Знать: принципы действия и отличительные особенности современных технологий аддитивного производства изделий из полимерных материалов принципы реализации технологии послойного лазерного и электронно-лучевого плавления порошка на подложке	Аддитивные технологии производства изделий из полимерных материалов» (Тестирование) Аддитивные технологии плавления и спекания порошка на подложке (Тестирование)
ПК-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений	Знать: принципы реализации технологий направленного энерговыклада для аддитивного производства с подачей порошка особенности технологий аддитивного формообразования с подачей присадочной проволоки	Порошковые аддитивные технологии направленного энерговыклада (Тестирование) Аддитивные технологии с подачей присадочной проволоки (Тестирование)
ПК-2	ИД-2 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение проводить	Уметь: применять полученные	Расчет параметров технологического процесса аддитивного формообразования. (Решение задач)

	оптимальный выбор проектных решений	знания для выбора элементов оборудования для реализации аддитивных технологий	
--	-------------------------------------	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Аддитивные технологии производства изделий из полимерных материалов»

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

**Краткое содержание задания:**

*Тест проводится на проверку знаний основных понятий аддитивного производства, а также технологий 3D-печати изделий из полимерных материалов*

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: принципы действия и отличительные особенности современных технологий аддитивного производства изделий из полимерных материалов</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 1. Тесселяция - это<ol style="list-style-type: none"><li>а. процесс переработки полимерных материалов</li><li>б. процесс преобразования геометрической модели (например, CAD) в STL-модель</li><li>в. процесс удаления поддерживающих структур</li></ol>ответ - б</li><li>2. Слайсер - это<ol style="list-style-type: none"><li>а. инструмент для удаления поддерживающей структуры</li><li>б. программное обеспечение для автоматического разделения геометрической модели на подслои</li><li>в. программная надстройка для одновременной печати нескольких однотипных изделий</li></ol>ответ - б</li><li>3. Стерелитография - это<ol style="list-style-type: none"><li>а. лазерное сканирование изделия для получения 3D-модели</li><li>б. технология 3d-печати изделий путем послойного отверждения жидкого фотополимера лазерным лучом</li><li>в. технология нанесения масок на структуры, применяемая в производстве интегральных микросхем</li></ol>ответ - б</li><li>4. Что такое САМ-система?<ol style="list-style-type: none"><li>а. класс продуктов для компьютерной поддержки расчетов и инженерного анализа</li><li>б. системы для компьютерной поддержки проектирования</li><li>в. системы компьютерной поддержки производства, необходимая для генерации программ управления рабочими органами принтера</li></ol>ответ - в</li><li>5. Какие из перечисленных САПР содержат в себе САМ-элементы?</li></ol>
--	--

	<p>а. AutoCAD  б. Pro/Engineer  в. TurboCAD  ответ - б</p> <p>6. Какое типичное разрешение по толщине слоя характерно для стереолитографических процессов 3D-печати  а. 0,05-0,2 мм  б. 0,5-2 мм  в. 2-4 мм  ответ - а</p> <p>7. Что такое сшивка фотополимера?  а. механическое соединение нескольких напечатанных изделий полимерной нитью  б. удержание изделия в процессе печати опорной структурой  в. создание сильных ковалентных связей между цепями после воздействия лазерного излучения  ответ - в.</p> <p>8. Какие две основы применяются сегодня для фотополимеров?  а. акрилаты, эпоксидные композиции  б. фторэластомеры, синтетические каучуки  в. силиконы, поливинилхлориды  ответ - а</p> <p>9. В каком виде может поставляться материал для экструзионных систем 3D-печати?  а. нити (филаменты)  б. гранулы  в. пасты, массы  ответ - все три вида (а,б,в)</p> <p>10. С какой целью применяют подогрев рабочего стола в FDM-принтерах?  а. для сохранения текучести материала  б. для предотвращения термической деформации и формирования трещин в изделии  в. для охлаждения изделия.  ответ - б.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*



*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

## **КМ-2. Аддитивные технологии плавления и спекания порошка на подложке**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

**Краткое содержание задания:**

*Тест проводится на проверку знаний особенностей реализации технологий аддитивного формообразования на основе лазерного и электронно-лучевого плавления порошка на подложке*

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: принципы реализации технологии послойного лазерного и электронно-лучевого плавления порошка на подложке</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Для формирования изделий из каких материалов возможно использования технологии электронно-лучевого плавления порошка на подложке?<ol style="list-style-type: none"><li>а. металлические порошки</li><li>б. керамические порошки</li><li>в. полимерные порошки</li></ol>ответ - а</li><li>2. С какой целью перед началом процесса электронно-лучевого плавления производят охлаждение камеры?<ol style="list-style-type: none"><li>а. для подогрева изделия</li><li>б. для снижения давления в камере</li><li>в. для стабилизации теплоотвода в процессе формирования изделия</li></ol>ответ - в.</li><li>3. Какая из двух технологий - электронно-лучевая, или лазерная, обеспечивает объемный нагрев частиц порошка?<ol style="list-style-type: none"><li>а. лазерная</li><li>б. электронно-лучевая</li><li>в. обе технологии</li></ol>ответ - б.</li><li>4. Что такое эффект “дымления” при электронно-лучевой наплавке<ol style="list-style-type: none"><li>а. появление задымления, ухудшающего наблюдение за процессом</li><li>б. разлет частиц порошка вследствие накопления отрицательного заряда</li><li>в. плазменные явления в электронной пушке, приводящие к высоковольтным пробоям</li></ol>ответ - б.</li><li>5. Вследствие какого из указанных факторов может наблюдаться явление деламинации, или расслоения изделий, формируемых методом PBF?<ol style="list-style-type: none"><li>а. неоднородность размеров и характеристик</li></ol></li></ol>
---	---

	<p>порошков</p> <p>б. появление термических напряжений между слоями</p> <p>в. окисления материала в процессе наплавки</p> <p>ответ - б.</p> <p>6. Какие характерные размеры имеют частицы металлических порошков, применяемых в технологии EBM?</p> <p>а. 1-20 мкм</p> <p>б. 200-400 мкм</p> <p>в. 40-100 мкм</p> <p>ответ - в.</p> <p>7. С какой целью проводят сфероидизацию частиц порошков, применяемых в технологиях PBF?</p> <p>а. для удаления оксидных и других пленок с их поверхности</p> <p>б. для устранения эффекта “дымления”</p> <p>в. для повышения плотности засыпки и обеспечения хорошей “текучести” порошковой среды</p> <p>ответ - в.</p> <p>8. Какой режим будет наблюдаться при превышении плотности лазерного или электронного луча выше допустимых значений?</p> <p>а. эффект капельного образования (или сфероидозация)</p> <p>б. увеличение ширины слоя</p> <p>в. переход к глубокому “кинжальному” проплавлению</p> <p>ответ - в.</p> <p>9. Каким образом обычно регулируют свойства структуры материала изделий, формируемых с помощью технологии SLM?</p> <p>а. путем длительного межслоевого охлаждения</p> <p>б. путем высокотемпературного подогрева области построения</p> <p>в. путем согласованного изменения скорости сканирования и мощности луча</p> <p>ответ - в.</p> <p>10. По какой причине кольцеобразное кольцеобразном распределении мощности по сечению луча оказывается предпочтительнее, чем гауссово?</p> <p>а. формируются более “резкие” границы слоя</p> <p>б. обеспечивается более “мягкий” термический цикл</p> <p>в. минимизируется повторного проплавление нижележащего слоя</p> <p>ответ - в.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:*

Оценка: не зачтено  
Описание характеристики выполнения знания:

### КМ-3. Порошковые аддитивные технологии направленного энерговклада

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

**Краткое содержание задания:**

*Тест проводится на проверку знаний основных понятий аддитивного производства изделий методом лазерной наплавки с прямой подачей порошка (DMD)*

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: принципы реализации технологий направленного энерговклада для аддитивного производства с подачей порошка	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 1. Какие три основных метода подачи порошка в зону выращивания используют для лазерных DMD-процессов<ol style="list-style-type: none"><li>а. нижняя подача</li><li>б. боковая подача</li><li>в. многоструйная подача</li><li>г. засыпка с предварительным выравниванием слоя</li><li>д коаксиальная подача</li></ol>ответ - б, в, д</li><li>2. К чему приводит неполное расплавление частиц порошка в струе?<ol style="list-style-type: none"><li>а. к разбрызгиванию металла</li><li>б. к формированию шероховатой поверхности</li><li>в. к возникновению эффекта Марангони</li></ol>ответ - б.</li><li>3. К чему должно приводить увеличение мощности лазерного луча при сохранении остальных параметров режима постоянными?<ol style="list-style-type: none"><li>а. к формированию кинжального проплавления</li><li>б. к повышению пористости слоя</li><li>в. к увеличению ширины и глубины проплавления</li></ol>ответ - в.</li><li>4. Оказывает ли струя порошка динамическое воздействие на жидкую ванну при реализации DMD-процесса?<ol style="list-style-type: none"><li>а. оказывает, формируются колебания поверхности ванны</li><li>б. не оказывает</li><li>в. оказывается, высота ванны увеличивается</li></ol>ответ - а.</li><li>5. Какие типичные значения имеет коэффициент использования порошка (КИП) при реализации DMD-лазерной наплавки?<ol style="list-style-type: none"><li>а. 10-15%</li><li>б. 15-76%</li><li>в. 96-98%</li></ol></li></ol>
---	--

	<p>ответ - б.</p> <p>6. За счет какого фактора транспортируется металлический порошок от питателя к соплу при DMD-лазерной наплавке?</p> <p>а. за счет силы тяжести</p> <p>б. за счет продувки воздухом</p> <p>в. за счет продувки инертным газом - аргоном</p> <p>ответ - в.</p> <p>7. Какие скорости охлаждения вблизи температуры кристаллизации характерны для процесса коаксиальной лазерной наплавки (КЛП)?</p> <p>а. 100 градусов Цельсия в секунду</p> <p>б. 1000-100000 градусов Цельсия в секунду</p> <p>в. выше 100000 градусов Цельсия в секунду</p> <p>ответ - б.</p> <p>8. К каким дефектам могут приводить высокие скорости нагрева и охлаждения (и, как следствие, малое время существования ванны расплава)?</p> <p>а. к окислению металла формируемого изделия</p> <p>б. к разбрызгиванию металла ванны</p> <p>в. к возникновению высоких остаточных напряжений, приводящих к искажениям формы или к трещинообразованию</p> <p>ответ - в.</p> <p>9. Какой основной тип лазера применяется в современных установках для лазерной DMD-наплавки?</p> <p>а. твердотельный YAG-лазер</p> <p>б. газовый CO<sub>2</sub>-лазер</p> <p>в. иттербиевый волоконный лазер</p> <p>ответ - в.</p> <p>10. В чем преимущество применения портальной (линейной) системы перемещения перед роботизированной ячейкой?</p> <p>а. более низкая стоимость</p> <p>б. меньшие масса и габариты</p> <p>в. более высокая точность позиционирования</p> <p>ответ - в.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

#### **КМ-4. Аддитивные технологии с подачей присадочной проволоки**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестовое задание состоит из 10 вопросов в каждом из двух вариантов заданий. Время проведения - 20 минут.

**Краткое содержание задания:**

*Тест проводится на проверку знаний основ технологий аддитивного производства металлических изделий с подачей присадочного материала в виде проволоки*

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Знать: особенности технологий аддитивного формообразования с подачей присадочной проволоки</p>	<p>1. 1. В чем отличие TIG процесса наплавки от MIG процесса? а. при TIG наплавке электродом является присадочная проволока, а при MIG используется нерасходуемый вольфрамовый электрод. б. при TIG-процессе подается инертный газ, а при MIG-процесса - химически активный в. при MIG наплавке электродом является присадочная проволока, а при TIG используется нерасходуемый вольфрамовый электрод. ответ - в.</p> <p>2. В чем сущность СМТ-процесса наплавки? а. в применении водяного охлаждения проволоки б. в использования импульсного тока и возвратно-поступательного движения проволоки в. в управляемом охлаждении сопла ответ - б.</p> <p>3. В чем суть запатентованного процесса RPD? а. в применении TIG-наплавки с подачей проволоки б. в применении плазменной наплавки с подачей проволоки в. в применении MIG-наплавки ответ - б.</p> <p>4. В чем основное преимущество СМТ процесса перед MIG - процессом? а. в уменьшении теплоотвода в подслои и его повторного проплавления б. в повышении производительности процесса в. в повышении концентрации источника нагрева ответ - а.</p> <p>5. Чем отличается плазменная дуга от плазменной струи? а. в первом случае анод является отдельным электродом, а во втором анодом является изделие б. в применении турбулизаторов для закручивания потока плазмообразующего газа</p>
---	---

	<p>в. в первом случае анодом является изделие, а во втором - отдельный анод-сопло ответ - в.</p> <p>6. Каков порядок максимальной производительности процессов “проволочной” наплавки а. порядка 10 кг/час б. порядка 1 кг/час в. порядка 100 кг/час ответ - а.</p> <p>7. С какой целью применяют развертку электронного пучка в технологии ЕВАМ? а. для эффективного перемешивания при наплавке разнородных металлов б. для создания требуемых размеров пятна нагрева в. для точного “прицеливания” в проволоку ответ - б.</p> <p>8. Почему в процессе наплавки изделий с применением присадочной проволоки размеры ванны не остаются постоянными? а. из-за периодического характера движения металла б. из-за изменения теплотехнической массивности изделия и влияния зон повторного нагрева в. из-за требований технологии: в процессе наплавки изменяется мощности луча и скорость наплавки ответ - б.</p> <p>9. В какой среде осуществляется процесс электронно-лучевой наплавки? а. в защитном газе б. в технологическом вакууме в. при атмосферных условиях ответ - б.</p> <p>10. Какие источники нагрева применяются для наплавки изделий с подачей присадочной проволоки а. лазерный луч, дуговой и плазменно-дуговой нагрев, электронный луч, электроконтактный нагрев б. косвенный нагрев сопротивлением, лазерный нагрев, электронно-лучевой нагрев в. индукционный нагрев, дуговой нагрев, лазерный и электронно-лучевой нагрев ответ - а.</p>
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа*

*Оценка: 3*

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа

### **КМ-5. Расчет параметров технологического процесса аддитивного формообразования.**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Решение задач

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 50

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Каждый студент получает расчетное задание, после его выполнения производится защита (преподаватель задает вопросы)

#### **Краткое содержание задания:**

*Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Принципы разработки аддитивных технологий и выбора элементов оборудования."*

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: применять полученные знания для выбора элементов оборудования для реализации аддитивных технологий</p>	<p>1. Студентам необходимо провести расчет параметров технологического процесса аддитивного формообразования. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Расчетным путем подберите параметры электронного пучка, сканирующего слой порошка из стали 316L со скоростью 4 м/с для плавления слоя глубиной 50 мкм и шириной не более 400 мкм.</li><li>2. Определите скорость подачи проволоки, необходимую для формирования слоя с поперечным сечением 8 кв. мм при скорости движения источника нагрева 5 мм/с. Проведите оценку мощности источника нагрева (электронного луча, электрической дуги) с учетом термического КПД.</li></ol> <p>На защите расчетного задания студентам могут быть заданы следующие вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Как влияет на формирование слоя при PBF-процессе изменение скорости сканирования луча?</li><li>2. Как влияет на формирование слоя при PBF-процессе изменение мощности луча?</li><li>3. Как влияет на формирование слоя при PBF-процессе изменение мощности луча?</li><li>4. Как влияет на формирование слоя при PBF-процессе изменение эквивалентной теплопроводности порошкового слоя?</li><li>5. Что такое погонная энергия процесса и как она связана со скоростью подачи присадочного материала (для DED и DMD-процессов)?</li><li>6. Как связана мощность луча со скоростью наплавки?</li><li>7. Как можно определить термический КПД процесса наплавки?</li></ol>
--	---

	<p>8. Как влияют размеры пятна нагрева на режим формирования слоя при наплавке с подачей присадочной проволоки?</p> <p>9. Опишите отличия процессов лазерной и дуговой наплавки с подачей присадочного материала в виде проволоки?</p> <p>10. В чем преимущество плазменной наплавки в сравнении с дуговой (MIG/TIG)?</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 90% от общего числа*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильные ответы в количестве не менее 60%, но не более 75% от общего числа*



# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Этапы процесса электронно-лучевого плавления порошка на подложке (EBM)
2. Процесс стереолитографии

### Процедура проведения

Студент получает один билет из двадцати четырех. В билете содержится 2 вопроса. Время на подготовку к ответу составляет 70 минут

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Демонстрирует понимание физических процессов и закономерностей в электро-технологических установках и системах различных видов

### Вопросы, задания

1. Структура (цепочка) процесса аддитивного производства
2. Процесс стереолитографии
3. Процесс FDM
4. Фотополимеры
5. Термопласты для FDM-процессов
6. Экструдеры для FDM-процессов
7. Типы SLA-принтеров
8. Строительные 3D-принтеры
9. Этапы процесса электронно-лучевого плавления порошка на подложке (EBM)
10. Характеристики порошковых материалов, применяемых для EBM-технологии
11. Эффект “дымления” при EBM-печати
12. SLS и SLM процессы
13. Особенности процесса селективного лазерного плавления и возможные дефекты формообразования

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Тесселяция - это

Ответы:

- а. процесс переработки полимерных материалов
- б. процесс преобразования геометрической модели (например, CAD) в STL-модель
- в. процесс удаления поддерживающих структур

Верный ответ: б

2. Стереолитография - это

Ответы:

- а. лазерное сканирование изделия для получения 3D-модели
- б. технология 3d-печати изделий путем послойного отверждения жидкого фотополимера лазерным лучом
- в. технология нанесения масок на структуры, применяемая в производстве интегральных микросхем

Верный ответ: б

3.Какое типичное разрешение по толщине слоя характерно для стереолитографических процессов 3D-печати?

Ответы:

а. 0,05-0,2 мм

б. 0,5-2 мм

в. 2-4 мм

Верный ответ: а

4.В каком виде может поставляться материал для экструзионных систем 3D-печати?

Ответы:

а. нити (филаменты)

б. гранулы

в. пасты, массы

Верный ответ: все три вида (а,б,в)

5.Для формирования изделий из каких материалов возможно использования технологии электронно-лучевого плавления порошка на подложке?

Ответы:

а. металлические порошки

б. керамические порошки

в. полимерные порошки

Верный ответ: а

6.Какая из двух технологий - электронно-лучевая, или лазерная, обеспечивает объемный нагрев частиц порошка?

Ответы:

а. лазерная

б. электронно-лучевая

в. обе технологии

Верный ответ: б

7.Что такое эффект “дымления” при электронно-лучевой наплавке?

Ответы:

а. появление задымления, ухудшающего наблюдение за процессом

б. разлет частиц порошка вследствие накопления отрицательного заряда

в. плазменные явления в электронной пушке, приводящие к высоковольтным пробоям

Верный ответ: б

8.С какой целью проводят сфероидизацию частиц порошков, применяемых в технологиях PBF?

Ответы:

а. для удаления оксидных и других пленок с их поверхности

б. для устранения эффекта “дымления”

в. для повышения плотности засыпки и обеспечения хорошей “текучести” порошковой среды

Верный ответ: в

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение выбирать критерии принятия проектных решений

### Вопросы, задания

1.Процессы направленного энерговклада: классификация

2.Процессы лазерной наплавки с прямой подачей порошка

3.Коаксиальная подача порошка (КЛП)-процесс

4.WAAM процессы: классификация, преимущества и недостатки

5.EBAM/EBFFF - процессы - особенности, преимущества и недостатки

6.Лазерная наплавка с подачей присадочной проволоки

7. Процессы струйной печати (Binder Jetting) и технологии печати изделий из керамических материалов: классификация

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В чем отличие TIG процесса наплавки от MIG процесса?

Ответы:

- а. при TIG наплавке электродом является присадочная проволока, а при MIG используется нерасходуемый вольфрамовый электрод.
- б. при TIG-процессе подается инертный газ, а при MIG-процесса - химически активный
- в. при MIG наплавке электродом является присадочная проволока, а при TIG используется нерасходуемый вольфрамовый электрод.

Верный ответ: в

2. В чем сущность CMT-процесса наплавки (Cold Metal Transfer)?

Ответы:

- а. в применении водяного охлаждения проволоки
- б. в использовании импульсного тока и возвратно-поступательного движения проволоки
- в. в управляемом охлаждении сопла

Верный ответ: б

3. Каков порядок максимальной производительности процессов “проволочной” наплавки

Ответы:

- а. порядка 10 кг/час
- б. порядка 1 кг/час
- в. порядка 100 кг/час

Верный ответ: а

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-2 Демонстрирует умение проводить оптимальный выбор проектных решений

### Вопросы, задания

1. Электронная пушка и режим ее работы при EBM-процессе
2. Системы подачи порошка для лазерного DMD-процесса
3. Манипуляторы и роботы для реализации лазерного DMD-процесса
4. Системы электропривода, датчики и исполнительные регуляторы FDM-принтеров
5. Выбор стратегии построения изделий из полимерных материалов (для SLA и FDM технологий)
6. Методы расчета параметров режима наплавки металлических изделий с подачей материала в виде присадочной проволоки (EBFFF, WAAM, LAWAM)
7. Методы расчета параметров режима плавления порошка на подложке (SLM, EBM)
8. Механизмы и приводы установок для аддитивного формообразования изделий из металлических материалов: выбор и методики проектирования
9. Особенности конструкции лазерных технологических комплексов для выращивания изделий с прямой подачей порошка: выбор и особенности проектирования исполнительных регуляторов, механизмов, источников питания и датчиков
10. Особенности конструкции электронно-лучевых технологических комплексов для выращивания изделий с прямой подачей проволоки: выбор и особенности проектирования исполнительных регуляторов, механизмов, источников питания и датчиков

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. По какой причине кольцеобразное кольцеобразном распределении мощности по сечению луча оказывается предпочтительнее, чем гауссово?

Ответы:

- а. формируются более “резкие” границы слоя

- б. обеспечивается более “мягкий” термический цикл
- в. минимизируется повторного проплавление нижележащего слоя

Верный ответ: в

2. Какие три основных метода подачи порошка в зону выращивания используют для лазерных DMD-процессов?

Ответы:

- а. нижняя подача
- б. боковая подача
- в. многоструйная подача
- г. засыпка с предварительным выравниванием слоя
- д коаксиальная подача

Верный ответ: б, в, д

3. К чему приводит неполное расплавление частиц порошка в струе при DMD-лазерной наплавке?

Ответы:

- а. к разбрызгиванию металла
- б. к формированию шероховатой поверхности
- в. к возникновению эффекта Марангони

Верный ответ: б

4. За счет какого фактора транспортируется металлический порошок от питателя к соплу при DMD-лазерной наплавке?

Ответы:

- а. за счет силы тяжести
- б. за счет продувки воздухом
- в. за счет продувки инертным газом - аргоном

Верный ответ: в

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильных ответов в количестве не менее 90% от общего числа*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильных ответов в количестве не менее 75%, но не более 90% от общего числа*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент дал правильных ответов в количестве менее 60%*

## **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 зачетной составляющих