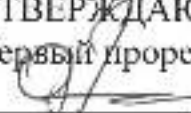


Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ им. П.О.Сухого


О.Д.Асенчик

(подпись)

06.12.2018

(дата утверждения)

Регистрационный № УД 33-47/уч.

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ 3D ПРОТОТИПИРОВАНИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности

1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства»

2018

Учебная программа составлена на основе:
образовательного стандарта ОСВО 1-36 02 01, утверждённого и введённых в действие постановлением Министерством образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г. №88; а также учебного плана первой ступени высшего образования ГГТУ им. П.О.Сухого № 1 36-1-13/уч. от 17.09.2013 и учебного плана первой ступени высшего образования ГГТУ им. П.О.Сухого № 1 36-1-03/уч. от 08.02.2017 по специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства».

СОСТАВИТЕЛЬ:

Жаранов Виталий Александрович, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Бардюгов Николай Николаевич, главный металлург ОАО «СтанкоГомель»

Рудченко Юрий Александрович, заместитель декана заочного факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», к.т.н., доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 10 от 06.11.2018);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол №11 от 08.11.2018);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 2 от 04.12.2018).

Регистрационный номер МТФ УД 033-18/уч.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа дисциплины «Методы и технологии 3D прототипирования» подготовлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта ОСВО 1-36 02 01-2013; учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» рег.№ 1 36-1-13/уч. от 11.02.2016; рег. № 1 36-1-03/уч. от 08.02.2017.

Целью изучения дисциплины является обучение студентов работе по проектированию современных технологий быстрого прототипирования и изготовления моделей, а также получение глубоких знаний о материалах, методах, оборудовании и технологиях создания масштабных и точных прототипов трёхмерных геометрических цифровых моделей, востребованных в литейном производстве. Особенный упор делается на органичную связь вопросов прототипирования и технологий топологической оптимизации конструкций деталей в машиностроении.

Основные задачи учебной дисциплины: ознакомить студентов со способами изготовления деталей методами быстрого прототипирования, аддитивными технологиями и материалами, применяемыми для трёхмерной печати. Также для освоения материалов курса студент должен досконально изучить номенклатуру специализированных программных продуктов, которые могут использоваться в замкнутом цикле цифрового производства.

В основе применения технологии трёхмерного моделирования лежит решение таких задач, важных для любого производства, как проектирование модели объекта с высокой точностью и контроль качества изделия. При этом уникальность технологии трёхмерного сканирования позволяет применять новые принципы, как для моделирования, так и для контроля. Для качественного использования моделей, которые получаются с помощью трёхмерного сканирования, как в аддитивном производстве, так и в любом другом, необходимо знать и понимать, как работает соответствующее программное обеспечение.

Также ставится задача сформировать у обучаемых профессиональные компетенции по управлению процессами обеспечения качества продукции литейного производства посредством масштабного внедрения современных технологий и оборудования, подготовить студентов к будущей профессиональной деятельности на основе совокупности фундаментальных, общенаучных и специальных знаний.

В результате изучения учебной дисциплины «Методы и технологии 3D прототипирования» студент должен

знать:

- методы проектирования технологических процессов 3D прототипирования и технологической оснастки с применением современных инновационных разработок в области компьютерного моделирования и проектирования для получения отливок с необходимыми технологическими

и эксплуатационными свойствами;

- теоретические основы конструирования деталей для быстрого прототипирования, методы расчета систем, физико-химические процессы производства изделий методами, основанными на способах трёхмерной печати и числовом программном управлении;

- методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации.

уметь:

- выбирать оптимальные способы и маршруты проектирования деталей методами быстрого прототипирования и трёхмерной печати;

- осуществлять обмен информацией между компьютерными системами и оборудованием для реализации технологий объёмной печати и вспомогательных процессов аддитивного производства;

- выполнять подготовку геометрических моделей для печати и анализа в системах инженерной графики и анализа.

владеть:

- основными приёмами обработки данных и моделей в технологиях прототипирования и изготовления деталей;

- навыками идентификации изделий, подходящих для качественной реализации трёхмерных технологий;

- методиками определения механических свойств материалов и изделий, полученных с применением методов и технологий 3D прототипирования.

Требования к компетентности специалиста:

Требования к академическим компетенциям специалиста

Специалист должен:

- АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

- АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

- АК-4. Уметь работать самостоятельно.

- АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).

- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Требования к социально-личностным компетенциям специалиста

Специалист должен:

- СЛК-1. Обладать качествами гражданственности.

- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.
- СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.
- СЛК-6. Уметь работать в команде.

Требования к профессиональным компетенциям специалиста

Специалист должен быть способен:

Организационно-управленческая деятельность

- ПК-2. Организовывать работу малых коллективов исполнителей для достижения поставленных целей.
- ПК-3. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.
- ПК-4. Анализировать и оценивать собранные данные.
- ПК-6. Готовить доклады, материалы к презентациям.
- ПК-7. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.
- ПК-8. Владеть современными средствами телекоммуникаций.

Производственно-технологическая деятельность

- ПК-10. Анализировать перспективы развития технологии литейного производства и необходимых для этого процессов получения новых материалов и оборудования.
- ПК-12. Совершенствовать и оптимизировать действующие технологические процессы на основе системного подхода к анализу исходных материалов, существующих технологических процессов и требований к качеству получаемых изделий.
- ПК-14. Совершенствовать методы повышения качества литья с использованием современных компьютерных технологий.
- ПК-15. Применять методы моделирования, компьютерного проектирования технологических процессов литейного производства.
- ПК-16. Применять современные программные продукты для проектирования отливок и технологии их изготовления.

Связь с другими учебными дисциплинами

Учебная дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении таких курсов, как «Математика», «Физика», «Химия», «Информатика» (дисциплина компонента учреждения высшего образования), «Механика материалов», «Материаловедение». Знания и умения, полученные студентами при изучении данной учебной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин и дисциплин специализации, связанных с процессами технологической подготовки в литейном производстве, проектированием оборудования и способов эффективного изготовления оснастки и литейных моделей.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий

Форма получения высшего образования: дневная.

Трудоёмкость учебной дисциплины составляет 2.5 зачётных единицы.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам.

Виды занятий	Дневная форма
Курс	3
Семестр	6
Лекции (часов)	34
Практические занятия (часов)	17
Лабораторные занятия (часов)	–
Всего аудиторных (часов)	51
Экзамен	нет
Зачет	6 семестр
Тестирование	нет
Курсовая работа	нет
ВСЕГО часов	110

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Основы методов и технологий 3D прототипирования

Тема 1.1. Терминология и классификация. Исторические предпосылки появления аддитивных технологий. Характеристика рынка АФ-технологий, машины и оборудование для выращивания металлических изделий. Аддитивные технологии и быстрое прототипирование.

Тема 1.2. Типовой процесс аддитивного производства. Классификация систем автоматизированного проектирования (САПР). Понятие аддитивного производства. Принципы формообразования изделий. Быстрое прототипирование или аддитивное производство. Назначение изделия аддитивного производства. Основные термины, используемые для обозначения аддитивных технологий.

Тема 1.3. Подготовка аддитивного производства. Подготовка САД-модели. Спецификация интерфейса STL. Генерация STL данных. Обработка STL данных. Избыточность данных. Топологические проблемы. Геометрические проблемы. Ориентация детали и генерация поддерживающих структур. Факторы, влияющие на ориентацию детали. Функции поддержки детали. Конструкции поддерживающих структур. Разрезка модели на слои и организация контуров сечений. Разрезка с одинаковой толщиной слоя. Адаптивная разрезка модели. Генерация траектории движения инструмента

Раздел 2. Процессы и технологии аддитивного производства

Тема 2.1. Процессы аддитивного производства на основе жидких материалов. Процесс стереолитографии. Аддитивные процессы, основанные на использовании маски. Процессы, основанные на впрыске жидкого материала. Процесс на основе быстрой заморозки. Процесс на основе тепловой полимеризации жидкости. Процесс на основе интерференции лазерных лучей. Процесс на основе голографической интерференции. Процесс на основе использования электрочувствительной жидкости (электроосаждение)

Тема 2.2. Аддитивные процессы, основанные на использовании расплавов. Баллистическое осаждение частиц. Моделирование методом наплавления. Производство наращиванием формы. Трёхмерная сварка.

Тема 2.3. Процессы на основе использования порошковых материалов. Селективное лазерное спекание. Осаждение из газовой фазы (Gas Phase Deposition). Объединение порошка связующим материалом. Процесс лазерного формообразования. Отверждение многофазной струи. Электронолучевая плавка.

Тема 2.4. Аддитивные процессы на основе сплошных материалов. Изготовление объектов с использованием ламинирования. Селективно-наращиваемое наложение. Процесс ультразвукового объединения. Автоматизированное производство ламинированных конструкционных материалов.

Тема 2.5. Материалы для аддитивных процессов. Фотополимерные

материалы. Порошкообразные пластики. Металлы. Термопластичные материалы.

Раздел 3. Производственные аспекты использования технологий быстрого прототипирования и изготовления

Тема 3.1. Аддитивные технологии и литейное производство. Получение качественных моделей и форм для литейной промышленности. Использование станков с числовым программным управлением (ЧПУ) при получении моделей и форм для литейной промышленности. Использование технологий объемной печати (3D-печать) для получения моделей и форм для литейной промышленности. Репликация мастер-моделей для литья по выплавляемым моделям.

Тема 3.2. Аддитивные технологии и порошковая металлургия. Компьютерная томография для измерений и неразрушающего контроля литых и металлопорошковых изделий. Материалы для «металлических» АМ-машин. Методы получения металлических порошков. Методы получения нанокристаллических материалов. Производители атомайзеров и поставщики металлопорошковых композиций для использования в АМ-машинах

Тема 3.3. Современные технологии контроля изделий. Компьютер для томографии в задачах анализа и контроля изделий. Использование оптических сенсоров для двумерного анализа изделий. Использование оптоволоконных инструментов в координатноизмерительных машинах. Трехмерное сканирование в быстром производстве изделий. Линейное трехмерное сканирование. Трехмерное сканирование на основе фотограмметрии. Интерференционное проецирование в трехмерном сканировании

Тема 3.4. Обратный инжиниринг. Основы обратного проектирования и конструирования. САПР для обратного инжиниринга. Примеры систем для реконструирования. Точность реконструирования.

Тема 3.5. Перспективы развития технологий 3D прототипирования. Аппаратная часть и прогресс в развитии техники. Перспективные материалы и нанотехнологии. Программные продукты для моделирования жизненного цикла изделий цикла 3D прототипирования.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
(Дневная форма получения образования)

Наименование раздела и темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР*	Форма контроля знаний
	лекции	практические занятия	Семинарские занятия	лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Раздел 1. Основы методов и технологий 3D прототипирования.</i>							
Тема 1.1. Терминология и классификация.	2	2					З*, О**, ЗПР***
Тема 1.2. Типовой процесс аддитивного производства.	2						З, О
Тема 1.3. Подготовка аддитивного производства.	2						З, О
<i>Раздел 2. Процессы и технологии аддитивного производства.</i>							
Тема 2.1. Процессы аддитивного производства на основе жидких материалов.	2						З, О
Тема 2.2. Аддитивные процессы, основанные на использовании расплавов.	2	2					З, О, ЗПР
Тема 2.3. Процессы на основе использования порошковых материалов.	2						З, О
Тема 2.4. Аддитивные процессы на основе сплошных материалов.	2						З, О
Тема 2.5. Материалы для аддитивных процессов.	2	2					З, О
<i>Раздел 3. Производственные аспекты использования технологий быстрого прототипирования и изготовления</i>							

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
Тема 3.1. Аддитивные технологии и литейное производство.	4	5					3, О,ЗПР
Тема 3.2. Аддитивные технологии и порошковая металлургия.	4	2					3, О,ЗПР
Тема 3.3. Современные технологии контроля изделий.	4	2					3, О,ЗПР
Тема 3.4. Обратный инжиниринг.	2	2					3, О,ЗПР
Тема 3.5. Перспективы развития технологий 3D прототипирования.	4						3, О
ВСЕГО	34	17					

*- Зачёт, ** - Опрос, *** - Защита практической работы.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Список литературы

Основная литература

1. САПР технологических процессов, оснастки и оборудования. САПР металлургического производства: курс лекций по одноименной дисциплине для студентов специальностей 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" и 1-42 01 01 "Металлургическое производство и материалобработка" дневной и заочной форм обучения / А. В. Ткаченко, В. А. Жаранов.

2. Основы инновационного проектирования технологических процессов [Электронный ресурс]: пособие по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" дневной формы обучения / составитель В. А. Жаранов; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Металлургия и технологии обработки материалов". - Гомель: ГГТУ, 2018. - 184 с. УДК 621.745.3(075.8) ББК 34.61-1я73

Дополнительная литература

1. Жаранов, В. А. Технология металлургического производства: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В. А. Жаранов. - Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск УДК 669.02/.09(075.8) ББК 34.

2. Жаранов, В. А. Основы компьютерного проектирования: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В. А. Жаранов, А. В. Ткаченко. - Гомель: ГГТУ, 2011. - 1 папка + 1 электрон. опт. диск УДК 621.74:004.4(075.8) ББК 34

3. Математическое моделирование технологических процессов [Электронный ресурс]: курс лекций по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-36 02 01 "Машины и технология литейного производства" дневной и заочной форм обучения / В. А. Жаранов; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого", Кафедра "Машины и технология литейного производства". - Гомель: ГГТУ, 2009. - 120 с. УДК 621.745(075.8) ББК 34.61я73

3. Безукладников, И. И. Нейро-нечеткое управление процессом подачи проволоочного материала в аддитивных технологиях семейства FDM / И. И. Безукладников, Ю. Н. Хижняков, А. А. Южаков // Электротехника. - 2017. — № 11. — С. 3—6. УДК 004.032.26 ББК 31

4. Влияние отжига на структуру и свойства титанового сплава медицинского назначения с ячеистой структурой / С. И. Степанов [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2018. — № 5. — С. 42—48. УДК 669.295.5:621.785.376 ББК 34.335.16

5. Влияние химического состава порошкового сырья на прочность материала после селективного лазерного плавления / Б. К. Барахтин [и др.] //

Металловедение и термическая обработка металлов. - 2018. — № 6. — С. 48—52. УДК 621.762.2 ББК 34

6. Гайсин, Ал. Ф. Электролитно-плазменная обработка поверхности детали, изготовленной с применением аддитивной технологии / Ал. Ф. Гайсин, А. Х. Гильмутдинов, Д. П. Мирханов // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2018. — № 2. — С. 69—74. УДК 537.52 ББК 34

7. Грунтович, Н. В. Влияние внешних и внутренних факторов на формирование удельных и общих расходов электроэнергии в системах городского водоотведения Республики Беларусь / Н. В. Грунтович, А. А. Капанский // Энергия и Менеджмент. - 2016. — № 3. — С. 24—30. УДК 628.171:621.3(476) ББК 38.761(4Бей)

8. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в опытном литейном производстве / М. А. Зленко, П. В. Забеднов // Металлургия машиностроения. - 2013. — № 3. — С. 43—47. УДК 621.74 ББК 34

9. Козлов В.Н. Аддитивные кусочно-линейные разностные схемы для анализа электрических цепей // Известия АН. сер. Энергетика = 2002. - N4.- С.83-91. УДК 621.3

10. Михайловская, С. В. На пороге четвертой промышленной / Снежана Михайловская // Беларуская думка. - 2018. — № 2. — С. 56—62. УДК 001(476) ББК 72(4Бей)

11. Михайловская, С. В. Начало большого пути / Снежана Михайловская // Экономика Беларуси. - 2018. — № 1. — С. 72—77. УДК 061(476) ББК 72.4(4Бей)

12. Прямое изготовление металлических деталей с применением LOM-технологии / Н. К. Толочко [и др.] // Литье и металлургия. - 2018. — № 1. — С. 137—143. УДК 621.77.04 ББК 34

13. Чижик, С. А. Перспективы развития технологических комплексов аддитивного синтеза композиционных материалов и формообразования изделий / С. А. Чижик, М. Л. Хейфец, С. А. Филатов // Механика машин, механизмов и материалов. - 2014. — № 4. — С. 68—74. УДК 621.01:620.22-410 ББК 34

14. Ультразвуковые способы повышения качества поверхности изделий, полученных методом селективного лазерного сплавления порошков коррозионно-стойких сталей / В. А. Александров [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. - 2018. — № 6. — С. 42—47. УДК 669.14.018.8:621.762:621.7.022.6 ББК 34.3

Список литературы составлен проф. Мисюкова И.В.

Характеристика рекомендуемых методов и технологии обучения

Рекомендуемыми методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на

лекционных занятиях;

- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе;
- коммуникативные технологии (дискуссия, учебные дебаты, «мозговой штурм» и другие формы и методы), реализуемые на практических занятиях и конференциях.

Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- решение индивидуальных заданий;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка сообщений, тематических докладов, презентаций по заданным темам;
- выполнение патентно-информационного поиска;
- проработка тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение;
- изготовление макетов;
- составление тематической подборки литературных источников, интернет-источников.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Для оценки достижений студента рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время практических занятий;
- проведение текущих контрольных работ (заданий) по отдельным темам;
- защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий;
- собеседование при проведении индивидуальных и групповых консультаций;
- выступление студента на конференции по подготовленному реферату;
- сдача зачёта.

Требования к обучающемуся при прохождении текущей аттестации

Обучающиеся допускаются к сдаче зачёта по учебной дисциплине при условии выполнения всех видов работ, предусмотренных настоящей учебной программой.

При прохождении текущей аттестации обучающимся запрещается пользоваться учебными изданиями, записями, конспектами, мобильными телефонами и другими средствами хранения и передачи информации.

Примерный перечень тем практических занятий

1. Импорт и подготовка 3D моделей для процессов аддитивного производства.
2. Использование автоматических структурных анализаторов для контроля структуры сплавов.
3. Изучение свойств и характеристик основных материалов, применяемых для трёхмерной печати.
4. Применение технологий трёхмерного проектирования для изготовления технологической оснастки литейного производства.
5. Изучение процессов спекания материалов. Моделирование процесса теплопередачи в слое в процессе спекания неоднородных материалов.
6. Изучение возможностей программных продуктов для моделирования процессов аддитивного производства.
7. Восстановление геометрии моделей методами оптического распознавания и лазерного сканирования деталей.

Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы

1. Производственные аспекты использования технологий быстрого прототипирования и изготовления
2. Аддитивные технологии и литейное производство.
3. Получение качественных моделей и форм для литейного производства.
4. Использование станков с ЧПУ при получении моделей и форм для литейного производства.
5. Использование технологий объёмной печати (3D-печати) для получения моделей и форм для литейного производства.
6. Тиражирование мастер-моделей для литья по выплавляемым моделям.
7. Аддитивные технологии и порошковая металлургия.
8. Компьютерная томография для измерения и неразрушающего контроля литых и металлопорошковых изделий.
9. Способы получения металлических порошков.
10. Методы получения нанокристаллических материалов.
11. Производители распылителей и поставщики металлопорошковых композиций.
12. Современные технологии контроля продукции.
13. Использование оптических датчиков для двумерного анализа продуктов.
14. Использование оптоволоконных инструментов в координатно-измерительных машинах.
15. Трёхмерное сканирование при быстром производстве продукции.

16. Линейное 3D сканирование.
17. 3D сканирование на основе фотограмметрии.
18. Интерференционная проекция в трехмерном сканировании
19. Обратный инжиниринг.
20. Основы реверс-инжиниринга и дизайна.
21. САПР для реверс-инжиниринга.
22. Примеры систем для реконструкции. Точность реконструкции.
23. Перспективы развития технологий 3D-прототипирования.
24. Аппаратное обеспечение и прогресс в развитии технологий.
25. Перспективные материалы и нанотехнологии. Программные продукты для моделирования жизненного цикла продуктов 3D-прототипирования.
26. Истоки появления аддитивных технологий.
27. Характеристика рынка АФ техники.
28. Машины и оборудование для печати металлических изделий.
29. Аддитивные технологии и быстрое прототипирование.
30. Классификация систем и методов автоматизированного проектирования.
31. Концепция современного аддитивного производства.
32. Принципы формирования изделий.
33. Быстрое изготовление прототипов и масштабных моделей.
34. Назначение основных изделий аддитивного производства.
35. Типичный процесс аддитивного производства.
36. Основные термины, используемые для обозначения аддитивных технологий.
37. Подготовка аддитивной продукции.
38. Подготовка модели САПР.
39. Спецификация интерфейса STL.
40. Генерация данных STL.
41. Обработка данных STL.
42. Конструкции несущих конструкций.
43. Разрезание модели на слои и организация контуров сечений.
44. Процессы и технологии аддитивного производства
45. Процессы аддитивного производства на основе жидких материалов.
46. Процесс стереолитографии.
47. Процессы, основанные на впрыскивании жидкого материала.
48. Процессы, основанные на быстром замораживании.
49. Процессы, основанные на термической полимеризации жидкости.
50. Процессы, основанные на интерференции лазерных лучей.
51. Процессы, основанные на использовании электрочувствительной жидкости (электроосаждение)
52. Аддитивные процессы, основанные на использовании расплавов.
53. Трехмерная сварка.
54. Процессы, основанные на использовании порошковых материалов.
55. Селективное лазерное спекание.

56. Газофазное осаждение.
57. Объединение порошкового связующего.
58. Процесс лазерной обработки.
59. Многофазное струйное отверждение.
60. Электронно-лучевая плавка.
61. Изготовление объектов с использованием ламинирования.
62. Процесс ультразвуковой интеграции.
63. Автоматизированное производство ламинированных материалов.
64. Материалы для аддитивных процессов.
65. Фотополимерные материалы.
66. Порошковый пластик.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
САПР технологических процессов, оснастки и оборудования	МиТОМ	нет	Утверждено 6.11.18 N10
Теория и технология литейного производства	МиТОМ	нет	Утверждено 6.11.18 N10
Основы компьютерного проектирования	МиТОМ	нет	Утверждено 6.11.18 N10
Математическое моделирование технологических процессов	МиТОМ	нет	Утверждено 6.11.18 N10
Специальные виды литья	МиТОМ	нет	Утв. 6.11.18 N10
Проектирование оснастки	МиТОМ	нет	Утв. 6.11.18 N10

Зав.кафедрой
«Металлургия и технологии
обработки материалов»

Ю.Л.Бобарикин