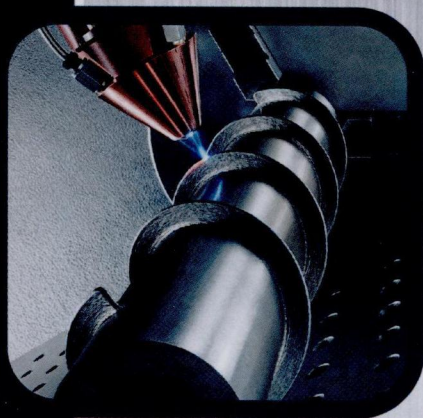
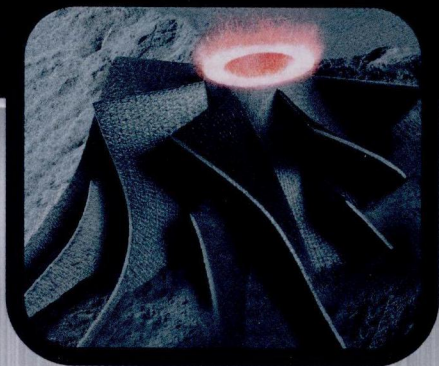


ОСНОВЫ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ



ОСНОВЫ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ

Под общей редакцией И. О. Леушина

*Допущено Федеральным учебно-методическим объединением
по укрупненной группе специальностей и направлений
22.00.00 «Технологии материалов»
в качестве учебного пособия при подготовке бакалавров и магистров,
обучающихся по УГСН 22.00.00 «Технологии материалов»*

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2024

УДК 621.7
ББК 30.6
О-75

Авторы:

Гейко М. А., Леушин И. О., Нищенко А. В.,
Решетов В. А., Романов А. С.

Рецензенты:

заведующий кафедрой «Материалы и технология»
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,
доктор технических наук, профессор *Д. М. Мордасов*;
заместитель генерального директора – главный конструктор
ПАО «Нормаль», кандидат технических наук *В. А. Братухин*

О-75 **Основы аддитивных технологий и производств : учебное пособие /**
[Гейко М. А. и др.] ; под общей редакцией И. О. Леушина. – Москва ;
Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. – 228 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-2025-9

Дана общая характеристика аддитивных технологий и производств, описаны этапы подготовки цифровой модели для применения в аддитивном производстве, аддитивные технологии производства изделий из металлических и неметаллических материалов. Особое внимание авторы уделили вопросам применения аддитивных технологий в литейном производстве, а также организации аддитивного производства в условиях действующих предприятий.

Для аудиторных занятий и самостоятельной работы бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 22.00.00 «Технологии материалов», может представлять интерес для начинающих исследователей и молодых специалистов, занимающихся вопросами освоения и продвижения аддитивных технологий в промышленное производство.

УДК 621.7
ББК 30.6

ISBN 978-5-9729-2025-9

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2024

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2024

Оглавление

Введение	5
Глава 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРОИЗВОДСТВ	8
1.1. Что такое «аддитивные технологии» и «аддитивные производства»?	8
1.2. История возникновения аддитивных технологий	12
1.3. Классификация аддитивных технологий	15
1.4. Предпосылки и проблемы применения аддитивных технологий	21
1.5. Перспективные направления развития аддитивных технологий и производств	26
1.6. Аддитивное производство в России: текущее состояние и перспективы ...	31
Контрольные вопросы и задания	33
Глава 2. ПОДГОТОВКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	34
2.1. Подготовка <i>CAD</i> -модели	34
2.2. Техническое и программное обеспечение для подготовки <i>CAD</i> -модели ...	41
2.3. Подготовка <i>SAM</i> -модели и программное обеспечение промышленных 3 <i>D</i> -принтеров	49
Контрольные вопросы и задания	53
Глава 3. АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	54
3.1. Быстрое прототипирование	54
3.2. Стереолитография	57
3.3. Масочная стереолитография	59
3.4. Технология многоструйного моделирования	61
3.5. Струйная трехмерная печать	63
3.6. Моделирование методом послойного наплавления	65
3.7. Цифровая светодиодная проекция	68
3.8. Цветная струйная печать	70
3.9. Материалы для «неметаллических» <i>AM</i> -машин	71
Контрольные вопросы и задания	82
Глава 4. АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	83
4.1. <i>SLS</i> -процесс селективного лазерного спекания	84
4.2. <i>SLM</i> -процесс селективного лазерного плавления	89
4.3. <i>DMLS</i> -процесс прямого лазерного спекания	96
4.4. <i>EBM</i> -процесс электронно-лучевой плавки	101
4.5. <i>3DP</i> -процесс струйной трехмерной печати	104
4.6. <i>SHS</i> -процесс селективного теплового спекания	106
4.7. <i>LOM</i> -процесс ламинирования	108

4.8. DMD-процесс прямого нанесения металла	109
4.9. EBF ₂ -производство металлических изделий электронно-лучевой плавкой	117
4.10. LASER CUSING – производство металлических изделий методом селективного лазерного плавления.....	119
4.11. 3D-принтер и металл – будущее трехмерной печати металлом.....	124
Контрольные вопросы и задания	126
Глава 5. АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ	127
5.1. Изготовление моделей, промоделей и элементов технологической оснастки	128
5.2. Изготовление литейных форм и стержней	137
5.3. «Залечивание» литейных дефектов	149
5.4. Альтернатива для производства отливок	156
Контрольные вопросы и задания	171
Глава 6. ОРГАНИЗАЦИЯ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА	172
6.1. Кадровое обеспечение аддитивного производства.....	172
6.2. Производственные подразделения и помещения	174
6.3. Объемно-планировочные решения.....	175
6.4. Оборудование	185
6.4.1. Основное (технологическое) оборудование.....	185
6.4.2. Вспомогательное оборудование	192
6.4.3. Техническое обслуживание и ремонт оборудования	199
6.5. Материалы.....	201
6.5.1. Подготовка материалов	201
6.5.2. Рециклинг материалов	203
6.6. Контроль качества продукции и соблюдения технологической дисциплины	203
6.6.1. Требования к средствам контроля.....	205
6.6.2. Контроль качества исходных материалов	206
6.6.3. Операционный контроль	207
6.6.4. Неразрушающий контроль	208
6.6.5. Разрушающий контроль	208
6.6.6. Оформление результатов контроля.....	210
6.6.7. Методы контроля и испытаний материалов для АТП	211
6.6.8. Методы контроля и испытаний металлических материалов сырья и продукции	217
6.7. Экологическая безопасность и охрана труда персонала.....	219
Контрольные вопросы и задания	223
Заключение	224
Список рекомендуемой литературы.....	225