

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина

Толочко Н.К., Нукушев С.О., Романюк Н.Н., Мендалиева С.И.

**АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В ПРОИЗВОДСТВЕ И РЕМОНТЕ МАШИН**

Утверждено Академическим советом университета
в качестве учебного пособия

Нур-Султан 2022

УДК 621.01 (075.8)

ББК 34.5 я73

A28

Рецензенты:

Миранович А.В., - к.т.н., доцент, первый проректор учреждения образования "Белорусский государственный аграрный технический университет".

Шеров К.Т. - д.т.н., профессор кафедры «Технологические машины и оборудование» КАТУ им. С.Сейфуллина

Толочко Н.К., Нукешев С.О., Романюк Н.Н., Мендалиева С.И.

Аддитивные технологии в производстве и ремонте машин: учебное пособие. – Нур-Султан: КАТУ им. С. Сейфуллина, 2022. – 184 с.

ISBN 978-601-257-382-4

Пособие посвящено вопросам повышения эффективности производства и ремонта машин на основе использования аддитивных технологий. Рассмотрены современное состояние развития и особенности реализации разных видов аддитивных технологий, их достоинства и недостатки. Значительное внимание уделено проектированию деталей машин, создаваемых с помощью аддитивных технологий, применению аддитивных технологий для изготовления деталей машин, оснастки и инструмента, а также для восстановления изношенных и поврежденных деталей. Особое место отведено вопросам использования аддитивных технологий при производстве и ремонте сельскохозяйственной техники.

Данное издание предназначено для студентов технических и аграрных вузов, аспирантов и преподавателей, интересующихся проблемами научно-технологического развития машиностроения и агропромышленного производства, а также научных, инженерных и производственных работников, специализирующихся в машиностроительной и агропромышленной сферах.

УДК 621.01 (075.8)

ББК 34.5 я73

A28

ISBN 978-601-257-382-4

©Толочко Н.К. и др., 2022

©КАТУ им.С.Сейфуллина, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
1. Аддитивные технологии: общая характеристика	7
1.1 Аддитивные технологии: вопросы терминологии	7
1.2 Общая схема реализации аддитивных технологий	8
1.3 Классификация аддитивных технологий	9
2. Разновидности аддитивных технологий	12
2.1 Общая характеристика разных видов аддитивных технологий	12
2.2 Fused Deposition Modeling	14
2.3 Multiphase Jet Solidification	16
2.4 Direct Ink Writing	16
2.5 Inkjet Printing	17
2.6 Three Dimensional Printing	19
2.7 Laminated Object Manufacturing	20
2.8 Ultrasonic Additive Manufacturing	22
2.9 Stack-cut-bond-Sheet Lamination	23
2.10 Cut-stack-bond-Sheet Lamination	25
2.11 Stereolithography Apparatus	27
2.12 Digital Light Processing	29
2.13 Mask Projection Stereolithography	30
2.14 Selective Laser Sintering	30
2.15 Selective Laser Melting	32
2.16 Electron beam melting	34
2.17 Direct Laser Metal Deposition	35
3. Достоинства и недостатки аддитивных технологий	37
3.1 Сравнительная оценка аддитивных и традиционных технологий	37
3.2 Сравнительная оценка разных видов аддитивных технологий	41
3.3 Гибридные аддитивные технологии	42
4. Области применения аддитивных технологий	45
4.1 Факторы и особенности применения аддитивных технологий	45
4.2 Аддитивные технологии в производственной сфере	46
4.3 Аддитивные технологии в социальной сфере	50
5. Проектирование деталей машин для аддитивного производства	54
5.1 Методы проектирования деталей для аддитивного производства	54
5.2 Аддитивные технологии и возможности проектирования деталей	57
5.3 Аддитивные технологии и ограничения проектирования	

деталей	69
5.4 Роль быстрого прототипирования при проектировании деталей	70
6. Аддитивные технологии производства деталей машин	77
6.1 Производство деталей из металлов	77
6.2 Производство деталей из пластмасс	83
6.3 Производство сборок	84
6.4 Производство подвижных соединений	86
6.5 Сочетание аддитивных и традиционных технологий изготовления изделий	87
6.6 Сочетания разных аддитивных технологий изготовления изделий	93
6.7 Практика производственная освоения аддитивных технологий	93
7. Аддитивные технологии производства оснастки и инструмента	96
7.1 Производство формообразующей оснастки (литейная оснастка, штамповая оснастка, специальная оснастка)	96
7.2 Производство инструмента (электроды-инструменты, режущие инструменты)	102
8. Аддитивные технологии ремонта деталей машин	106
8.1 Роль аддитивных технологий в ремонте машин	106
8.2 Ремонт металлических деталей	107
8.3 Ремонт пластмассовых деталей	114
8.4 Организация ремонтных работ на основе применения аддитивных технологий	117
9. Качество производства деталей по аддитивным технологиям	120
9.1 Точность изготовления	120
9.2 Качество поверхности	121
9.3 Механическая прочность	129
10. Производительность и себестоимость аддитивных технологических процессов	136
10.1 Производительность аддитивных технологических процессов	136
10.2 Себестоимость аддитивных технологических процессов	141
11. Основные направления применения аддитивных технологий в агропромышленном комплексе	145
11.1 Современные тенденции развития сельскохозяйственной техники	145
11.2 Основные направления применения аддитивных технологий при производстве сельскохозяйственной техники	148
11.3 Основные направления применения аддитивных	151

технологий при ремонте сельскохозяйственной техники	
12. Оценка эффективности применения аддитивных технологий в агропромышленном комплексе	154
12.1 Оценка эффективности применения аддитивных технологий при производстве сельскохозяйственной техники	154
	157
12.2 Оценка эффективности применения аддитивных технологий при ремонте сельскохозяйственной техники	164
	164
13. История развития аддитивных технологий	166
13.1 История терминологии в области аддитивных технологий	169
13.2 Предпосылки развития аддитивных технологий	
13.3 Важнейшие этапы развития аддитивных технологий	172
	172
14. Перспективы развития аддитивных технологий	174
14.1 Основные особенности рынка аддитивных технологий	174
14.2 География рынка аддитивных технологий	177
14.3 Ведущие участники рынка аддитивных технологий	
14.4 Тенденции мирового развития аддитивных технологий	182

Список литературы

Толочко Николай Константинович
Нукешев Саяхат Оразович
Романюк Николай Николаевич
Мендалиева Сауле Ильинична

**АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ И РЕМОНТЕ
МАШИН**

Сдано в набор 20.02.2022
Формат 60x84 ¹/₁₆
Объем 15,5 усл. п. л.

Подписано к печати 31.05.2022
Заказ № 2261
Тираж 6 экз.