

УДК 621.7(075.8)

ББК 34.441

Ш55

Издание доступно в электронном виде по адресу  
ebooks.bmstu.press/catalog/41/book1937.html

Факультет «Машиностроительные технологии»  
Кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»

*Рекомендовано Редакционно-издательским советом  
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

**Шиганов, И. Н.**

Ш55 Специальные лазерные технологии : учебное пособие / И. Н. Шиганов. — Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. — 143, [1] с. : ил.

ISBN 978-5-7038-4985-9

Рассмотрены сварка композиционных материалов и гибридные лазерные технологии сварки. Особое внимание уделено сварке концентрированными источниками энергии металлических композиционных материалов, упрочненных частицами, а также гибридной лазерно-дуговой и лазерно-плазменной сварке.

Для студентов, обучающихся по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» по специализации специалистов «Проектирование промышленных технологических комплексов с использованием высококонцентрированных потоков энергии».

УДК 621.7(075.8)

ББК 34.441

*Учебное издание*

**Шиганов Игорь Николаевич**

**Специальные лазерные технологии**

Редактор *О.М. Королева*. Художник *Э.Ш. Мурадова*. Корректор *Ю.Н. Морозова*.  
Компьютерная графика *А.Н. Ивлевой*. Компьютерная верстка *Н.Ф. Бердавцевой*

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В оформлении использованы шрифты Студии Артемия Лебедева.

Подписано в печать 28.01.2019. Формат 70×100/16.

Усл. печ. л. 11,7. Тираж 100 экз. Изд. № 366-2018. Заказ

Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана.

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1. press@bmstu.ru www.baumanpress.ru

Отпечатано в типографии МГТУ им. Н.Э. Баумана.

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1. baumanprint@gmail.com

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019

© Оформление. Издательство  
МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019

ISBN 978-5-7038-4985-9

# Оглавление

Предисловие .....	3
Введение .....	6
<b>Модуль 1. Сварка композиционных металлических материалов .....</b>	<b>7</b>
1.1. Определение и признаки композиционного материала .....	7
1.2. Методы производства металлических композиционных материалов, упрочненных частицами .....	11
1.2.1. Метод порошковой металлургии .....	12
1.2.2. Методы, основанные на подавлении ликвации .....	12
1.2.3. Метод контактного легирования .....	15
1.3. Классификация металлических композиционных материалов, упрочненных частицами, по межфазному взаимодействию компонентов при сварке плавлением .....	16
1.4. Основные механические и технологические свойства промышленных металлических композиционных материалов, упрочненных частицами ....	20
1.4.1. Материалы на основе систем Al — Be и Al — Be — Mg .....	21
1.4.2. Материалы на основе систем Fe — Cu, Fe — Cu — Pb, Fe — Cu — Pb — Sn, Fe — Pb .....	23
1.4.3. Материалы на основе систем Al — Pb, Al — Pb — Sn .....	24
1.5. Структурные превращения в околошовной зоне при сварке плавлением металлических композиционных материалов, упрочненных частицами ....	25
1.6. Особенности структурных изменений в металле шва при сварке плавлением металлических композиционных материалов, упрочненных частицами .....	33
1.7. Особенности физических процессов формирования сварных соединений металлических композиционных материалов, упрочненных частицами ....	46
1.8. Технологические особенности аргонодуговой сварки металлических композиционных материалов, упрочненных частицами .....	53
1.9. Особенности и технология электронно-лучевой сварки металлических композиционных материалов, упрочненных частицами .....	63
1.10. Особенности лазерной сварки металлических композиционных материалов, упрочненных частицами .....	73
1.11. Алгоритм технологического процесса сварки металлических композиционных материалов, упрочненных частицами .....	80
Контрольные вопросы и задания .....	82
<b>Модуль 2. Технологии гибридной лазерной сварки .....</b>	<b>84</b>
2.1. Особенности лазерной сварки .....	84
2.2. Гибридная лазерно-дуговая сварка .....	92
2.3. Гибридная лазерно-плазменная сварка .....	110
2.4. Гибридная светолазерная сварка .....	119
2.5. Гибридная двухлучевая лазерная сварка .....	128
2.6. Специальные методы гибридной лазерной сварки .....	137
2.6.1. Гибридная лазерно-индукционная сварка .....	137
2.6.2. Гибридная лазерно-ультразвуковая сварка .....	139
Контрольные вопросы и задания .....	143
Литература .....	144