



И. Н. ШИГАНОВ

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ
ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ**



«Инфра-Инженерия»

И. Н. Шиганов

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ**

Учебное пособие

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2023

УДК 621.7
ББК 34.441
Ш55

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения
Московского политехнического университета *Овчинников Виктор Васильевич*;
доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник
Института проблем лазерных и информационных технологий РАН
Васильцов Виктор Владимирович

Шиганов, И. Н.

Ш55 Перспективные промышленные технологии лазерной обработки :
учебное пособие / И. Н. Шиганов. – Москва ; Вологда : Инфра-Инжене-
рия, 2023. – 284 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-1229-2

Представлены современные промышленные технологии лазерной обработки материалов мощными волоконными лазерными источниками. Рассмотрены технологии сварки больших толщин сталей и сплавов лазерами мощностью до 30 кВт, исследования их структур, механических свойств и областей применения. Особое внимание уделено сварке различных марок алюминиевых сплавов, разнородных материалов и гибридным технологиям. Даны общие представления и конкретные технологии аддитивных производств лазерного сплавления порошков и лазерной объемной порошковой наплавки. Приведены конкретные технологии и оборудование. Рассмотрены современные процессы лазерного легирования и очистки поверхностей. Даны представления о лазерной безопасности и средствах защиты при использовании лазерных технологий.

Для студентов машиностроительных специальностей. Может быть полезно инженерам-технологам, конструкторам и специалистам по использованию лазерных технологий в промышленности.

УДК 621.7
ББК 34.441

ISBN 978-5-9729-1229-2

© Шиганов И. Н., 2023
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2023
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА МЕТАЛЛОВ БОЛЬШИХ ТОЛЩИН	8
1.1. Технологические особенности лазерной сварки металлов больших толщин	8
1.2. Применение лазерной сварки металлов больших толщин	13
1.3. Особенности лазерной сварки в вакууме.....	20
Список литературы к главе 1	31
ГЛАВА 2. ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА СОВРЕМЕННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ	34
2.1. Перспективные алюминиевые сплавы, применяемые в сварных конструкциях	34
2.2. Преимущества лазерной сварки алюминиевых сплавов.....	40
2.3. Дефекты, возникающие при лазерной сварке алюминиевых сплавов	44
2.4. Технологические особенности лазерной сварки алюминиевых сплавов	47
2.5. Механические свойства и микроструктура сварных соединений алюминиевых сплавов, полученных лазерным излучением.....	54
Список литературы к главе 2	64
ГЛАВА 3. ГИБРИДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ	68
3.1. Гибридная лазерно-дуговая сварка	68
3.2. Гибридная лазерная сварка с наложением ультразвука.....	102
3.3. Совмещение лазерного излучения с индукционным нагревом.....	112
Список литературы к главе 3	117
ГЛАВА 4. ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА РАЗНОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ	120
4.1. Особенности сварки плавлением разнородных материалов	120
4.2. Технологические особенности сварки разнородных материалов.....	122
4.3. Лазерная сварка алюминиевых сплавов со сталью	124
4.4. Сварка алюминиевых сплавов с титаном	128
4.5. Сварка алюминиевых сплавов с медью	131

4.6. Сварка титана с магниевыми сплавами	133
4.7. Сварка стали с медью	136
Список литературы к главе 4	138
ГЛАВА 5. ЛАЗЕРНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КЕРАМИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ	142
5.1. Методы лазерного легирования	142
5.2. Лазерное легирование стали частицами карбида титана (TiC)	147
5.3. Лазерное легирование сталей частицами диборида титана (TiB ₂)	151
5.4. Лазерное легирование частицами карбида вольфрама (WC)	152
5.5. Лазерное легирование сталей и алюминиевых сплавов частицами карбида кремния (SiC)	159
Список литературы к главе 5	168
ГЛАВА 6. АДДИТИВНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ	171
6.1. Общие положения принципов аддитивных процессов	171
6.2. Метод селективного лазерного плавления	173
6.3. Метод прямого лазерного осаждения порошковых материалов	195
Список литературы к главе 6	222
ГЛАВА 7. ЛАЗЕРНАЯ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ	224
7.1. Физические основы лазерной очистки поверхностей	224
7.2. Применение технологий лазерной очистки	230
7.3. Оборудование для лазерной очистки поверхностей	237
Список литературы к главе 7	242
ГЛАВА 8. ОБРАБОТКА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	243
8.1. Свойства керамики	243
8.2. Соединение керамических материалов	245
8.3. Соединение керамики с металлами	249
8.4. Выращивание деталей из порошковой керамики	253
Список литературы к главе 8	257

ГЛАВА 9. ЛАЗЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ.....	259
9.1. Опасные производственные факторы при лазерной обработке.....	259
9.2. Степени опасности лазерных источников излучения	262
9.3. Виды опасностей при эксплуатации лазерных технологических установок.....	264
9.4. Техника безопасности при лазерных технологиях обработки материалов	266
9.5. Средства защиты кабины лазерной технологической установки	268
9.6. Индивидуальные средства защиты от лазерного излучения	270
9.7. Маркировка лазерных устройств и технологических установок.....	272
9.8. Требования к персоналу	275
Список литературы к главе 9	278