

**И. Н. Шиганов**

# **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ**

Учебное пособие

Москва Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2023

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	6
<b>ГЛАВА 1. ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА МЕТАЛЛОВ БОЛЬШИХ ТОЛЩИН</b> .....	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
<b>ГЛАВА 2. ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА СОВРЕМЕННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ</b> .....	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
<b>ГЛАВА 3. ГИБРИДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ</b> .....	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
<b>ГЛАВА 4. ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА РАЗНОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ</b> .....	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
<b>ГЛАВА 5. ЛАЗЕРНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КЕРАМИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ</b> .....	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 <sub>2</sub> ) .....	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
<b>ГЛАВА 6. АДДИТИВНЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ</b> .....	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
<b>ГЛАВА 7. ЛАЗЕРНАЯ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ</b> .....	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
<b>ГЛАВА 8. ОБРАБОТКА КЕРАМИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ</b> .....	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

<b>ГЛАВА 9. ЛАЗЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ.....</b>	<b>259</b>
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