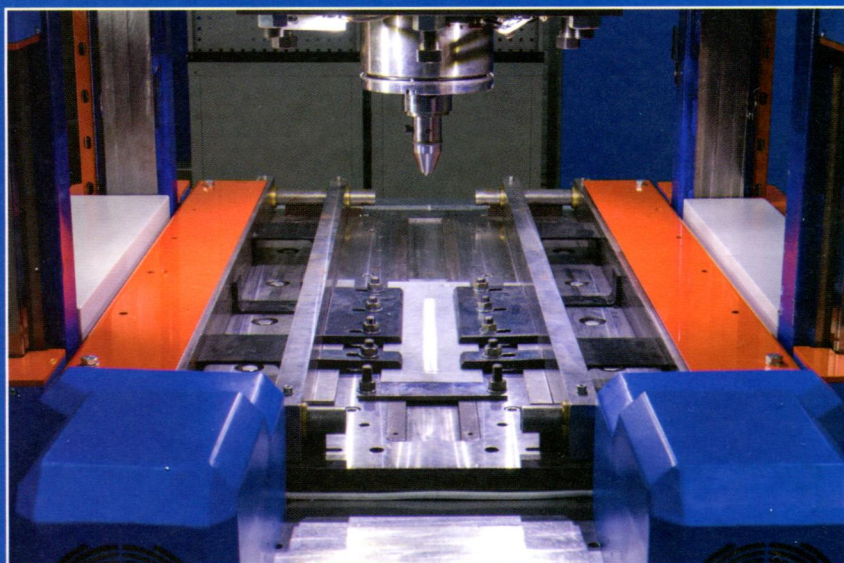


А. М. Дриц
В. В. Овчинников

Сварка алюминиевых сплавов



«Руда и Металлы»
Издательский дом

**А. М. Дриц
В. В. Овчинников**

Сварка алюминиевых сплавов

Партнер издания: НП «АПРАЛ»

Москва



**«Руда и Металлы»
Издательский дом**

2017

УДК 669.71.005+621.791

ББК 34.641

Д 74

Дриц А. М., Овчинников В. В.

Д 74 Сварка алюминиевых сплавов / А. М. Дриц, В. В. Овчинников. — М. : Издательский дом «Руда и Металлы», 2017. — 440 с.
ISBN 978-5-98191-084-5

В книге представлен анализ механических и физико-химических свойств алюминия и его сплавов; описаны особенности свариваемости деформируемых алюминиевых сплавов; приведены современные взгляды на механизмы образования пор, оксидных включений и горячих трещин в сварных соединениях; описаны характеристики свариваемости, механические свойства сварных соединений при статическом и динамическом нагружениях, а также при контакте с агрессивной средой; приведены данные о сварочном оборудовании и критериях его выбора для изготовления конструкций из алюминиевых сплавов.

Книга будет полезна для инженерно-технических и научных работников, магистров и аспирантов, занимающихся вопросами металловедения и сварки алюминиевых сплавов.

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор *В. Ф. Шамрай*,
доктор технических наук, профессор *А. Д. Шляпин*

УДК 669.71.005+621.791

ББК 34.641

Фото для обложки предоставлено
ЗАО «Чебоксарское предприятие «Сеспель»

© А. М. Дриц, 2017

© В. В. Овчинников, 2017

ISBN 978-5-98191-084-5

© Оформление. АО «Издательский дом «Руда и Металлы», 2017

A. M. Drits
V. V. Ovchinnikov

Aluminium alloys welding

Partner of the Edition:
Non-Commercial Partnership
«Russian Aluminium Extruders Alliance»

Moscow



ORE & METALS
Publishing house

2017

UDC 669.71.005+621.791
LBC 34.641
D 74

Drits A. M., Ovchinnikov V. V.

D 74 Aluminium alloys welding / A. M. Drits, V. V. Ovchinnikov. — Moscow : «Ore and Metals» Publishing House, 2017. — 440 p.
ISBN 978-5-98191-084-5

This book describes the analysis of mechanical and physicochemical properties of aluminium and its alloys. It shows the peculiarities of wrought aluminium alloys' weldability and gives the modern points of view on pores formation mechanisms, oxide inclusions and hot cracks in welded joints. The weldability characteristics are also considered, together with the mechanical properties of welded joints during the static and dynamic loadings and the contact with corrosive medium. The data is given about the welding equipment and criteria of its choice for manufacturing of aluminium alloy structural units.

Engineering-technical and scientific workers, masters and post-graduate students, solving the issues of materials science and aluminium alloys welding, will found this book interesting and useful.

Reviewers:

Professor *V. F. Shamray*, Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor *A. D. Shlyapin*, Doctor of Engineering Sciences

UDC 669.71.005+621.791
LBC 34.641

The cover photo was provided by
JSC “Cheboksary Enterprise “Sespel”

© A. M. Drits, 2017
© V. V. Ovchinnikov, 2017
© Designed by «Ore and Metals» Publishing House, 2017

ISBN 978-5-98191-084-5

Содержание

Список сокращений.....	7
Предисловие.....	8
Глава 1. Физические и механические свойства алюминия и его сплавов	12
1.1. Алюминий.....	12
1.2. Классификация алюминиевых сплавов, маркировка и состояние поставки.	22
1.3. Химический состав и типичные механические и физические свойства алюминиевых сплавов.	27
1.4. Основные сведения о деформации и термической обработке алюминиевых сплавов.....	44
1.5. Свойства алюминиевых сплавов.....	60
1.5.1. Сплавы системы Al – Mn.....	60
1.5.2. Сплавы системы Al – Mg.....	61
1.5.3. Сплавы системы Al – Mg – Si.....	66
1.5.4. Сплавы системы Al – Mg – Si – Cu.....	68
1.5.5. Сплавы на основе системы Al – Mg – Cu (дуралюмины).....	69
1.5.6. Сплавы на основе системы Al – Cu – Mn.....	73
1.5.7. Сплавы системы Al – Zn – Mg.....	74
1.5.8. Сплавы системы Al – Zn – Mg – Cu.....	77
1.5.9. Алюминиевые сплавы, легированные литием.	80
Глава 2. Основные способы сварки алюминиевых сплавов	83
2.1. Сварные соединения алюминиевых сплавов.....	83
2.2. Газовая сварка.....	84
2.3. Дуговая сварка покрытыми электродами.....	87
2.4. Автоматическая дуговая сварка по слою флюса.....	88
2.5. Дуговая сварка в защитных газах неплавящимся электродом.....	90
2.6. Ручная и механизированная сварка плавящимся электродом в инертных газах.....	101
2.7. Плазменная и микроплазменная сварка.....	107
2.8. Электронно-лучевая сварка.....	113
2.9. Лазерная сварка.....	116
2.10. Электрошлаковая сварка.....	123
2.11. Контактная сварка.....	126
2.12. Сварка трением с перемешиванием.....	132
2.13. Диффузионная сварка.....	136
2.14. Сварка взрывом.....	137
2.15. Высокочастотная сварка.....	139
Глава 3. Оборудование для сварки алюминиевых сплавов и принципы его выбора	142
3.1. Оборудование для газовой сварки.....	142
3.2. Оборудование для дуговой и плазменной сварки алюминиевых сплавов.....	147
3.2.1. Источники питания дуги.....	147
3.2.2. Электрододержатели.....	157
3.2.3. Горелки для ручной сварки неплавящимся электродом в защитном газе.....	158
3.2.4. Плазмотроны.....	159
3.2.5. Полуавтоматы для сварки плавящимся электродом.....	160
3.2.6. Автоматические установки для сварки в защитных газах.....	164
3.2.7. Газовая аппаратура для сварки в защитных газах.....	167
3.2.8. Оборудование для электрошлаковой сварки.....	168
3.3. Установки для электронно-лучевой сварки.....	169
3.4. Оборудование для лазерной сварки алюминиевых сплавов.....	172
3.5. Оборудование для контактной сварки алюминиевых сплавов.....	179

3.6.	Оборудование для сварки трением с перемешиванием	180
3.7.	Оборудование и технологическая оснастка для сварки типовых конструкций из алюминиевых сплавов	184
Глава 4.	Свариваемость алюминия и его сплавов	191
4.1.	Основные методы оценки свариваемости алюминиевых сплавов	191
4.2.	Влияние отдельных элементов на свариваемость	198
4.3.	Влияние примесей на свариваемость	205
4.4.	Характеристики свариваемости серийных алюминиевых сплавов	208
4.5.	Материалы для сварки алюминиевых сплавов	225
Глава 5.	Дефекты в сварных соединениях алюминиевых сплавов и методы предупреждения их возникновения	239
5.1.	Классификация дефектов сварных соединений алюминиевых сплавов	239
5.2.	Кристаллизационные трещины при сварке алюминиевых сплавов	241
5.3.	Оксидные включения	250
5.4.	Пористость металла шва	252
5.5.	Несплавления и непровары.	255
5.6.	Дефекты соединений при точечной и шовной контактной сварке	257
5.7.	Дефекты соединений при электронно-лучевой сварке и причины их возникновения	263
5.8.	Дефекты соединений, выполненных лазерной сваркой	265
5.9.	Дефекты соединений, выполненных сваркой трением с перемешиванием	266
5.10.	Выбор метода контроля качества сварных соединений алюминиевых сплавов	270
5.11.	Устранение дефектов швов, выполненных сваркой плавлением	284
5.12.	Способы устранения дефектов соединений, выполненных сваркой давлением	286
Глава 6.	Свойства сварных соединений алюминиевых сплавов	291
6.1.	Свойства сварных соединений при статических нагрузках	291
6.2.	Усталостные свойства сварных соединений	313
6.3.	Влияние подварок дефектов на свойства сварных соединений	322
6.4.	Коррозионные свойства сварных соединений алюминиевых сплавов	328
6.5.	Сварные соединения алюминиевых сплавов в разноименном сочетании	343
6.6.	Остаточные напряжения в сварных соединениях и методы их снижения	352
6.7.	Термическая обработка сварных соединений алюминиевых сплавов	358
6.8.	Типичные структуры сварных соединений алюминиевых сплавов при различных методах сварки	362
Глава 7.	Применение алюминиевых сплавов в сварных конструкциях	374
7.1.	Особенности применения алюминиевых сплавов для изготовления сварных конструкций	374
7.2.	Коммерческий транспорт	378
7.3.	Судостроение	388
7.4.	Автомобилестроение	395
7.5.	Боевые бронированные машины	398
7.6.	Авиастроение и ракетная техника	406
7.7.	Экономические аспекты замены стальных сварных конструкций на алюминиевые	412
	Перечень нормативной документации	416
	Список литературы	419
	Список рекламодателей	433
	Каталог компаний – поставщиков оборудования, материалов, технологий и изделий в секторе сварки алюминиевых сплавов	435