

**П. В. Гладкий
Е. Ф. Переплетчиков
И. А. Рябцев**

**ПЛАЗМЕННАЯ
НАПЛАВКА**



ББК 30.61

Г52

УДК 621.791.755

Гладкий П. В., Переплетчиков Е. Ф., Рябцев И. А.

Г52 Плазменная наплавка. — К.: «Екотехнолопя», 2007. — 292 с.

ISBN 966-8409-21-3

Рассмотрены основные способы плазменной наплавки: плазменной струей с токоведущей присадочной проволокой, плазменной дугой с нейтральной и токоведущей проволоками, плазменной дугой горячей проволокой, плазменной дугой плавящимся электродом.

Особое внимание уделено плазменно-порошковой наплавке, позволяющей существенно расширить круг сплавов, наплавляемых механизированным способом.

В книге приведены требования к наплавочным порошкам, рассмотрены основные способы их производства, исследованы технологические особенности плазменной наплавки, приведена методика выбора режимов плазменно-порошковой наплавки, рассмотрены примеры наплавки ряда характерных деталей. Представлены также сведения об оборудовании для плазменной наплавки, рассмотрены конструкции основных узлов установок и даны их характеристики.

Рассчитана на инженерно-технических работников, занимающихся восстановлением и упрочением деталей машин и механизмов. Может быть полезна студентам вузов.

ББК 30.61

ISBN 978-966-8409-21-9

© П. В. Гладкий, Е. Ф. Переплетчиков,
И. А. Рябцев, 2007

О Оформление. «Екотехнолопя», 2007

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
1. Плазменная наплавка. Классификация и характеристика основных способов плазменной наплавки	5
1.1. Классификация способов плазменной наплавки	5
1.2. Плазменная наплавка проволокой (прутками)	7
1.2.1. Наплавка плазменной струей с токоведущей присадочной проволокой	8
1.2.2. Наплавка плазменной дугой с нейтральной присадочной проволокой	11
1.2.3. Наплавка двойной плазменной дугой с токоведущей присадочной проволокой	13
1.2.4. Наплавка комбинированной плазменной дугой с присадкой двух проволок	14
1.2.5. Плазменная наплавка горячими проволоками	14
1.2.6. Плазменная наплавка плавящимся электродом	15
1.3. Плазменная наплавка по неподвижной присадке	18
1.3.1. Наплавка с применением компактной присадки в виде колец и пластин	19
1.3.2. Наплавка по слою пасты	20
1.3.3. Наплавка по слою гранулированной присадки (крупки)	20
1.3.4. Центробежная плазменная наплавка	21
1.3.5. Микроплазменное оплавление предварительно напыленного покрытия	22
1.4. Плазменно-порошковая наплавка	23
1.5. Сравнительная характеристика основных способов наплавки	28
2. Теплофизические характеристики плазменной дуги и сварочной ванны при плазменно-порошковой наплавке	33
2.1. Исследование температуры и скорости плазмы в столбе дуги	33
2.1.1. Измерение температуры аргоновой плазмы	33
2.1.2. Измерение скорости плазмы в дуге	41
2.2. Тепловые характеристики плазменной дуги	46
2.3. Плавление основного металла	54
2.4. Температура и геометрические размеры сварочной ванны при плазменно-порошковой наплавке	57
3. Движение и нагрев присадочного порошка в плазменной дуге	64
3.1. Математическая модель поведения присадочного порошка в плазменной дуге	64

3.2. Исследование движения и нагрева присадочного порошка в дуге с использованием математической модели	75
3.2.1. Распределенный боковой ввод порошка в дугу через кольцевую щель между соплами плазмотрона	79
3.2.2. Локальный боковой ввод порошка дугу	92
3.2.3. Аксиальный ввод порошка в дугу	96
3.3. Экспериментальное исследование нагрева присадочного порошка	99
3.4. Анализ особенностей движения и нагрева присадочного порошка при плазменной наплавке	108
4. Наплавленный металл. Классификация и назначение. Электродные и присадочные материалы для плазменной наплавки	114
4.1. Наплавленный металл. Классификация и назначение	114
4.1.1. Нелегированные или низколегированные стали с содержанием углерода не более 0,4%	114
4.1.2. Нелегированные или низколегированные стали с содержанием углерода более 0,4%	117
4.1.3. Хромовольфрамовые, хромомолибденовые и другие теплостойкие инструментальные стали для горячей обработки металлов давлением	119
4.1.4. Быстрорежущие стали	121
4.1.5. Низкоуглеродистые хромистые стали	122
4.1.6. Хромистые стали с повышенным содержанием углерода	123
4.1.7. Высокомарганцевые аустенитные стали	123
4.1.8. Хромоникелевые, хромоникельмарганцевые нержавеющие аустенитные стали	124
4.1.9. Высокохромистые высоколегированные чугуны	127
4.1.10. Сплавы на основе никеля	129
4.1.11. Сплавы на основе кобальта	142
4.1.12. Наплавочные сплавы на основе карбидов (карбидные композиции)	151
4.1.13. Сплавы на основе меди	152
4.2. Наплавочные материалы для плазменной наплавки	153
4.2.1. Присадочные порошки для плазменной наплавки	153
4.2.1.1. Основные требования к наплавочным порошкам	155
4.2.1.2. Важнейшие способы получения легированных порошков для плазменной наплавки	156
4.2.1.3. Состав и назначение порошков для плазменной наплавки	163

4.2.2. Проволоки сплошного сечения	169
4.2.3. Порошковые проволоки	171
4.2.4. Газы для плазменной наплавки	174
5. Технология и опыт промышленного применения различных способов плазменной наплавки	176
5.1. Основные предпосылки для выбора технологического процесса	176
5.2. Технология плазменной наплавки проволокой (прутками)	177
5.2.1. Наплавка плазменной струей с токоведущей присадочной проволокой	177
5.2.2. Наплавка плазменной дугой с нейтральной присадочной проволокой	181
5.2.3. Плазменная наплавка двойной дугой с токоведущей присадочной проволокой	185
5.2.4. Наплавка комбинированной плазменной дугой с присадкой двух проволок	186
5.2.5. Наплавка плазменной дугой горячей проволоки	187
5.2.6. Плазменная наплавка плавящимся электродом	188
5.3. Технологии плазменной наплавки по неподвижной присадке	191
5.3.1. Плазменная наплавка с применением компактной присадки в виде колец и пластин	191
5.3.2. Наплавка плазменной струей по слою пасты	192
5.3.3. Плазменная наплавка по слою гранулированной присадки (крупки)	193
5.3.4. Центробежная плазменная наплавка	194
5.3.5. Микроплазменное оплавление напыленного покрытия	197
5.4. Технология плазменно-порошковой наплавки	197
5.4.1. Технологические параметры и особенности технологии плазменно-порошковой наплавки	198
5.4.2. Опыт промышленного применения плазменно-порошковой наплавки	210
5.4.2.1. Наплавка деталей запорной арматуры различного назначения	210
5.4.2.2. Наплавка режущего инструмента	223
5.4.2.3. Наплавка клапанов и седел двигателей внутреннего сгорания	235
6. Оборудование для плазменной наплавки	242
6.1. Основные узлы и механизмы оборудования для плазменной наплавки	242
6.2. Установки для плазменной наплавки	251
Список литературы	264