

Д.Л. Поправка
О.В. Хицов
С.А. Штоколов



**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
ОСОБЕННОСТИ
ДУГОВОЙ СВАРКИ
В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ
ПРИ СООРУЖЕНИИ
МАГИСТРАЛЬНЫХ
ГАЗОПРОВОДОВ**



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кубанский государственный технологический университет»

Д.Л. Поправка, О.В. Хицов, С.А. Штоколов

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ДУГОВОЙ СВАРКИ В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ
ПРИ СООРУЖЕНИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ
ГАЗОПРОВОДОВ**

Монография

Краснодар
2012

УДК 622.691.4+621.791.317.5

ББК 39.76+34.641

П58

Рецензенты:

Л.И. Свистун, доктор технических наук, доцент КубГТУ;

В.И. Брюшко, кандидат технических наук ОАО «Краснодаргазстрой»

П58 **Поправка, Дмитрий Леонтьевич.**

Теоретические основы и технологические особенности дуговой сварки в защитных газах при сооружении магистральных газопроводов : монография / Д.Л. Поправка, О.В. Хицов, С.А. Штоколов; ФГБОУ ВПО КубГТУ. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2012. – 308 с.

ISBN 978-5-91718-213-1

В монографии изложена история развития трубопроводного транспорта, классификация, состав сооружений магистральных газопроводов и анализ сварочных работ, выполняемых при их строительстве. Значительное внимание уделено теоретическим основам расчета параметров дуговой сварки в среде защитных газов с учетом климатических факторов, влияющих на технологические процессы при выполнении работ на открытых площадках.

Разработаны методики расчета параметров струи защитного газа и эффективности защиты сварочной ванны, обеспечивающих высокое качество сварных соединений.

Даны рекомендации по выбору сварочных материалов, источников сварочного тока, режимов технологического процесса с учетом способа сварки.

Особое внимание уделено способам контроля качества сварных соединений, охране труда и защите окружающей среды.

Монография предназначена для инженерно-технических работников, специалистов сварочного производства, сварщиков, а также их подготовке к аттестации при допуске к работам при сооружении магистральных газопроводов.

Ил. 90; табл. 66; библи.: 100 назв.

ББК 39.76+34.641

УДК 622.691.4+621.791.317.5

ISBN 978-5-91718-213-1

© Д.Л. Поправка, 2012

© О.В. Хицов, 2012

© С.А. Штоколов, 2012

© ООО «Издательский

Дом – Юг», 2012

Содержание

Предисловие	9
Введение	10
Глава 1.	
Особенности развития и классификация трубопроводного транспорта	14
1.1 Особенности и проблемы развития трубопроводного транспорта	14
1.2 Общая характеристика трубопроводного транспорта нефти и газа	17
1.2.1 Состав сооружений магистральных нефтепроводов. Детали трубопроводов	18
1.2.2 Состав сооружений магистральных газопроводов. Детали трубопроводов	20
Глава 2.	
Анализ сварочных работ, выполняемых при строительстве магистральных газопроводов	22
2.1 Анализ сварки трубопроводов высокого давления из высокопрочных труб	22
2.2 Проблемы совершенствования технологии строительства магистрального трубопроводного транспорта	25
Глава 3.	
Влияние климатических условий на качество сварных соединений при сварке магистральных газопроводов	33
3.1 Влияние погодных условий на процесс сварки	33
3.2 Способы защиты металла сварочной ванны, переплавляемого дугой, от воздействия воздуха	39
Глава 4.	
Теоретические основы расчета параметров дуговой сварки в защитных газах и их смесях при выполнении работ на открытых площадках	43
4.1 Математическое моделирование сварочной дуги	43
4.1.1 Основные уравнения моделей сварочной дуги	44
4.1.2 Граничные условия уравнений моделей	47
4.1.3 Методы решения систем уравнений	49
4.2 Основные параметры, определяющие форму шва при дуговой сварке	51
Глава 5.	
Теоретические основы расчета параметров струи защитного газа при дуговой сварке на открытых площадках	57
5.1 Основные положения теории истечения защитного газа из сопла газовой горелки	57

5.2	Влияние электрода на структуру струи защитного газа	69
5.3	Методика расчета параметров струи и эффективность защиты сварочной ванны при сварке в защитных газах и их смесях плавящимся электродом	72
5.4	Методика расчета параметров струи и эффективность защиты сварочной ванны при сварке в защитных газах неплавящимся электродом	74
5.5	Влияние ветровых потоков на параметры струи защитного газа и температуру зоны сварки	75
5.6	Выбор рациональных режимов сварки в среде защитных газов при действии сносящих ветровых потоков	85
Глава 6.		
Требования к трубам и соединительным деталям		91
6.1	Общие требования	91
6.2	Требования к трубам	92
6.3	Требования к соединительным деталям	95
6.4	Характеристика свойств и определение сваримости материала для изготовления труб, применяемых при строительстве магистральных газопроводов	97
Глава 7.		
Выбор сварочных материалов, применяемых для сварки магистральных газопроводов и требования к ним		101
7.1	Общие требования	101
7.2	Требования к сварочным проволокам	102
7.3	Требования к защитным газам	106
7.4	Хранение и подготовка сварочных материалов	108
Глава 8.		
Требования к сварочному оборудованию		110
8.1	Требования к источникам сварочного тока	110
8.2	Требования к оборудованию для предварительного и сопутствующего (межслойного) подогрева и термической обработки	114
Глава 9.		
Технологические особенности дуговых способов сварки в защитных газах и их смесях, применяемых для сварки магистральных газопроводов		117
9.1	Особенности тепловых процессов сварки	117
9.2	Особенности металлургических процессов сварки	122
9.3	Способы сварки, применяемые при строительстве магистральных газопроводов	128
9.4	Подготовительные работы, сборка, сварка	129

9.5	Предварительный, сопутствующий (межслойный) подогрев	135
9.6	Механизированная сварка шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе	138
9.6.1	Особенности механизированной сварки корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе с применением источников сварочного тока инверторного типа	139
9.6.2	Особенности механизированной сварки корневого слоя шва проволокой сплошного сечения в углекислом газе с применением источников сварочного тока тиристорного типа	142
9.7	Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах	145
9.7.1	Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом «CRC-Evans AW»	149
9.7.2	Автоматическая двухсторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом «Autoweld»	152
9.8	Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах	154
9.8.1	Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом «Saturnax»	157
9.8.2	Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения в защитных газах сварочным комплексом CWS.02	160
9.8.3	Автоматическая односторонняя сварка проволокой сплошного сечения и порошковой проволокой в защитных газах сварочными головками M300-C (M 300)	164
9.9	Сварка специальных сварных соединений	171
9.9.1	Общие требования	171
9.9.2	Сварка разнотолщинных соединений труб	173
9.9.3	Сварка стыковых соединений захлестов, прямых вставок (катушек)	175
9.10	Сварка обвязочных газопроводов, узлов и оборудования	178

Глава 10.

Контроль качества сварных соединений при строительстве магистральных газопроводов	181
10.1 Квалификационные требования к лабораториям и специалистам, проводящим контроль качества сварных соединений	181

10.2	Сварочные дефекты и их влияние на несущую способность и работоспособность сварных конструкций	182
10.3	Классификация методов контроля	189
10.4	Методы, объемы неразрушающего контроля и нормы оценки качества сварных соединений	191
10.5	Порядок проведения визуального и измерительного контроля	198
10.5.1	Требования к приборам и инструментам для визуального и измерительного контроля	199
10.5.2	Требования к выполнению визуального и измерительного контроля	200
10.5.3	Параметры, подлежащие визуальному и измерительному контролю при подготовке свариваемых изделий под сварку	201
10.5.4	Параметры, подлежащие визуальному и измерительному контролю при сборке свариваемых изделий под сварку	201
10.5.5	Порядок выполнения визуального и измерительного контроля сварных соединений	203
10.5.6	Требования к размерам сварных швов	206
10.5.7	Требования при выполнении визуального и измерительного контроля ремонтных дефектных участков	208
10.6	Физические основы радиационных методов контроля сварных соединений	208
10.6.1	Порядок проведения радиографического контроля	211
10.6.2	Требования к средствам радиографического контроля	212
10.6.3	Требования к рентгеновским пленкам и усиливающим экранам	215
10.6.4	Определение чувствительности радиографического контроля	215
10.6.5	Маркировка сварных соединений при радиографическом контроле	216
10.6.6	Схемы просвечивания сварных соединений	216
10.6.7	Проведение радиографического контроля	222
10.6.8	Обработка пленок, расшифровка снимков и оценка качества сварного соединения	225
10.7	Физико-технические основы акустических методов контроля сварных соединений	226
10.7.1	Классификация методов контроля	230
10.7.2	Аппаратура и технология контроля	233
10.7.3	Порядок проведения ультразвукового контроля	238

10.7.4	Оформление результатов контроля	250
10.8	Капиллярные методы контроля	255
10.8.1	Требования к контролируемой поверхности	255
10.8.2	Требования к средствам контроля	256
10.8.3	Технология капиллярного контроля	257
10.9	Определение структуры и свойств конструкционных материалов	260
10.10	Конструктивные и технологические факторы качества сварки	264

Глава 11.

Методы управления качеством изделий и математическое моделирование оценки достоверности выявления дефектов сварных соединений неразрушающими методами контроля (НМК)

	266
11.1	Качество как объект управления	266
11.2	Методологические основы управления качеством изделий	270
11.3	Математическая модель оценки достоверности выявления дефектов в сварных соединениях неразрушающими методами контроля (НМК)	276

Глава 12.

Охрана труда и окружающей среды.

Требования промышленной и пожарной безопасности при проведении сварочных работ при строительстве магистральных газопроводов

	281
12.1	Общие требования	281
12.1.1	Инструктажи, проводящиеся перед допуском к самостоятельной работе	281
12.1.2	Инструктажи, проводящиеся в процессе трудовой деятельности	284
12.2	Опасные и вредные производственные факторы при дуговой сварке в среде защитных газов и их смесях	287
12.2.1	Перечень опасных и вредных производственных факторов, воздействующих на электросварщика в процессе работы при выполнении сварочных работ на автоматических и полуавтоматических сварочных машинах	289
12.3	Требования охраны труда в аварийных ситуациях	290
12.4	Охрана окружающей среды	291
12.5	Требования безопасной организации работ к производственным процессам	292
12.5.1	Требования к процессу сварки в защитных газах и их смесях	292

12.5.2	Требования к оборудованию для сварки в активных газах и смесях газов	293
12.5.3	Требования при работе с углекислым газом	294
12.5.4	Требования к оборудованию для сварки в инертных газах	295
12.5.5	Требования при работе с аргоном	296
12.5.6	Требования к хранению и эксплуатации газовых баллонов	296
12.6	Требования к электробезопасности	297
12.7	Режимы труда и отдыха	299
12.8	Требования к выбору и применению средств индивидуальной защиты (СИЗ)	299
Список литературы		302