

УДК 621.791.46
ББК 35.710.54
М74

Рецензенты:

В. В. Педдер, канд. техн. наук, профессор,
генеральный директор ООО НПП «Метромед»;

Н. Н. Данильцев, канд. техн. наук, доцент,
инженер 1-й категории ЗАО ЦТБид «Полисервис»

Мозговой, И. В.

М74 Сварка фторопласта-4 : монография / И. В. Мозговой, В. А. Соколов ;
Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2017. – 208 с. : ил.

ISBN 978-5-8149-2500-8

Рассмотрены вопросы, касающиеся теории и технологии сварки изделий из фторопласта-4 с использованием энергии силового ультразвука и теплового нагрева. Приведен новый способ комбинированного использования двух видов энергии, позволяющий получать качественные соединения практически не сваривающегося полимерного материала фторопласта-4. Описана промышленная технология сварки различных защитных оболочек и ёмкостей из плёночного фторопласта-4, фторопласта-4Д и др. Представлено сварочное оборудование комбинированного использования путём сочетания двух видов энергии тепла и ультразвука.

Адресована специалистам, исследователям, аспирантам и студентам, занимающимся вопросами сварки фторопласта-4.

УДК 621.791.46
ББК 35.710.54

*Печатается по решению научно-технического совета
Омского государственного технического университета.
Протокол № 4 от 18.04.2017 года.*

ISBN 978-5-8149-2500-8

© ОмГТУ, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	7
ВВЕДЕНИЕ	10
АННОТИРОВАННОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ МОНОГРАФИИ	14
1. ПРЕДПОСЫЛКИ К РАЗРАБОТКЕ ТЕРМОУЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ ФТОРОПЛАСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ	25
1.1. О применении фторопластовых материалов для защиты химической аппаратуры.....	26
1.2. Адгезионные способы получения соединений при изготовлении фторопластовой защиты.....	30
1.3. Анализ способов сварки фторопластовых материалов.....	32
1.4. Предпосылки применения ультразвука для сварки фторсодержащих полимеров	36
1.5. Цель и задачи исследований	41
Закключение по разделу 1.....	42
2. РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ТЕРМОУЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ ФТОРОСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕРОВ	43
2.1. Определение температурных зависимостей пластического состояния фторопласта-4	43
2.1.1. Определение характера распространения температурных полей во фторопласте-4 при его контактном нагреве.....	44
2.1.2. Исследование изменения пластических свойств материала в условиях сварки	52
2.2. Исследование характера распространения и действия ультразвука на фторопласт-4 при его сварке.....	56
2.2.1. Определение характера распространения ультразвука во фторопласте-4	57

2.2.2. Определение влияния температуры образца на распространение ультразвука во фторопласте-4	67
2.3. О роли ультразвука в образовании сварного соединения при сварке фторопласта-4	79
2.3.1. Влияние ультразвука на различных этапах процесса образования соединения.....	80
2.3.2. Рабочая гипотеза механизма образования сварного соединения при термоультразвуковой сварке фторопласта-4.....	85
Заключение по разделу 2.....	88
3. МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИ ТЕРМОУЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКЕ ФТОРОПЛАСТА-4	91
3.1. Влияние ультразвука на механические свойства материала сварного соединения	91
3.1.1. Методика выполнения экспериментов.....	92
3.1.2. Анализ результатов исследований.....	93
3.2. Исследование структурных изменений в зоне сварного шва фторопласта-4 под действием термоультразвуковой обработки.....	97
3.2.1. Определение влияния термоультразвуковой обработки на степень кристалличности полимера в зоне шва	97
3.2.2. Определение структурных изменений в полимере.....	103
3.2.3. Влияние термоультразвуковой обработки на молекулярную массу фторопласта-4.....	109
3.3. Влияние термоультразвуковой обработки на физико-химические свойства материала сварного шва	111
3.3.1. Определение влияния термоультразвуковой обработки на химическую стойкость шва.....	111

3.3.2. Определение изменений механических свойств сварных соединений и основного материала	115
3.4. Исследование влияния ультразвука на реологические процессы в зоне соединения.....	117
3.4.1. Определение характера течения полимера при термоультразвуковом воздействии	118
3.4.2. Определение условий контактирования на соединяемых поверхностях в условиях термоультразвуковой сварки.....	121
3.5. О механическом действии ультразвука при термоультразвуковой сварке	126
3.6. Анализ результатов исследований процесса термоультразвуковой сварки фторопласта-4	128
Заключение по разделу 3.....	132
4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМОУЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ФТОРОПЛАСТА-4	134
4.1. Технологические схемы процесса термоультразвуковой сварки изделий из фторопласта-4	134
4.1.1. Технологическая схема термоультразвуковой сварки проплавлением.....	135
4.1.2. Технологические схемы сварки с подводом ультразвуковых колебаний непосредственно к свариваемым поверхностям	137
4.2. Экспериментальное определение технологических параметров режима сварки.....	140
4.2.1. Обоснование выбора типа соединений для проведения технологических экспериментов	141
4.2.2. Описание методики технологических экспериментов	143
4.2.3. Определение оптимальных соотношений параметров режима сварки	145

4.3. Разработка методики расчетного определения основных параметров режима сварки	156
4.4. Примеры промышленного применения разработанного процесса сварки	160
4.4.1. Сварка защитной оболочки для трубопровода из пленочного фторопласта-4	160
4.4.2. Сварка трубопроводов из фторопласта-4	165
4.4.3. Сварка эластичных ёмкостей из пленочного фторопласта-4МБ	170
Заключение по разделу 4.....	172
5. РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕРМОУЛЬТРАЗВУКОВОЙ СВАРКИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ФТОРОПЛАСТА-4	174
5.1. Определение рациональной схемы совмещения нагревателей и ультразвуковых излучателей.....	174
5.2. Установка для сварки защитных оболочек из пленочного фторопласта-4.....	179
5.3. Установка для сварки встык трубопроводов	183
5.4. Установка для сварки эластичных емкостей из плёночного фторопласта-4МБ.....	185
5.5. Техничко-экономические показатели работы.....	187
Заключение по разделу 5.....	189
ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО МОНОГРАФИИ	190
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	193