

Министерство образования и науки России  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Казанский национальный исследовательский  
технологический университет»

В.И. Кимельблат, И.В. Волков , О.В.Стойнов

**СВАРКА ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ И ФИТИНГОВ  
С ЗАКЛАДНЫМИ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЯМИ**

Монография

Казань  
Издательство КНИТУ  
2013

Игорь Волков

**Сварка полимерных труб  
и фитингов с закладными  
электронагревателями**

«БИБКОМ»

2013

УДК 678.74.21:620.199:548.312.5  
ББК 34.64

**Волков И. В.**

Сварка полимерных труб и фитингов с закладными  
электронагревателями / И. В. Волков — «БИБКОМ», 2013

Рассмотрены научно-технические основы сравнительно нового метода электродиффузионной сварки, сфера применения которого постоянно расширяется. Развитие процесса внедрения сварки с закладными электронагревателями в России недостаточно обеспечено научно-технической и учебно-методической литературой, что приводит к снижению качества сварных соединений и дискредитации метода. Этот пробел предназначена заполнить настоящая монография.

УДК 678.74.21:620.199:548.312.5

ББК 34.64

© Волков И. В., 2013

© БИБКОМ, 2013

# Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	8
Конец ознакомительного фрагмента.	11

# **Волков И. В., Кимельблат В. И., Стоянов О. В. Сварка полимерных труб и фитингов с закладными электронагревателями**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Магистральное направление технического прогресса в области сооружения трубопроводных систем различного назначения связано с применением полимерных труб. Проблемы производства, обусловленные кризисом 2008 года уже ликвидированы. Глобальный объем применения полимерных труб в 2011 г. восстановил докризисный уровень и продолжает расти. Российский рынок полимерных труб развивается в количественном и качественном отношении. В 2011 освоено производство супербольших монолитных труб диаметром до 1600 мм. Появляются новые разновидности витых труб диаметром до 2400 мм и предизолированных гибких труб. На ближайшие 3-5 лет прогнозируется ежегодный прирост 10-15 % [1]. В России наибольшее распространение получили полиолефиновые, в первую очередь полиэтиленовые (ПЭ) и полипропиленовые (ПП), а также, в значительно меньших объемах, полибутеновые (ПБ) трубы.

Важным аспектом экономичности и функциональности трубопроводов является их надежность. Расчетный срок эксплуатации полимерных трубопроводов составляет много десятилетий, но надежность трубопроводных систем в первую очередь лимитируется качеством соединений.

Основным способом получения неразъемных соединений полиолефиновых труб является сварка.

При сооружении самых массовых полиэтиленовых трубопроводов наиболее экономична контактная сварка встык. При точном соблюдении нормативных технологических параметров сварки встык получают сварные соединения, превосходящие по прочности основной материал труб, а их долговечность определяется структурой полимеров и условиями эксплуатации. В ряде работ проведен достаточно детальный анализ факторов, влияющих на надежность стыковых соединений [2-4].

Сварка закладными электронагревателями (ЗН), называемая иначе: электросварка, электроимпульсная, электротермическая, электродиффузионная сварка, сварка электросплавлением и закладными электрическими нагревателями приобретает все больше сторонников. Анализ факторов, определяющих надежность сварных соединений с ЗН, слабо представлен в литературе.

Существенным недостатком электросварки считалась дороговизна фитингов. Однако сторонники сварки с ЗН логично отмечают, что цена фитингов незначительна, если соединению подлежат длиномерные трубы (длиной до нескольких сот метров) смотанные в бухты или на катушки. Кроме того, муфты удобны при сварке в стесненных условиях и при ремонте трубопроводов. В некоторых случаях, с помощью электромуфт возможна также сварка разнотолщинных деталей и заготовок из различных градаций полимеров, а также сшитого полиэтилена.

Фитинги с ЗН седельной конструкции нашли широкое применение взамен неравнопроходных тройников, в качестве врезок в действующие трубопроводы, в том числе под давлением, в качестве ремонтных пластырей и других назначений.

Следует отметить типичную ошибку многих дилеров фитингов с ЗН и сварочных машин. Иногда преимуществом метода сварки ЗН называют слабое влияние «человеческого фактора» на качество соединения. Однако этот довод не выдерживает строгой критики, как с теоретических позиций, так и с точки зрения производственной практики [5].

Технологический процесс сварки ЗН труб малых диаметров действительно производит впечатление несложного, хотя и требует скрупулезного соблюдения всех норм. Что же касается сварки труб средних и больших диаметров, то от исполнителя (сварщика-оператора сварочных машин) требуется не только строгое выполнение предписаний, но и достаточно сложные процедуры по подготовке деталей к сварке и оптимизация основных параметров сварки с участием специалистов (ИТР и контролера).

Автоматизация сварочных машин и компьютеризация протоколирования технологического процесса сварки не исключает полностью «человеческий фактор», особенно в части подготовки деталей к сварке, но, несомненно, поднимает технический уровень технологии сварки до предшествующих процессов получения и переработки полимеров.

Следует отметить, что существующая нормативно-техническая документация (НТД), в которой отражены вопросы сварки ЗН, содержит ряд положений, взятых из авторитетных зарубежных норм, но устаревших и не актуализированных с учетом новых больших размеров свариваемых изделий.

Некоторую неопределенность вносят нормы, удобные производителям труб и деталей, но снижающие эффективность контроля со стороны потребителей.

В результате недостаточного доверия практиков к таким нормам нередко наблюдаются многочисленные технологические импровизации, которые, как правило, снижают качество сварки. В результате народнохозяйственные затраты, понесенные на предыдущих стадиях производства, обесцениваются.

В связи со стремительным расширением производства и соответственно применения труб и деталей под электромужфтовую сварку, а также деталей с ЗН в России проблема повышения технического уровня в области сварки ЗН приобретает высокую степень актуальности.

Высокая аварийность трубопроводов, собранных с грубыми нарушениями технологии сварки ЗН, неизбежна. Аварии сварных соединений с ЗН тормозят внедрение этого метода в практику. Так после серьезной аварии муфтового соединения диаметром 800мм Мосводоканал в 2011 г. запретил применение подобных соединений на своих объектах.

Решающее влияние на качество сварных соединений оказывает организация контроля технологического процесса как важнейшего элемента технологии. Поскольку единственного и абсолютного метода контроля сварных соединений не существует, высокое качество соединений гарантирует многоступенчатая система превентивного, пооперационного контроля и проверки готовых соединений [6, 7].

Ниже принципы технологического контроля сварки ЗН будут подробно рассмотрены.

Настоящее издание не заменяет действующую нормативнотехническую документацию (НТД), а, дополняя ее, является попыткой решения проблемы повышения уровня технологии сварки на основании научно обоснованных представлений и анализа практического опыта, накопленного авторами.

Исходным материалом для настоящей книги являются расширенные и откорректированные издания [8,9], дополненные новыми разделами, расчетно-аналитическими данными и другой научнотехнической информацией.

Существенную помощь в составлении настоящей монографии оказали, Эдуард Краузе (SKZ Германия), Дмитрий Александров (ООО "Глинвед Раша").

### Библиографический список

1. Развитие рынка ПЭ труб и трубных марок ПЭ в 2011 году. Ожидания 2012. /Кирилл Трусов, Мария Кузовкова// Полимерные трубы № 1(35)/март 2012.– С. 28-30.
2. Влияние структуры полиолефинов на долговечность изготовленных из них труб и их сварных соединений / В.И. Кимельблат [и др.] // Долговечность и защита конструкций от коррозии строительство, реконструкция: матер. междунар. конф. – М., 1999. – С. 332-339.
3. Влияние качества сырья на эксплуатационные свойства ПЭ труб/ В.И. Кимельблат [и др.]//Пласт. массы. – 1988. –№ 2. – С. 52,53.
4. Влияние свойств полиэтилена низкого давления на долговечность сварных соединений / В.И. Кимельблат [и др.]//Механика композитных материалов. – 1996. –№ 6. –С. 842-847.
5. Кимельблат, В.И. Роль, место и обучение кадров в технологическом процессе применения полимерных труб / В.И. Кимельблат // Полимерные трубы. – 2008. –№ 4 (22). –С. 70-78.
6. СП 40-102-200 °Свод правил по проектированию и строительству. «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов».
7. СП 42-103-2003 Свод правил по проектированию и строительству. «Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов».
8. Электродиффузионная сварка труб и фитингов: учебное пособие/ В.И. Кимельблат, И.В. Волков; Федер. агентство по образованию, Казан. гос. технол. ун-т. – Казань: КГТУ, 2010. – 84 с.
9. Традиции и новации в электродиффузионной сварке/ В.И. Кимельблат, И.В. Волков, Н.В.Прокопьев; М-во образ. и науки, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: КНИТУ, 2011.-108 с.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

## Сварка пластмасс

Термин «сварка пластмасс» означает процесс получения неразъемных соединений деталей из термопластичных полимерных материалов. Для осуществления сварки полимерные детали разогреваются до температуры, обеспечивающей переход полимера в вязкотекучее состояние, и соединяются под определенным давлением.

Отличительная особенность сварки – возможность получения, в области соединения, материала наиболее близкого по составу и свойствам к основному материалу свариваемых изделий [1].

Естественно реологические процессы, протекающие при сварке, накладывают отпечаток на ориентацию макромолекул в области сварки и формирование надмолекулярных образований, однако химические свойства материала сварного соединения подобны свойствам основного материала.

Сварка не предусматривает целенаправленного проведения химических реакций. Однако при нагревании полимеров неизбежно ускоряются нежелательные химические реакции, в частности, термоокислительная деструкция полиолефинов, а также шивка характерная для полиэтиленов низкого давления, негативно влияющие на свойства сварных соединений [2].

Согласно общепринятым представлениям на качество сварных соединений влияет природа и характеристики свариваемых полимеров, конструкция соединения и технология его выполнения.

Основные технологии сварки различаются по способу нагревания соединяемых поверхностям, специфическим процедурам и основным параметрам сварки. Конструкция сварочных машин должна обеспечивать точное соблюдение норм сварки.

Независимо от технологических особенностей сварки для качества сварных соединений важны поверхностные явления между свариваемыми деталями, реологические процессы (вязко-упругие высокоэластические и пластические деформации, а также течение расплавов полимеров), кинетика диффузии макромолекул и их сегментов, ориентация макромолекул в области соединения и внутренние напряжения сварочного происхождения.

Все эти положения актуальны в отношении сварки закладными нагревателями (ЗН).

## Принципы сварки с ЗН

При сварке ЗН свариваемые поверхности соединяются внахлест. Источником тепла обычно является металлическая проволока с высоким сопротивлением, разогреваемая электрическим током. Проволока (ЗН) при изготовлении фитинга размещается на рабочей поверхности фитинга (рис 1.1).

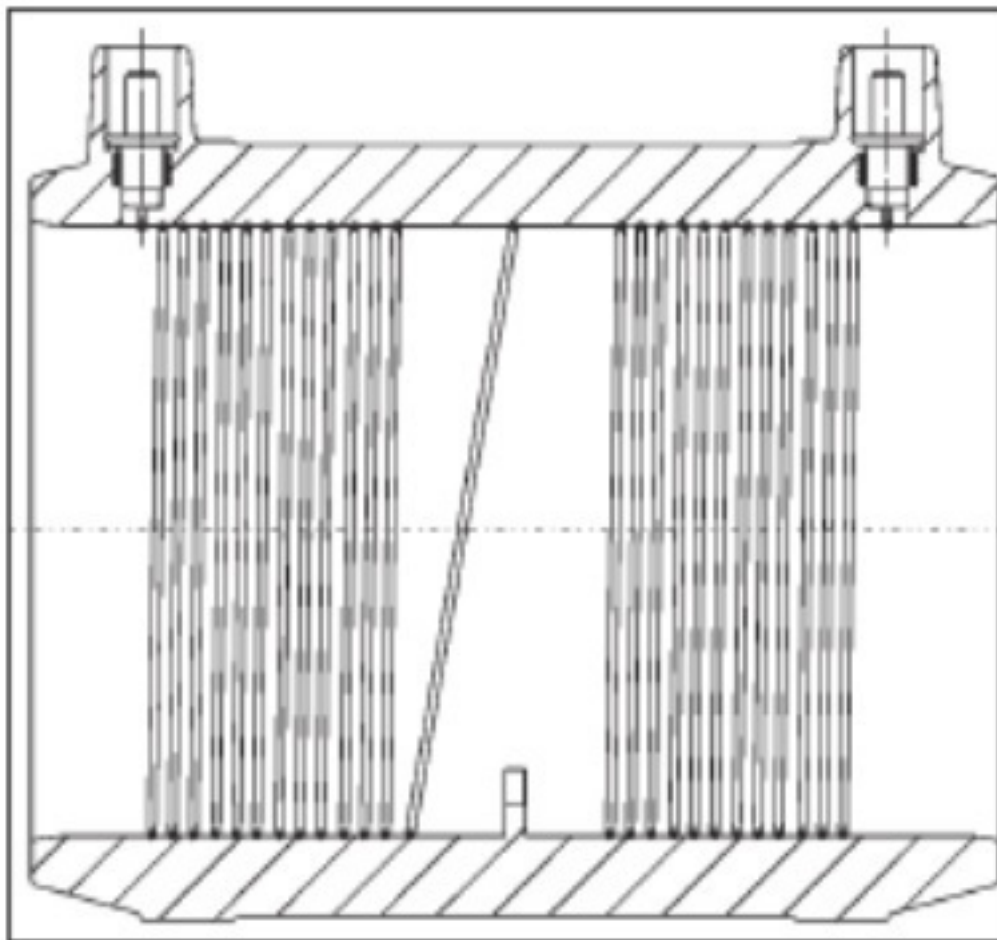


Рис. 1.1. Размещение проволоки в муфте

Известны попытки применить тепловыделяющие элементы из полимерных электропроводящих композиций, но они не получили широкого распространения.

Тепловая энергия распространяется в зоне сварки в течение всего периода сварки. При этом вначале плавится материал фитинга или раструба, а затем материал трубы. Такой механизм наиболее явно выражен для фитингов с закрытыми спиралями, утопленными в теле фитинга.

Если спирали расположены на поверхности детали, то разогрев свариваемых поверхностей начинается практически одновременно.

В пространстве между свариваемыми поверхностями образуется определенный объем расплава, который продолжает расширяться по мере роста температуры. Расширяясь, расплав вытекает из горячей зоны действия электроспиралей в холодную зону, где застывает в зазоре между свариваемыми деталями, образуя «пробку», препятствующую дальнейшему течению расплава. Дальнейший разогрев расплава приводит к образованию сварочного давления, обеспечивающего надежную сварку заготовок.

### **Материалы труб и фитингов**

Сварка ЗН чаще всего применяется для соединения заготовок из следующих материалов:  
–полиэтилен (ПЭ) низкого давления (высокой плотности, средней плотности) – РЕ-НД (ПЭНД);

– полиэтилен сшитый – РЕХ (ПЭС);

- статистический сополимер пропилена и этилена, – PP-RC (ПП-Р или ПП тип 3);
- полибутен – РВ (ПБ).

Полимерные трубы и фитинги с ЗН не разрешается изготавливать из базовых полимеров. Чистые, исходные, полимеры не обладают необходимым комплексом свойств, в частности стойкостью к термоокислительной деструкции, фотостарению и механодеструкции. Согласно действующим нормам, при производстве труб и соединительных деталей применяют только специальные композиционные материалы.

Композиция – это гомогенная гранулированная смесь базового полимера с добавками (антиоксиданты, пигменты и УФстабилизаторы и другие), вводимыми на стадии производства композиции (компаундирование) в концентрациях, необходимых для переработки материала и использования изделия. Важнейшей характеристикой трубной композиции является минимальная длительная прочность материала (Minimum required strength (MRS)). Соответствие MRS полимера нормам, гарантирует его эксплуатационные качества в части долговечности труб. MRS используется в расчетах рабочего давления в трубопроводе.

Фитинги с ЗН изготавливаются преимущественно методом литья под давлением, но из композиций экструзионного назначения.

Композиции полиолефинов отличаются хорошей *свариваемостью*, т.е. способностью образовывать сварные соединения необходимого качества в достаточно широком диапазоне технологических параметров сварки.

Молекулярная, макромолекулярная и надмолекулярная структуры полимеров оказывают настолько существенное влияние на свойства сварных соединений, что эффект структурных параметров может значительно превысить влияние технологических параметров сварки [2]. При экспертизе аварий трубопроводов анализ структуры полимеров часто бывает необходим [3].

Минимальные требования к материалам свариваемых деталей можно сформулировать так: одинаковая природа материала и близкие значения вязкости расплава полимера. В производственной практике вязкость оценивается по индексу текучести расплава (ИТР) в г/10 мин при фиксированной температуре и величине груза. Так для разных трубных марок полиэтиленов низкого давления (ПНД) диапазон ИТР составляет 0.2÷1.2 при 190°C и нагрузке 5 кгс [5].

При сварке ЗН эти положения претерпевают значительные изменения. В ряде случаев этим методом сваривают все трубные марки ПЭ (градаций ПЭ32-100), частично сшитые и даже сшитые полиэтилены – РЕХ [6]. Однако, чаще всего, практически сваривать детали не только из одинаковых материалов, но и из полимеров идентичных или близких градаций, например, полиэтилена с минимальной длительной прочностью *MRS* 8 МПа (ПЭ 80) и *MRS* 10 МПа (ПЭ 100).

Полипропиленовые фитинги с ЗН применяют для соединения изделий из этого же полимера. Сварка изделий из других полимеров (например ПВХ) полиэтиленовыми фитингами не допускается.

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.