

Соединение полимерных труб является завершающей и наиболее трудоемкой стадией всей технологической цепочки. Основным способом соединения полиэтиленовых труб как на российском рынке, так и в глобальном масштабе является сварка в ее различных формах и модификациях, в частности контактная сварка встык нагретым инструментом. Особое внимание к технике и технологии выполнения таких соединений обусловлено их исключительно важной ролью в обеспечении надежности полимерных трубопроводов

Владимир КИМЕЛЬБЛАТ,
д.т.н., профессор
кафедры ХТПЭ ФГБОУ
ВПО «Казанский
национальный
исследовательский
университет»

Рисунок 1. Экономичная машина для сварки укрупненных узлов методом раструбной сварки НИ



Сварка ПЭ-труб: тенденции развития

Принцип подготовки специалистов

Производители полимерных труб обособленно гордятся впечатляющими достижениями в освоении новых исходных материалов, конструкций, типоразмеров труб, а также устойчивым развитием рынка и отрасли [1, 2]. Вместе с тем объектом эксплуатации является трубопроводная система в целом, которая собирается посредством соединения отдельных труб и фитингов.

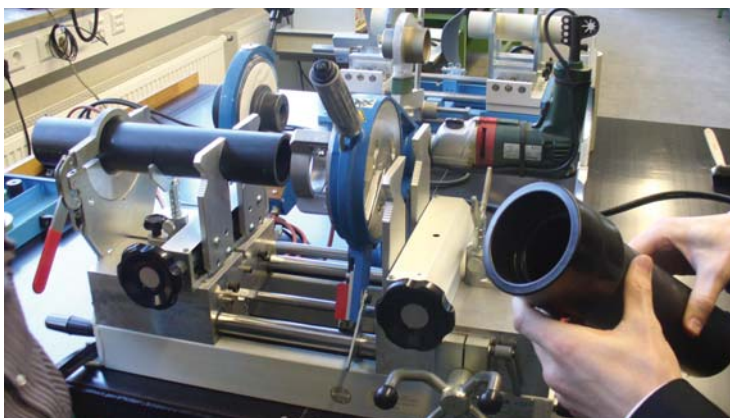
Принято считать, что качество сварных соединений, полученных нагретым инструментом (НИ), в первую очередь определяется квалификацией персонала: операторов сварочных машин, ИТР по надзору за строительством и технологов, регламентирующих конкретные процессы. Стремительный про-

гресс трубной отрасли обуславливает смену парадигмы образовательного процесса для специалистов, работающих в области применения полимерных труб.

Новая структура подготовки сварщиков предусматривает три ступени. Первая ступень нацелена на первичное обучение сварщиков, имеющих общетехническую подготовку. Методика обучения может носить чисто инструктивный характер и опираться на единственный норматив, устанавливающий единственную процедуру сварки, достаточно узкие пределы варьирования основных параметров и узкие границы применимости технологии. Область работы выпускников курсов первичного обучения должна быть ограничена сваркой труб диаметром не более 250-315 мм.

На второй ступени сварщики, ранее получившие первичную подготовку и накопившие опыт практической работы, могут пройти повышение квалификации по расширенной инструктивной программе и получить право сваривать трубы и фитинги диаметром до 630 мм и толщиной до 70 мм.

Для третьей ступени обучения сварщиков (специальная подготовка) отсутствуют научно обоснованные инструкции. Следовательно, сварщики должны приобрести расширенный теоретический багаж, новые конкретные практические умения и в некоторой степени креативные навыки. Поэтому подготовка на третьей ступени обучения



неизбежно должна носить конструктивный характер. При этом высококвалифицированные преподаватели должны донести до сварщиков актуальные положения специального полимерного материаловедения. Для самостоятельного решения профессиональных задач за типовыми границами применимости инструкций сварщикам нужны знания механики и реологии полимеров, теплотехники, химии термоокислительной деградации, физикохимии. Кроме того, необходимо научить курсантов применять теоретические положения на практике проведения сварочных работ. Для усвоения знаний понадобится хорошая общеинженерная подготовка.

Повышение квалификации сварщиков первого уровня для выполнения конкретных работ за границами применимости надежно обоснованных инструкций возможно в форме мастер-классов, проводимых признанными экспертами в области сварки. В процессе обучения проверяются первичные знания курсанта, его практическая подготовка. Затем проводится отладка технологии сварки. Выбирается подходящая процедура процесса, определяются оптимальные параметры сварки. После визуально-измерительного контроля и механических испытаний, подтверждающих правильность технологии, оформляется технологическая карта для выполнения конкретной работы.

Специальная подготовка необходима при выходе за пределы, допущенные международными и авторитетными национальными нормами, следующих факторов:

— реологические характеристики сырья, из которого изготовлены трубы;

- геометрические размеры свариваемых заготовок;
- условия сварки;
- процедура сварки и ее основные параметры;
- конструктивные особенности сварочного оборудования [3].

Таким образом, современные тенденции развития образования в области сварки полимерных труб тесно связаны с эволюцией соответствующей техники и технологий.

Принимая во внимание вышеизложенное, следует добавить, что в значительной мере качество выполнения сварочных работ определяется техническими характеристиками основного сварочного оборудования и оснастки, а также адекватностью технологического процесса особенностям труб и условиям сварки. Поэтому понимание современных тенденций развития техники и технологии сварки полиэтиленовых труб становится все более актуальным.

Виды оборудования

Техническое оснащение процесса сварки полимерных труб и фитингов с помощью НИ включает основные машины и вспомогательную оснастку. Сварочные машины состоят из центраторов, предназначенных для фиксации свариваемых заготовок и их перемещения с заданным усилием, для чего машины оснащаются гидравлическим, механическим, пневматическим или электрическим приводами и устройствами для силоизмерения. Машины комплектуются устройствами для зачистки свариваемых поверхностей и нагреваемым инструментом. Среди разнообразной вспомогательной оснастки выде-



maag pump systems	automatik pelletizing systems	maag filtration systems	maag industrial pumps
-----------------------------	---	-----------------------------------	---------------------------------

Automatik Plastic Machinery GmbH Ostring 19, 63762 Grossostheim, Germany • T. +49 6026 503 0
Dover Pump Solutions Group (Europe) GmbH Aspstrasse 12, 8154 Oberglatt, Switzerland • T. +41 44 278 8200

**Иновационные разработки.
Непревзойденное качество.
Высокая стабильная производительность.**

Компании Maag и Automatik поставляют для полимерной, химической и машиностроительной промышленности системные решения, отвечающие всем требованиям заказчиков. Благодаря нашим шестеренчатым насосам, фильтровальным установкам и гранулирующим системам наши заказчики получают заметное конкурентное преимущество и повышают рентабельность своего производства.

Мы можем оказать вам любую поддержку!

Automatik & Maag. Value built in.

PSG
PUMP SOLUTIONS GROUP
A DOVER COMPANY

www.maag.com
www.psgdover.com

InfoRussia@maag.com



Рисунок 2. Сварочная машина с высоким уровнем механизации

ляют роликовые опоры труб с постоянной или регулируемой высотой установки.

Важной тенденцией развития сварочной техники является дифференциация конструкций по показателям назначения. Различают жесткие четырехзажимные полевые машины, применяемые для сооружения протяженных трубопроводов; цеховые машины с поворотными зажимами для сварки таких фитингов, как отводы и тройники; сравнительно дешевые приспособления для сварки укрупненных узлов (рис. 1); облегченные, двух- или трехзажимные монтажные и ремонтные модификации машин для сварки НИ. Качество центровки свариваемых заготовок и некоторые другие параметры этих машин настолько различаются, что замена одного типа на другой недопустима по техническим соображениям.

Очевидной тенденцией развития сварочных машин является увеличение размеров свариваемых труб. В настоящее время машины для сварки труб диаметром до 1,6 тыс. мм изготавливают практически все крупные производители сварочной техники в Западной Европе, США, Турции и Китае. Наиболее амбициозные из них осваивают сварку прямых стыков монолитных и витых труб диаметром 2 тыс. мм и даже 2,6 тыс. мм с толщиной стенки, превышающей 100 мм. Освоено также промышленное производство машин для сварки НИ отводов и тройников диаметром 2,4 тыс. мм в цеховых условиях. Эта тенденция, несомненно, бу-

Рисунок 3. Применение сварочных машин с минимальной механизацией при сварке в стесненных условиях



дет сохраняться: размеры сварочных машин будут расти параллельно с освоением новых размеров труб.

На российском рынке хорошо представлены сварочные машины основных производителей. Вопрос выбора оборудования возникает перед производителями фитингов и сварщиками трубопроводных систем постоянно. Цены на машины значительны и у разных производителей и поставщиков могут различаться в 10-15 раз, что превращает выбор основного сварочного оборудования в серьезную проблему. Многие покупатели хотели бы довериться авторитету какого-либо зарекомендовавшего себя производителя. Тенденция глобализации экономики и международного разделения труда может лишить их этой возможности. Так, например, машина с лейблом уважаемой западноевропейской фирмы может быть изготовлена в Турции или в Китае и приобрести известные особенности, характерные для анонимной страны, являющейся фактическим производителем. Таким образом, обоснованный выбор сварочной техники может быть сделан, во-первых, на основе анализа нормативных требований на машины и, во-вторых, после тестирования на соответствие заданным требованиям.

Технический осмотр сварочных машин и вспомогательного оборудования состоит из следующих стадий:

- проводится техобслуживание машин согласно инструкциям по эксплуатации, проверяется их комплектность в соответствии с паспортом, а также комплектность вспомогательной оснастки;
- проверяется соответствие функциональных возможностей машин требованиям технологии в конкретных условиях путем пробной сварки труб минимального и максимального диаметров, предусмотренных инструкцией эксплуатации;
- для автоматизированных машин проверяют возможность программируемой оптимизации всех основных параметров сварки и составляют типовые программы для актуальных условий и марок полиэтилена с различными характеристиками.

Функциональные возможности машин могут быть проверены в период сварки допускных соединений. Проверка сварочного оборудования и технологического оборудования, находящегося на сервисном обслуживании, выполняется в соответствии с рекомендациями сервисного центра.

В завершение осмотра составляется «Заключение о техническом состоянии оборудования». Дата технического осмотра и его

результаты должны быть отражены в журнале производства работ.

Вопросы автоматизации

Сравнивая машины разных производителей, можно отметить тенденцию к повышению уровня механизации, автоматизации и компьютеризации. Впрочем, эта тенденция не является безальтернативной. Так, многие производители качественных машин предпочитают простейшие конфигурации своей техники, имея для этого серьезные основания. Изменение конфигурации влечет смену концепции конструирования, замену основного оборудования и технологической оснастки, а также критическое повышение себестоимости производства. В результате неизбежно падение продаж подорожавшего оборудования. В качестве компромиссного решения производители машин оснащают их блоками автоматизации с ЧПУ.

Эта позиция не противоречит международным и новейшим российским нормам. Основное требование, предъявляемое к сварочному оборудованию, — способность соблюдать правила технологии сварки. Конструкция техники должна соответствовать

размерам свариваемых трубных заготовок и условиям процесса. Наиболее авторитетными документами, на которые можно опираться при оценке сварочного оборудования, являются международный стандарт [4] и идентичные российские ГОСТы, в частности ГОСТ 12176-1-2011 [5]. Важные положения этого документа — представления о равноценности всех конфигураций сварочных машин, если они обеспечивают соблюдение технологических норм. Допускается применение следующих машин:

- с механическим приводом;
- с ручными насосами;
- полуавтоматических;
- полностью автоматизированных.

ГОСТ 12176-1-2011 устанавливает требования к времени удаления нагревателя, показателям жесткости центраторов, эксплуатационным характеристикам машин в целом и отдельных частей — торцевателей и нагревателей. Регламентированы также методы испытаний машин.

Одним из приоритетов в развитии полевого оборудования для сварки НИ производители называют повышение мобильности сварочных комплексов, созданных по



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕЦИКЛИНГА

ПЕРВЫЙ СРЕДИ ПОСТАВЩИКОВ МОЕЧНЫХ СИСТЕМ

sorema



УСТАНОВКИ ДЛЯ МОЙКИ БУТЫЛОК, ПЛЕНОК, ТЕРМОФОРМОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ, ЯЩИКОВ, ВОЛОКОН И ДРУГОЙ ПРОДУКЦИИ

Отдел зарубежных поставок:
+39-031-63491250 • www.sorema.it • sales@sorema.it

sorema®
PLASTICS RECYCLING SYSTEMS



принципу «все в одном». В этом случае на самоходное шасси размещают все элементы сварочных машин, включая автономный источник электроэнергии.

Тенденция максимальной механизации наиболее трудоемких подготовительных работ реализована на самоходных сварочных машинах на гусеничном шасси с гидравлическим приводом зажимов, а также гидравлическим приводом подачи торцевателя и нагревателя в зону сварки (рис. 2).

Производство подобного оборудования освоено некоторыми европейскими и китайскими производителями, но наибольшее распространение оно получило в США, где сварочные машины эксплуатируются в комплексе с механизированными системами подачи трубных заготовок. В результате системной механизации сварку даже самых больших труб может производить всего один сварщик. Вместе с тем при сварке в стесненных условиях выглядит вполне логичным применение машин упрощенной конструкции (рис. 3).

Некоторые производители сварочных машин, учитывая существование такого варианта технологии, как сварка при высоком давлении, выводят на рынок машины с увеличенным в несколько раз рабочим усилием смыкания. Впрочем, в России пока наиболее востребованной

является технология сварки НИ при низком давлении.

Совершенствуя и усложняя машины, практически все производители параллельно развивают производство бюджетных разновидностей сварочной техники, наиболее востребованных в России, за исключением самых богатых регионов. Выбирая относительно дешевые машины, покупатель должен провести особенно тщательную проверку адекватности их основных характеристик требованиям технологии.

Тенденция автоматизации и компьютеризации наиболее эффективно реализуется в цеховых машинах по производству сварных фитингов (рис. 4), поскольку в заводских условиях машины самой сложной конфигурации работают надежно, существенно повышая производительность труда.

Развитие технологии

В последние годы технология сварки НИ получила мощные импульсы к развитию.

Важными стимулами ее совершенствования являются появление сверхбольших труб и расширение ассортимента марок трубных полиэтиленов [6, 7]. Последняя причина побудила международную организацию по стандартизации ISO сделать попытку регламентировать сварку новейших марок ПЭ-100, учтя существование трех существенно различающихся процедур. В результате создан стандарт ISO 21307:2011 и соответствующий ему ГОСТ Р 55276-2012, содержащий дополнительную четвертую процедуру, полезную при сварке в неблагоприятных условиях. Эти документы дают сварщикам-технологам надлежащей квалификации возможность выбора подходящей процедуры и оптимальных параметров сварки.

В ГОСТ Р 55276-2012 установлена граница применимости стандартных технологий по толщине стенки — не более 70 мм. Для сварки более толстостенных труб технологам следует получать рекомендации производителей труб и техники и экспертов по сварке. Следует добавить, что указания авторитетного в Европе Немецкого общества сварки (Deutscher Verband fuer Schweissen, DVS) устанавливают дополнительные рамки в виде ограничений по показателю текучести расплава материала свариваемых труб и температуре окружающей среды во время сварки.

Следовательно, сварщикам необходимо четко понимать, что стандартные режимы, в том числе записанные в памяти автоматических машин, нуждаются в корректировках, если процесс осуществляется за пределами нормативных ограничений.

Рисунок 4. Цеховая сварочная машина с ЧПУ



Достоянием истории становятся многочисленные нормативные наработки прошлых лет, которые потеряли актуальность [8]. Эти соображения касаются также принципов и методов контроля процесса сварки и оценки качества сварных соединений, являющихся неотъемлемой частью технологии.

Контроль и оценка качества

Общепринятая система контроля процесса сварки полимерных труб включает 5 стадий. Все они должны проводиться с письменным документированием результатов.

На первой стадии выполняется входной контроль труб и фитингов. Развитие этой стадии связано с появлением труб новых конструкций, в частности многослойных труб. Вместе с тем многочисленные проблемы со сваркой некачественных и несовместимых труб [9] усиливают интерес сварщиков к входному контролю.

На второй стадии проверяется квалификация сварщиков с учетом изложенных выше новых тенденций к дифференциации подготовки.

На третьей — производится оценка пригодности сварочного оборудования для проведения предстоящих работ. Принципиальная новация этой стадии заключается во внедрении требований ГОСТ 12176-1-2011 [5].

Четвертая стадия — пооперационный контроль, который должен опираться на новые требования ГОСТ Р 55276-2012 в части выбора процедур и параметров сварки.

Пятая стадия — контроль сварных соединений. Эта стадия контроля включает неразрушающие методы и механические испытания. Следует отметить, что существующая глобальная и российская нормативная база в этой области претерпевает серьезные изменения, которые еще не завершены.

Можно отметить при этом, что приборные неразрушающие методы, такие как ультразвук и рентген, при оценке качества сварки НИ встык нормами ISO и DVS признаны неэффективными.

Проблемой неразрушающего визуального измерительного контроля (ВИК) стали вариации реологических (пластических и упругих) свойств расплавов разных марок трубных полимеров, а также вариации технологических параметров сварки, допускаемые ISO 21307:2011 и ГОСТ Р 55276-2012. Поэтому традиционный ВИК может использоваться только в узких границах применимости. Расширение границ необходимо экс-

периментально обосновать, установив при этом новые показатели ВИК.

Европейская практика механических испытаний при оценке сварных соединений предусматривает чаще всего параллельные испытания на растяжение и на изгиб. В России используется только растяжение, а испытание на изгиб только предстоит внедрять в практику контроля. Кроме того, необходимо гармонизировать по меньшей мере три процедуры испытаний на растяжение, отличающихся формой образцов, скоростью растяжения и оценочными параметрами. Эта задача должна быть решена на основании результатов трудоемких экспериментов, из которых наиболее сложными являются тестирование сварных соединений сверхбольших труб.

Из-за сложности контроля современная тенденция организации контроля сварки заключается в привлечении к этой работе специально подготовленных, высококвалифицированных экспертов, что находит отражение в действующих нормах. ■■

Литература

1. Трусов К.В. Обзор рынка ПЭ-труб РУБК // Материалы VII Международной конференции «Полимерные трубы и фитинги». — Москва, 2014.
2. Кимельблат В.И. Устойчивое развитие трубной отрасли // Пластикс. — 2013. — №10 (128). — С. 40-44.
3. Кимельблат В.И., Волков И.В. Гармонизация образовательной деятельности в области сварки полимерных труб с развитием материалов, техники и технологии // Вестник Казанского технологического университета. — 2014. — Т. 16. — №7. — С. 315-318.
4. ISO 12176-1:2006 «Plastics pipes and fittings — Equipment for fusion jointing polyethylene systems — Part 1: Butt fusion».
5. ГОСТ 12176-1-2011 Трубы и фитинги пластмассовые. Оборудование для сварки полиэтиленовых систем. Часть 1. Сварка нагретым инструментом встык.
6. Кимельблат В.И., Волков И.В., Глухов В.В. Оптимизация технологии контактной сварки встык. Учет свойств полимеров // Полимерные трубы. — 2010. — №2 (28). — С. 32-36.
7. Кимельблат В.И., Волков И.В., Чупрак А.И. Вариации реологических свойств как стимул оптимизации основных параметров сварки нагретым инструментом встык // Сварка и диагностика. — 2012. — №2. — С. 49-52.
8. Кимельблат В.И., Волков И.В. Проблемы нормативно-технической документации на контактную сварку полимерных труб встык // Сварка и диагностика. — 2011. — №1. — С. 58-61.
9. Кимельблат В.И. Актуальные положения экспертизы полиэтиленовых трубопроводов // Полимерные трубы. — 2006. — №1 (10). — С. 42-48.

PE pipes welding: development trends

Vladimir Kimelblat

The connecting of plastic pipes represents a final and the most demanding stage of the whole process chain. The most widespread method of PE pipes connection both in Russia and abroad is various variants of welding including the welding with pre-heated tool. The technique and technology of the process draw special attention due to importance of the connections which define the reliability of plastic pipelines.