

Потребность в сварке полимерных труб возникла одновременно с их появлением в начале прошлого столетия. Высокую актуальность сварка труб приобрела в промышленной практике в середине XX века, когда на мировом рынке появились полиэтиленовые трубы, а затем изделия из других полиолефинов, для соединения которых сварка оказалась оптимальной технологией



Сварка полимерных труб

Владимир КИМЕЛЬБЛАТ,
профессор,
директор ООО «ТЭП»



Рисунок 1. Монтажная машина УСПТЭП 225М



Рисунок 2. Полевая машина УСПТЭП 630



История вопроса

Освоение методов сварки полиэтилена в СССР в 50-70-е годы XX века проводилось в НИИ Сантехники, ВНИИСТ, НПО «Пластик» (ВНИИКТИПП), НИИМосстрой, ГипроНИИгаз и ряде других отраслевых организаций сектора энергетики, водного хозяйства и бальнеотехники. При этом был достигнут адекватный тому времени уровень технологических разработок, сварочной техники и нормативно-технической документации.

Проблемой того периода являлось отсутствие качественных отечественных трубных марок полиолефинов (трубы производились из ПЭНП или из гомополимера этилена высокой плотности), малые объемы производства и низкое качество полиолефиновых труб. В результате сварка труб имела статус экспериментальной и опытно-промышленной технологии. Большая часть таких экспериментов была успешной, и многие полиэтиленовые трубопроводы, сваренные в 50-70-е годы, эксплуатируются до настоящего времени.

К неудачам можно отнести опытную сеть (около 100 км) газопроводов в Саратовской области, собранную в конце 70-х годов с применением раструбной сварки формованных раструбов — тогда была выбрана неверная конструкция соединения. Эта сеть отличалась высокой аварийностью, что стимулировало бурную дискуссию специалистов, в том числе и в прессе, по вопросам надежности полимерных труб и их сварных соединений. Авария газопровода в Москве, обусловленная просадкой колодца, на много лет затор-

мозила применение полиэтиленовых труб в населенных пунктах.

Однако в 1981 году произошел качественный скачок в области производства и применения полимерных труб. Был пущен крупнейший в СССР Казанский трубный завод, параллельно в Казани и Буденновске осваивалось производство специальных трубных марок (сополимеров ПЭНД). В результате энтузиасты применения полимерных труб перешли от агитации к пропаганде, и полиэтиленовые трубопроводы постепенно превратились в обычные строительные объекты. Одновременно была организована казанская лаборатория НПО «Пластик» (ВНИИКТИПП), в функции которой входили научно-исследовательские разработки в области сварки полимерных труб и разнообразные формы помощи строителям в освоении современной технологии сварки, в частности, обучение сварщиков и специалистов. В период 1981-1992 годов с участием Казанской лаборатории техники и технологии применения полиэтиленовых труб был разработан комплект типовых нормативных документов по сварке трубопроводов различного назначения, проведены полевые испытания сварочных машин конструкции ИЭС им. Патона (диаметром до 1200 мм) в сравнении с образцами зарубежной техники (Messer Griesheim диаметром до 1200 мм и WH диаметром до 630 мм). Так накапливался опыт сварки труб, в том числе больших диаметров, в различных климатических зонах СССР, оборудованием, предназначенным для работы не только в цеху, но и в стесненных (рис. 1) и полевых (рис. 2) условиях.

Сварка полиэтиленовых труб явилась важным компонентом при выполнении ряда всесоюзных и региональных программ по внедрению полимерных труб и сварки трубопроводов в коммунальном, водохозяйственном и промышленном строительстве, в энергетике, на предприятиях химии, нефтехимии и нефтегазопромыслах. В 1985 году была начата реализация программы газификации сельской местности Татарстана (включающая прокладку ПЭ-трубопроводов), которая к настоящему времени в основном завершена.

Методы сварки

Из разнообразных методов сварки полимеров, известных специалистам, при строительстве трубопроводов наиболее широко применяется контактная сварка встык как основной, надежный и экономичный метод соединения труб различных диаметров в полевых условиях, на стройплощадках и в цеховых условиях, при изготовлении сварных фитингов (рис. 3) и укрупненных узлов.

Однако при стыковой сварке заготовок малых диаметров возникают проблемы центровки. Поэтому при сварке заготовок диаметром меньше 63 мм (ПЭ- и ПП-трубы и фитинги) обычно отдают предпочтение соединениям раструбной конструкции с применением литых фитингов. При раструбной сварке используют как контактный метод нагревания свариваемых деталей, так и сварку с закладными спиралями. Сфера применения электродиффузионной сварки с закладными спиралями постоянно расширяется, и ее разновидности рекомендованы для сварки труб больших диаметров. Фитинги с закладными нагревателями сравнительно дороги, поэтому особенно эффективны при соединении длинномерных труб муфтами и врезке в трубопроводы с помощью седелок (рис. 4).

Экструзионная сварка обычно применяется при изготовлении крупногабаритных и мелкосерийных деталей, изделий и укрупненных узлов сложной конструкции (рис. 5).

Фрикционная сварка не получила широкого применения при сварке труб, также как и радиационная (ИК-излучением). В отдельных специальных технологиях применяют раструбно-стыковые конструкции соединений. Газовая (прутковая) сварка, ввиду ее низкой прочности и еще более низкой надежности, имеет очень ограниченное применение при сварке полимерных труб. Многие другие методы сварки не выдержали конкуренции или не подтвердили своей ценности на практике.

Главные проблемы

Сварка полимерных труб часто является завершающим технологическим процессом переработки экструзионных марок полиолефинов (преимущественно полиэтиленов и полипропиленов в количестве нескольких миллионов тонн в год), а также некоторых других полимеров. Спецификой сварки является ее осуществление не только в цехах трубных заводов и заготовительных мастерских, но и на стройплощадках или в условиях сооружения протяженных трасс. Руководят сварочно-монтажными работами не переработчики пластмасс, а инженеры строительных специальностей. Строители лучше знакомы с основными положениями металловедения, чем с актуальными вопросами полимерного материаловедения. Часто близкое знакомство с полимерами начинается прямо на строительной площадке (рис. 6).

В процессе сварки полимеры разогреваются, переходят в вязко-текучее состояние, деформируются, приводятся в плотный контакт и затем охлаждаются. Поэтому технологический процесс сварки безусловно касается сферы материаловедения полимеров, где интегрируются положения ряда научных дисциплин: химии, физики, физикохимии полимеров, механики и реологии полимеров с общими технологическими принципами сборки узлов из отдельных деталей и достижениями электроники.

На результаты сварки влияют химическое строение звеньев макромолекул, мономерный состав полимеров, макромолекулярная структура (средняя молекулярная масса, молекулярно-массовое распределение, степень и тип разветвленности, наличие сшитых структур). Часто, особенно при чрезмерно высокой температуре свариваемых поверхностей, огромную роль играют изменения структуры полимеров в результате термоокислительной деструкции.

Группа параметров, влияющая на качество сварки, может контролироваться непосредственно в ее процессе. Это геометрия свариваемых деталей, качество подготовки поверхностей и основные параметры сварки (температура расплава, давление на поверхности сварки и длительность каждой стадии сварки).

При кажущейся простоте разнообразные технологические процессы сварки полимерных труб требуют очень серьезного отношения к соблюдению многочисленных норм технологического режима. Проблема контроля качества сварных соединений не имеет простых решений, поскольку не су-

Рисунок 3. Контактная сварка фитингов в трубозаготовительной мастерской



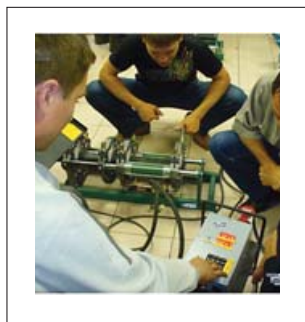
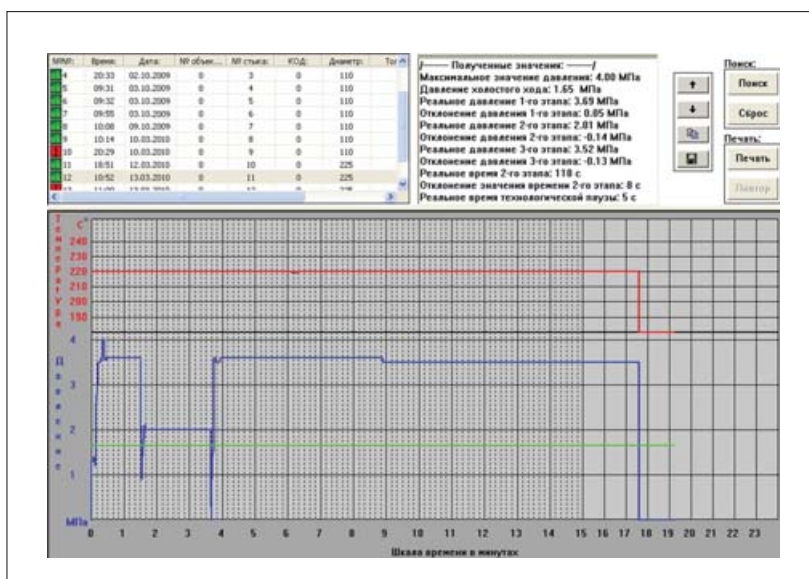
Рисунок 4. Врезка в действующий газопровод седелкой с закладными нагревателями



Рисунок 5. Оболочка предизолированного отвода сварена с применением экструзионной сварки



Рисунок 6. Полимерное материаловедение осваивается на трассе

Рисунок 7. Обучение сварщиков работе на компьютерном протоколлере КП-ТЭП

Рисунок 8. Интерфейс программы построения циклограмм сварки, полученной на протоколлере КП-ТЭП


существует абсолютного метода контроля, гарантирующего надежность соединений. Для практики рекомендован достаточно большой набор процедур превентивного, оперативного, постоперативного неразрушающего и разрушающего (выборочного) контроля, совместное применение которых обеспечивает низкую вероятность брака.

В рамках данной статьи нецелесообразно приводить достаточно объемные основные нормы сварки полимерных труб и системы контроля сварных соединений как неотъемлемой части технологии сварки. Вместе с тем противоречия в нормативно-технической документации (НТД) по сварке полимерных труб, ее несовершенство и неполная адекватность не позволяют автору сделать простую ссылку на «действующую НТД, утвержденную в установленном порядке».

Возвращаясь к истории сварки, можно отметить ОСТ 6-19-505-79, который, с изменениями от 1983 года, представлял собой хорошо продуманный документ, заслуживший доверие целого поколения специалистов. После косметических (непринципиальных) правок ОСТ 6-19-505-79 мог бы лечь в основу современных российских норм.

Другими полезными источниками могут стать некоторые современные международные и национальные нормы, но только после критического анализа и корректировки. При этом следует учитывать:

- погодно-климатические отличия большинства регионов России от сравнительно мягкого европейского климата, в особенности стран средиземноморского региона;
- серьезные отличия реологических свойств расплавов, упруго-деформационных свойств и стабилизирующих си-

стем российских полиолефинов трубных марок от зарубежных аналогов;

- качество сварочного оборудования, применяемого в России;
- недостаточно высокий в среднем уровень технологии, технической дисциплины, квалификации сварщиков и ИТР, сочетающийся с высоким уровнем творческой активности.

Основные параметры сварки полимерных труб должны определяться не изготовителями сварочных машин, а специалистами ведущих компаний — производителей полимеров, труб и фитингов, в полной мере владеющих информацией о поведении своих материалов при сварке, о кратковременной прочности, о показателях длительной прочности и надежности сварных соединений труб и фитингов в зависимости от всех факторов, влияющих на качество сварных соединений.

Не останавливаясь на многочисленных дискуссионных положениях существующей НТД, отметим наиболее очевидное недоразумение. В нормах на строительство полиэтиленовых газопроводов большое внимание уделяется ультразвуковому контролю (УЗК), который за два десятилетия активного внедрения при контроле сварки встык не получил ни теоретического обоснования, ни практического подтверждения своей эффективности. Можно добавить, что в зарубежной практике контроля сварки встык УЗК не нашел широкого применения. Будучи бесполезным, метод УЗК отвлекает от полезных оргтехмероприятий, направленных на повышение качества сварочных работ, и тем самым наносит значительный вред.

В течение трех десятилетий автор собирал и анализировал информацию о факторах, ограничивающих эксплуатационную надежность полимерных трубопроводных систем, и считает главной проблемой сварки полимерных труб недостаточный уровень теоретической и практической подготовки руководителей, специалистов и рабочих [1]. Соответственно, основным способом повышения технического уровня в области сварки полимерных труб и внедрения инноваций является образовательная деятельность [2].

Инновации

Принципиально новые и вместе с тем практически ценные идеи в области сварки полимерных труб пока не определились. Основные тенденции развития технологии сварки полимерных труб можно классифицировать по следующим направлениям.



Совершенствование характеристик трубных марок полимеров с учетом показателей свариваемости. Оптимизация сварки полимерных труб с учетом структуры и свойств разнообразных материалов свариваемых труб и деталей является актуальным направлением совершенствования технологии сварки, как это подробнее изложено в [3]. Развитие рынка полимерных материалов, труб и фитингов позволяет потребителям выработать свои предпочтения и стимулировать производителей к оптимизации показателей свариваемости.

Развитие образовательной деятельности в области сварки. Подготовка и обучение рабочих и специалистов в области сварки приобрели в последнее время значительный крен в сторону аттестации в ущерб профессиональной подготовке. Аттестация, являясь строго формализованной процедурой, несомненно полезна, но не может и не должна заменять профессиональную подготовку и тем более вытеснять обучение на обочину образовательного процесса. Актуальной новацией в подготовке кадров должна стать гармонизация обучения и аттестации. При этом содержательная часть аттестации сварки полимерных труб должна быть серьезно модернизирована, очищена от устаревших, противоречивых положений несовершенной НТД и многочисленных положений, относящихся к сварке металлов, но никак не связанных со сваркой полимерных труб.

Инновации в обучении и повышении квалификации сварщиков и специалистов связаны с активным использованием компьютерных обучающих программ и современных сварочных машин, снабженных

компьютерными протоколлерами, наполняющих учебный процесс новым содержанием (рис. 7, 8).

Развитие объектов сварки. Важным стимулом инноваций в сварке является развитие объектов сварки — труб и фитингов. На рынке уже присутствуют монолитные трубы диаметром до 2 тыс. мм, гофрированные и профилированные трубы больших диаметров, витые трубы диаметром до 5 тыс. мм. Специалистам хорошо известно, что по мере увеличения диаметра труб требования к уровню техники и технологии сварки растут в геометрической прогрессии.

Должна получить хорошо обоснованное решение проблема надежной сварки армированных и профилированных труб при строительстве напорных трубопроводов.

Инновации в технике и технологиях. Инновации в конструкции сварочной техники ведущих производителей нередко в последние годы сводятся к смене дизайна установки. При этом иногда теряется жесткость конструкции и способность к центровке труб.

Высокая степень автоматизации сварочных машин, безусловно полезная для цеховых машин, по мнению большинства специалистов, неэффективна в полевых условиях, не влияет на производительность сварки встык и качество сварных соединений.

Технически значимые новации связаны с развитием системы компьютерного протоколирования основных параметров сварки встык и электродиффузионной сварки. Автоматическое протоколирование является важной технической основой новаций в области объективного пооперационного контроля процессов сварки. III

Литература

1. Кимельблат В.И. Актуальные положения экспертизы полиэтиленовых трубопроводов. — «Полимерные трубы», №1 (10), 2006, с. 42-48.
2. Кимельблат В.И. Роль и место обучения кадров в технологическом процессе применения полимерных труб. — «Полимерные трубы», №4 (22), 2008, с. 70-78.
3. Кимельблат В.И., Волков И.В., Глухов В.В. Оптимизация технологии контактной сварки встык. Учет свойств полимеров. — «Полимерные трубы», №2 (28), 2010, с. 32-36.

Polymer pipes welding

Vladimir Kimelblat

The demand for polymer pipes welding occurred concurrently with their emerging. Pipes welding acquired high applicability in industrial practice in the middle of the past century when global market witnessed emerging of polyethylene pipes and products made of other polyolefins shortly after. The author considers modern pipe welding techniques and innovations in this field as well as technological and regulatory issues at the subindustry.



FERRARINI & BENELLI
Передовые технологии с 1965 года

КОРОННАЯ ОБРАБОТКА

Технические решения в области коронирования поверхностей

Устройства коронирования для различных применений: на экструзионные линии и конвертинговое оборудование для полимерных и металлизированных пленок; на линии нанесения покрытия на бумагу, алюминиевую фольгу и полимерные пленки; на оборудование флексографической и глубокой печати, ламинации; на машины для изготовления этикеток, печати на скотче и особых материалах. Ferrarini & Benelli – это решения для тех, кому необходимо надежное оборудование в работе.



Polimetal

Для проводящих и непроводящих пленок



Poliplast

Для полимерных пленок и бумаги



Rotary

Для полимерных пленок и вспененных материалов

Адрес завода: Via del Commercio, 22 - 26014 Romanengo (CR) Italy - Tel. +39 0373 729272 - Fax +39 0373 270131
Адрес в интернете: <http://www.ferben.com> - E-mail: info@ferben.com - Представитель Ferrarini & Benelli
в России: тел. +7 981 706 61 14 - E-mail: FerrariniBenelli@yandex.ru



Приглашаем вас посетить наш стенд G29
в павильоне 10 на выставке K-2010
в Дюссельдорфе 27 октября — 3 ноября