

Исследование стыковой сварки нагретым инструментом  
труб из полипропилена

В.А. Соколов, Л.А. Шестель, Ю.А. Саяпин, М.Ю. Филиппов  
*Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия*

Аннотация: Приведены особенности технологии стыковой сварки труб из современных марок полипропилена. Описан ход экспериментов по сварке. Их результаты и обсуждение результатов исследования и рекомендации по выполнению процессов сварки.

Ключевые слова: полипропилен, нагретый инструмент, режим сварки, механические испытания, прочность, удлинение.

Появление на рынке новых модификаций полипропилена, таких как блок-сополимер (PPB80), и в особенности статический сополимер пропилен с этиленом (торговая марка: рандом сополимер PPR80), существенно расширяет область применения полимеров этого класса. В частности, статический сополимер полипропилена в настоящее время успешно применяется для труб в системах внутреннего горячего и холодного водоснабжения, в системах канализации [1]. Высокая химическая стойкость и относительно высокая температурная стойкость, в последнее время привлекают к нему внимание заказчиков и производителей труб для нефте- и газодобычи.

При применении таких труб для внутреннего водоснабжения, где основным типом соединений являются муфтовые нахлесточные соединения, нет проблем с получением качественной сварки. При распространении же применения труб в область добычи нефти и газоконденсата, для которой характерны диаметры труб от 110 мм и выше, более целесообразными становятся стыковые соединения [2]. В действующей же нормативной документации рекомендации по выбору режимов стыковой сварки касаются лишь сварки полипропилена первого поколения (PPH100), свойства которого существенно отличаются от свойств данного полимера современных марок. Кроме того, рекомендации по режимам сварки в упомянутых нормативных документах обычно ограничиваются диаметрами 90 мм.

В связи с этим, на кафедре сварки ОмГТУ проведены исследования по определению оптимальных режимов их стыковой сварки. Эксперименты по сварке выполняли на отечественной установке ПСУ-225. В качестве образцов использовались отрезки трубы из полипропилена типа PPR80 (производство Корея), диаметром 225 мм, с толщиной стенки 21,5-22 мм.

Выбор интервалов экспериментальных значений параметров сварки осуществляли на основе анализа механических и теплофизических свойств полимера.

Температура плавления PPR80 составляет  $>146$  °С; предел текучести при растяжении: 22-23 МПа; теплопроводность: 0,23 Вт/(м·°С). Эти свойства, при-

близительно совпадают со свойствами отечественного полиэтилена низкого давления первого поколения типа ПЭ63. Значения тех же свойств, для него составляют соответственно: 137 °С, 20-23 МПа, и 0,38 Вт/(м·°С).

В связи с этим, интервал температур нагревателя в экспериментах был выбран в пределах от 200 до 260 °С; давление сварки от 0,15 до 2,5 МПа; время нагрева от 150 до 300 с. Выбранный интервал охватывает рекомендуемые параметры режимов сварки, как для ПЭ 63, так и для полипропилена первого поколения (РРН100) [3].

Для определения влияния каждого из параметров на свойства соединения, в процессе экспериментов сварку образцов выполняли, последовательно изменяя один из параметров режима, при фиксированных остальных параметрах режима.

Так, при постоянных значениях давления  $P=0,2$  МПа и времени нагрева  $t=200$  с, последовательно устанавливали температуру нагревателя: 200, 210, 220, 230, 240, 250 и 260 °С. Затем, при фиксированных значениях температуры нагревателя 220 °С и времени нагрева  $t=200$  с, меняли значение сварочного давления  $P=0,15; 0,2; 0,25; и 0,3$  МПа. Далее, при фиксированных значениях температуры нагревателя 220 °С и давлении  $P=0,2$  МПа, меняли продолжительность нагрева  $t=100; 150; 200; 250$  и 300 с.

На каждом режиме было сварено по три образца – катушки, после чего из каждой катушки вырезали по 5 образцов – лопаток, равномерно распределенных по окружности. Размеры образцов и условия испытаний соответствовали требованиям ГОСТ 11262-80. Грат с образцов – лопаток перед испытанием был удален.

Качество сварных швов оценивалось по принятой в системе газоснабжения методике [4]. В начале, качество сварного соединения оценивалось по внешнему виду, с измерением ширины и высоты грата, а также определением равномерности его распределения по окружности трубы и наличию, или отсутствию на поверхности пор. Далее образцы подвергались механическим испытаниям на растяжение. Сварной стык признается годным, если 80% образцов – лопаток из стыка (4 из 5), пластически деформируясь, достигают норматива относительно удлинения для материала трубы – 350 %. Остальные образцы, могут быть разрушены пластично по зоне сварного шва. При хрупком разрушении хотя бы одного образца бракуется весь стык.

Анализ результатов испытаний показал, что этим критериям соответствовали лишь образцы, сваренные с температурой сварки 220-240 °С, давлением нагрева 0,2-0,25 МПа и временем нагрева – 200-250 с.

При понижении температуры наблюдалось уменьшение процента годных стыков. Сначала, за счет увеличения числа образцов разрушающихся по зоне сварного шва, а при дальнейшем снижении температуры, за счет образцов, разрушившихся хрупко по стыку. Увеличение температуры выше оптимальных значений, в пределах интервала, выбранного в экспериментах, не вызывало заметного изменения механических свойств образцов. Однако на поверхности выведенного из зоны соединения грата было отмечено появление сначала отдельных, а затем и групповых скоплений пор, что свидетельствует о развитии про-

цессов активного окисления и деструкции материала. Такие изменения обычно приводят к снижению длительной прочности материала зоны шва, которые, отрицательно проявляются лишь в процессе эксплуатации трубопровода.

Подобным же образом влияет на качество соединений и длительность нагрева, с тем отличием, что снижение времени ниже 150 с, приводит к почти 100 %, хрупкому разрушению образцов, а увеличение свыше 250 с, приводит к увеличению грата выше нормативных значений, что свидетельствует об излишнем перегреве материала.

Изменение давления, в выбранном интервале, в меньшей степени оказывало влияние на качество сварного соединения. Однако и в этом случае было отмечено, что при давлениях меньше 0,2 МПа, возрастает число образцов, у которых начало деформации (образование шейки), приходится на зону сварного шва, что свидетельствует о снижении прочностных свойств материала шва. Увеличение же давления выше 0,25 МПа, приводит к увеличению числа образцов, с хрупким разрушением шва. Причиной такого явления, обычно является чрезмерная деформация слоев образца, прилегающих к расплавленному слою, выдавливаемому в процессе осадки.

Сравнивая в итоге полученные значения оптимальных параметров режима, со значениями режимов, рекомендуемых в нормативной документации, можно прийти к выводу, что режимы сварки труб PPR80, в основном, соответствуют режимам сварки, рекомендуемым отечественными нормативами для полиэтилена ПЭ63 [5]. Для нормальных температур окружающей среды (20 °С) эти значения составляют: температура нагревателя  $230 \pm 10$  °С; давление сварки  $0,2 + 0,05$  МПа. Время нагрева, и остальные параметры выбираются по таблицам в соответствии с толщиной стенки свариваемой трубы. В нашем случае оптимальное время нагрева составило  $200 + 50$  с.

#### Библиографический список

1. Бухин В. М. О проблемах обеспечения экологической безопасности сетей водоснабжения // Полимерные трубы. 2006. №2. С. 8-13.
2. Кузнецова О.В., Сергеев В.И., Калугина Е.В. [и др.] Полимерные газопроводы служат долго // Полимерные трубы. 2007. №4. С. 50-55.
3. Соколов В. А., Бондаренко Е. А. Сварка полиэтиленовых трубопроводов больших диаметров. // Омский научный вестник. 2011. №2 (100). С. 91-93.
4. Мирошниченко О. А., Соколов В. А. Сварка толстостенных газопроводов из полиэтилена // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность! 2013. №1. С. 92-94.
5. Ромейко В.С., Бухин В.Е. [и др.] Трубы и детали трубопроводов из полимерных материалов. М.: ТОО «Изд-во ВНИИМП», 2002. 132 с.