

МЕХАНИКА РАЗРУШЕНИЯ СТЫКОВЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА РАСТЯЖЕНИЕ СТАТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

М. А. Красников, Ю. В. Пожалов, ОИ «Омскгазтехнология»

В. А. Соколов, Омский государственный технический университет

Рассматриваемый вопрос касается установления необходимой достаточности требований при оценке качества стыковых сварных соединений полиэтиленовых труб, подхода к методам оценки качества при испытании на статическое растяжение, для чего необходимо установить, что является критерием качества: равнопрочность сварного соединения или прочность сварного шва.

Проблемам формирования, методам оценки качества механической прочности стыковых сварных соединений полиэтиленовых труб посвящено множество работ [1–5] и др. При этом некоторыми авторами высказывается мнение о весьма невысокой информативности таких испытаний, а следовательно, и низкой достоверности получаемых при этом оценок качества сварных соединений. Однако, учитывая тот общепризнанный в международной практике факт, что физические методы контроля сварных соединений пластмассовых трубопроводов неэффективны, механические испытания образцов на статическое растяжение являются пока основным и единственным оперативным методом оценки качества сварных соединений.

Известно, что полиэтилен обладает широким температурным интервалом вязкотекучего состояния, что позволяет даже при существенных нарушениях технологических параметров

режима сварки получать достаточно качественные сварные соединения.

Признаками удовлетворительного качества сварного шва при испытании на растяжение являются разрушение вне зоны сварки и пластичный характер разрушения (образование шейки).

При сварке полиэтилена зоны термического влияния как таковой, в отличие от металлов, нет, структуру сварного соединения составляют шов и деформированная структура прилегающих слоев. Главным в механике разрушения полимеров является разрыв химических связей макромолекул, при этом процесс пластической деформации сопровождается молекулярной ориентацией и упрочнением материала в зоне пластической деформации в несколько раз.

В настоящее время нормативными документами установлены методы оценки следующих сварных соединений:

– допускные стыки перед началом работы и контрольные сварные соединения на объекте строительства;

– при аттестационных испытаниях специалистов сварочного производства и технологии сварки;

– для оценки свариваемости материала полиэтиленовых труб.

Согласно [6, 7], регламентирующих в настоящее время требования к качеству сварных соединений при строительстве газопроводов из полиэтиленовых труб и аттестации специалистов сварочного производства,

критерием оценки качества сварного соединения, выполненного сваркой встык, является характер разрушения образцов, рассматриваются следующие типы разрушения сварных соединений:

– тип I – наблюдается после формирования «шейки» – типичного сужения площади поперечного сечения образца во время растяжения на одной из половин испытываемого образца. Разрушение наступает, как правило, не ранее чем при достижении относительного удлинения более 50 % и характеризует высокую пластичность. Линия разрыва проходит по основному материалу и **не пересекает плоскость сварки**;

– тип II – отмечается при достижении предела текучести в момент начала формирования «шейки». Разрушение наступает при небольших величинах относительного удлинения, как правило, не менее 20 % и не более 50 % и характеризует низкую пластичность. **Линия разрыва пересекает плоскость сварки, но носит вязкий характер**;

– тип III – происходит до достижения предела текучести и начала формирования «шейки». Разрушение наступает при удлинении образца, как правило, не более 20 % и характеризует хрупкое разрушение. **Линия разрыва проходит точно по плоскости сварки**.

Результаты испытания считаются положительными, если при испытании на осевое растяжение не

менее 80 % образцов имеют пластичный характер разрушения I типа. Остальные 20 % образцов могут иметь характер разрушения II типа. Разрушения III типа не допускаются.

Определение свариваемости полиэтиленовых труб [8] и стойкости к осевому растяжению сварного шва деталей с трубным концом [9] проводят на образцах: тип II ГОСТ 11262, тип В, С ГОСТ Р 52779, при этом образец испытывают до разрушения.

Результаты испытаний считают положительными, если:

- разрушение произошло вне сварного шва;
- тип разрушения по сварному шву пластический.

За отрицательный результат принимают хрупкое разрушение по сварному шву.

То есть нормы оценки качества сварки, предусмотренные документами на строительство газопроводов, оказываются более жесткими по сравнению с нормами, предусмотренными для оценки свариваемости материала трубы на заводах-изготовителях.

Из приведенного выше следует, что действующими строительными нормами, а также стандартами, устанавливающими требования к трубам и соединительным деталям с толщиной стенки до 10 мм; 25 мм и более (ГОСТ Р 52779, приложение Е), для сварных соединений критерием качества установлена равнопрочность сварного соединения материалу трубы, а для труб с толщиной стенки от 10 до 25 мм – прочность сварного шва.

Особо следует отметить, что во всех цитируемых нормативных документах указаний о подготовке образцов к испытаниям в части того, удалять или не удалять грат шва, нет.

При испытаниях на кратковременную прочность полимерных материалов качественным показателем принимается их пластичность, характеризующаяся значением относительного удлинения.

При испытаниях на растяжение сварных образцов с гратом разрушение образца происходит, как правило, по основному материалу непосредственно в околошовной зоне при наличии пластической деформации одной из половинок образца. При этом показатель «относительное удлинение» теряет смысл по причине неопределенности значения базовой и начальной длины образца [10–12], в связи с чем невозможно дать объективную оценку качеству шва [9].

Как показывает экспериментальный опыт, удаление грата перед испытанием образцов позволяет более достоверно оценить качество сварного шва, в том числе количественно оценить его пластичность, поскольку деформация распространяется через зону сплавления (шов) на всю базовую длину образца, и разрушение образца происходит по основному материалу вне рабочей части.

Характер деформирования образцов в процессе испытаний наглядно представлен графиками, зарегистрированными графопостроителем разрывной машины, в координатах «усилие–деформация» (см. рисунок).

На графиках следует отметить несколько характерных зон:

A – зона упругих деформаций, характеризуется относительным удлинением образца $\epsilon = 9–10\%$;

B – начало пластической деформации образца, характеризуется снижением нагрузки, на образце формируется «шейка» (утонение);

C – пластическая деформация образца без изменения нагрузки, характеризуется молекулярной ориен-

тацией и упрочнением материала образца;

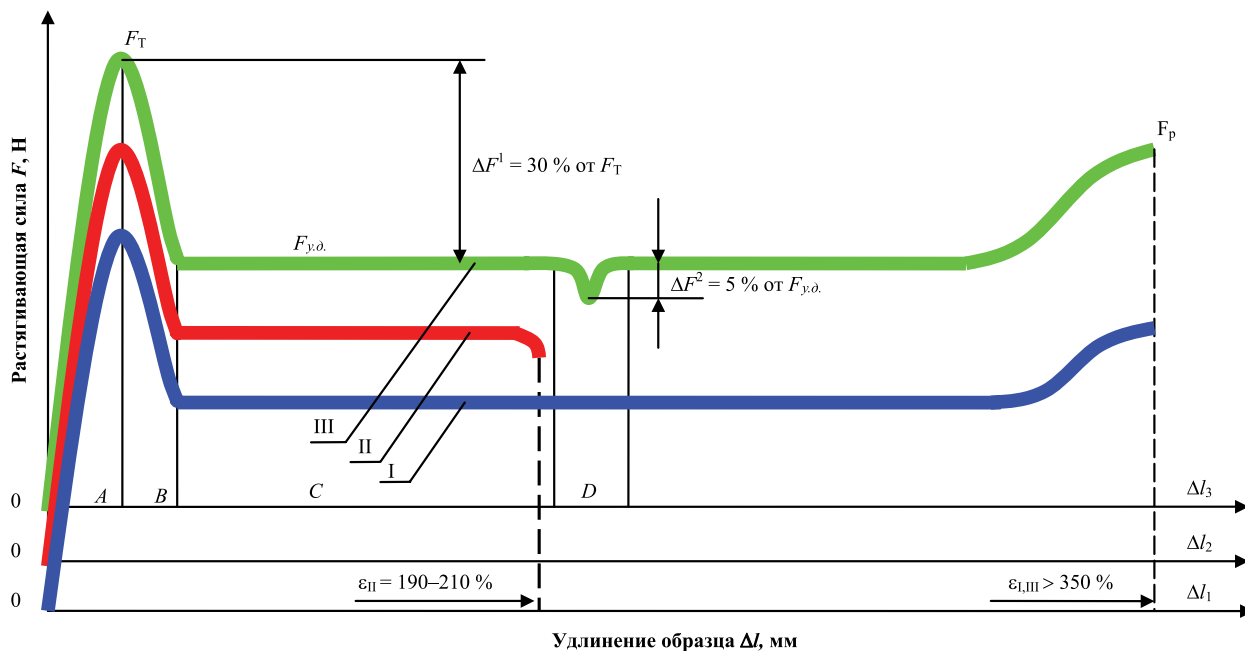
D – пластическая деформация околошовной зоны и зоны сплавления (шва), характеризуется снижением растягивающей нагрузки при распространении деформации через околошовную зону и зону сплавления на 5 % с последующим восстановлением нагрузки при распространении деформации через околошовную зону и другую половину образца; уменьшением площади сечения образца; увеличением относительного удлинения по сравнению с основным материалом на 7–10 %, что можно объяснить деформацией (удлинением) деформированных при сварке структурных образований (эффект возврата).

Разрушение качественно сваренных образцов без грата и образцов материала трубы происходит вне рабочей части образца, разрушение образцов с гратом – по основному материалу в околошовной зоне, и в том и в другом случае характер разрушения вязко-упругий.

Статистика результатов испытаний допускных и контрольных сварных соединений труб из полиэтилена различных марок показывает, что разрушение образцов в околошовной зоне происходит и на образцах без грата, т.е. деформация не распространяется через шов, разрушение носит вязко-упругий характер. В данном случае, как и для образцов с гратом, результат испытаний следует считать отрицательным.

Визуально с необходимой степенью достоверности оценить место разрушения – шов или подгратовая зона – из-за малой протяженности зоны сплавления (до 2 мм) объективно невозможно.

Наглядно и достоверно оценить и место деформации, и характер разрушения возможно только



Результаты испытания образцов на статическое растяжение: I – график деформирования образца основного материала; II – график деформирования сварного образца с гратом; III – график деформирования сварного образца без грата; ε – относительное удлинение, %; F_T – нагрузка при достижении предела текучести, Н; F_p – нагрузка при разрушении образца, Н; $F_{y.d.}$ – нагрузка при установившейся деформации, Н; ΔF^1 – снижение нагрузки от максимальной до нагрузки установившейся деформации, Н; ΔF^2 – снижение нагрузки при распространении деформации образца через зону сплавления, Н.

по графику зависимости «нагрузка–деформация».

Выводы

1. Оценку кратковременной прочности сварных соединений полиэтиленовых труб методом механических испытаний на растяжение необходимо проводить на образцах без грата с применением разрывных машин, укомплектованных графопостроителем.
2. Разработчикам нормативных [8, 9] и рекомендательных [6, 7] документов необходимо согласовать методы испытаний и критерии оценки качества сварных соединений полиэтиленовых труб.

Список литературы

1. Максименко В. Н. и др. Повышение усталостной прочности соединений труб из ПЭВП, выполненных сваркой оплавлением встык // Сварочное производство. – 1982, № 1.

2. Адаменко А. А., Кораб Г. Н., Тарногородский В. П. Повышение качества соединений пластмассовых труб, выполненных контактно-тепловой сваркой // Автоматическая сварка. – 1983, № 3.
3. Аксенова Г. В., Кашковская Е. А. Контроль качества сварных соединений труб из полиэтилена по характеру разрушения при осевом растяжении // Автоматическая сварка. – 1980, № 2.
4. Бартнев Г. М. Физика и механика полимеров. М.: Высшая школа, 1983.
5. Зайцев К. И. и др. Исследование процесса снятия грата при стыковой контактно-тепловой сварке пластмассовых труб // Сварочное производство. – 1982, № 1.
6. СП 42-103-2003 «Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов».

7. РД 03-495-02 «Технологический регламент проведения аттестации качества сварщиков и специалистов сварочного производства».
8. ГОСТ Р 50838-2009 «Трубы из полиэтилена для газопроводов. Технические условия».
9. ГОСТ Р 52779-2007 «Детали соединительные из полиэтилена для газопроводов. Общие технические условия».
10. ГОСТ 11262-80* «Пластмассы. Метод испытания на растяжение».
11. ГОСТ Р 53652.1-2009 «Трубы из термопластов. Метод определения свойств при растяжении. Часть 1. Общие требования».
12. ГОСТ Р 53652.3-2009 «Трубы из термопластов. Метод определения свойств при растяжении. Часть 3. Трубы из полиолефинов».