



К МЕТОДОЛОГИИ КОНТРОЛЯ СООТВЕТСТВИЯ НАЗНАЧЕНИЮ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ, ПОЛУЧЕННЫХ КОНТАКТНОЙ СВАРКОЙ ОПЛАВЛЕНИЕМ

Академик НАН Украины **С. И. КУЧУК-ЯЦЕНКО**, чл.-кор. НАН Украины **В. И. КИРЬЯН**,
Б. И. КАЗЫМОВ, канд. техн. наук (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины),
В. И. ХОМЕНКО, канд. техн. наук (ОАО «Стройтрансгаз», г. Москва, РФ)

Рассмотрены существующие требования к сварным кольцевым соединениям трубопроводов большого диаметра. Обобщены результаты экспериментальных исследований прочности и деформативности соединений, выполненных контактной сваркой оплавлением (КСО) на стандартных и крупномасштабных образцах. Показано, что для контроля соответствия назначению сварных соединений КСО необходимы разработка методики испытаний и нормирование требований к вязкости металла соединения с учетом специфических особенностей их формирования при КСО.

Ключевые слова: контактная сварка оплавлением, трубопровод, сварное соединение, дефекты, работоспособность, критерии контроля, крупномасштабные образцы, требования к свойствам, соответствие назначению

В связи с непрерывным совершенствованием технологии строительства магистральных трубопроводов, применением новых марок трубных сталей, использованием современных средств диагностики и контроля технические условия, регламентирующие требования к сварным соединениям, нуждаются в существенной переработке. Особенно это касается оценки качества кольцевых сварных соединений, выполняемых в монтажных условиях [1]. Методология оценки соответствия назначению соединений, полученных различными способами электродуговой сварки, достаточно подробно изложена в работах [2, 3]. Она создавалась с учетом технологических особенностей сварки и условий последующей эксплуатации металлоконструкций. Наряду с электродуговой сваркой при строительстве трубопроводов успешно применяется автоматическая контактная сварка оплавлением (КСО). Использование этого способа сварки весьма перспективно при строительстве новых трубопроводных систем. Соединения, полученные КСО, существенно отличаются от выполненных электродуговыми способами сварки как структурой металла, так и формой (рис. 1). Поэтому определение основных критериев, которыми необходимо руководствоваться при установлении требований к свойствам сварных соединений, полученных КСО, весьма важно для разработки соответствующих нормативных документов.

Настоящая работа посвящена анализу требований, предъявляемых к сварным соединениям, полученным электродуговыми способами сварки, и развитию на этой основе принципов и исходных

положений методологии контроля соответствия назначению соединений, выполненных КСО, с учетом специфических особенностей, присущих данному способу сварки в формировании шва. При этом будут рассмотрены требования к характеристикам сварных соединений, которые контролируются в процессе изготовления трубопроводов, для подтверждения гарантий их несущей способности. Среди них важное значение имеют следующие: механические свойства металла соединений, получаемые на образцах со снятым усилением заподлицо с основным материалом, такие, как прочность (временное сопротивление σ_B наиболее слабого участка) и деформативность (угол изгиба α); геометрические параметры формы сварного соединения, которыми определяется уровень концентрации напряжений α_σ в зоне соединения (ЗС); разнородность свойств металла соединения (твердость HV); работа, затрачиваемая на разрушение

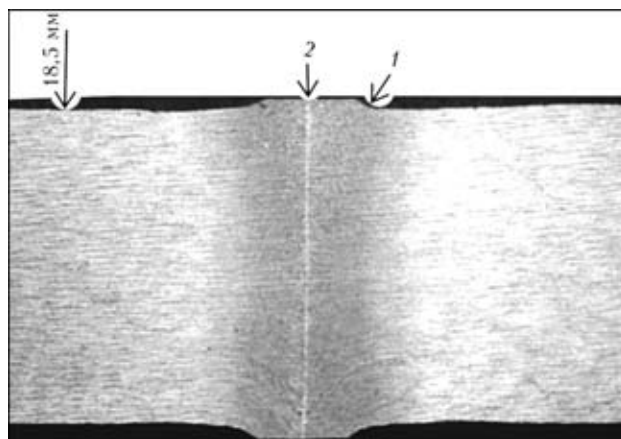


Рис. 1. Макрошлиф соединения, полученного КСО: 1 — место концентрации напряжений, обусловленное формой сварного соединения; 2 — ЗС



стандартных образцов сварных соединений (ударная вязкость *KCU* или *KCV*); допустимость и размеры наиболее вероятных дефектов, обнаруженных визуальным осмотром и методами неразрушающего контроля.

При сварке дугowymi способами такими дефектами являются подрезы, непровары, поры, неметаллические включения (шлаки), смещение кромок. В соответствии с нормативной документацией сварные соединения с указанными дефектами считаются пригодными к эксплуатации при условии, что их размеры не превышают допустимых. Кроме указанных дефектов, дугowymi способом сварки присущи также такие опасные повреждения, как трещины, которые образуются в результате возникновения в металле шва химической и физической неоднородностей. Появление первой связано с различной степенью растворимости химических элементов в зависимости от состояния металла (жидкое, твердое) и диффузионными процессами, протекающими при повышенной скорости охлаждения, а второй обусловлено возникновением вторичных границ, проходящих по участкам, где сосредоточены несовершенства кристаллических решеток [4].

Сварные соединения с трещинами независимо от расположения последних, их размера и ориентации к эксплуатации не допускаются. В то же время даже 100%-й неразрушающий контроль из-за его ограниченной разрешающей способности и субъективных факторов не может гарантировать отсутствия трещин. Исключение разрушений в данном случае обеспечивается достаточным запасом вязкости металла сварного соединения, что позволяет за счет пластической деформации в зонах концентраторов (включая трещины) снизить уровень напряжений без инициирования разрушения. В зависимости от условий эксплуатации (рабочие и остаточные напряжения, температура и др.), а также размера заданного наиболее вероятного (гипотетического) трещиноподобного дефекта устанавливается необходимый уровень вязкости металла с использованием широко известной концепции «соответствие назначению», основанной на подходах и критериях механики разрушения. Последние коррелируют с показателем ударной вязкости *KCV*, определяемом на стандартных образцах с острым надрезом [5].

Из изложенного выше очевидно, что методика испытаний по оценке вязкости металла сварного соединения и устанавливаемый ее нормативный уровень связывают с типами и размерами дефектов, присущих электродугowymi способам сварки. Такая же задача стоит сегодня применительно к сварным соединениям, полученным КСО.

КСО широко и успешно используют в различных отраслях промышленности, в том числе при строительстве магистральных трубо-

проводов [6–8]. Повышенный интерес к данному способу сварки объясняется сочетанием высокого и стабильного качества соединений, полученных КСО, их экономичности, а также высоких производительности сварочных работ и эксплуатационной надежности швов. Не останавливаясь на всех преимуществах этого весьма прогрессивного способа сварки кольцевых стыков магистральных трубопроводов, отметим те характерные особенности, которые связаны с несущей способностью таких соединений.

Главная из них состоит в том, что десятки тысяч километров различных трубопроводов, в том числе мощных магистральных газопроводов диаметром 1420 мм, безаварийно эксплуатируются в течение более 30 лет в различных регионах СНГ со сложными природными и климатическими условиями (например, заполярные районы Западной Сибири и пустыни Туркмении). Уже сам по себе этот факт может служить показателем их прочности и долговечности. Это подтверждено также исследованиями, проведенными в ИЭС им. Е. О. Патона. Исследовали крупномасштабные образцы, которые вырезали из труб (вдоль образующей) отечественного производства (Харьковский трубный завод) и импортной поставки (фирмы Германии, Японии, Италии). Трубы из низкоуглеродистых низколегированных сталей класса прочности X60...X70 имели наружный диаметр 1420 мм и толщину стенки 14,7...20,0 мм. Их кольцевые стыки выполняли на режимах сварки, применяемых при строительстве трубопроводов [9]. Сегментные образцы шириной от 160 до 500 мм со снятым гратом в соответствии с нормативной документацией (усиление не более 3 мм) или заподлицо с основным металлом испытывали в условиях растяжения на разрывных машинах с усилием 3000 и 8000 кН в широком температурном диапазоне (–60...+20 °С). Все образцы сварных соединений, полученных на оптимальном режиме, гарантирующем их качество, разрушались по основному металлу (ОМ). Результаты испытаний стандартных образцов, вырезанных из качественных сварных соединений со снятым гратом заподлицо с ОМ, также подтверждают их соответствие требованиям нормативной документации по прочности и деформативности [10, 11]. Разрушение гладких образцов при испытании на растяжение происходило вне ЗС при напряжении не ниже нормативного значения временного сопротивления металла трубы (рис. 2, а). Угол изгиба на каждом образце существенно превышал заданное среднеарифметическое значение 70° (рис. 2, б). Большинство образцов изгибались до 180° без образования трещины в металле сварного соединения.

Известно, что на прочность сварных соединений существенное влияние оказывают концент-

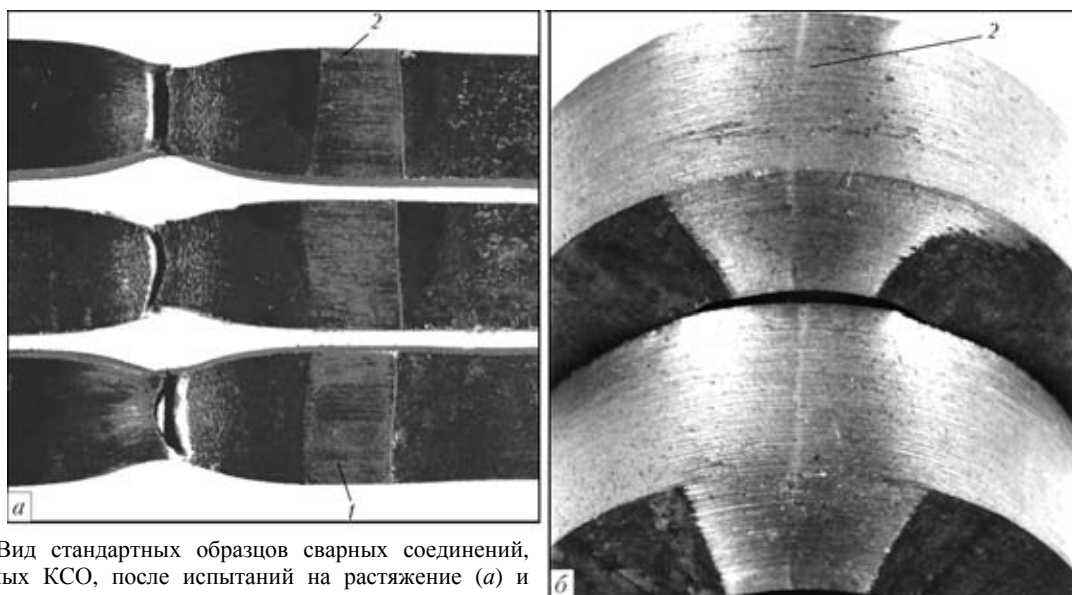


Рис. 2. Вид стандартных образцов сварных соединений, полученных КСО, после испытаний на растяжение (а) и изгиб (б): 1 — участок со снятым гратом; 2 — ЗС

раторы напряжений. Кроме того, при наличии дефектов может проявляться отрицательный эффект растягивающих остаточных напряжений, а также структурная и механическая неоднородность металла соединения. С этой позиции рассмотрим сварные соединения, полученные КСО.

Геометрия сварного соединения, выполненного КСО, после снятия грата с двух его сторон показана на рис. 1. Проведенные расчеты по результатам измерения профиля соединения показали, что создаваемая им концентрация напряжений стабильно низкая. Среднее значение коэффициента концентрации напряжений $\alpha_{\sigma} \leq 1,1$, а диапазон изменения 1,05...1,13. Весьма существенным моментом в плане работоспособности сварных соединений является несовпадение места расположения концентратора напряжений и ЗС, что имеет место, например, при электродуговых способах сварки (рис. 3). В последнем случае зона сплавления за счет пониженного сопротивления зарождению разрушения получила в литературе название «локальная хрупкая зона». Применительно к сварным стыковым соединениям с такой зоной при двухсторонней электродуговой сварке под флюсом трубных сталей контролируемой прокатки потребовалось разработать методологию оценки соответствия их целевому назначению и нормирование требований к вязкости разрушения [12]. В связи с этим ЗС при КСО также уделяется особое внимание. Результаты исследований металла ЗС качественных соединений показали, что он имеет меньшее в сопоставлении с металлом труб содержание углерода [13, 14] и более низкую твердость по сравнению с близлежащими участками зоны термомеханического влияния (ЗТМВ) [7, 15], что обуславливает некоторое увеличение пластичности металла в ЗС (рис. 4). Кроме этого, в ЗС отсутствуют микро- и макродефекты и она

имеет общие зерна с основным металлом труб. Все это указывает на то, что ЗС не может являться местом начала разрушения сварного соединения. В случае принудительного инициирования разрушения по ЗС при испытании стандартных образцов с искусственным концентратором трещины чаще всего уходят в более хрупкую ЗТМВ, где сопротивление разрушению ниже по сравнению с ЗС. Фрактографические исследования показали, что при разрушении по ЗС на поверхности изломов имеют место микроучастки, по виду близкие к вязкому разрушению (рис. 5, а). Вид поверхности изломов ЗТМВ типичный для хрупкого разрушения (рис. 5, б).

Однако ЗТМВ так же, как и ЗС, не является местом инициирования разрушения, поскольку в ней не образуются трещины и другие дефекты, характерные для электродуговых способов сварки. Обуславливается это особенностями формирования сварного соединения, в котором отсутствует литой металл.

Приведенные результаты испытаний позволяют утверждать, что сварные соединения, полученные КСО на оптимальном режиме, являются практически бездефектными. Кроме того, благодаря одновременному образованию соединения по всему периметру трубы в ЗС формируются остаточные напряжения незначительного уровня.

Здесь важно остановиться на системе обеспечения высокого и стабильного качества сварных соединений, полученных КСО. В первую очередь это современный уровень развития указанного способа сварки и оборудования для его реализации, созданного на базе последних достижений науки и техники. Отсутствие необходимости применения сварочных материалов устраняет важный фактор, от которого существенно зависят свойства соединения. Процесс сварки стыка, который длится не-

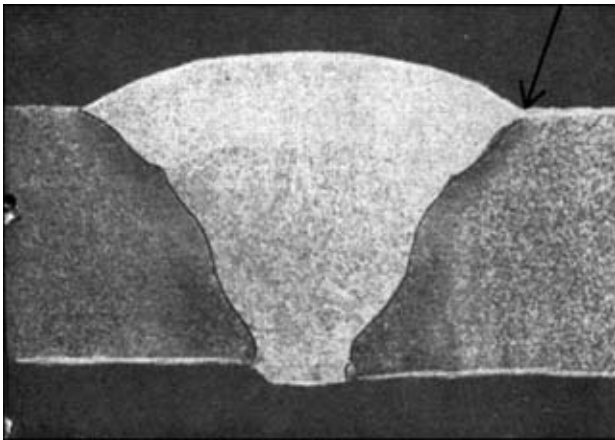


Рис. 3. Макрошлиф кольцевого сварного соединения, полученного ручной электродуговой сваркой: стрелкой показано место расположения концентратора напряжений, совпадающее с ЗС

прерывно 60...180 с, выполняется в автоматическом режиме по заданной программе без вмешательства сварщика-оператора, что исключает влияние субъективного фактора на качество соединения. После выполнения на подготовительном этапе всех необходимых условий для получения качественного соединения наступает завершающий этап — образование сварного соединения одновременно по всему сечению свариваемых торцов. При этом для каждого стыка на протяжении всего процесса сварки компьютеризированной системой регистрируются все основные параметры режима (ток и напряжение, время и длина перемещения подвижной части сварочной машины, по которым рассчитываются скорость оплавления, форсировки и осадки). На основе анализа их изменения в сопоставлении с качеством полученных соединений установлены оптимальные условия образования надежных сварных соединений. Отклонение в процессе сварки какого-либо параметра от заданного значения фиксируется системой контроля параметров режима сварки. Полученная информация обрабатывается, после чего подается команда на прек-

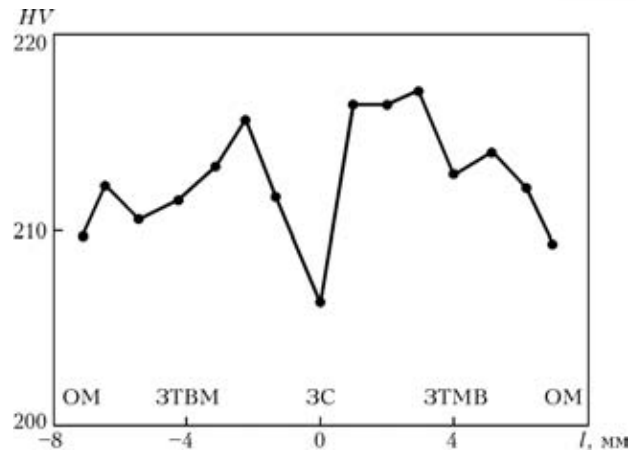


Рис. 4. Распределение микротвердости HV в металле сварного соединения в зависимости от его удаленности l от ЗС

ращение сварки, если нарушение произошло на подготовительном этапе процесса, или на отбраковку стыка, если нарушение имело место на этапе образования соединения.

Как показали исследования стыков, выполненных в условиях трассы, и многолетний опыт эксплуатации, соответствие параметров режима сварки нормативным значениям гарантирует необходимое качество сварных соединений и их высокую работоспособность. В таких соединениях могут возникать только локальные скопления неметаллических включений на отдельных участках ЗС, имеющие максимальную площадь до 20...30 мм² (в ряде работ такие участки называют матовыми пятнами (МП) [15]). На поверхности разрушения они видны визуально, поскольку отличаются от общего фона кристаллического излома (рис. б). Для МП характерным является микроструктурная неоднородность. При увеличении обнаруживаются участки разрушенного металла ЗС и равномерно распределенные неметаллические включения, расположенные по всей площади МП. Неметаллические включения представляют собой сегрегационные включения или раздробленные в процессе осадки тонкие (менее 50 мкм) оксидные пленки. Строение этих двух

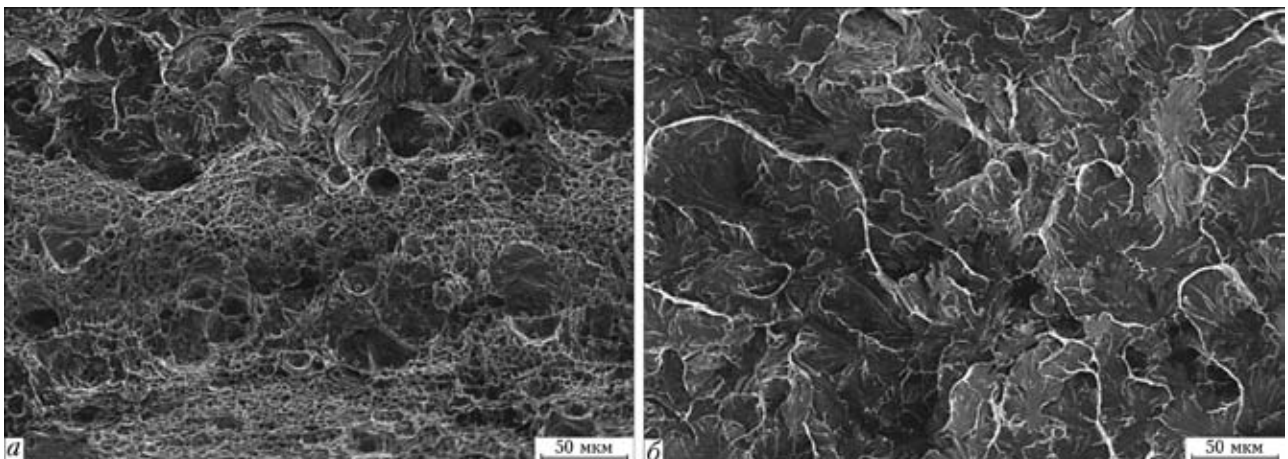


Рис. 5. Фрактограммы поверхности изломов при развитии трещины в ЗС (а) и ЗТМВ (б)



разновидностей неметаллических включений на поверхности изломов практически идентично. Причины их появления и механизм образования подробно рассмотрены в работах [16, 17].

Для оценки влияния неметаллических включений на работоспособность сварных соединений при температуре $-60...+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ испытывали крупномасштабные образцы. В одной серии образцов были низкие остаточные напряжения ($\sigma_{\text{ост}} = 0,2...0,3\sigma_{0,2}$), которые обычно имеют место при КСО труб, во второй значения $\sigma_{\text{ост}}$ приближались по уровню к $\sigma_{0,2}$. Эти остаточные напряжения создавались в образцах вследствие нанесения на их поверхность (с двух сторон) продольных наплавов с разрывом примерно 50...60 мм в зоне поперечного стыка. Исследования показали, что МП, специально созданные в ЗС некоторым отклонением параметров режима сварки от нормативных значений, даже большие по площади (суммарно до 30...40 % поверхности разрушения) не влияют на статическую прочность соединений. Поэтому МП считаются не дефектами, а структурной неоднородностью металла ЗС.

При недопустимых отклонениях значений отдельных параметров режима сварки в ЗС могут появляться непровары в виде незакрывшихся кратеров (НК) или раздробленных оксидных пленок (РОП) толщиной до 100 мкм. НК представляют собой небольшие участки несплошности диаметром до 5 мм, которые образуются в ЗС при недостаточном припуске на осадку. Их влияние на работоспособность соединений рассматривалось в работе [18].

Когда создаются условия для взаимодействия металла, нагретого до температуры, близкой к температуре плавления, с кислородом воздуха, в ЗС даже при оптимальной осадке образуются РОП, которые по составу практически не отличаются от неметаллических включений в МП, но имеют не только большую толщину, но и площадь. Такие фрагменты РОП видны на поверхности изломов невооруженным глазом. В местах разрыва пленок между свариваемыми кромками образуется металлическая связь (т. е. РОП являются дефектом с частичным свариванием), обусловленная наличием в РОП значительного содержания низших оксидов типа MeO (FeO, MnO), которые имеют одинаковые по строению и близкие по размерам кристаллические решетки с α -железом [17].

Влияние рассмотренных дефектов на прочность сварных соединений труб оценивали по результатам испытаний нескольких партий крупномасштабных образцов таких же размеров, как и у исследуемых качественных соединений. Разница состояла только в том, что их сварку осуществляли на специально отработанных режимах

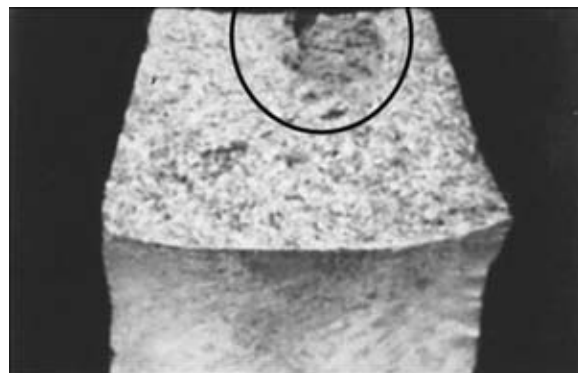


Рис. 6. Матовые пятна на поверхности разрушения (очерченная область)

с преднамеренно грубыми нарушениями технологии для образования в ЗС дефектов рассмотренных типов. О чувствительности сварных соединений к тому или иному дефекту судили по отношению номинальных разрушающих напряжений к нормативному значению предела текучести $\sigma_{0,2}$ ОМ. Результаты этих исследований в диапазоне естественных климатических температур, включая $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, приведены на рис. 7.

Наличие РОП при низких температурах приводит к некоторому снижению сопротивления разрушению дефектных участков шва. Так, при температуре $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ критическое значение суммарной площади РОП в шве, устанавливаемое исходя из условия $\sigma_p = \sigma_{0,2}$ (здесь σ_p — разрушающие напряжения), составляет примерно 180 мм^2 (сплошная кривая 1 на рис. 7).

Как показали результаты испытаний образцов при температурах -60 и $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ со смещением свариваемых кромок, допустимым является смещение до 25 % толщины стенки трубы [18]. Сочетание смещения кромок и РОП усиливает их влияние. При температуре $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ и максимально допустимом смещении кромок (25 %) суммарное критическое значение площади РОП снижается до 70 мм^2 (сплошная кривая 2 на рис. 7). С повышением температуры критическое значение суммарной площади РОП в сварных соединениях без смещения и со смещением кромок увеличивается (см. штрихпунктирные кривые соответственно 1 и 2 на рис. 7). По степени влияния на прочность сварных соединений, полученных КСО, дефекты типа РОП в сочетании со смещением кромок идентичны НК (см. сплошные кривые соответственно 2 и 3 на рис. 7).

Принципиальным в плане обеспечения работоспособности сварных соединений является то, что установленные размеры недопустимых дефектов, типичных для соединений, полученных КСО при нарушении режима сварки, можно гарантированно выявить методами неразрушающего контроля. Наиболее эффективным из них является ультразвуковой контроль [19–21], который дает возможность с достаточной достоверностью выявлять

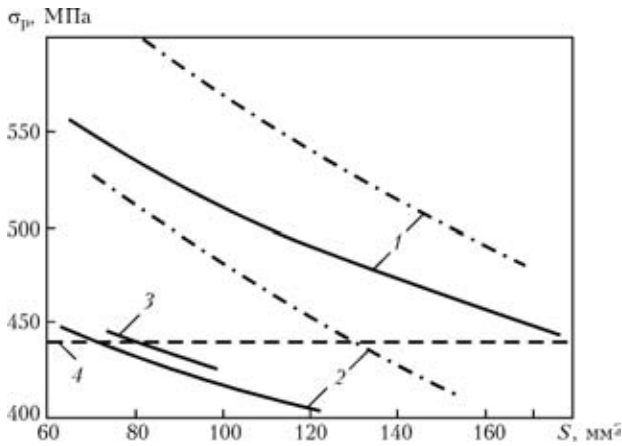


Рис. 7. Уровень разрушающих напряжений σ_p крупномасштабных образцов сварных соединений, полученных КСО, в зависимости от суммарной площади S дефектов в ЗС: 1 — РОП; 2 — РОП в сочетании с максимально допустимым (25 % толщины стенки трубы) смещением кромок; 3 — НК; 4 — нормативное значение предела текучести $\sigma_{0.2}$ металла трубы; сплошные кривые — температура испытания -60°C ; штрихпунктирные — $+20^\circ\text{C}$

НК и РОП. Это, наряду с обеспечением качества швов путем поддержания в заданных границах параметров процесса КСО, является еще одним дополнительным средством повышения эксплуатационной надежности сварных соединений [22]. Кроме того, необходимо контролировать также вязкость металла соединения и поддерживать ее на нормативном уровне. Этот вопрос заслуживает отдельного рассмотрения. Следует отметить, что лабораторная методика испытаний небольших стандартных образцов должна разрабатываться с учетом характерных для соединений КСО дефектов и создаваемой ими концентрации напряжений. Основой для нормирования требований к вязкости металла соединения могут служить приведенные в данной работе результаты испытаний стандартных и крупномасштабных образцов качественных соединений и соединений с дефектами.

Выводы

1. Опыт эксплуатации магистральных трубопроводов большого диаметра и результаты испытаний крупномасштабных образцов показали высокий уровень работоспособности сварных соединений, полученных КСО, что подтверждено систематическими контрольными испытаниями стандартных образцов на растяжение и изгиб при статическом нагружении.

2. В связи с отсутствием литого металла при КСО не создаются условия для образования трещин и других дефектов, характерных для электродуговых способов сварки. В качественных сварных соединениях только на отдельных участках ЗС имели место скопления неметаллических включений с максимальной площадью до $20...30\text{ мм}^2$.

Прочная связь последних с матрицей позволяет классифицировать их как структурную неоднородность металла ЗС, которая не влияет на работоспособность сварных соединений.

3. Качество сварных соединений, полученных КСО, обеспечивается благодаря контролю и поддержке компьютерной системой (на протяжении всего процесса сварки каждого стыка) параметров режима на установленном уровне.

4. При недопустимых отклонениях параметров режима сварки от оптимальных значений в ЗС могут образовываться характерные для КСО дефекты — НК и РОП. По результатам испытаний крупномасштабных образцов в диапазоне температур $-60...+20^\circ\text{C}$ критическое значение их площади превышает 70 мм^2 . Такие дефекты гарантированно обнаруживаются с помощью ультразвукового неразрушающего контроля.

5. Методика оценки вязкости металла сварных соединений, полученных КСО, а также требуемый ее уровень должны устанавливаться с учетом характерных дефектов (НК, РОП) и их влияния на прочность.

6. Контроль и обеспечение требований к параметрам процесса сварки, стандартным механическим свойствам (σ_v , α), дефектности и обеспокоенному уровню вязкости металла сварных соединений, полученных КСО, является гарантом их высокого качества в условиях эксплуатации.

1. СП 105-34-96. Свод правил. Производство сварочных работ и контроль качества сварных соединений. — Введ. 01.10.96.
2. Иванцов О. М. Надежность сварных конструкций магистральных трубопроводов. — М.: Машгиз, 1985. — 231 с.
3. Молдаванов О. И., Орехов В. И., Шишов В. Н. Производственный контроль в трубопроводном строительстве. — М.: Недра, 1986. — 280 с.
4. Деев Г. Ф., Пацкевич И. П. Дефекты сварных швов. — Киев: Наук. думка, 1984. — 208 с.
5. Гиренко В. С., Дядин В. П. Зависимость между ударной вязкостью и критериями механики разрушения конструкционных сталей и их сварных соединений // Автомат. сварка. — 1985. — № 5. — С. 13–20.
6. Патон Б. Е., Лебедев В. К., Кучук-Яценко С. И. Комплекс «Север-1» для контактной стыковой сварки неповоротных стыков труб больших диаметров // Там же. — 1979. — № 11. — С. 41–45.
7. Кучук-Яценко С. И. Контактная стыковая сварка трубопроводов. — Киев: Наук. думка, 1986. — 208 с.
8. Мазур И. И., Серафин О. М., Карпенко М. П. Электроконтактная сварка: Пути совершенствования // Стр-во трубопроводов. — 1988. — № 4. — С. 8–11.
9. ВСН 006–89. Инструкция по технологии стыковой электроконтактной сварки оплавлением магистральных трубопроводов с пределом прочности до 60 кгс/мм^2 . — М.: ВНИИСТ, 1989. — 48 с.
10. СНиП III-42–80. Строительные нормы и правила. Правила производства и приемки работ. Магистральные трубопроводы. — М.: Госстрой СССР, 1984. — 48 с.
11. API Standard 1104. Welding of pipelines and related facilities. — Washington: API, 1988. — 42 p.
12. Кирьян В. И., Семенов С. Е. Оценка соответствия целевому назначению сварных соединений магистральных тру-



- бопроводов из микролегированных сталей // Автомат. сварка. — 1995. — № 3. — С. 4–9.
13. Гельман А. С., Кабанов Н. С. Контактная стыковая сварка труб. — М.: Машгиз, 1957. — 232 с.
 14. Кабанов Н. С., Слепак Э. Ш. Технология контактной стыковой сварки. — М.: Машгиз, 1970. — 264 с.
 15. Кучук-Яценко С. И., Лебедев В. К. Контактная стыковая сварка непрерывным оплавлением. — Киев: Наук. думка, 1965. — 140 с.
 16. Образование «матовых пятен» в соединениях, выполненных контактной стыковой сваркой / С. И. Кучук-Яценко, Б. И. Казымов, В. Ф. Загадарчук и др. // Автомат. сварка. — 1984. — № 11. — С. 23–26.
 17. Кучук-Яценко С. И. Контактная стыковая сварка оплавлением. — Киев: Наук. думка, 1992. — 236 с.
 18. Влияние некоторых дефектов на прочность стыковых соединений, выполненных контактной сваркой / В. И. Труфяков, В. Г. Мазур, Г. В. Жемчужников, Б. И. Казымов // Автомат. сварка. — 1987. — № 2. — С. 7–9.
 19. Ультразвуковой контроль качества соединений, выполненных контактной стыковой сваркой / В. А. Троицкий, В. П. Радько, П. Т. Ющак и др. // Там же. — 1981. — № 4. — С. 38–40.
 20. Неразрушающий контроль качества сварных конструкций / В. А. Троицкий, В. П. Радько, В. Г. Демидко, В. Т. Бобров. — Киев: Техніка, 1986. — 152 с.
 21. Исследование и особенности обнаружения дефектов типа окисных плен при ультразвуковом контроле соединений, выполненных контактной стыковой сваркой / В. П. Радько, В. А. Троицкий, Б. И. Казымов и др. // Неруйнівний контроль та технічна діагностика: 5-я Нац. наук.-техн. конф. і виставка, Київ, 10–14 квітн. 2006 р. — К., 2006. — С. 55–60.
 22. Кучук-Яценко С. И., Казымов Б. И., Радько В. П. Комплексный контроль соединений, выполненных автоматической стыковой сваркой оплавлением // Техн. диагностика и неразруш. контроль. — 1996. — № 4. — С. 46–50.

Requirements to circumferential welded joints in large-diameter pipelines are considered. Results of experimental studies of strength and deformability of flash butt welded (FBW) joints on standard and large-scale specimens are generalised. It is shown that development of a test procedure and regulation of requirements for toughness of the weld metal, allowing for specific peculiarities of formation of the FBW joints, is required to control the fitness for purpose of the joints.

Поступила в редакцию 16.05.2006

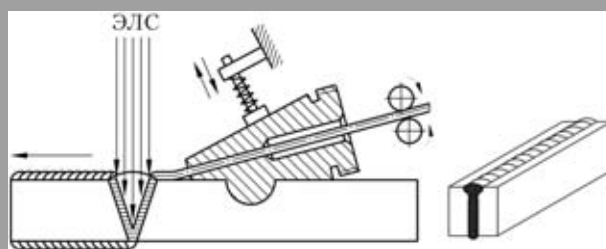
ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛС ЛИСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ С ОДНОВРЕМЕННОЙ ПОДАЧЕЙ В СВАРОЧНУЮ ВАННУ ПРИСАДОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ

В производстве сварных конструкций различного назначения большой объем занимают полуфабрикаты в виде листовых заготовок. При этом в силу специфических особенностей процесса электронно-лучевой сварки алюминиевых сплавов формирование соединений происходит с некоторым занижением поверхности металла шва относительно верхней плоскости свариваемых листов.

Для предупреждения указанного дефекта сварных соединений листовых заготовок разработана технология ЭЛС с одновременной подачей присадочной проволоки в сварочную ванну. Сварка может осуществляться в различных пространственных положениях и без применения формирующих устройств. Сварные швы при этом наплавливаются с формированием валика усиления и проплавления с обратной стороны стыка.

В процессе сварки присадочная проволока диаметром 0,8...2,6 мм может подаваться в сварочную ванну с любой стороны относительно фронта плавления. Это особенно важно в случае одновременного применения устройств совмещения и направления пучка по стыку, когда стык перед пучком не должен быть «закрытым».

Разработанная технология и механизм подачи присадочной проволоки могут также использоваться при выполнении наплавочных работ, облицовке поверхности, заполнении широких зазоров в соединении при многопроходной сварке.



Контакты: 03680, Украина, Киев-150, ул. Боженко, 11
 Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, отд. № 7
 Тел.: (38044) 287 44 06
 Факс: (38044) 287 12 83; 287 46 30