

УДК 621.791.01

И.В. Смирнов, канд. техн. наук,

В.П. Сидоров, д-р техн. наук,

А.И. Захаренко, асп.

Тольяттинский государственный университет

anna.211@mail.ru

К ВОПРОСУ О РЕГЛАМЕНТАЦИИ ТРЕБОВАНИЙ К ТОЧНОСТИ ПОДГОТОВКИ И СБОРКИ КРОМОК ОДНОСТОРОННИХ СОЕДИНЕНИЙ ПОД СВАРКУ

В сварочном производстве односторонние сварные соединения характеризуются высоким уровнем нестабильности качественного формирования корневого слоя шва. Основной причиной этого является высокая восприимчивость процесса сварки корня шва к изменениям параметров подготовки и сборки кромок под сварку по длине стыка, что приводит к значительным отклонениям размеров и формы корневого слоя шва от проектных, а также к образованию дефектов формы шва, таких как непровары, провисы, прожоги. Основным способом решения существующей проблемы является повышение точности подготовки и сборки кромок под сварку. Зачастую это приводит к значительному удорожанию заготовительного оборудования и значительным временным затратам на подготовку и сборку кромок. Чтобы подобрать оптимальное по цене и производительности заготовительное и сборочное оборудование, нужно располагать точными данными о допустимых отклонениях параметров подготовки и сборки кромок под сварку по длине стыка.

Точность подготовки и сборки деталей под сварку регламентируется требованиями нормативной документации (ГОСТ, отраслевой нормативной документации, техническими условиями (ТУ) на изготовление, техническими регламентами и пр.).

В качестве примера рассмотрим требования к точности параметров подготовки и сборки кромок под сварку, регламентируемые ГОСТ 14771 и ГОСТ 16037. Графические изображения допустимых диапазонов изменения ширины зазора и величины притупления кромки, регламентируемые данными ГОСТ, приведены на рис. 1 и 2. Анализ диаграмм на рисунках 1 и 2 показывает, что требования к величинам параметров подготовки и сборки кромок под сварку регламентируются ГОСТ в достаточно широких диапазонах, затрудняющих получение сварных соединений (особенно корня шва) одинакового уровня качества, при неизменном режиме сварки.

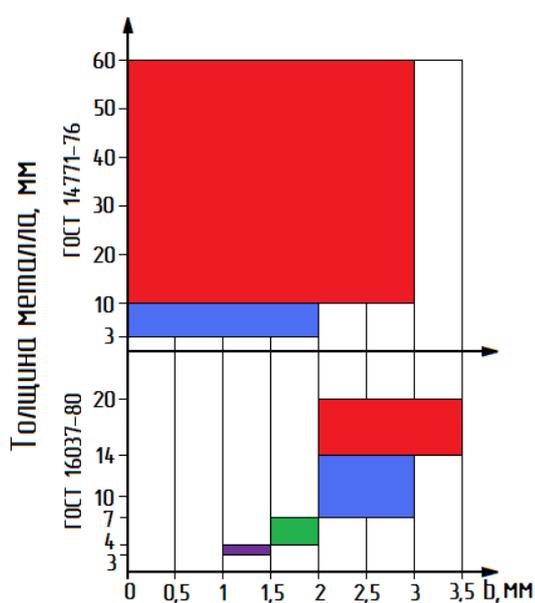


Рисунок 1: Зависимость величины зазора в соединении от толщины металла по требованиям ГОСТ14771 и ГОСТ 16037 (для типа соединения С17)

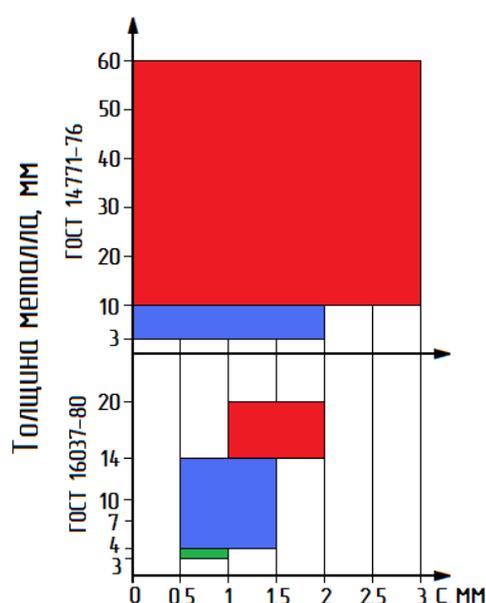


Рисунок 2: Зависимость величины притупления кромки от толщины металла по требованиям ГОСТ14771 и ГОСТ 16037 (для типа соединения С17)

При этом в ГОСТ и отраслевой нормативной документации совершенно не уточняется, как трактовать указанные в них требования к величинам параметров подготовки и сборки под сварку:

1. либо как требования к точности поддержания номинальных параметров подготовки и сборки по длине стыка (т.е. допустимые отклонения параметров по длине стыка);
2. либо как допустимый диапазон номинальных размеров параметров, выставляемых в каждом отдельном стыке.

Если воспринимать требования в НД как допустимый диапазон номинальных размеров, то остаётся неясным вопрос с какой точностью поддерживать этот номинальный размер по длине стыка.

В практике сварочного производства, как правило, требования НД воспринимаются как требования к точности поддержания номинальных размеров параметров подготовки и сборки по длине стыка. При принятии такого подхода предполагается, что если стык по длине выполнять на неизменном режиме сварки, способном обеспечить качественное формирование корня шва при номинальных значениях параметров подготовки и сборки, то при наличии любых возмущений сборочных параметров по длине, в пределах регламентируемых НД, будет получаться стабильно качественный корневой слой шва (т.е. корневой слой шва без непроваров и прожогов).

Для подтверждения правомерности такого подхода был проведён эксперимент, заключающийся в проверке возможности получения стабильно качественного корневого слоя шва при постоянстве параметров режима сварки и изменении зазора и притупления в стыке в пределах, регламентируемых ГОСТ.

Эксперимент проводился на плоских образцах из стали 20 размером 100×50×8мм, с V-образной разделкой кромок типа С17 по ГОСТ 14771. Для проведения исследования применяли процесс автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом с присадочной проволокой. В качестве сварочных материалов использовали вольфрамовый электрод марки ВЛ диаметром 3 мм, сварочную проволоку Св-08Г2С диаметром 1,2 мм и аргон высшего сорта по ГОСТ 10157. Сварку проводили от источника питания Migatronic BDE-550.

При проведении первого опыта для сварки был подготовлен образец с номинальными размерами притупления кромок и зазора в стыке по ГОСТ 14771, т.е. зазор в стыке и притупление кромок составлял 1 мм, угол разделки кромок составил 30⁰. В процессе проведения опыта подобрали параметры режима сварки, которые обеспечивали

качественное формирование корневого слоя шва (рисунок 3а). В результате проведения опыта получили режимы сварки стыка с номинальными размерами зазора и притупления: сила тока $I=150\text{А}$, скорость сварки $V_{\text{св}}=0,7\text{мм/сек}$, скорость подачи проволоки $V_{\text{п.п.}}=2,94\text{мм/сек}$, расход аргона $Q=8\text{ л/мин}$. Полученные режимы сварки оставались постоянными при проведении последующих опытов эксперимента.

В дальнейшем оставляя, неизменным подобранный режим сварки, имитировали изменение величины зазора и притупления по длине стыка. При этом эксперимент составили по плану двухфакторного эксперимента с варьированием факторов процесса на двух уровнях. Исходные данные к эксперименту и план-матрица эксперимента приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Исходные данные к плану эксперимента

| Кодовое обозначение факторов | Уровни варьирования | | | Шаг варьирования |
|------------------------------|---------------------|---|----|------------------|
| | - I | 0 | +I | |
| c, мм | 0 | 1 | 2 | ± 1 |
| b, мм | 0 | 1 | 2 | ± 1 |

При проведении опытов согласно плану эксперимента приведённого в таблице 2, с применением визуально-измерительного контроля оценивали качество формирования корневого слоя шва при данном сочетании зазора и притупления в стыке, при его сварке на режимах, соответствующих режимам сварки стыка с номинальными размерами зазора и притупления.

Таблица 2 - План-матрица эксперимента

| № опыта | Значение факторов | |
|---------|-------------------|-------|
| | c, мм | b, мм |
| 1 | -1 | -1 |
| 2 | -1 | +1 |
| 3 | +1 | +1 |
| 4 | +1 | -1 |

Результаты проведения экспериментов представлены в таблице 3 и на рисунке 3.

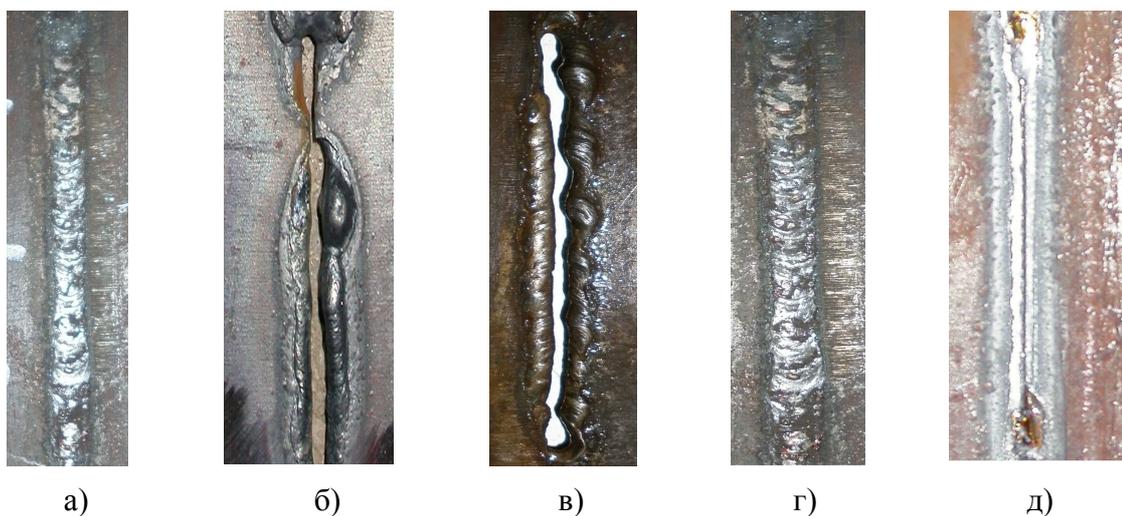


Рисунок 3: Внешний вид обратной стороны корневого слоя шва:

а – сварной шов соединения пластин, собранных с зазором в стыке и притуплением кромок 1 мм (номинальные размеры); б – сварной шов соединения пластин, собранных с зазором в стыке и притуплением кромок 0 мм; в – сварной шов соединения пластин, собранных с зазором в стыке 2 мм и притуплением кромок 0 мм; г – сварной шов соединения пластин, собранных с зазором в стыке 2 мм и притуплением кромок 2 мм; д – сварной шов соединения пластин, собранных с зазором в стыке 0 мм и притуплением кромок 2 мм;

Таблица 3 - Результаты эксперимента

| № опыта | с, мм | b, мм | Результаты экспериментов | |
|---------|-------|-------|--|---------|
| | | | Качество формирования корневого слоя шва | Рисунок |
| 1 | 0 | 0 | Прожог | Рис. 3б |
| 2 | 0 | 2 | Прожог | Рис. 3в |
| 3 | 2 | 2 | Провар шириной 6 мм | Рис. 3г |
| 4 | 2 | 0 | Непровар | Рис. 3д |

В результате проведённого эксперимента установлено, что в 3 опытах из 4 (т.е. в 75 % опытах) качество корневого слоя шва получилось неудовлетворительным. Т.е. если рассматривать требования ГОСТ 14771, как требования к точности поддержания зазора и притупления по длине стыка, то с большой вероятностью можно получить сварное соединение с некачественным формированием корня шва.

Результаты проведённого эксперимента наглядно показывают, что требования большинства нормативных документов, в отношении регламентируемых ими величин параметров подготовки и сборки кромок под сварку, нельзя рассматривать как требования

к точности их поддержания по длине стыка. Регламентируемые НД диапазоны параметров можно рассматривать как диапазон допустимых номинальных размеров, выставляемых в каждом отдельном стыке. При этом, как указывалось выше, возникает важный вопрос относительно точности поддержания номинального размера, регламентируемого НД, по длине стыка, на который большинство НД не дают ответа.

Сделанный вывод достаточно хорошо согласуется с данными работы [1], в которой автор путём проведения экспериментальных исследований и расчётами по математической модели, на примере процесса сварки плавящимся электродом $d = 1,2$ мм в среде углекислого газа, показывает, что при регламентации ГОСТ 14771 требований к диапазону варьирования зазора и притупления от 0 до 2 мм, реально допустимый диапазон изменения каждого из этих параметров, от любого принятого номинального размера, составляет всего 0,5 мм (в противном случае система переходит в состояние либо прожог, либо непровар).

В сложившейся ситуации, для обеспечения высокой стабильности качественного формирования корневого слоя шва возможно два направления развития исследований:

- 1) проведение исследований, направленных на установление требований к точности поддержания номинальных величин параметров подготовки и сборки кромок под сварку по длине стыка;
- 2) разработка способов сварки и технологических процессов, обладающих низкой чувствительностью к возмущениям в виде дефектов подготовки и сборки кромок под сварку, на уровне позволяющем применять к этим процессам требования существующей НД, в виде требований к точности поддержания номинальных величин параметров подготовки и сборки кромок под сварку по длине стыка.

Реализация первого направления исследований направлена на развитие подхода к борьбе с дефектами подготовки и сборки кромок под сварку основанного на увеличении требований к точности подготовки и сборки по длине стыка. Реализация данного

направления требует применения в производстве более точного, как правило, менее производительного, и более дорогостоящего заготовительного и сборочного оборудования.

Наиболее перспективным является проведение исследований во втором направлении, поскольку оно не требует существенного повышения точности заготовительного и сборочного оборудования, как в первом подходе, и не требует наличия дорогостоящих систем слежения и управления, как в существующих автоматических системах слежения за стыком с обратными связями.

Выводы:

1. Требования большинства нормативных документов, в отношении регламентируемых ими размеров параметров подготовки и сборки кромок под сварку, нельзя рассматривать как требования к точности их поддержания по длине стыка. Регламентируемые НД диапазоны параметров можно рассматривать как диапазон допустимых значений номинального размера, выставяемого в каждом отдельном стыке
2. Наиболее перспективным направлением обеспечения высокой стабильности качественного формирования корневого слоя шва в односторонних соединениях является разработка способов сварки и технологических процессов, обладающих низкой чувствительностью к возмущениям в виде дефектов подготовки и сборки кромок под сварку.