

3. Шейнерт, В.А. Получение литой фибры для армирования бетонных конструкций / В.А. Шейнерт, О.Г. Галузо, И.Л. Кулинич // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 15-ой Междунар. науч.-техн. конф. – Минск, 2017 – Т. 1. – С. 381.

4. Отработка технологических режимов получения литой фибры в лабораторных условиях / В.А. Шейнерт [и др.] // *Металлургия: Республ. межведом. сб. науч. тр.* – Минск: БНТУ, 2017. – Вып. 38. – С. 91–95.

5. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180–90. Введ. 01.01.1991. – М.: Стандартинформ, 2006. – 31 с.

УДК 621.791.05

Т.И. БЕНДИК, канд. техн. наук,
Н.И. УРБАЛОВИЧ, канд. техн. наук (БНТУ)

АНАЛИЗ РАСЧЕТНОЙ ТОЛЩИНЫ СВАРНЫХ ШВОВ ПО МАКРОШЛИФАМ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СОЕДИНЕНИЙ

Форма и величина проплавления сварного шва являются основными факторами, определяющими работоспособность соединений при статических и усталостных нагрузках. Важным этапом проектирования является выбор типов сварных соединений и соответствующих способов сварки.

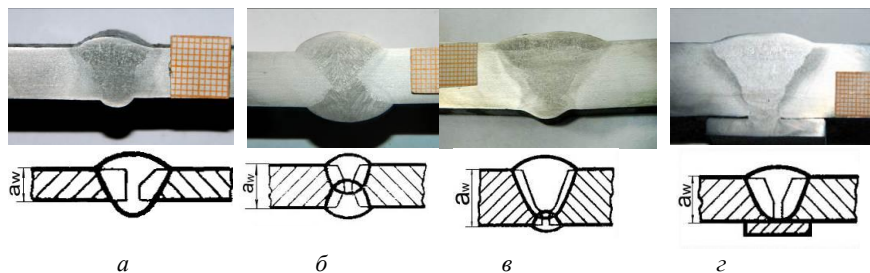
В отдельных случаях принятие решения на этапе разработки и конструирования может потребовать подтверждения расчетной толщины шва посредством выполнения контрольного образца для оценки геометрических параметров сварного соединения (проектирование и расчет в сочетании с испытаниями).

В представленном материале изложены особенности определения основных конструктивных элементов стыковых и угловых сварных швов, которые характерны для проведения прочностных расчетов.

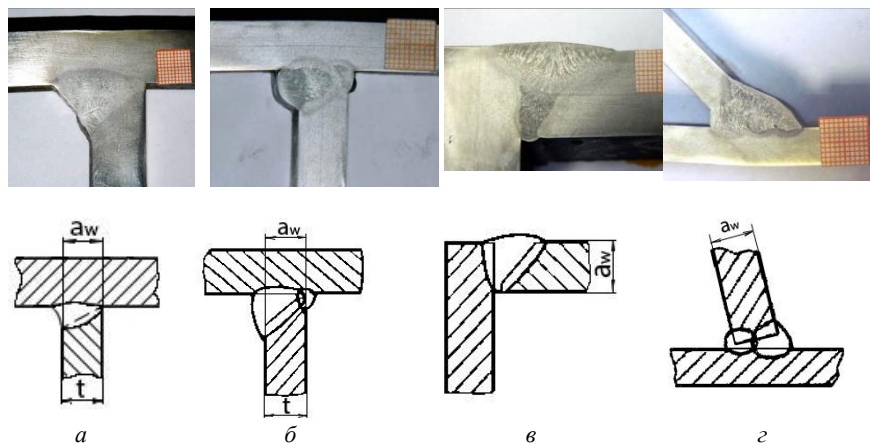
При вычислении статической прочности сварных швов можно выделить следующие расчетные ситуации:

1. Швы выполнены с конструктивно гарантированным полным проплавлением, т.е. обеспечивается расчетная толщина шва a_w [1]

не менее толщины соединяемых встык деталей (рисунок 1) или не менее толщины примыкающего элемента t в тавровых и угловых соединениях (рисунок 2).



a – односторонний шов на съемной подкладке; *б* – двусторонний шов;
в – с подваркой корня шва; *г* – шов на остающейся подкладке
 Рисунок 1 – Стыковые сварные соединения с конструктивно гарантированным полным проплавлением



a – односторонний шов таврового соединения; *б* – тавровое соединение с подварочным швом; *в* – шов углового соединения; *г* – двусторонний шов соединения деталей под углом

Рисунок 2 – Стыковые швы в тавровых и угловых соединениях с полным проплавлением

По европейским нормам [2, 3] расчетную несущую способность стыковых сварных швов с полным проплавлением следует принимать равной расчетной несущей способности самой слабой из соединяемых деталей. Обязательным условием при этом является выполнение сварных швов сварочными материалами, позволяющими получать предел текучести и временное сопротивление разрыву не менее чем соответствующие показатели прочности основного металла.

Согласно СНиП II-23-81 обеспечение полного проплавления соединяемых элементов достигается при условии двухсторонней сварки, односторонней с подваркой корня шва или односторонней сварки на подкладке. Расчетные сопротивления стыковых соединений, выполняемых всеми видами дуговой сварки, принимаются равными расчетным сопротивлениям стального проката ($R_{wy} = R_y$) при условии физического контроля качества швов в растянутых элементах и соблюдении требований полного провара. В случаях, когда в стыковых соединениях невозможно обеспечить полный провар элементов, рекомендуется принимать расчетные сопротивления швов на 30 % меньше, чем у стального проката ($R_{wy} = 0,7R_y$).

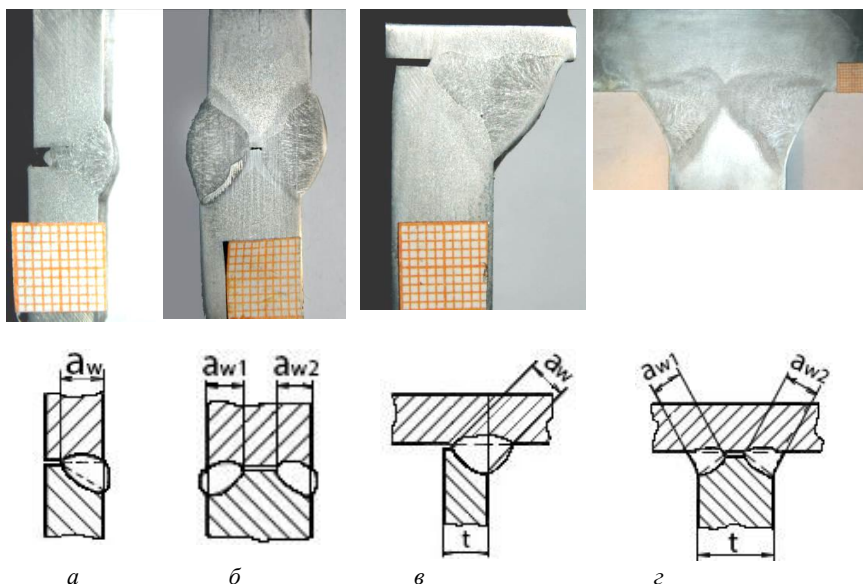
2. Швы с частичным проплавлением. В таких сварных соединениях расчетная толщина шва a_w определяется глубиной проплавления, которая технологически обеспечивается выбором соответствующего способа сварки, параметрами режима и пространственным положением сварки.

Сварные соединения (рисунок 3) рассчитываются по методике расчета на прочность для угловых швов с глубоким проплавлением [2], а расчетная толщина шва устанавливается опытным путем и равна расстоянию от центра корня шва до лицевой поверхности шва.

Применение стыковых сварных соединений с частичным проплавлением (рисунок 3, а, б) позволяет уменьшать величину наплавленного металла и сокращать расход электродного материала для конструкций с низкими категориями нагрузки и классом эксплуатации.

Соединение с конструктивно неполным проплавлением (рисунок 3, в) можно рассчитывать на прочность как стыковое с полным проплавлением, если суммарная расчетная толщина сварного шва

$a_{w1} + a_{w2} \geq t$ (где t – толщина примыкающего элемента) и зазор не превышает меньшее из двух значений $t/5$ и 3 мм [2].



a – односторонний шов стыкового соединения; *б* – двусторонний шов стыкового соединения; *в* – односторонний шов таврового соединения; *г* – двусторонний шов таврового соединения

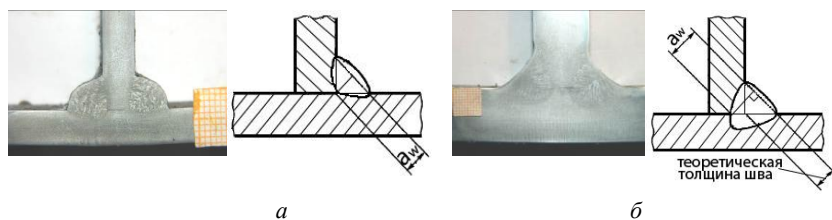
Рисунок 3 – Сварные соединения с конструктивно неполным проплавлением

Следует обратить внимание, что для сварных соединений (рисунок 3, *в*, *г*) такой конструктивный размер угловых швов как катет не используется. Прочность обеспечивается проплавлением детали с толщиной t .

Технологически угловые швы могут быть выполнены с различной степенью проплавления. Для сварных швов без глубокого проплавления (рисунок 4, *а*) расчетная толщина шва a_w равна теоретической толщине – высоте вписанного равностороннего треугольника, отмеренной до теоретического центра корня шва.

В отношении угловых сварных швов с глубоким проплавлением (рисунок 4, *б*) при проектировании имеется возможность устано-

вить расчетную толщину шва больше, чем теоретическую. Повышение расчетной толщины достигается переходом от ручной дуговой сварки к механизированной и автоматической, а также изменением пространственного положения (рисунок 5).



a – без глубокого проплавления; *б* – с глубоким проплавлением

Рисунок 4 – Двусторонние угловые швы тавровых соединений



Рисунок 5 – Влияние угла наклона свариваемого узла на расчетную толщину шва

Точные значения расчетных коэффициентов формы шва в зависимости от условий сварки по двум возможным опасным сечениям: металлу шва и основному металлу представлены в [4, таблица 1]. Данные нормы дают возможность сократить удельный расход наплавленного металла в строительных стальных конструкциях на 35–40 %.

Однако в практике проектирования [5, 6] сейчас широко распространенным является принятие в качестве расчетной толщины шва теоретического значения $a_w = 0,7K$ (где K – катет шва), т.к. эта величина является гарантированной и легко определяемой визуально-измерительным методом контроля.

Но расчет угловых швов без учета увеличенного проплавления приводит к росту металлоемкости конструкций и перерасходу сва-

рочных материалов. Если учесть, что сварные соединения с угловыми швами составляют по массе наплавленного металла около 80 % от общего количества сварных швов, то наибольший эффект может быть получен от оптимизации размеров этих швов.

3. Отдельную группу составляют швы, несущая способность которых может быть корректно определена не расчетом, а исключительно механическими испытаниями. Примеры таких сварных соединений представлены на рисунке 6.

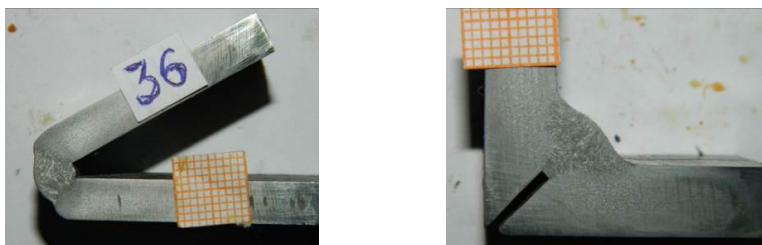


Рисунок 6 – Примеры нестандартных сварных соединений

Представленный анализ расчетных ситуаций может быть использован для выбора надлежащего типа сварного соединения с соответствующими классами безопасности и нагрузки при решении проектных задач.

Список литературы

1. **СТБ ИСО 17659–2005.** Сварка. Сварные соединения. Термины и определения. – Введ 31.01.2005. – Минск: Госстандарт, 2004. – 42 с.

2. **ТКП EN 1993–1–8–2009.** Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Расчет соединений. Часть 1–8. – Введ. 10.12.2009. – Минск: Минстройархитектуры, 2010. –133 с.

3. **Тур, В.В.** Проблемы внедрения европейской концепции надежности в области проектировании стальных конструкций / В.В. Тур, В.В. Надольский // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения: материалы Междунар. академ. чтений / редкол.: С.И. Меркулов (отв. ред.) [и др.]. – Курск: Курск. гос. ун-т. – 2014. – С. 140–148.

4. Пособие по расчету и конструированию сварных соединений стальных конструкций (к главе СНиП П-23-81) / ЦНИИСК им. Кучеренко. М.: Стройиздат, 1984. – 40 с.

5. Гарднер, Л. Руководство для проектировщиков к Еврокоду 3: Проектирование стальных конструкций EN 1993-1-1, EN 1993-1-3, EN 1993-1-8: пер. с англ./ Л. Гарднер, Д.А. Нетеркот; ред. серии Х. Гульванесян; Мин. обр. и науки Рос. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т»; науч. ред. пер. А.И. Данилов. – Москва: МГСУ, 2012. – 224 с.

6. Examples to Eurocode 3/ ECCs-Advisory Committee 5 Application of Eurocode 3. – № 71. – 1993. – 118 с.

УДК 621.785.5

В.Г. ДАШКЕВИЧ, канд. техн. наук,
М.А. СУДНИКОВ (БНТУ)

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ТЕРМОДИФУЗИОННОГО БОРИРОВАНИЯ

Введение. Основными типами упрочнения, повышающими износостойкость узлов трения, являются способы термической и химико-термической обработки, например: закалка, цементация, азотирование, борирование. Способ борирования достаточно известен и описан в литературе (например, [1, 2]). Комплекс эксплуатационных показателей (высокие твердость, абразивная износостойкость, теплостойкость и др.) обуславливает эффективность применения борирования для многих изделий машиностроения, сельского хозяйства, строительства. Так, например, для ряда инструментальных сталей машиностроительного производства проведение борирования повышает стойкость инструмента в 1,5–8 раз [1, 2].

Отметим, что процесс борирования известен и применяется во всем мире (рисунку 1), в том числе в технологически развитых странах из-за уникального комплекса свойств образующихся слоев.