

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

doi: 10.51639/2713-0576_2021_1_3_15

УДК 699.8

ГРНТИ 67.13.35

ВАК 05.23.01

Дефекты и усиление сварных соединений

Кривонос Е. А.

*БГТУ им. В. Г. Шухова, 308012, Россия, Белгород, ул. Костюкова 46*email: ek.1475@mail.ru

Дефекты сварных соединений ухудшают прочность, герметичность, сплошность сварных швов, способствуют преждевременному разрушению не только отдельных элементов, но и конструкции в целом. В статье рассмотрены типичные дефекты сварных соединений, их влияние на работоспособность конструкции. Дана краткая характеристика разрушающих и неразрушающих методов выявления дефектов. Разобраны количественные показатели свариваемости стали по содержанию углерода, их влияние на склонность к образованию трещин в сварных швах. Рассмотрены способы усиления сварных соединений посредством увеличения их длины и ширины, особенности усиления стыковых и угловых швов, элементов из несвариваемой стали, швов со сквозными трещинами, исправления дефектов в корне шва стыковых труб. Также уделено внимание спецификации техники сварки в соответствии с существующим материалом.

Ключевые слова: дефекты сварных соединений, дефекты сварных швов, усиление сварных соединений, усиление сварных швов, сварка, сталь.

Сварка является важным аспектом любого строительства, так как от качества проведенных сварочных работ зависит прочность отдельных узлов конструкции. Дефекты сварных соединений в ряде случаев могут стать причиной преждевременного разрушения конструкции в целом. Таким образом, вопрос анализа дефектов сварных швов, своевременность их выявления и устранения, весьма актуален.

Количество дефектов, их характер и вид регламентируется нормативно-технической документацией.

Дефекты сварных соединений подразделяют на внутренние и наружные. К внутренним дефектам относятся твердые включения шлака, инородного металла, наличие пор, непроваров, разного рода трещин, к наружным – изменение формы шва, вышедшие на поверхность поры, трещины, свищи, подрезы. Но стоит отметить, что подобное деление весьма условное, так как зачастую большинство наружных дефектов являются следствием проявления внутренних дефектов [1].

Дефекты сварных швов делятся на две группы:

- 1) Дефекты, появившиеся вследствие влияния физико-химических процессов, проходящих в процессе формирования сварочной ванны (холодные трещины в шве и околошовной зоне, несплавления, неметаллические включения, поры, неблагоприятная структура сплава);
- 2) Дефекты, возникающие вследствие несоблюдения технологии сварки – подрезы, непровары, прожоги, отклонение от заданных параметров.

На отдельно взятом участке сварного соединения может встречаться несколько различных дефектов.

Выявление дефектов осуществляется посредством:

1. контроля качества без разрушения сварного соединения (визуальный и измерительный контроль, радиографическая, магнитная, ультразвуковая, вихретоковая и капиллярная дефектоскопия, испытания на непроницаемость);
2. контроля качества с разрушением сварного соединения (механические испытания (статические, динамические, измерение твердости шва), металлографический и химический анализ, коррозионные испытания, испытание свариваемости металла).

В случае выявления дефектов в сварных соединениях их усиливают. Предварительно производится химический анализ стали через эквивалент углерода [2]:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + \frac{\text{Mn}}{20} + \frac{\text{Ni}}{15} + \frac{(\text{Cr} + \text{M})}{10}, \quad (1)$$

где С, Мn, Ni, Cr, Mo, V – содержание в сплаве углерода, марганца, никеля, хрома, молибдена и ванадия соответственно.

Свариваемость при:

$C_{\text{ЭКВ}} \leq 0,25$ – хорошая. Сталь сваривается без образования трещин.

$C_{\text{ЭКВ}} = 0,26 \dots 0,35$ – удовлетворительная. При правильном выборе режима сварки сталь не склонна к образованию холодных трещин; подогрев требуется редко;

$C_{\text{ЭКВ}} = 0,36 \dots 0,45$ – ограниченная. В связи с ограниченной возможностью регулирования сопротивления стали к образованию холодных трещин в ряде случаев требуется подогрев;

$C_{\text{ЭКВ}} > 0,45$ – плохая. Такая сталь имеет склонность к закалке и образованию холодных трещин; при сварке необходим подогрев и применение определенных технологических приемов.

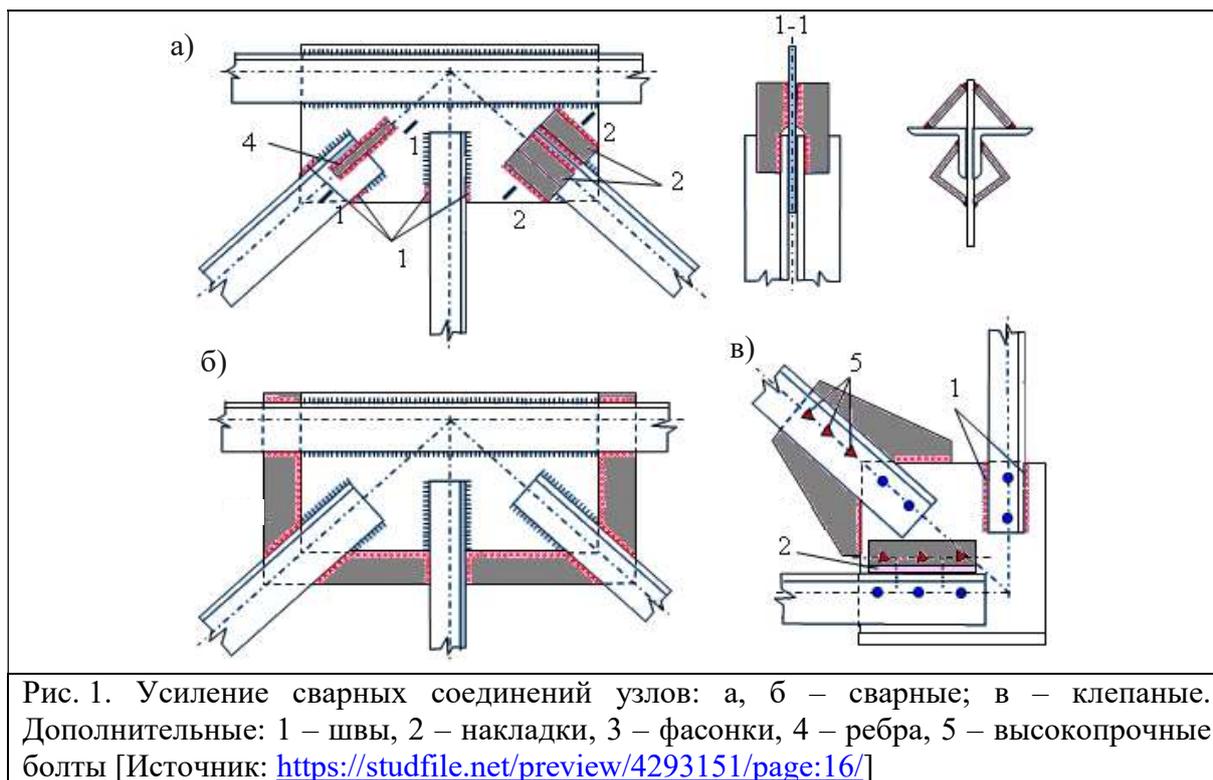
По результату данной оценки производится испытание на свариваемость по ГОСТ 23870-79.

Усиление сварных соединений (рис. 1, а, б) производится посредством увеличения длины или толщины сварных швов. Предпочтительней использовать второй способ, так как наложение коротких швов способствует концентрации напряжений. Длину исправляемого участка следует принимать на 10...20 мм больше для каждой из сторон, ширину – с учетом того, чтобы после проварки ширина не превысила исходную более чем в два раза.

При определении расчетного усилия при усилении сварных соединений следует учитывать смещение шва относительно центра тяжести сечения элемента [2].

Стыковые швы не подлежат усилению – их высота определяется толщиной стыкуемых элементов. Наличие выступающего от поверхности элементов валика шва может усугубить условия его работы из-за концентрации местных напряжений.

Угловые швы усиливают увеличением их длины (приваркой дополнительных ребер, накладок, лобовых швов и т.п.) либо катета. В целях снижения влияния напряжений при производстве сварочных работ расстояние между узловыми соединениями рекомендуется принимать 40 мм и более.



Для сварных швов со сквозными трещинами перед проваркой на расстоянии 10 мм от концов трещины просверливаются отверстия в целях предотвращения ее дальнейшего разрушения. Далее удаляется дефектный металл, производится заделка трещины и разрушенный участок проваривается на всю глубину [1].

Для элементов из несвариваемой стали предусматриваются болтовые соединения посредством устройства дополнительных болтов и заклепок либо их заменой предварительно напряженными высокопрочными болтами [3]. В данном случае необходимо тщательно продумывать связь между усиливающим и усиливаемым элементом и учитывать такой фактор, как потеря начальной прочности существующего элемента при просверливании болтовых отверстий, поскольку такое временное состояние может оказаться критическим.

Для элементов сварных конструкций, испытывающих растяжение, изгиб или сжатие, усиление может производиться посредством увеличения сечений с приваркой новых дополнительных деталей. Сварка растянутых элементов, выполняемых под нагрузкой, не допускается швами в поперечном направлении относительно к действующим усилиям в элементе.

Наиболее трудоёмким процессом является исправление дефектов в корне шва сварных стыковых труб. В данном случае удалять металл шва необходимо на всю толщину стенки.

Спецификация техники сварки должна соответствовать существующему материалу. Мягкие стали можно сваривать с использованием совместимых электродов (обычно с низким содержанием водорода). Может также потребоваться анализ для определения содержания углерода в стали. При низком содержании углерода предварительный нагрев требуется для элементов с толщиной стенки более 25 мм. Высокоуглеродистые же стали обычно производились в период с 1910 по 1930 годы, и требуют предварительного нагрева элементов с любой толщиной стенки.

Стоит учитывать, что сталь – материал многократного использования. Например, исследуемое здание могло быть построено в 1950-х годах, а сталь, использованная для строительства, изготовлена в период 1910-1930 гг. Поэтому усиливаемые стальные элементы требуют обязательных испытаний перед принятием окончательной спецификации [4].

Список литературы

1. Овчинников В. В. Дефектация сварных швов и контроль качества сварных соединений: учебник для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы НПО / В. В. Овчинников. – 4-е изд., стереотипное. – Москва: Академия, 2018. – 223, [1] с.: ил., табл., схемы. – (Профессиональное образование. Профессиональный модуль)
2. Методические рекомендации по технологии усиления металлических конструкций на реконструируемых объектах // НИИСПГосстроя УССР – [Электронный ресурс]. URL: <https://meganorm.ru/Data1/56/56470/index.htm> .
3. Музыченко Л. Н., Буцук И. Н., Дудин А. А. Усиление элементов стальных конструкций при реконструкции зданий и сооружений // Инновационно-технологическое развитие науки: сборник статей Международной научно-практической конференции. (5 апреля 2017 г., г. Волгоград). – В 3 ч. Ч. 2/ – Уфа: АЭТЕРНА, 2017. С. 92–98.
4. Гроздов В. Т. Усиление строительных конструкций при реставрации зданий и сооружений. – СПб, 2005. – 114 с.

Defects and strengthening of welded connections

Krivosos E. A.

*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, Kostukova st., 46*

Defects in welded joints worsen the strength, tightness, continuity of welds, contribute to the premature destruction of not only individual elements, but also the structure as a whole. The article discusses typical defects of welded joints, their impact on the operability of the structure. A brief description of destructive and non-destructive methods of detecting defects is given. Quantitative indicators of steel weldability by carbon content, their influence on the tendency to crack in welds are analyzed. Methods of strengthening welded joints by increasing their length and width, features of strengthening butt and corner seams, elements of non-welded steel, seams with through cracks, correction of defects in the root of the seam of butt pipes are considered. Attention is also paid to the specification of welding techniques in accordance with the existing material.

Keywords: defects of welded joints, defects of welds, reinforcement of welded joints, reinforcement of welds, welding, steel.