

В. И. Логачев

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ПЛОСКИХ ОБРАЗЦОВ С НЕПРОВАРОМ

Среднелегированные стали 25ХГСА, 12Х2НВФА и другие с пределом прочности 100 кг/мм^2 и более нашли широкое применение для изготовления сварных конструкций. Сварке, как и любому технологическому процессу, присущи определенные виды дефектов. Дефекты в сварных швах (в виде трещин, непроваров и несплавлений) кроме уменьшения рабочего сечения сварного соединения являются концентраторами напряжений.

В настоящей работе рассмотрено влияние непровара на прочность плоских образцов из стали ЭИ763 толщиной 2,5 мм. Пластины для изготовления образцов имели следующие размеры: длина — 420 мм, ширина — 150 мм. Раскрой материала производился так, чтобы направление проката в готовом образце совпадало с направлением прилагаемого усилия при нагружении образца. Пластины сваривались продольным швом автоматической сваркой под флюсом АН — 348А с применением присадочной проволоки 18ХМА. Для получения непровара зазор между пластинами составлял не более 0,1 мм и устанавливался режим сварки отличный от того, который необходим для получения полного провара. Сила тока уменьшалась на 20%, а скорость сварки увеличивалась на 30%. Эти условия позволили получить непровар корня стыкового шва. Часть пластин, из которых изготавливались образцы с местным непроваром корня шва, проходили после разметки подварку корня шва. Подварка производилась ручной дуговой сваркой в среде защитного газа гелия с применением присадочной проволоки той же плавки, которая применялась для выполнения автоматного шва. Размеры образца и расположение местного непровара приведены на рис. 1.

После подварки корня шва пластины проходили отжиг при $T = 800^\circ \text{C}$ в течение 1,5 часа. Для получения необходимых механических свойств как металла сварного шва, так и основного материала пластины подвергались термической обработке. Термическая обработка состояла из нормализации и низкого отпуска. Далее пластины разрезались на образцы заданных размеров, как

показано на рис. 1. Единой общепризнанной методики в выборе размеров образца для испытания с концентратором типа непровара или трещины в настоящее время нет. Были использованы рекомендации, полученные различными исследованиями при испытании образцов с сквозной трещиной.

Так, в работе 1 рекомендуется, чтобы длина трещины не превышала $0,5B$, где B — ширина образца.

Учитывая эти рекомендации, была проведена серия испытаний образцов шириной 80 мм и длиной непровара 0,125В; 0,25В; 0,5В. Образцы подвергались нагружению до разрушения на разрывной машине «Амслер», развивающей усилие до 50 т.

Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1

Серия	Количество образцов	Длина непровара, l_0^*	Место разрушения	Излом по месту непровара
8А	25	4,125В	Сварной шов	Хрупкий
8Б	20	0,25В	—»—	—»—
8В	20	0,5В	—»—	—»—

Конкретные данные по длине непровара приведены в табл. 2. Все образцы, указанные в табл. 1, после разрушения подвергались осмотру по месту излома и обмерам по месту залегания непровара. Схематическое строение излома представлено на рис. 2.

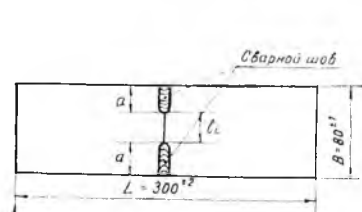


Рис. 1. Образец с местным непроваром:

l_0 — длина непровара, мм; a — длина участка с полным проваром в корне шва, мм; B — ширина образца, мм; L — длина образца, мм



Рис. 2. Строение излома образца с непроваром:

l_0 — длина непровара; h_2 — глубина непровара; h_0 — толщина основного материала; l_1 — длина зоны, по своим очертаниям близкой к параболе; C — зоны хрупкого излома по концам непровара; 1 — зона излома, занятая непроваром; 2 — хрупкий участок излома над непроваром; 3, 4 — участки вязкого излома; 5 — участок вязкого излома в усилении шва

Зоны 3 и 4 отличаются направлением участков вязкого излома. В образцах серий 8А, 8Б, 8В в изломах наблюдалась характерная зона, которая по своим очертаниям близка к параболе и имеет хрупкое строение. Далее находились области с вязким изломом в виде среза. У всех образцов была измерена длина зо-

* l_0 — предлагаемая длина непровара.

ны 2. Замеры показали, что длина зоны 2 в изломе по концам неповара является величиной постоянной и не зависит от длины неповара. На рис. 2 эти участки обозначены через С.

В работах [2] и [3] были рассмотрены вопросы несущей способности растянутой пластины с прямолинейным надрезом и лобового возмущения напряженного состояния около трещины. Работы были выполнены с учетом гипотезы о независимости (в момент разрушения пластины с трещиной) напряженного состояния около трещины от ее длины. Это позволило ввести по концам трещины специальную зону, названную смягчающей. Длина этой зоны не зависит от исходной длины трещины и является своеобразной характеристикой пластичности материала.

Испытания образцов с местным неповаром на образцах шириной 80 мм показали, что размеры смягчающей зоны можно определить экспериментально, а не только путем расчета.

Гипотеза о независимости длины смягчающей зоны от длины трещины и надреза экспериментально подтвердилась.

Результаты испытания образцов с неповаром представлены в табл. 2.

Таблица 2

Серия	Кол- чество	l_0 , мм	l_1 , мм	l_2 , мм	δ , %	σ_0 , кг/мм ²	2 С, мм	σ_0^D , кг/мм ²
8А	25	10:-:16	14:-:22	0,7:-:1,9	1,5:-:6,1	79,0:-:108,0	4:-:6	86,5:-:96,6
8Б	20	20:-:29	24:-:35	1,1:-:2,0	1,7:-:4,5	62,0:-:99,7	4:-:6	67,5:-:85,5
8В	20	34:-:41	39:-:46	1,0:-:2,2	1,5:-:3,8	68,3:-:109,8	4:-:7	52,2:-:67,5

Была установлена полуэмпирическая зависимость для определения несущей способности плоского образца с местным неповаром в сварном стыковом шве. Рассмотрено равновесие половины образца под действием приложенных сил к моменту разрушения его.

Внешние силы Р были заменены равномерно распределенной нагрузкой σ_0 , которая прикладывалась на достаточном расстоянии от концентратора напряжений.

Условное обозначение и характер приложенных сил представлены на рис. 3.

Спроектируем действующие силы на плоскость YZ:

$$-\sigma_0 B h_0 + \sigma_1 (B h_0 - h_0 l_1) + \sigma_2 \cdot \frac{2}{3} h_1 l_1 = 0, \quad (1)$$

где В — ширина образца, мм; h_0 — толщина образца без учета усиления сварного шва, мм; l_0 — длина неповара, мм; l_1 — длина зоны, параболической формы, мм; σ_0 — приложенные напряже-

ния, $кг/мм^2$, σ_1 — временное сопротивление металла сварного шва, $кг/мм^2$, σ_2 — предел текучести металла сварного шва, $кг/мм^2$.

При составлении уравнения равновесия влияние зоны долома на увеличение несущей способности образца не учитывалось.

Было сделано допущение, что для автоматической сварки под флюсом пределы прочности и текучести сварного шва и основного материала равны.

После преобразований получим зависимость

$$\sigma_0^p = \sigma_b \left[1 - \frac{l_0 + 2c}{B} \left(1 - \frac{2}{3} k \frac{h_1}{h_0} \right) \right], \quad (2)$$

где h_1 — глубина проваренного сечения сварного шва над неповаром

$$h_0 = h_1 + h_2, \quad k = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}.$$

Из испытания стандартных образцов было получено $k=0,75$.

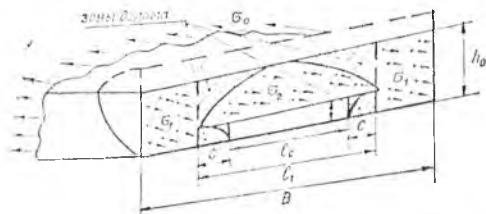


Рис. 3. Условные обозначения и характер приложенных сил:

B — ширина образца; h_0 — толщина образца без учета усиления сварного шва; l_0 — длина неповара; l_1 — длина зоны параболической формы; c — зоны хрупкого излома по концам неповара; σ_0 — приложенные напряжения; σ_1 — временное сопротивление металла сварного шва; σ_2 — предел текучести металла сварного шва

Данные, полученные расчетом по зависимости (2), представлены в последней графе табл. 2. Из таблицы видно, что величина разрушающих напряжений, полученная экспериментально и по расчетам, имеет удовлетворительное совпадение.

Как показывают данные, полученные при испытании образцов с неповаром и приведенные в табл. № 2, неповар в сварном стыковом шве приводит к резкому снижению пластичности, которая оценивалась величиной относительного удлинения.

Образцы шириной 80 мм, не имевшие неповара в сварном шве, получили удлинение $\delta = 8,5 \div 11,4\%$.

Выводы

1. Проведенные эксперименты показали, что неповар является концентратором напряжений и приводит к снижению прочности и пластичности сварного соединения.

2. Излом по месту непровара хрупкий и имеет характерную форму в виде параболы. Осмотр и обмер изломов показал, что зона С по концам непровара практически не зависит от исходной длины непровара.

3. Величина зоны С может быть использована для оценки склонности материалов к хрупкому разрушению при наличии в стыковом шве дефектов сварки в виде непровара.

4. Предложенная полуэмпирическая зависимость (2) удовлетворительно описывает несущую способность плоской пластины с непроваром в стыковом шве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прикладные вопросы вязкости разрушения. М., «Мир», 1968.
2. Лукашев Л. Г. О несущей способности растянутой пластины с прямойлинейной царапиной. Труды КуАИ, вып. 48, 1971.
3. Лукашев Л. Г. Исследование локального возмущения напряженного состояния около трещины. Труды КуАИ, вып. 32, 1968.

А. С. Ивашин, Н. И. Петрашов, М. Д. Рудман,
С. И. Ермилов

ПРИБОР С АВТОНОМНЫМ ПИТАНИЕМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

Разработанный прибор ДТС-4 служит для одновременного измерения сварочного тока и длительности его прохождения при точечной контактной сварке на машинах с асинхронным прерывателем сварочного тока. Малые габариты и масса, автономность питания, простота обращения позволяют легко и быстро производить наладку и паспорттизацию сварочного оборудования и периодический контроль параметров режима сварки изделий.

В качестве датчика прибора используется разъемный торонд, одеваемый на одну из консолей машины. Напряжение с торонда, пропорциональное скорости изменения сварочного тока, подается на вход прибора (рис. 1).

Для измерения длительности сварочного импульса используются положительные полупериоды входного напряжения, которые через резистор R_{19} поступают на базу транзистора T_3 . Последний запирается и конденсатор C_{15} заряжается через резисторы $R_{22} \div R_{23}$ или $R_{24} \div R_{26}$ (в зависимости от диапазона измерения) и диод D_7 от стабилизированного источника питания. Постоянная времени зарядной цепи выбирается в несколько раз больше, чем максимальной длительности измеряемого сварочного импульса, поэтому напряжение на конденсаторе C_{15} почти пропорционально числу положительных полупериодов, т. е. длительности сварочного импульса. Стабилизатор D_6 и резистор R_{19}