

Особенности расчет сварных соединений с угловыми швами в стальных конструкциях

Приходько Себастьян Николаевич

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью данного исследования является расчет характеристик сварного шва. Используются поисковые, аналитические и сравнительные методы исследования. В результате были выполнены расчёты по определению механических и геометрических показателей сварного шва.

Ключевые слова: строительство, расчет, сварной шов, сварка, зазор, влияние, катет, угловой.

Features of calculation of welded joints with fillet welds in steel structures

Prikhodko Sebastian Nikolayevich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this study is to calculate the characteristics of the weld. Search, analytical and comparative research methods were used. As a result, calculations were performed to determine the mechanical and geometric parameters of the weld.

Keywords: construction, calculation, weld, welding, gap, influence, leg, corner.

1. Введение

Процесс сварки стальных конструкций является одним из наиболее важных этапов в их изготовлении, и от его качества зависит прочность и долговечность будущих изделий. Однако в ходе сварки возникают сложности, связанные с обеспечением идеального соединения элементов, особенно в таких конструктивных вариантах, как тавровые, нахлесточные и угловые швы. Недостаточная точность при сопоставлении деталей может привести к появлению зазоров и других дефектов, которые в свою очередь влияют на механические свойства сварного соединения. Важно учитывать различные параметры и особенности, влияющие на формирование таких соединений, а также корректно рассчитывать их геометрические характеристики.

В статьях Т. И. Бендика, Е. А. Усмановой и Ю. Н. Вавилова, И. Ю. Скобелевой, И. А. Ширшовой производятся расчеты сварных швов и анализируется их прочность [3, 4, 5]. В публикации Н. Л. Зайцева рассматривает способы совершенствования методик расчета угловых сварных

швов [1]. В работе Л. И. Коростылёва., Д. Ю. Литвиненко рассматриваются микрогеометрические параметры швов [2].

Целью исследования является расчет характеристик сварного шва.

В работе были выполнены расчёты по определению механических и геометрических показателей сварного шва.

2. Методика определение характеристик сварного шва

Рассмотрим схему расчётного сечения сварного соединения с угловым швом (рис.1).

f – сечение, образующееся по наплавленному металлу

z – граница сплавления

δ – зазор между элементами соединения

Сечение, проходящее через наплавленный металл, ориентировано перпендикулярно гипотенузе прямоугольного треугольника, который заключён во внешнюю часть сварного шва. В то время как сечение по границе сплавления пересекает точки, где сварной шов соприкасается с поверхностями соединяемых элементов.

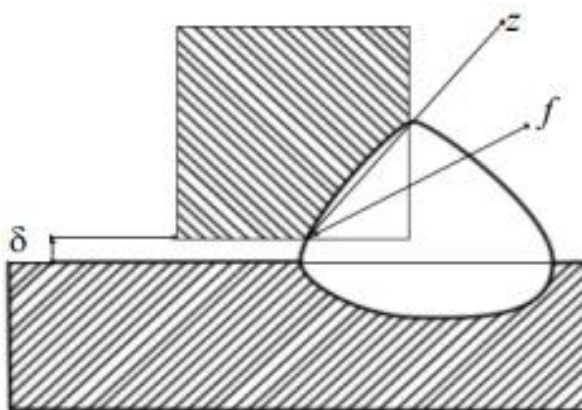


Рисунок 1. Поперечное сечение углового шва, применяемого в тавровом соединении

Перейдем к определению катета сварного шва. Для этого воспользуемся формулой

$$K_f \geq N / \beta_f l_w R_{wf}; \quad K_f = N / \beta_z l_w R_{wz};$$

β_f, β_z – коэффициент, зависящий от вида сварки, положения, при котором осуществлялся сварочный процесс, и от катета

l_w – расчетная длина сварного шва

R_{wf}, R_{wz} – расчетное сопротивление срезу по металлу шва и металлу границы сплавления

В данной формуле не учитывается зазор между соединяемыми элементами. Расстояние между соединяемыми деталями может быть разным: 3 мм (сварка осуществляется покрытым электродом; 2 мм – при сварке в защитных газах). А наименьшее значение катета будет равно всего 4 мм при ручной, 3 мм – при механизированной сварке. Если толщина соединяемых

элементов равна 15 мм, тогда наибольшее значение зазора 3 мм и наименьшее значение катета 4 мм могут оказаться в одном сварном соединении. Для того, чтобы определить влияние зазора между соединяемыми элементами, оказываемое на несущую способность сварного шва, были проведены исследования.

3. Суть исследования

Для проведения экспериментов были взяты образцы двух различных типов, предназначенные для восприятия сдвигающих и отрывающих усилий (рис.2). Два вариант образцов: один — без зазора, другой — с зазором, составляющим 2–3 мм. Что касается катетов сварных швов, их размеры варьировались от 4,0 до 5,7 мм и измерялись как катеты прямоугольных треугольников, которые вписывались в внешнюю часть наплавленного металла.

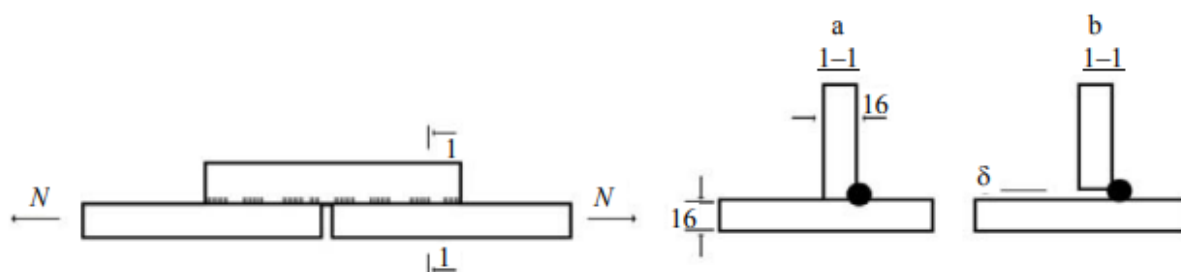


Рисунок 2 Образцы, применяемые при испытаниях на сдвиг

Далее рассмотрим образцы, для испытаний на отрыв (рис.3). Зазоры в низ также варьировались в диапазоне 2–3 мм, а катеты сварных швов колебались в пределах от 2,7 до 8,4 мм

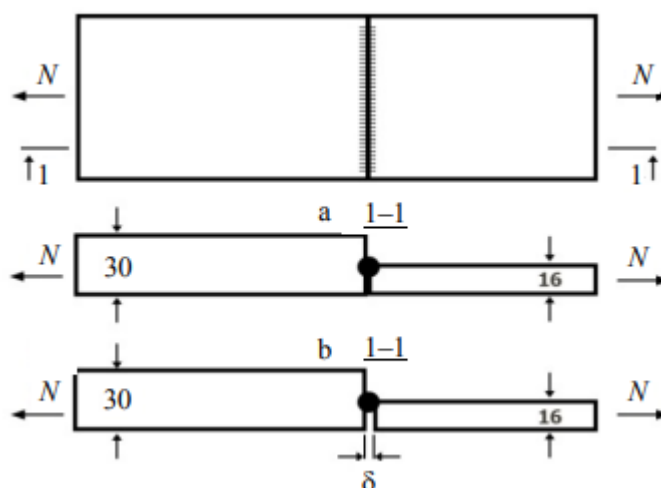


Рисунок 3. Образцы, для испытаний на отрыв

Для проведения испытаний на сдвиг использовались образцы с толщиной соединяемых пластин 16 мм (рис.4). Для испытаний на отрыв применялись образцы с пластинами толщиной 16 мм и 30 мм (рис.5). В

качестве материала для пластин была выбрана сталь марки С245. Длина сварного шва в каждом образце составляла 100 мм.

В процессе испытаний были выявлены незначительных нормальных напряжений. В зоне сварного шва эти напряжения не превышали 3 кН/см².

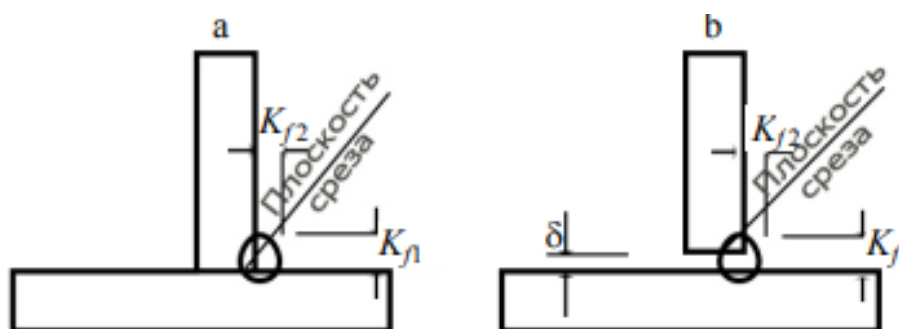


Рисунок 4. Сечение образцов, предназначенных для испытаний на сдвиг

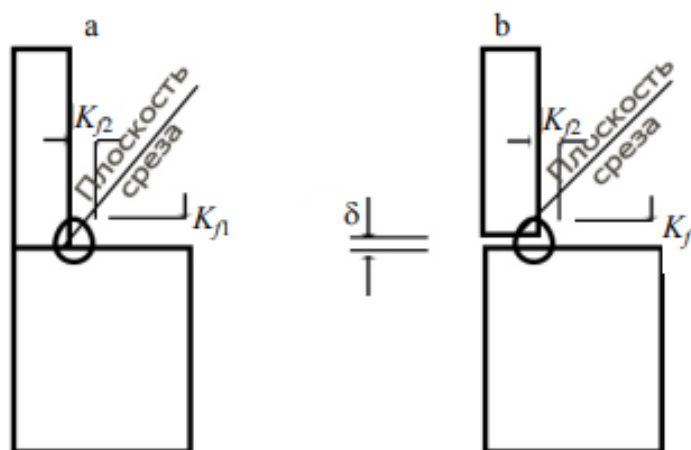


Рисунок 5. Сечение образцов, предназначенных для испытаний на отрыв

4. Анализ полученных результатов

В ходе исследования были проанализированы плоскости среза сварных швов. Результаты показали, что в сварных швах без зазора срез проходил по наплавленному металлу, тогда как в швах с зазором плоскость среза находилась на границе сплавления основного и наплавленного металлов.

Для обработки полученных данных и дальнейшего сопоставления несущих способностей сварных соединений использовались усредненные значения катетов, $K_{ср}$. Эти значения вычислялись как средние для сварных швов с одинаковыми катетами, $K_{f1} = K_{f2}$, исходя из равенства высоты прямоугольного треугольника с катетами K_{f1} и K_{f2} и высоты равностороннего треугольника с катетом $K_{ср}$. В ходе экспериментов также варьировалась глубина проплавления, h .

Из-за различий в объемах наплавленного металла, для сопоставления несущих способностей было принято использовать относительные величины, выраженные в килоньютонах на миллиметр. Для сварных швов с зазором, испытанных на сдвиг, относительная несущая способность оказалась в 1,34–1,56 раза ниже, чем у сварных швов без зазора (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика образцов на сдвиг

Образец	K _{f1} , мм	K _{f2} , мм	K _{ср} , мм	δ, мм	h, мм	N, кН	N/K _{ср}	h/K _{ср}
1	4,1	3,9	4	0	1,7	191	46,7	0,41
2	4,9	4,8	4,7	0	1,7	191,5	40	0,356
3	4,5	5,6	5	2,5	3	149,5	20,87	0,61
4	4,4	5,5	4,9	2,8	2,7	152,3	30,04	0,55

При испытаниях на отрыв для сварных швов с зазором относительная несущая способность оказалась в 1,35–1,47 раза меньшей, чем у сварных швов без зазора (табл. 2). Следует отметить, что снижение несущей способности не является строго пропорциональным величине зазора. Это объясняется тем, что при наличии зазора увеличилась глубина проплавления: для швов без зазора она составляла 1,4–1,7 мм, в то время как для швов с зазором — 2–3 мм. Относительное значение глубины проплавления ($h/K_{ср}$) для образцов без зазора варьировалось от 0,36 до 0,49, а для образцов с зазором — от 0,45 до 0,57.

Таблица 2. Характеристика образцов на отрыв

Образец	K _{f1} , мм	K _{f2} , мм	K _{ср} , мм	δ, мм	h, мм	N, кН	N/K _{ср}	h/K _{ср}
5	5,2	3,3	4,15	0	1,5	205	49,4	0,388
6	3	2,6	2,88	0	1,2	144,5	50,4	0,421
7	8,3	5,4	6,52	2,8	3	216,8	33,3	0,46
8	4,9	4	4,43	2	2	166,5	37,8	0,451

Зависимость несущей способности сварного соединения от зазора между соединяемыми деталями, можно описать с помощью формулы

$$N = N_0 \left[1 - \left(\delta / K_{ср} \right)^2 \right]$$

5. Заключение

Зазоры между соединяемыми элементами оказывают значительное негативное влияние на несущую способность сварного шва. В образцах, где присутствовал зазор, несущая способность на 1 мм катета сварного шва была на 24–36 % ниже, чем в образцах без зазора. В сварных соединениях без зазора плоскости среза проходили только по наплавленному металлу, что обеспечивало более стабильную прочность шва. В свою очередь, в образцах с зазором срезы проходили по границе сплавления основного и наплавленного металлов, что изменяло структуру шва и снижало его прочностные характеристики.

Библиографический список

1. Зайцев Н.Л. Совершенствование методики расчета размеров угловых швов//Вестник Южно-Уральского государственного университета. серия: Metallurgy. 2015. №1. С. 48-52. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23286931>
2. Коростылёв Л.И., Литвиненко Д.Ю. Анализ микрогеометрических параметров стыковых и угловых сварных швов конструктивных узлов//Сборник научных трудов Национального университета кораблестроения. 2015. №2. С. 28-34. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28856830>
3. Бендик Т.И. Анализ методик расчета на прочность угловых сварных швов по национальным нормам и еврокоду 3// Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии. 2018. С. 176-177. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35141979>
4. Вавилов Ю.Н., Скобелева И.Ю., Ширшова И.А. Общая методика расчета стыковых и угловых сварных швов на прочность// Справочник. Инженерный журнал. 2021. №2. С. 28-33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44691604>
5. Усманова Е.А., Шахматов М.В. Комплексный подход к оценке прочности сварных тавровых соединений// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Metallurgy. 2010. №34. С. 54-57. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15486911>