

Родионов Игорь Константинович,

доцент кафедры «Промышленное, гражданское строительство

и городское хозяйство»,

ФГБОУ ТГУ г. Тольятти;

Родионов Игорь Игоревич,

инженер, ООО «Профи» г. Тольятти

УСИЛЕНИЕ РАСТЯНУТЫХ СТЕРЖНЕЙ СТАЛЬНЫХ ФЕРМ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВАРКИ

Аннотация. Существующие технологии усиления стержней стальных уголковых ферм покрытия недостаточно обоснованы. В этой связи проведён комплекс исследований, результаты которых позволяют осуществлять усиление стержней таких ферм при любых нагрузках в пределах полных их расчётных величин.

Ключевые слова: стальные фермы, усиление, растянутые стержни, сварка.

Одним из основных приёмов усиления стальных ферм является увеличение сечения наиболее напряженных стержней, в том числе и растянутых.

Процесс усиления идет под нагрузкой и тесно связан с наплавкой швов, соединяющих усиливающие и усиливаемые элементы, что делает необходимым учёт технологических параметров сварки.

Появляющийся при сварке разогрев является определяющим при назначении предельно допустимой величины нагрузки. Авторами известных рекомендаций предлагаются различные ограничения этой величины: от 0,5 [1, стр. 26] до 0,8 [2, стр. 459] от предельной расчетной нагрузки для усиливаемых растянутых стержней. Ограничения эти рекомендуются без привязки к конкретным технологическим схемам сварки, что делает их чисто умозрительными.

СОВРЕМЕННАЯ НАУЧНАЯ МЫСЛЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В данной статье приводятся некоторые результаты исследований работы растянутых стержней в процессе их усиления увеличением сечения. Целью их являлась разработка рациональной сварочной технологии усиления *высоконапряженных* растянутых стержней стальных уголкового ферм, а также выявление критериев определения предельно допустимой при усилении нагрузки.

Общий подход к решению проиллюстрируем на конкретном примере усиления. Основной стержень примем в виде полосы с пластинами по концам, имитирующими фасонки ферм. Элемент усиления примем также полосовой, с присоединением к основному на сварке в тавр (рис. 1).

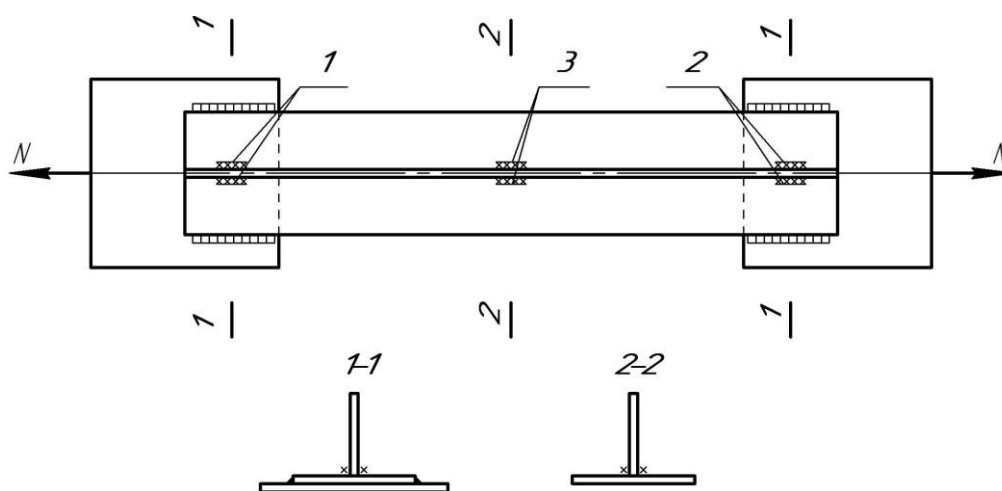


Рис.1. К вопросу о порядке наплавки сварных швов

Решая вопрос о порядке наплавки швов, можно заметить, что все возможные технологии присоединения элементов усиления можно свести к двум основным, принципиально разным сварочным технологиям:

- первая – с наплавкой первоначально сварных швов поз. 3 (сечение 2-2), а затем швов поз. 1 и 2 (сечения 1-1) по концам усиливаемого элемента;
- вторая, наоборот, – с первоначальной наплавкой швов поз. 1 и 2 (в пределах фасонки) и последующим нанесением швов поз. 3.

СОВРЕМЕННАЯ НАУЧНАЯ МЫСЛЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Анализ напряженного состояния стержней, усиливаемых по этим двум технологиям, позволил получить неравенства, определяющие критерии безопасного проведения сварочных работ.

В случае применения 1-й технологической схемы несущая способность определяется по сечению 2-2 и неравенство имеет вид:

$$[N](1 - A_0^{cb}/A_0) \geq N \quad , (1)$$

где: $[N]$ – несущая способность основного стержня; N – усилие, действующее в стержне; A_0 – площадь сечения основного стержня; A_0^{cb} – площадь теплового ослабления сечения основного стержня (определяется как площадь, разогретая выше 600°C).

Выражение $1 - A_0^{cb}/A_0 < 1$. Таким образом, рассматривая неравенство (1), можно сделать вывод, что усилие растянутого стержня по данной технологической схеме возможно лишь при усилии в нём N , находящемся в пределах определенной доли несущей способности, т.е. $N \leq k [M]$, где $k = 1 - A_0^{cb}/A_0$, $0 \leq k < 1$ зависит от погонного тепловложения при сварке, геометрических размеров сечений элементов, схем их соединения.

Для 2-й технологической схемы несущую способность следует рассматривать по сечениям 1-1 и 2-2 и неравенства имеют вид:

$$(A_0 - A_0^{cb})\sigma_T^o + A_\phi\sigma_T^\phi \geq N, \quad (2) \quad (A_0 - A_0^{cb})\sigma_T^o + (A_y - A_y^{cb})\sigma_T^y \geq N, \quad (3)$$

где: A_y – площадь сечения элемента усиления; A_y^{cb} – площадь ослабления сваркой сечения элемента усиления (площадь, разогретая выше 600°C); A_ϕ – площадь сечения фасонки (сеч. 1-1, рис. 1); σ_T^ϕ , σ_T^o , σ_T^y – пределы текучести материала соответственно фасонки, основного стержня и элемента усиления.

В данном случае возможно проведение усиления при усилении в стержне равном его несущей способности. Для этого необходимо выполнение условий:

$$A_0^{cb}\sigma_T^o \leq A_\phi\sigma_T^\phi, \quad (4) \quad A_0^{cb}\sigma_T^o \leq (A_y - A_y^{cb})\sigma_T^y, \quad (5)$$

СОВРЕМЕННАЯ НАУЧНАЯ МЫСЛЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

т.е., ослабление сваркой основного стержня должно быть компенсировано, во-первых, сечениями фасонки и, во-вторых, неразогретой (выше 600°C) частью сечения элемента усиления.

Приведенные выше теоретические выкладки были проверены экспериментально: на натуральных стержнях (рис. 1). Усиление стержней проводилось по 2-й технологической схеме при нагрузках, вызывающих усилия, абсолютно близкие к нормативным (определенным по σ_T) значениям несущей способности. Стержни были поделены на две группы. При испытании стержней 1-й группы сварка выполнялась на режимах, при которых по теории (формулы 4, 5) должна была обеспечиваться (на пределе) их несущая способность. Образцы 2-й группы усиливались при более высоких значениях величин погонного тепловложения. По теории они должны были «потечь» при наплавке промежуточных швов (поз. 3, рис. 1).

Полученные экспериментально результаты подтвердили теоретические обоснования, что дало возможность сделать следующие выводы:

1. Усиление растянутых стержней стальных уголкового сварных ферм возможно при полной для них расчётной нагрузке. Для этого необходимо: применение порядка сварки с наплавкой связующих швов сначала по концам (*в пределах фасонки*) и только затем, после их остывания, в промежуточных сечениях; применение режимов сварки, при которых величина теплового ослабления сечений усиливаемых стержней компенсируется по прочности сечениями фасонки и неразогретыми (выше 600°C) частями сечений элементов усиления.

2. В случае применения порядка сварки с первоначальной наплавкой связующих швов по концам стержней и известных сечениях элементов усиления безопасные режимы сварки при усилении растянутых уголкового стержней ферм вполне могут быть определены по предлагаемой методике.

СОВРЕМЕННАЯ НАУЧНАЯ МЫСЛЬ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демидов Н.Н. Усиление стальных конструкций [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.Н. Демидов. – Электрон. текстовые данные. – М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. – 85 с. – 978-5-7264-1326-6. С. 12-17, 25-33.
2. Металлические конструкции: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / [Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С.Игнатъева и др.]; под ред. Ю.И. Кудишина. – 13-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 688 с. – С. 452-469. <https://dwg.ru/dnl/12764>