

УДК 621.721.052:539.4.014

Прохоренко В.М., Перепичай А.А.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт».
Украина, г. Киев

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ СВАРКИ НА ОСТАТОЧНОЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СИММЕТРИЧНОГО СВАРНОГО СТЫКОВОГО СОЕДИНЕНИЯ

Выполнен расчет методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния симметричного сварного стыкового соединения из стали 14Г2 в зависимости от различных технологических схем сварки шва. Под технологической схемой сварки понимается комбинация величины базы продольного закрепления свариваемых пластин параллельно шву с двух его сторон (без закрепления, база закрепления 50, 100 и 200 мм) в сочетании с направлением сварки шва (на проход, от середины шва к его концам, от концов шва к его середине). Проанализировано влияние технологических схем сварки на величину остаточных продольных пластических деформаций и продольных напряжений в узлах среднего поперечного сечения на лицевой поверхности соединения. Установлен характер изменения напряженно-деформированного состояния в зависимости от технологической схемы сварки. По результатам решения сформулированы выводы, представляющие научный и практический интерес.

Ключевые слова: пластические деформации; метод конечных элементов; сварные конструкции.

Введение

На сегодняшний день интенсивное развитие инженерных комплексов для расчетов напряженно-деформированного состояния методом конечных элементов, а также значительное повышение расчетных возможностей персональной вычислительной техники позволяют быстро решать задачи с количеством элементов свыше 200 тысяч. Конечно-элементное моделирование во многих случаях заменяет трудоемкие и сложные экспериментальные методы и дает возможность рассмотреть намного больше вариантов технологических схем сварки с целью оценки и сравнения остаточного напряженно-деформированного состояния [1].

Цель и задачи работы

В данной работе рассматривается частная научно-техническая задача, связанная с изучением влияния на остаточное напряженно-деформированное состояние при сварке симметричного сварного стыкового соединения мест постановки прижимов сборочно-сварочной оснастки, а также технологической последовательности выполнения стыкового шва (технологических схем сварки). В частности, рассматривается влияние расстояния между линиями установки прижимов оснастки (базы установки прижимов) вдоль параллельных шву линий с двух его сторон. В работе изучается напряженно-деформированное состояние для та-

ких трех технологических схем сварки как сварка шва напроход, от середины шва к его концам, от концов шва к его середине.

Основная часть

Задачу решали в 3D-постановке методом конечных элементов для сварного симметричного стыкового соединения из стали 14Г2 размерами 500×200×6 мм с разными базами закрепления свариваемых пластин относительно продольной оси стыкового шва, а также указанными выше различными технологическими схемами сварки.

Ниже приведены результаты расчета и анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) для всех рассмотренных технологических схем сварки стыкового шва с учетом различных баз закрепления только для узлов сетки на лицевой поверхности сварного соединения. По толщине свариваемых пластин 6 мм с шагом 1,5 мм можно рассмотреть полученные результаты решения еще для пяти путей в данном среднем поперечном сечении сварного соединения. Такие результаты у авторов имеются, но в данной работе не приводятся.

Сварка в свободном состоянии (без закрепления сварного соединения). Ширина зоны продольных пластических деформаций в среднем поперечном сечении соединения при сварке на проход (рис. 1) на (15...17) % больше, чем при сварке от середины к концам шва и от концов шва к середине. Остаточные продольные пластические

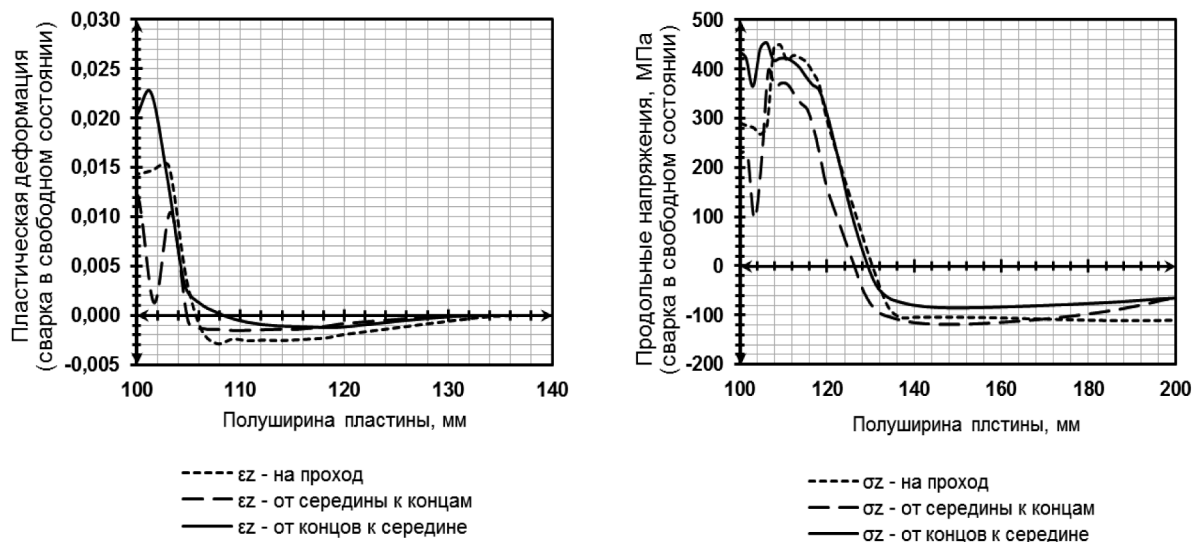


Рис. 1. Продольные пластические деформации и напряжения при различных технологических схемах сварки без закрепления свариваемых пластин

деформации в металле шва положительные (удлинение) для всех технологических схем сварки. Величина их на оси шва для различных схем сварки составляет примерно: 0,015 – при сварке напроход, 0,020 – от концов к середине, 0,012 – при сварке от середины к концам. В основном металле в пределах зоны пластических деформаций остаточные пластические деформации отрицательны (укорочение) на уровне минус (0...0,003).

Распределение остаточных продольных напряжений в среднем поперечном сечении соединения является характерным для данного типа соединений (симметричных стыковых) [2] с некоторыми небольшими отличиями в связи с образованием незначительного количества мартенситных структур. Значения этих напряжений заметно зависят от технологической схемы сварки. Более низкие напряжения растяжения в зоне продольных пластических деформаций возникают при сварке от середины шва к его концам. В целом в этой зоне напряжения растяжения находятся на уровне ~ (200...450) МПа. В реактивной зоне (за пределами зоны пластических деформаций) наименьшие продольные напряжения сжатия (~ 80 МПа) возникают при схеме сварки шва от его концов к середине. Для всех технологических схем сварки они находятся в пределах ~ (80...120) МПа и распределены по ширине реактивной зоны соединения практически равномерно.

Сварка с закреплением свариваемых пластин вдоль внешних боковых кромок (база закрепления 200 мм). Ширина зоны продольных пластических деформаций в среднем поперечном сечении соединения при сварке напроход, как и в предыдущем случае, выше на (10 ...12) % (рис. 2) от двух

остальных технологических схем сварки. Продольные пластические деформации в металле шва на его оси положительные (удлинение) для всех схем сварки. При этом для схемы сварки напроход они находятся на уровне ~ 0,014, для схемы от середины шва к его концам – на уровне ~ 0,009, для схемы от концов шва к его середине – на уровне ~ 0,018.

Ширина зоны пластических деформаций при такой базе закрепления (200 мм) существенно увеличивается по сравнению со сваркой в свободном не закрепленном состоянии и распространяется почти на всю ширину соединения. Вне сварного шва продольные остаточные пластические деформации имеют знак минус (укорочение) и для сварки напроход среднее значение по ширине соединения можно оценить на уровне ~ 0,002. Для двух других схем сварки они незначительны и равны ~ 0,0006.

Распределение остаточных продольных напряжений в целом соответствует известным существующим представлениям для данного сечения с учетом присутствия мартенситной фазы в металле шва и околшовной зоне. Лучшими являются параметры напряженно-деформированного состояния для сварки от середины шва к концам соединения, как и в случае отсутствия закреплений. Существенное увеличение зоны пластических деформаций в среднем поперечном сечении, по-видимому, связано с увеличением продольной жесткости всего сварного соединения при такой схеме постановки прижимов по всей длине соединения.

Сварка с закреплением свариваемых пластин по их продольным сечениям, отстоящим от оси шва на 50 мм (база закрепления 100 мм). Полная ширина зоны пластических деформаций (в сумме с двух сторон шва) в среднем поперечном сечении по

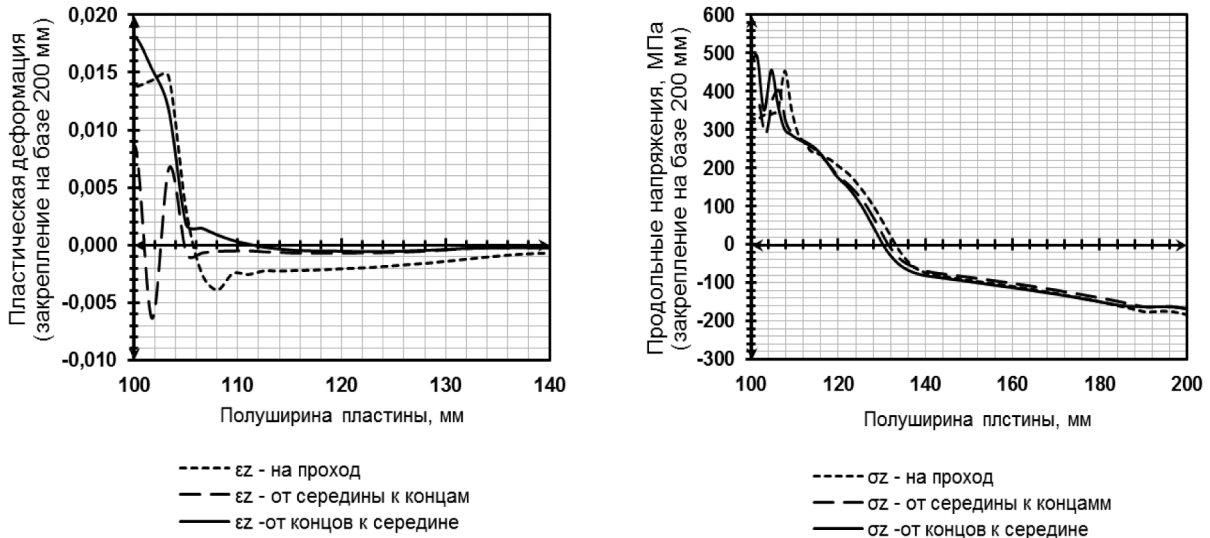


Рис. 2. Продольные пластические деформации и напряжения при разных технологических схемах сварки с закреплением свариваемых пластин на базе 200 мм

линии узлов на лицевой поверхности соединения практически одинакова для всех исследованных схем сварки и составляет примерно (112...120) мм. Это несколько превышает базу постановки прижимов оснастки, равную 100 мм.

Причиной выхода границы зоны пластических деформаций за пределы базы закрепления соединения 100 мм является удаленность за пределы этой базы точки с максимальной температурой, при которой в точке начинает выполняться условие пластичности. Различия в ширине зоны пластических деформаций для всех схем сварки незначительные и находятся на уровне (1...2) % (рис. 3). Продольные пластические деформации на оси шва

для всех схем сварки положительные (удлинение): ~ 0,014 для схемы сварки на проход, ~ 0,008 для схемы сварки от середины к концам шва, ~ 0,017 для схемы сварки от концов к середине шва.

Распределение напряжений типично для среднего поперечного сечения сварного соединения. Остаточные напряжения в основном металле мало зависят от последовательности сварки (на проход, от середины шва, от концов шва). Заметные изменения продольных напряжений наблюдаются в металле шва и околошовной зоне, что связано со структурными превращениями для данной стали.

Сварка с закреплением свариваемых пластин по их продольным сечениям, отстоящим от оси

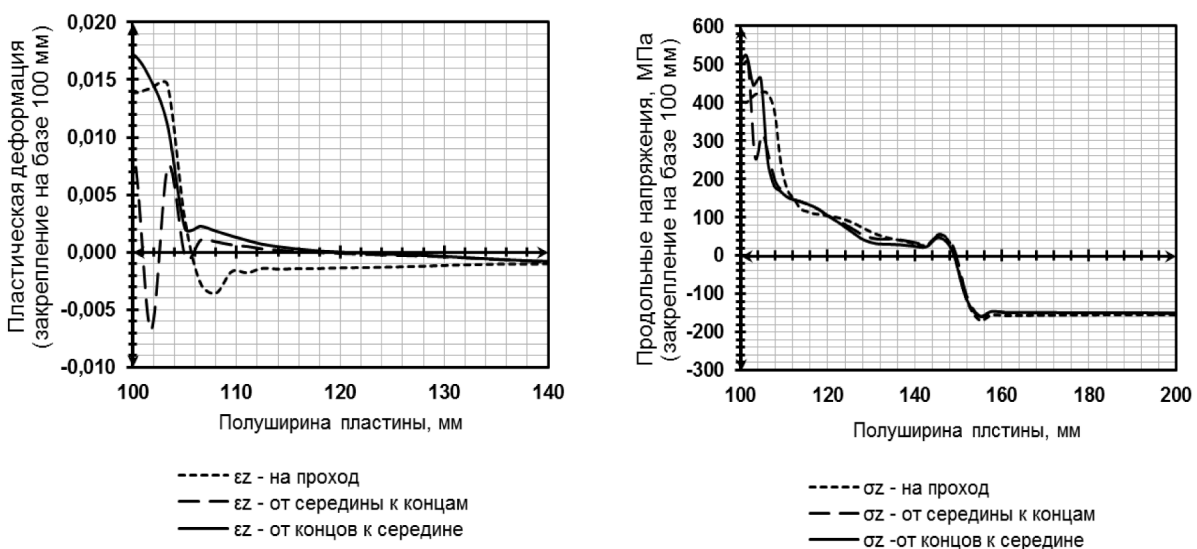


Рис. 3. Продольные пластические деформации и напряжения при разных технологических схемах сварки с закреплением свариваемых пластин на базе 100 мм

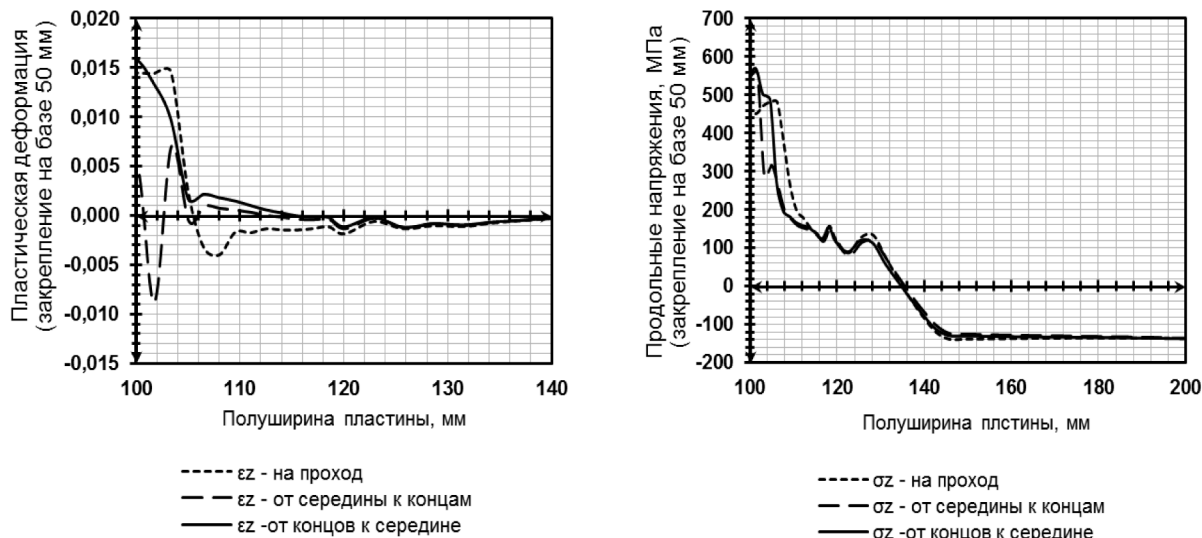


Рис. 4. Продольные пластические деформации и напряжения при разных технологических схемах сварки с закреплением свариваемых пластин на базе 50 мм

шва на 25 мм (база закрепления 50 мм). Полная ширина (в обе стороны от шва) зоны остаточных пластических деформаций при данном закреплении не меняется для всех технологических схем выполнения шва и составляет примерно 100 мм (рис. 4).

Продольные пластические деформации в металле шва на его оси положительные (удлинение) на уровне ~ 0,014 для сварки на проход, на уровне ~ 0,005 для сварки от середины к концам шва и ~ 0,015 для сварки от концов шва к его середине.

Пластические деформации укорочения в основном металле примерно на уровне 0,002.

Распределение напряжений является характерным для среднего поперечного сечения при сварке стали 14Г2. Величина напряжений вне зоны структурных превращений также не зависят от технологической схемы сварки (на проход, от середины шва к его концам, от концов шва к его середине).

Выводы

1. Минимальная ширина зоны пластических деформаций имеет место в случае выполнения шва от середины к его концам в свободном (не закреплённом) состоянии соединения.

2. Величина базы закрепления сварного соединения существенно влияет на ширину зоны остаточных пластических деформаций укорочения. С увеличением базы закрепления полная (в сумме с двух сторон шва) ширина зоны остаточных пластических деформаций существенно увеличивается.

3. Наблюдающаяся в некоторых случаях на графиках небольшая неуровновешенность эпюры продольных остаточных напряжений объясняется продольным изгибом соединения в остаточном состоянии с выпуклостью в ту или иную сторону в зависимости от условий формирования напряженно-деформированного состояния при заданных закреплениях.

Литература

- [1] Морозов Е.М., Никишков Г.П. Метод конечных элементов в механике разрушения. – М.: Наука, 1980. – 254 с.
- [2] Прохоренко В.М., Прохоренко О.В. Напруження та деформації у зварних з'єднаннях і конструкціях [Текст]: навч. посіб./ . – К.: НТУУ «КПІ», 2009. – 268 с. – Бібліогр.: с. 267. – 400 пр. ISBN 978-966-622-331-2.

Prokhorenko V.M., Perepichay A.A.

National Technical University of Ukraine «Kiev Polytechnic Institute». Ukraine, Kiev

EFFECT OF WELDING TECHNOLOGICAL SCHEMES ON RESIDUAL STRESS-STRAIN STATE OF SYMMETRIC WELDED BUTT JOINTS

The calculation of the finite element method of stress-deformed state the symmetric welded butt joint of steel 14Г2 depending on various technological schemes of the welding seam. Under the scheme of the welding process is meant a combination of the magnitude of the longitudinal fixing base plates welded seam parallel to its two sides (without fixing, fixing base 50, 100 and 200 mm) in combination with the direction of the welding seam (on a pass from the middle joint to the ends thereof, the ends weld to the middle). Analyzed the effect technological schemes of welding residual value of longitudinal plastic deformations and stresses in the longitudinal cross-section of the middle nodes on the front surface of the structure. The character of stress-deformed state, depending on the welding technological scheme is defined. By the results of solution formulated conclusions of scientific and practical interest.

Keywords: plastic deformation; finite element method; welded structures.

References

- [1] Morozov E. M., Nikishkov G. P. Metod konechnyh jelementov v mehanike razrushenija. – M.:Nauka, 1980. – 254 s.
- [2] Prohorenko V.M., Prohorenko O.V. Napruzhennja ta deformacii u zvarnih z'ednannjah i konstrukcijah [Tekst]: navch. posib./ . – K.: NTUU «KPI», 2009. – 268 s. – Bibliogr.: s. 267. – 400 pr. ISBN 978-966-622-331-2.