

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПИЩЕВОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

<sup>1</sup>Дейнека И.Г., <sup>1</sup>Бородина Е.В.

<sup>1</sup>Луганский государственный университет имени Владимира Даля, г. Луганск

**Аннотация.** В работе рассмотрен механизм пластической деформации сварных соединений определенной по полосам текучести на малоуглеродистой стали при сварке элементов переменной жесткости в пищевом машиностроении. В статье изучено влияние ширины свариваемого тонколистового металла на низкотемпературную пластическую деформацию, рассмотрены формы пластин, потерявших устойчивость. Представлены деформации листа при приварке его к жесткой раме. Приведены параметры режима механизированной сварки в CO<sub>2</sub> и мощности, вводимые в сварное соединение.

**Ключевые слова.** Сварка, малоуглеродистая сталь, переменная жесткость, зона пластической деформации, режим сварки, пищевое машиностроение.

## INVESTIGATION OF PLASTIC DEFORMATION OF WELDED JOINTS IN FOOD ENGINEERING

<sup>1</sup>Deineka I. G., <sup>1</sup>Borodina E. V.

<sup>1</sup>Luhansk State University named after Vladimir Dal, Luhansk

**Abstract.** The paper considers the mechanism of plastic deformation of welded joints determined by the flow bands on low-carbon steel when welding elements of variable stiffness in food engineering. The influence of the width of the welded sheet metal on low-temperature plastic deformation is studied in the article, the shapes of plates that have lost stability are considered. The deformations of the sheet when it is welded to a rigid frame are presented. The parameters of the mode of mechanized welding in CO<sub>2</sub> and the power introduced into the welded joint are given.

**Keywords.** Welding, low-carbon steel, variable stiffness, plastic deformation zone, welding mode, food engineering.

**Введение.** В отдельных отраслях пищевого машиностроения в большом объеме используется металл малой толщины. Изготовление таких конструкций как пищевые аппараты различного назначения, стенки и крышки смесителей, пищевые трубопроводы и др. невозможно без применения сварки. Однако при сварке в результате неравномерного нагрева и некоторой жесткости свариваемых элементов происходит пластическая деформация укорочения. При остывании изделия в районе сварного шва формируется поле остаточных уравновешенных напряжений. Швы и прилегающая активная зона, где происходит пластическая деформация, растянуты (напряжения достигают предела текучести свариваемой конструкционной стали), а основной металл сжат. Величина сжимающих напряжений зависит от площади поперечного сечения соединения. Под действием этих напряжений происходит потеря устойчивости тонкого листа с образованием местных деформаций (выпучин и впадин) превышающих допустимые.

Цель работы: изучение влияния ширины свариваемого тонколистового металла на низкотемпературную пластическую деформацию.

Главным направлением уменьшения деформаций тонколистовых сварных конструкций является уменьшение размеров активной зоны при сварке. Наиболее эффективные методы снижения размеров этой зоны, является сварка с искусственным охлаждением, (растяжение свариваемых деталей до сварки, предварительный подогрев металла и т.д.) [2].

Деформационные формоизменения в тонколистовых конструкциях, разделяются на деформации в плоскости и из плоскости. Деформации в плоскости: продольное и поперечное укорочение, в обычных условиях невелики и легко учитываются при проектировании и устраняются в процессе сварки, например, применением прижимов. Деформации из плоскости: угловые, продольные и поперечные прогибы, потеря устойчивости с образованием хлопунгов, выпучин и т.д. значительно влияют на качество сварных конструкций и их эксплуатационные свойства, т.к. приводят к значительным изменениям формы конструкции.

Причиной появления деформаций из плоскости являются напряжения, возникающие в процессе сварки. Одним из самых распространенных видов деформаций является потеря устойчивости. Тонкие листы (до 1 мм) могут терять устойчивость и в процессе сварки, но в основном потеря устойчивости происходит после сварки. Деформационные потери устойчивости развиваются мгновенно и проявляются в образовании прогибов, хлопунгов, выпучин. Листы, сваренные встык и потерявшие устойчивость, могут иметь две формы: винтообразную и синусоидальную. При приварке листа по контуру к жесткому основанию в виде рамы на листе могут образовываться выпучины и волнистость [2].

Решение задачи о потере устойчивости можно разделить на две части: определение возможности потери устойчивости и определение величины деформации (стрела прогиба и прогиб).

Исследования выполняем на образцах из малоуглеродистой стали ВСт3(ГОСТ). Толщина металла принята согласно таблице 1.

Формы пластин, потерявших устойчивость и деформации листа при приварке его к жесткой раме показаны на рисунке 1.

При сварке тепло введенное в сварное соединение после кристаллизации сварного шва должно быть отведено в окружающую среду или теплопоглотитель. Рассмотрим случай, когда все тепло отводится теплопоглотителем за счет испарения воды. Для этого подсчитаем мощности, вводимые в сварное соединение при сварке тонколистовых (1-3 мм) низкоуглеродистых сталей при стандартных режимах механизированной сварки в CO<sub>2</sub>. Мощности сведены в таблицу 1[3].

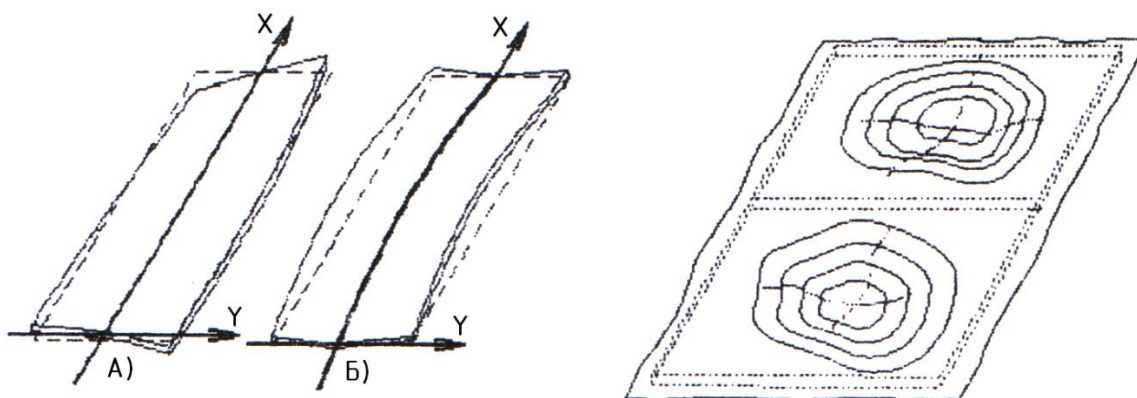


Рисунок 1 - Формы пластин, потерявших устойчивость: а) винтообразная, б) синусовидная; деформации листа при приварке его к жесткой раме

Таблица 1 - Параметры режима механизированной сварки в CO<sub>2</sub> и мощности, вводимые в сварное соединение

Толщина металла, мм	Исв, А	Уд, В	q, Вт
1	65	16	728
1,5	80	17	952
2	120	20	1680
2,5	160	20	2240
3	180	21	2646

Зону пластической деформации определяем по полосе текучести [1] образующейся возле сварного шва при сварочном нагреве и охлаждении. Измерения проводим микроскопом МНИ ОХ-7, с точностью 0,05 мм, до полного охлаждения образцов. Для экономии металла использовали образцы переменной ширины. Сварку осуществляли по центру образцов и по кромке. Результаты исследований приведены в таблице 2.

При проведении сравнительного анализа выражений определения зоны деформации с экспериментальными данными были получены результаты, заметно отличающиеся друг от друга. Эти различия растут с увеличением размеров образцов [4].

Сварку выполняем в направлении увеличения и уменьшения жесткости (ширины образца).

Образцы применяемой ширины показаны на рисунке 2.

При проведении исследований были получены зависимости между жесткостью пластин, удельной энергией нагрева и размерами зоны деформации, интенсивностью полос текучести  $i$ , размерами углов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ .

Таблица 2 - Размеры образцов

№п/п	H, мм	H,мм	h/n
1	300	80	0,26
2	300	110	0,36
3	300	140	0,46
4	300	170	0,56
5	3000	210	0,70
6	300	250	0,83
7	300	300	1

Увеличение ширины пластины при постоянном режиме наплавки приводит к увеличению размера зоны деформации, на интенсивность полос текучести в целом не влияет при наплавке валика на кромку пластины [5].

При наплавке валика по центральной оси пластины, увеличение ширины пластины оказывает малое влияние на изменение размеров зоны пластических деформаций, а влияет в основном на интенсивность полос текучести.

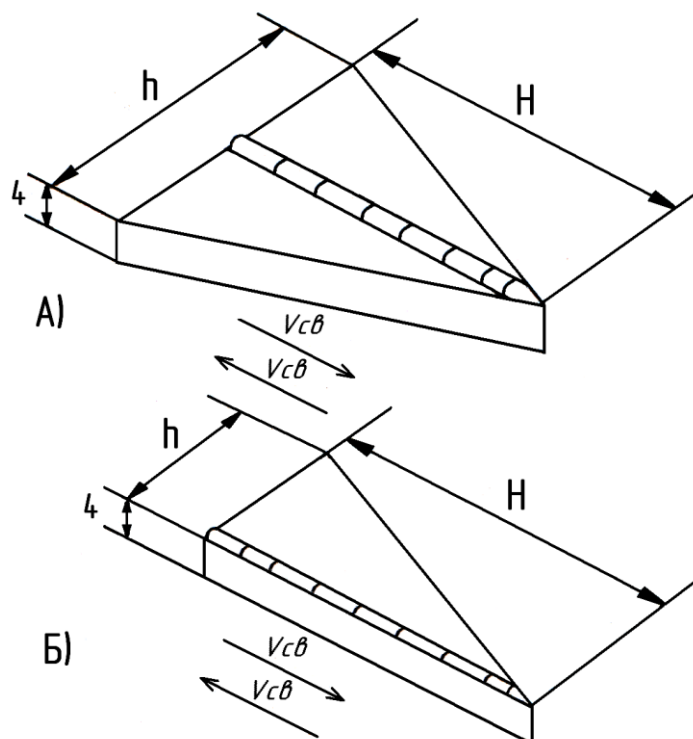


Рисунок 2 - Образцы применяемой ширины:  
 а) наплавка по центру образца;  
 б) наплавка валика по кромке образца.

В образцах с переменной площадью сечения увеличение толщины металла при постоянном режиме наплавки по центральной оси приводит к уменьшению размеров зоны пластических деформаций, однако интенсивность пластической деформации возрастает у линии оплавления.

В образцах с постоянной площадью сечения, с увеличением толщины или уменьшением толщины металла при постоянном режиме наплавки размеры зоны пластических деформаций уменьшаются, углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  уменьшаются, а интенсивность пластической деформации остается постоянной.

При введении одного и того же количества тепла меняется площадь металла, охваченного пластической деформацией. При увеличении толщины пластины происходит снижение удельной энергии нагрева, а это в свою очередь приводит к уменьшению размеров зоны деформации.

#### **Список использованных источников**

1. Николаев Г.А., Куркин С.А., Винокуров В.А. Сварные конструкции: прочность сварных соединений и деформации конструкции.: Учебное пособие для вузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства». – М.: Высш. шк., 1982. - 272с.

2. Гедрович А.И. Пластическая деформация при сварке. – Луганск: Изд. ВНУ им. В. Даля, 2012.- 210 с.

3. Касаткин Б.С., Прохоренко В.М., Чертов И.М. Напряжения и деформации при сварке. - К.: Высш. шк. Головне изд-во, 1987. - 246 с.

4. Рыкалин Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. - М.: -Машгиз, 1951.-296с.

5. Лебедев В.А. Техника и технология дуговой сварки и наплавки (нестационарные процессы и режимы работы): монография / В.А. Лебедев, А.И. Гедрович. – Луганск: Изд-во «Ноулидж», 2010. – 255 с