

Серебряков А.И., Иванова Е.А., Воротынцев С.В.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ УСАДКИ В СВАРНЫХ УЗЛАХ ТИПА БАЗ И ОГОЛОВКОВ КОЛОНН

Serebrjakov A.I., Ivanova E.A., Vorotintsev S.V.

### DEFINITION OF CROSS SHRINKAGE IN WELDED ASSEMBLIES OF BASES AND HEADS OF COLUMNS

*По результатам экспериментальных исследований с применением моделирования по методу геометрического подобия определены численные коэффициенты к выражению, определяющему величину поперечной усадки в кольцевых швах и в узлах, подобных базам и оголовкам сварных колонн и балок, содержащих торцевые плиты и ребра жесткости. Величина поперечной усадки от кольцевых швов на трубах и от прямолинейных швов на листовом металле практически одинакова. Величина поперечной усадки при приварке плит к сварочным стержням колонн и балок на 10-15 % меньше, а суммарные продольные укорочения от обварки узлов типа баз и оголовков вполнину меньше свободной поперечной усадки.*

**Ключевые слова:** сварной шов, поперечная усадка, погонная энергия, связь-балка, образцы, моделирование.

#### Введение

Для определения поперечного укорочения стыковых сварных соединений широко используются зависимости, полученные на основе обработки экспериментальных результатов. В работах В.А. Винокурова [1] показано, что поперечная усадка является результатом поперечных перемещений кромок свариваемых пластин при неравномерном нагреве их движущимся источником тепла и пластических деформаций укорочения при остывании.

Поперечная усадка определяется по формуле:

$$\Delta_{ПОП} = A \frac{\alpha}{c\gamma} \cdot \frac{q}{v_{св} S} \quad (1)$$

где  $q$  - эффективная тепловая мощность источника нагрева,  $v_{св}$  - скорость сварки,  $S$  - толщина свариваемого металла,  $\alpha$  - коэффициент линейного расширения,  $c\gamma$  - объемная теплоемкость свариваемого металла,

$A$  – численный коэффициент, принимаемый при электродуговых способах сварки соединений со стыковым швом в пределах 1.0-1.1 [1,2,3].

Для случаев полного проплавления однопроходным швом свободных пластин различными исследователями получены примерно одинаковые зависимости величины  $\Delta_{non}$  от параметров режима сварки. Такой подход не учитывает форму и жесткость свариваемых узлов, которые могут существенно влиять на величину пластических деформаций укорочения. Так в круговых швах, особенно многопроходных [4,5] величина поперечной усадки зависит от диаметра кругового шва, количества проходов, формы разделки и формы узлов с такими швами.

Кроме этого литературные данные о поперечной усадке в таких узлах как базы и оголовки колонн с торцевыми плитами и ребрами жесткости отсутствуют. А они необходимы для анализа возникающих в таких узлах деформаций и выбора способов их уменьшения.

### **Цель**

Целью работы является уточнение численного коэффициента  $A$  в формуле для определения поперечной усадки в узлах типа баз и оголовков колонн.

### **Методика исследований**

Экспериментальные исследования сварочных деформаций проводили на образцах, моделирующих сварные соединения связь-балки шахтного грохота. По конструктивным особенностям такая конструкция подобна колоннам и состоит из трубы (стойки) из бесшовной трубы  $d=146\text{мм}$ , с приваренными по торцам плитами и 4 подкрепляющими ребрами жесткости.

Так как связь-балка довольно металлоемкая конструкция исследования были проведены на моделях оговоренных узлов. Правила масштабного моделирования, основанные на подобии модели и природы, и широко используются в экспериментальных исследованиях, в том числе сварочных процессов. Предложенные соотношения [1] обеспечивают условия подобия геометрических параметров сварного соединения, режимов сварки, температурных полей, деформаций и перемещений модели и природы. Этими соотношениями можно пользоваться для моделирования напряжений и деформаций при однопроходной и многопроходной сварке прямолинейных и кольцевых швов.

Группы образцов, которые использовались для проведения исследований:

1. Модели бесшовной трубы диаметром  $60\text{мм} \approx 2'$ , толщиной стенки  $3,5\text{мм}$ , длиной  $200\text{мм}$ , для определения  $\Delta_{ПОП}$  от кольцевого шва;

2. Модели соединения «труба – торцевая плита» (рис. 1). Плита имела размеры  $200 \times 200 \text{ мм}$  и толщину  $4 \text{ мм}$ .

3. Модели соединения «труба – плита – ребра жесткости» (рис. 2). Ребра жесткости представляют собой пластину  $70 \times 50 \times 2 \text{ мм}$ .

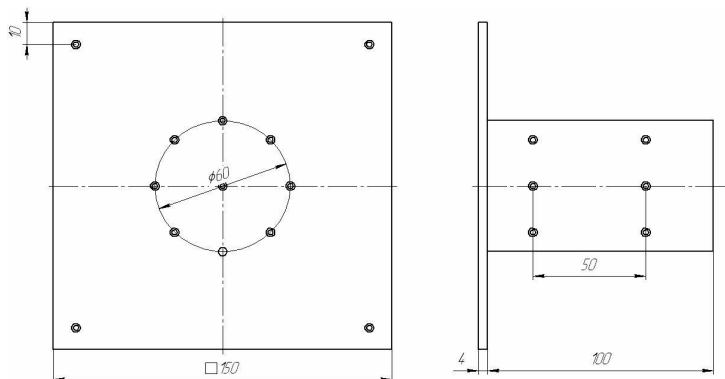


Рис. 1. Образец, моделирующий соединение трубы (балки) с плитой

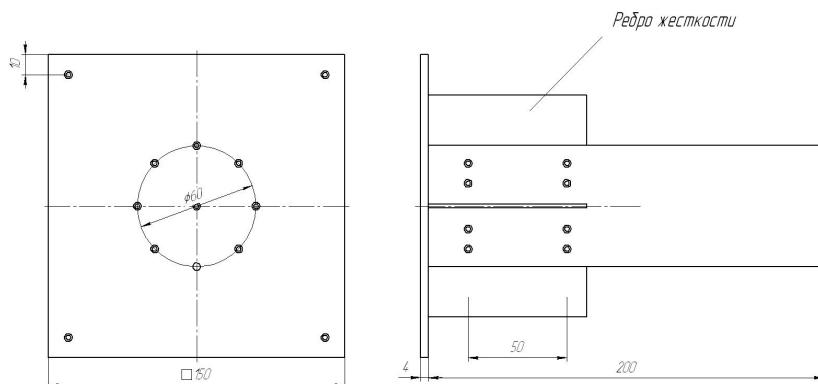


Рис. 2. Образец, моделирующий соединение трубы (балки) с плитой и ребрами

Модели изготовлены из того же металла, что и исследуемый объект. Детали образцов были получены механическими способами вырезки. Образцы сваривали в горизонтальном вращателе полуавтоматической сваркой в углекислом газе с использованием присадочной проволоки Св-08Г2С. Для измерения продольных и поперечных деформаций использовался механический деформометр с индикатором часового типа с ценой деления  $0,01 \text{ мм}$ .

Измерение поперечных укорочений в образцах моделирующих приварку плиты, плиты и ребер жесткости к балке, производилось с использованием индикатора часового типа, закрепленного на штативе и установленного на слесарной плите (рис. 3). Замеры проводились в восьми точках, расположенных по окружности на привариваемой плите, равной диаметру трубы. Места замеров подготовлены таким же образом как, и базы измерений с помощью деформометра.

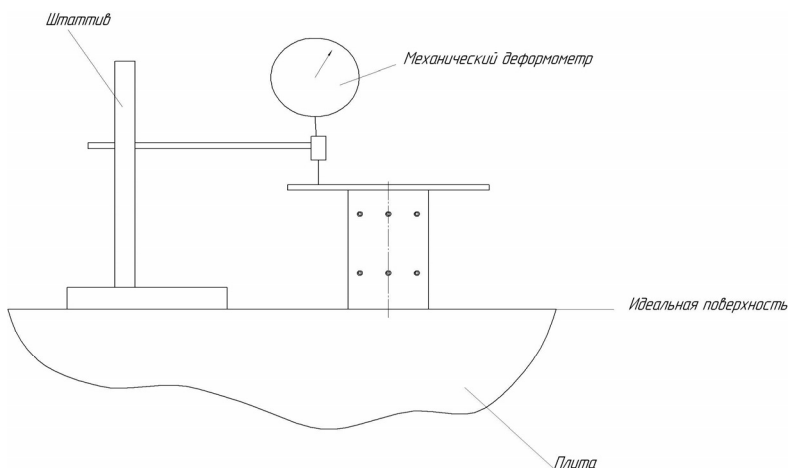


Рис. 3. Схема измерений суммарных укорочений в образцах 2 и 3

### Результаты исследований

По нижеприведенным соотношениям и размерами реальной конструкции и модели определен коэффициент подобия  $\alpha$  и параметры режима сварки образцов:

$$\frac{q_n}{q_m} = \frac{\delta_n}{\delta_m} = \frac{t_n}{t_m} = \alpha^2, \quad (2)$$

$$\frac{v_{св.н}}{v_{св.м}} = \frac{\Delta_n}{\Delta_m} = \alpha, \quad (3)$$

где  $t$  - продолжительность процесса,  $\Delta$  - линейные перемещения (деформации) при сварке.

Индекс «н» относится к реальному изделию, «м» - к модели.

Используя метод геометрического подобия натуре и модели, определили коэффициент подобия  $\alpha$  по соотношению:

$$\alpha^2 = \frac{\delta_H}{\delta_M} = \frac{D_H}{D_M}, \quad (4)$$

где  $D_H$  - наружный диаметр трубы балки,  $D_M$  - наружный диаметр модели трубы балки.

$$\alpha^2 = \frac{10}{3,5} = \frac{146}{60} = 2,4, \text{ а } \alpha = 1,6.$$

По коэффициентам подобия изделия и модели и режимам сварки реальных изделий, определили параметры режима сварки для модели:

$$\frac{v_{св.н}}{v_{св.м}} = \alpha \quad \text{откуда} \quad v_{св.м} = \frac{v_{св.н}}{\alpha} = \frac{16}{1,6} = 10 \text{ см/мин}$$

Измерения поперечной усадки от кольцевых швов проводились на базе 50мм. В базу измерений должны попасть все поперечные укорочения. Был произведен ряд замеров на различных базах 40, 50, 60 и 100мм, в результате чего было установлено, что база 50мм является оптимальной с этой точки зрения.

В каждом виде испытаний проваривалось по 7-10 образцов, в которых проводили замеры поперечной усадки и общих деформаций.

По замерам деформаций в 3 типах образцов и статистической обработки экспериментальных результатов с учетом коэффициента подобия  $\alpha = 1,6$  получили средние значения поперечной усадки. Из формулы (1) по значениям поперечной усадки определили численный коэффициент А для рассматриваемых случаев. Обработанные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Среднее значение поперечной усадки**

Образец	№1	№2	№3
Поперечная усадка в образцах, мм	0,90-1,05	0,76-0,82	0,45-0,55
Поперечная усадка в реальных конструкциях, мм	1,44-1,68	1,22-1,28	0,72-0,88
Значение коэффициента А	0,91-0,98	0,82-0,89	0,53-0,59

При сварке кольцевых швов на трубах и цилиндрических обечайка величина поперечной усадки практически не отличается от попе-

речной усадки от прямолинейных швов на листовом металле. Коэффициент  $A$  к формуле (1) находится в пределах 0.9-1.0. Поперечная усадка при приварке плит к сварочным стержням балок и колонн определяется с коэффициентом  $A = 0.8-0.9$ . Продольные укорочения узлов «сварочный стержень-плита-ребра жесткости» от поперечных швов при обварке этих узлов определяются через погонную энергию сварки с коэффициентом  $A=0.5-0.6$ .

### **Выводы**

Величина поперечной усадки от кольцевых швов на трубах и от прямолинейных швов на листовом металле практически одинакова. Величина поперечной усадки при приварке плит к сварочным стержням колонн и балок на 10-15 % меньше, а суммарные продольные укорочения от обварки узлов типа баз и оголовков с ребрами жесткости вполтину меньше свободной поперечной усадки.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Винокуров В. А. Сварочные деформации и напряжения / В. А. Винокуров. – М.: Машиностроение, 1968. – 236 с.
2. Сагалевиц В. М. Методы устранения сварочных деформаций и напряжений / В. М. Сагалевиц. - М.: Машиностроение, 1974. – 248 с.
3. Махненко В. И., Шекера В. М., Избенко Л. А. Особенности распределения напряжений и деформаций от сварки кольцевых швов в цилиндрических оболочках / В. И. Махненко, В. М. Шекера, Л. А. Избенко // Автоматическая сварка. – 1970. – № 12. – С. 29–32.
4. Серебряков А. И., Сагалевиц В. М. Поперечная деформация при многопроходной сварке круговых швов / А. И. Серебряков, В. М. Сагалевиц // Управление сварочными процессами. – Тула, 1980. – С. 82-85.
5. Серебряков А. И. Особенности поперечной усадки в многопроходных круговых швах / А. И. Серебряков // Ресурсозберігаючі технології виробництва та обробки тиском матеріалів в машинобудуванні: зб. наук. пр. – Луганськ: вид-во СЧУ ім. В.Даля. – 2009. №1(10). – С. 221-226.

### **REFERENCES**

1. Vinokurov V. A. Welding deformations and tension. Moscow, Mashinostroenie, 1968, 236 p.
2. Sagalevich V. M. Methods of elimination of welding deformations and tension. Moscow: Mashinostroenie, 1974, 248 p.
3. Makhnenko V. I., Shekera V. M., Izbenko L. A. Features of distribution of tension and deformations from welding of ring seams in cylindrical covers. Automatic welding, 1970, Vol. 12, pp. 29-32.
4. Serebryakov A. I. Sagalevich V. M. Cross deformation at multipass welding of circular welds, Management of welding processes, Tula, 1980, pp. 82-85.

5. Serebryakov A. I. Features of cross shrinkage in multipass circular welds. Resursozberigaŭči tehnologii virobnictva ta obrobki tiskom materialiv u mašinobuduvanni: Book of scientific papers, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Lugansk, 2009, Issue 1(10), pp. 221-226.

**Серебряков О.І., Иванова О.А., Воротицєв С.В. Визначення поперечної усадки в зварних вузлах типу баз та оголовків колон.**

*За результатами експериментальних досліджень з використанням моделювання по методу геометричної подібності визначені числові коефіцієнти до виразу, що визначає величину поперечної усадки в кільцевих швах і в вузлах, подібних базам та оголовкам зварних колон і балок, які мають торцеві плити та ребра жорсткості. Величина поперечної усадки від кільцевих швів на трубах і від прямолінійних швів на листовому металі практично однакові. Величина поперечної усадки при приварюванні плит до зварних стержнів колон і балок на 10-15 % менше, а сумарні поздовжні укорочення від обварювання вузлів типа баз и оголовків впововину менше вільної поперечної усадки.*

**Ключові слова:** зварний шов, поперечна усадка, погонна енергія, зв'язь-балка, зразки, моделювання.

**Serebrjakov A.I., Ivanova E.A., Vorotintsev S.V. Definition of cross shrinkage in welded knots like bases and heads of columns.**

*The purpose of work is specification of numerical coefficient A in a formula for definition of cross shrinkage in knots like bases and heads of columns.*

*Results were obtained experimentally by measurement of deformations on models of studied objects with modelling application by method of geometrical similarity.*

*Numerical coefficients to the expression determining size of cross shrinkage in ring seams and in knots, similar to bases and heads of welded columns and the beams containing face plates and edges of rigidity are defined.*

**Originality/value.** *The size of cross shrinkage from ring seams on pipes and from rectilinear seams on sheet metal is almost identical. The size of cross shrinkage when welding plates to welding cores of columns and beams 10-15% less and total longitudinal shortenings from welding of knots like bases and heads are half-way less than free cross shrinkage.*

**Keywords:** *cross shrinkage, running energy, communication beam, welders, modelling.*

Серебряков А.И. – канд. техн. наук, доцент Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина.  
e-mail: svarka@snu.edu.ua

Иванова Е.А. – преподаватель Стахановского машиностроительного техникума, г. Стаханов, Луганская обл., Украина.

Воротицєв С.В. – студент Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина.  
e-mail: svarka@snu.edu.ua