

УДК 621. 791

Б. В. СИТНИКОВ, канд. техн. наук

Национальный технический университет «Харьковский политехнический университет»,  
г. Харьков

## ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ПОДОГРЕВА НА ПОПЕРЕЧНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛА В ЗОНЕ ШВА ПРИ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКЕ ПЛАСТИН ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА АМг6

*Приведены сведения о влиянии температуры предварительного подогрева на поперечные деформации металла в зоне шва при аргонодуговой сварке пластин из алюминиевого сплава АМг6, которые могут быть использованы для выбора оптимальных режимов сварки, позволяющих повысить стойкость сварных соединений против образования кристаллизационных трещин.*

*Наведено відомості про вплив температури попереднього підігріву на поперечні деформації металу в зоні шва при аргонодуговому зварюванні пластин з алюмінієвого сплаву АМг6, які можуть бути використані для вибору оптимальних режимів зварювання, що дозволяють підвищити стійкість зварених з'єднань проти утворення кристалізаційних тріщин.*

### Общая постановка проблемы

Научные разработки отечественных и зарубежных исследователей привели к созданию весьма совершенных конструкций и технологических процессов их производства. Однако в этом производстве есть звено, существенно тормозящее дальнейший технический прогресс. Таким звеном является проблема технологической прочности металлов при сварке.

Острота проблемы технологической прочности металлов в процессе кристаллизации и в отечественном, и в зарубежном производстве сварных конструкций раскрыта в ряде работ. Оценка производственной и научно-технической обстановки, а также программа работ по этой проблеме в развернутом виде представлены в работе [1].

### Анализ проведенных исследований

В процессе кристаллизации твердожидкий металл шва претерпевает усадку и подвергается воздействию сварочных деформаций [2]. В этот период даже незначительные напряжения растяжения могут привести к образованию кристаллизационных трещин [2–4].

Основные закономерности возникновения деформаций и напряжений при дуговой сварке алюминиевых пластин рассмотрены в работах [5, 6]. На основании экспериментального исследования закономерностей изменения сварочных деформаций с помощью метода муаровых полос был сделан вывод, что для алюминиевых сплавов характерным является поперечное сжатие металла за сварочной ванной [7]. С возрастанием скорости сварки пик сжатия сдвигается в сторону более низких температур. При этом предполагалось [5, 6], что сварочные напряжения появляются за ванной только после до-стижения температуры солидуса. При температуре же выше солидуса должно происходить свободное перемещение металла в сварочную ванну. Однако в действительности напряжения возникают во время пребывания металла в твердожидком состоянии при температурах, превышающих точку солидуса, концентрируются они в наиболее слабом участке.

Учитывая вышеизложенное, можно заключить, что для выбора оптимального режима сварки, безопасного с точки зрения кристаллизационного растрескивания, необходимо изучить закономерности изменения поперечных деформаций металла шва во время пребывания его в твердожидком состоянии.

### Формирование целей статьи

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию влияния температуры предварительного подогрева Тп.п. на закономерности изменения поперечных перемещений в

зоне шва во время кристаллизации при аргодуговой сварке алюминиевого сплава АМг6.

### Основной материал

В данном случае использование контактных методов измерения затруднено из-за высоких температур в зоне измерения и весьма малой прочности металла, находящегося в твердо-жидком состоянии в процессе кристаллизации, соизмеримой с давлением ножек деформометров. Для устранения указанных затруднений был использован бесконтактный метод измерения сварочных деформаций по методике, приведенной в работе [8].

Базой измерения являлась система перекрещивающихся рисок, нанесенных перед сваркой на тех участках свариваемых кромок деталей, которые не подвергаются расплавлению (рис. 1).

Для измерения деформаций бесконтактным методом использовали горелку с прозрачной крышкой, позволяющей наблюдать и фиксировать на киноплёнке изменения базы между контрольными отметками, предварительно нанесенными слева и справа от оси шва. Киносъёмку производили со скоростью 8–24 кадров в секунду. После проявления плёнки расстояние между отметками каждой базы измеряли с помощью инструментального микроскопа. Для уменьшения погрешности использовали базу 14–16 мм, при которой погрешность составляла не более 0,2 %.

В экспериментах использовали пластины размерами 200x150 мм толщиной 4 мм. Сварку проводили вольфрамовым электродом марки ЭВЛ диаметром 4 мм на переменном токе от источника питания ТИР-300Д с использованием присадочной проволоки СвАМг6 диаметром 2 мм на режимах, указанных в таблице.

Устройство для крепления и подогрева пластин состояло из экспериментальной нагревательной электрической плиты, на которую помещался столик с исследуемым образцом. Образцы подогревали до заданной температуры Тп.п., затем отключали нагревающее устройство и начинали процесс сварки.

На рис. 2 представлены результаты измерений относительных перемещений  $\epsilon$ , % свариваемых кромок в поперечном направлении при сварке пластин из алюминиевого сплава АМг6 со скоростью 12, 24, 36 и 48 м/ч. Начало измерений относительных перемещений соответствует моменту прохождения дуги анализируемого сечения, конец – моменту завершению кристаллизации сварочной ванны.

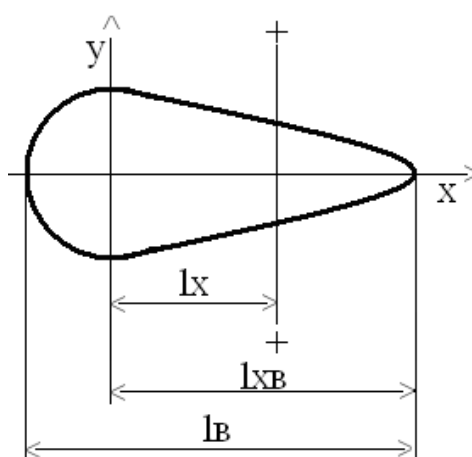


Рис.1. Схема сварочной ванны:  $l_в$ - длина сварочной ванны;  $l_{xв}$ - длина хвостовой части сварочной ванны; + - перекрещивающиеся риски;  $l_x$ - промежуточное положение перекрещивающихся рисок

Таблица

Ориентировочные режимы автоматической аргодуговой сварки вольфрамовым электродом с присадочной проволокой стыковых соединений алюминиевого сплава АМг6 толщиной 4 мм

№опыта	Исв,А	Усв,м/ч	Уп.пр,м/ч	Тп.п., °С
1	170	12	25	20
2	220	24	30	20
3	260	36	35	20
4	310	48	40	20
5	160	12	25	100
6	210	24	30	100
7	250	36	35	100
8	300	48	40	100
9	160	12	25	150
10	200	24	30	150
11	240	36	35	150
12	300	48	40	150
13	150	12	25	200
14	190	24	30	200
15	230	36	35	200
16	280	48	40	200

Полученные результаты свидетельствуют о том, что при сварке пластин встык без зазора по мере удаления дуги от анализируемого сечения базовое расстояние в зависимости от скорости сварки и температуры предварительного подогрева может уменьшаться, увеличиваться, либо оставаться неизменным. Момент, когда начинается сближение базовых точек, представляет наибольший интерес с точки зрения оценки возможности образования кристаллизационных трещин в сварном шве[9]. Условия, при которых уменьшение базового расстояния происходит одновременно с протеканием кристаллизации металла в анализируемом сечении являются безопасными в отношении образования кристаллизационных трещин, так как ослабленный участок шва подвергается сжимающему воздействию окружающего металла, которое полностью или частично компенсирует напряжения растяжения, обусловленные затрудненной усадкой. Если же базовое расстояние остается неизменным во время кристаллизации, это свидетельствует о наличии напряжений растяжения, обусловленных затрудненной усадкой. Это также создает опасность образования кристаллизационных трещин, поскольку напряжения, как правило, концентрируются в наиболее слабом осевом участке шва, где металл затвердевает в последнюю очередь. Однако склонность к образованию трещин, связанная с деформациями металла шва, обусловленными воздействием окружающего металла, зависит и от других факторов: протяженности температурного интервала хрупкости, относительного удлинения в этом интервале, темпа нарастания деформаций растяжения. Поэтому неизменный размер измеряемой базы в интервале кристаллизации не является фактором, который неизбежно приводит к образованию кристаллизационных трещин — он только свидетельствует о тенденции возрастанию опасности растрескивания.

Зависимости, полученные при сварке пластин со скоростью 12 м/ч (рисунок 2,а), свидетельствует о наличии деформаций сжатия в период пребывания металла шва в твердожидком состоянии, как при подогреве образцов, так и без него. В случае увеличения скорости сварки до 24 м/ч затвердевающий металл шва при сварке пластин без подогрева сначала подвергался воздействию деформаций сжатия, а затем растяжения (рис. 2 б), что способствует снижению стойкости свариваемого соединения против образования кристаллизационных трещин. Подогрев образцов при этой скорости сварки до 100 С и выше

способствует устранению растягивающих напряжений в области пребывания металла шва в твердоточном состоянии. Дальнейшее увеличение скорости сварки до 36 м/ч приводит к тому, что подогрев образцов до 100 С с целью устранения растягивающих напряжений оказывается недостаточным (рис. 2 в). Наличие деформаций сжатия в период пребывания металла шва в твердоточном состоянии достигается при подогреве пластин до 150 и 200 С. С увеличением скорости сварки до 48 м/ч обеспечить деформации сжатия в кристаллизующемся металле шва возможно лишь при подогреве пластин до 200 С (рис. 2 г).

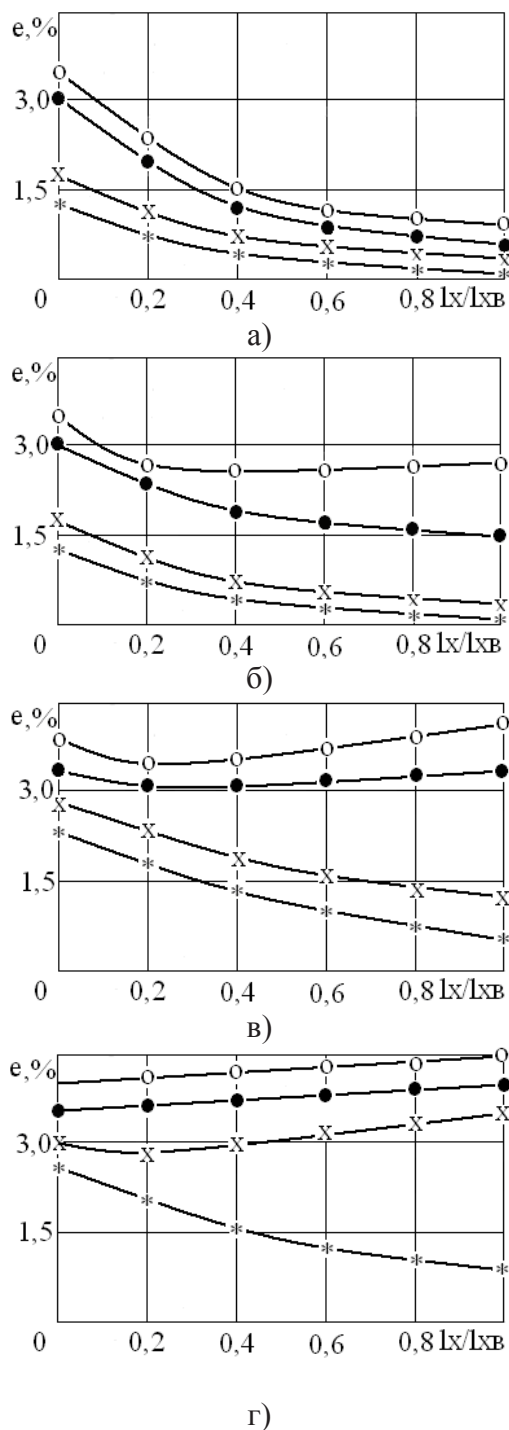


Рис. 2. Относительные перемещения свариваемых кромок в поперечном направлении при : а) -  $V_{св} = 12$  м/ч ; б) -  $V_{св} = 24$  м/ч ; в) -  $V_{св} = 36$  м/ч ; г) -  $V_{св} = 48$  м/ч ; о - о – Тп.п.= 20<sup>0</sup>С; ● - ● – Тп.п.= 100<sup>0</sup>С; х - х – Тп.п.= 150<sup>0</sup>С; \* - \* – Тп.п.= 200<sup>0</sup>С;

### Выводы

При сварке пластин из алюминиевого сплава АМг6 размером 200x150 мм толщиной 4 мм увеличение скорости сварки в диапазоне 12 – 48 м/ч приводит к снижению стойкости соединения против образования кристаллизационных трещин. При сварке без подогрева образование кристаллизационных трещин наименее вероятно при  $V_{св} = 12$  м/ч.

Предварительный подогрев пластин свариваемых со скоростью в диапазоне 12 – 48 м/ч приводит к увеличению стойкости соединения против образования кристаллизационных трещин.

Полученные результаты могут быть использованы для выбора оптимальных режимов сварки, позволяющих повысить стойкость сварных соединений из алюминиевого сплава АМг6 против образования кристаллизационных трещин.

### Список литературы

1. Рыкалин Н. Н., Прохоров Н. Н., Шоршоров М. Х. Состояние и задачи развития теории технологической прочности металлов в процессе кристаллизации при сварке//Сварочное производство. – 1971. – № 6. – С. 3–5.
2. Прохоров Н. Н.. Технологическая прочность сварных швов в процессе кристаллизации. – М.: Металургия, 1979. – 248 с.
3. Рабкин Д. М. Металлургия сварки плавлением алюминия и его сплавов. – Киев : Наук. думка, 1986 – 256 с.
4. Matsda F., Nakata K., Harada S. Moving characteristics of weld edges during solidification cracking in GTA weld of aluminium alloy thin sheet //Trans. IWRI. – 9, № 2. – P. 83–93.
5. Chichoski R. A. The character of stress fields around a weld arc moving on aluminium sheet //Weld. J. – 1972-51, № 1. – P. 9–18.
6. Chichoski R. A. Understanding weld cracking in aluminium sheet//Ibid. –P. 24–30.
7. Chichoski R. A. Expansion and stress around aluminium weld puddle//Ibid. – 1979. – 58, № 9. – P. 263–267.
8. Якушин Б. Ф., Чернавский Д. М. Влияние режима сварки на технологическую прочность алюминиевых сплавов//Сварочное производство. – 1972. – № 11. – С. 1–3.
9. Семенюк Н. И., Рабкин Д. М. Анализ изменения поперечных деформаций металла в зоне шва при аргонодуговой сварке алюминиевых сплавов// Автоматическая сварка. – 1990. – № 9. – С. 19–22.

## INFLUENCE OF PREHEAT ON TRANSVERSAL DEFORMATIONS OF METAL IN AREA OF GUY-SUTURES AT ARGON-ARC WELDING OF PLATES FROM ALUMINIUM ALLOY OF AMg6

B. V. SITNIKOV, Cand. Tech. Scie.

*Data on influence of temperature preliminary on cross deformations of metal in a zone of a seam are resulted at to welding of plates from aluminium alloy AMg6 which can be used for a choice of optimum modes of the welding, allowing to raise stability of welded connections formation cracks.*

Поступила в редакцию 25.06 2011г.