

© Н.Б. Пугачева, Н.С. Мичуров, С.М. Задворкин, Л.С. Горулева, 2012 г.  
Институт машиноведения УрО РАН,  
г. Екатеринбург

© Ю.М. Сараев, 2012 г.  
ИФПМ СО РАН,  
г. Томск  
n.michurov@gmail.com

## СТРУКТУРА И СВОЙСТВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ СПЛАВА АМг6 ПОСЛЕ ИМПУЛЬСНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

В условиях освоения минерально-сырьевых ресурсов регионов холодного климата с резкими сезонными и суточными перепадами температур, длительным периодом низких отрицательных температур до  $-60^{\circ}\text{C}$ , эксплуатация возводимых сооружений и техники происходит в условиях повышенного техногенного риска. К оборудованию, предназначенному для эксплуатации в данных условиях, предъявляют специфические требования, которые не позволяют применять в полном объеме решения, разрабатываемые как в России, так и во всем мире. Особенно это относится к сварным соединениям, которые чаще всего бывают источниками зарождения разрушений и выхода их строя техники и конструкций, эксплуатирующихся в условиях Севера. Сварным соединениям свойственны специфические особенности, без учета которых нельзя создать надежную конструкцию. При определенных условиях те или иные особенности сварки могут проявить свое влияние и снизить несущую способность изделия, особенно это относится к цветным сплавам, например на основе алюминия, которые характеризуются высокой способностью к газонасыщению при повышенных температурах.

Цель настоящей работы – исследование влияния импульсного режима сварки на качество сварных соединений деформируемого алюминиевого сплава АМг6. Исследованы три образца из листов толщиной 2 мм, содержащих сварные швы, полученные по разным режимам сварки (табл. 1).

Таблица 1

### Исследованные режимы сварки

№ обр.	Режим сварки
1	Стационарная дуговая сварка
2	Импульсная дуговая сварка
3	Импульсный каплеперенос с модуляцией

Определение величины зерна было проведено металлографическим методом по ГОСТ 21073.1-75 «Металлы цветные. Определение величины зерна методом сравнения со шкалой микроструктур» на оптическом микроскопе Neophot 21.

Микротвердость измеряли на микротвердомере Leica VMHT AUTO методом Виккерса по ГОСТ 9450-76 «Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников» в зоне сварного шва по  $\frac{1}{2}$  его высоты при нагрузке 50 г и выдержке 15 с. По результатам кинетического микроиндентирования с использованием системы для измерения микротвердости FISCHERSCOPE HM2000 XYm при нагрузке 100 мН и выдержке 15 с определяли значения модуля Юнга и работы пластической деформации в разных зонах сварного соединения.

Анализ напряжений в неразъемных сварных соединениях проводили на рентгеновском дифрактометре Shimadzu XRD-7000 в монохроматизированном  $K_{\alpha}$ -излучении хромового анода. Для анализа использовали рефлексы (311) от Al (двойной угол дифракции около  $140^{\circ}$ ).

Результат металлографического анализа микроструктуры зон сварного шва (ЗСШ – зона сварного шва, ЗТВ – зона термического влияния) и основного сплава представлен в табл. 2. Пример структуры основы приведен на рис. 1.



— 200 мкм

Рис. 1. Микроструктура основы АМг6

Таблица 2

Размер и балл зерна по ГОСТ 21073.1-75

№ <sub>обр</sub>	Основа		ЗТВ		ЗСШ	
	Балл	d, мм	Балл	d, мм	Балл	d, мм
1	4	0,088	5–6	0,044–0,062	7	0,031
2	4	0,088	5–6	0,044–0,062	7	0,031
3	4	0,088	5	0,062	6	0,044

Таблица 3

Отношение твердости ЗТВ и ЗСШ к твердости основы

№ <sub>обр</sub>	Отношение	
	ЗТВ	ЗСШ
1	1,42	1,44
2	1,20	1,19
3	1,09	1,02

Для сравнения режимов соединения для каждого исследуемого образца был проведен расчет отношения средних значений твердости ЗТВ и ЗСШ к средней твердости основы (табл. 3). На основе полученных данных можно заключить, что образцу № 3 соответствуют наименьшие отношения твердости, а образцу № 1 – наибольшие, т. е. применение импульсных режимов дуговой сварки способствует большей однородности соединения, особенно в случае импульсного каплепереноса.

По результатам кинетического микроиндентирования сварное соединение образца № 1 наиболее пластично по сравнению с образцами № 2 и № 3 (табл. 4), при этом значения модуля нормальной упругости максимальны в случае импульсного каплепереноса с модуляцией, что благоприятно скажется на эксплуатации конструкций в упругой области.

Таблица 4

Распределение значений модуля Юнга и работы пластической деформации по сварному шву

№ <sub>обр</sub>	Е, ГПа			А <sub>плд</sub> , мкДж		
	min	max	ср.	min	max	ср.
1	83,41	94,60	90,88	0,051	0,056	0,054
2	82,74	99,11	89,70	0,046	0,059	0,051
3	82,66	94,31	91,36	0,043	0,056	0,051

Наименьший уровень остаточных напряжений в сварных соединениях сплава АМг6 наблюдается после сварки в стационарном режиме. При импульсной сварке по обоим использованным режимам остаточные напряжения примерно в полтора раза выше (табл. 5).

Таблица 5

Величины микроискажений кристаллической решетки и микронапряжений в неразъемных соединениях сплава АМг6

№ <sub>усл</sub>	АМг6	
	МКР, %	σ, МПа
1	0,11	29
2	0,17	45
3	0,16	42

Проведенные исследования показали, что наиболее пластичный шов на сплаве АМгб, полученный в стационарном режиме, имеет наименьшие остаточные напряжения, более мелкое зерно по сравнению с импульсными режимами, но применение последних, особенно в сочетании с модуляцией, способствует повышению однородности всех зон соединения.

Работа выполнена при поддержке проекта №12-С-1-1030 «Разработка научных основ повышения конструкционной прочности сварных металлоконструкций, эксплуатирующихся при низких климатических температурах».