

## **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

### **INTERNATIONAL WORKSHOP**

**«Multiscale Biomechanics and Tribology  
of Inorganic and Organic Systems»**

### **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«Перспективные материалы с иерархической структурой  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ  
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

**«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»**

**DOI: 10.17223/9785946218412/400**

**СРАВНЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛЛА ШВА СО СЛОИСТОЙ СТРУКТУРОЙ, ПОЛУЧЕННОГО СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ, С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ПОСЛОЙНО НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА**

<sup>1</sup>Калашникова Т.А., <sup>1</sup>Утяганова В.Р., <sup>1</sup>Калашников К.Н.

<sup>1</sup>*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

В настоящее время важной задачей для развития сварки трением с перемешиванием (СТП) является изучение формирования слоистой структуры в зоне перемешивания сварного соединения. В работах [1, 2], исследован характер переноса материала инструментом при сварке трением с перемешиванием на примере формирования слоев переноса в результате адгезионного взаимодействия пары «алюминиевый сплав – сталь» при трении скольжения. Такой массоперенос происходит в твердом состоянии и представляется интересным сравнить его характеристики с материалом со слоевой структурой, полученной при аддитивной наплавке. Аддитивное производство изделий из алюминиевых сплавов является одним из новых направлений, однако, уже сейчас можно выделить основные особенности формирования слоистой структуры в жидкой фазе. Граница между последовательно перенесенными слоями при аддитивной наплавке на макроуровне аналогична границе между «луковыми кольцами» при сварке трением с перемешиванием. Ключевой особенностью этих методов является послойное нанесение металла.

Для изготовления изделий электронно-лучевой аддитивной технологией используется металлическая проволока, которая подается специальным устройством. В условиях вакуума проволока попадает под электронный луч, формирующий ванну расплава, и с перемещением стола формирует слой наплавленного материала. Далее, перемещаясь по оси Z, путем нанесения материала слой за слоем формируется изделие. Перенос металла в процессе сварки трением с перемешиванием осуществляется по частям, которые затем последовательно соединяются в зоне перемешивания. Слой пластифицированного металла за счет адгезии материала к инструменту при его движении вперед и одновременном вращении переносится в зону за инструментом, где происходит взаимодействие с ранее перенесенным металлом шва и их соединение.

Для сравнения прочностных характеристик металла шва со слоистой структурой, полученного сваркой трением с перемешиванием, с характеристиками послойно наплавленного металла были получены образцы из алюминиевого сплава АМг5 электронно-лучевой аддитивной технологией и СТП соединения из алюминиевых сплавов 01570 и АМг5. В таких образцах с использованием оптического микроскопа исследовалась микроструктура, были проведены испытания на растяжения.

В результате проведенных работ было выявлено, что, несмотря на схожую слоистую структуру, образованную при сварке трением с перемешиванием и аддитивном производстве, данные процессы различны по структуре и механическим свойствам, полученных образцов.

Процесс сварки трением с перемешиванием сопровождается твердофазным формированием структуры. Слоистая структура зоны перемешивания представлена измельченными зёрнами, формой близкой к равноосной. Прочность соединений, полученных данным методом, составляет 367-385 МПа и 320 МПа для сплавов 01570 и АМг5, соответственно.

В случае жидкофазного массопереноса, образованные слои представлены в основном дендритной структурой. Прочность образцов, полученных аддитивным методом, в 1,5-1,8 раза меньше, чем в образцах полученных сваркой трением с перемешиванием.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, направление III.23.

1. Tarasov S. Yu. Adhesion transfer in sliding a steel ball against an aluminum alloy / S. Yu. Tarasov, A. V. Filippov, E. A. Kolubaev, T. A. Kalashnikova // Tribology International. 2017. V. 115. P. 191–198.

2. Tarasov S. Y. A proposed diffusion-controlled wear mechanism of alloy steel friction stir welding (FSW) tools used on an aluminum alloy / S. Y. Tarasov, V. E. Rubtsov, E. A. Kolubaev // Wear. 2014. V. 318. P. 130-134.