

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

© 2020 г. Артемьев Руслан Евгеньевич<sup>1\*</sup>, Ситдикова<sup>1\*\*</sup>

А.Ф., Атрощенко В.В.<sup>1\*\*\*</sup>, Савичев М.П.<sup>1\*\*\*\*</sup>

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет»

aruslan98@mail.ru\*; nastya-sitdikova@yandex.ru\*\*, 91250@mail.ru\*\*\*,

savichevmax@mail.ru\*\*\*\*

Ключевые слова: методы неразрушающего контроля, сварка трением с перемешиванием, алюминиевый сплав.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Проблема сварки алюминиевых сплавов традиционным способом заключается в склонности металла шва с высокой теплопроводностью, коэффициентом теплового расширения в сравнительно широком диапазоне температуры застывания и растворимостью водорода в алюминии в расплавленном состоянии к усадке в два раза большей при затвердевании, разрушению в зонах теплового воздействия по стыкам деталей и образованию дефектов: несплошностей, цепочек пор в шве и у зоны сплавления, трещин в высокотемпературной зоне термического влияния, включений прочной оксидной пленки и ферросплавов в шве. Одним из вариантов решения указанной проблемы является использование сравнительно нового сварочного процесса - сварки трением с перемешиванием (СТП). Однако данному способу сварки присущи специфические дефекты, например, “заглаженный непровар” в виде стыковой линии неправильной формы толщиной в доли микрона. Разработка технологий НК становится первоочередной задачей, в том числе для оборонно-промышленного комплекса и Роскосмоса.

В настоящее время на кафедре современных методов сварки и неразрушающего контроля конструкций (СМСиКК) ФГБОУ ВО УГАТУ проводятся НИР по разработке технологии СТП алюминиевых сплавов с использованием переоборудованного под СТП вертикально-фрезерного станка SSS-400. Из-за отсутствия российских нормативных документов, регламентирующих НК СТП, одной из ключевых задач является выбор технологии оценки качества полученных соединений.

Целью исследования является практическая проверка эффективности различных методов НК для оценки качества сварных соединений алюминиевых сплавов, полученных СТП. В ходе проведенного литературного обзора выяснилось, что выбор методов НК существенно различается. В источнике [1] изучены возможности применения ультразвуковой дефектоскопии фазированными антенными решетками (УЗК с ФАР), вихретоковый метод (ВК) и тепловизионный контроль (ТК) в ходе сварки, а также металлографические исследования полученных структур. Установлено, что наиболее надежным методом, для

обнаружения дефектов (за исключением линии стыка), является УЗК с ФАР. Преимущество УЗК с ФАР подтверждается и в источниках [2,4]. В публикации [3] утверждается, что удалось определить дефект в виде “заглаженного” непровара, не обнаруженного визуально-измерительным контролем (ВИК), тремя методами: рентгенографическим (РК), УЗК и ТК. Результаты подтверждены металлографическими исследованиями.

## 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

На момент публикации на также переоборудованном под СТП фрезерном станке 6В75 было получено несколько пробных образцов листа АМг2М толщиной 1,5 мм. Для полученных образцов опробованы часть методов контроля качества, выбранных в ходе литературного обзора: ВИК, Капиллярный контроль двумя методами: цветная дефектоскопия (ЦМ) и люминесцентный контроль (ЛЮМ-1ОВ), РК. Ввиду отсутствия требований нормативной документации к размерам сварных швов, выполненных СТП, на этапе ВИК проводилась проверка отсутствия наружных дефектов.

## 3. ВЫВОДЫ

1. Цветная дефектоскопия позволяет обнаружить непровары в корне, пропущенные при ВИК. Однако со стороны усиления шва контроль затруднителен из-за фона, вызванного большой шероховатостью поверхности.

2. Люминесцентный контроль позволил выявить не только непровары в корне, но и множество наружных дефектов. Преимущество люминесцентного метода по сравнению с цветной дефектоскопией оказалось не только в большей чувствительности контроля, но в отсутствии фона, вследствие лучшего удаления пенетранта на этапе очистки.

3. Радиографический контроль позволил выявить только непровар в корне. Требуется дальнейшая проверка выявляемости дефектов шва, типичных для СТП (несплавлений по кромке и пр.), путем сравнения полученных радиографических пленок с данными металлографических исследований.

4. В ходе дальнейших исследований необходимо опробовать других вышеупомянутых методов НК: УЗК с ФАР, ВК и ТК. После получения достаточного количества сварных образцов предполагается проведение РОС-анализа эффективности различных методов неразрушающего контроля.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Рубцов В.Е., Тарасов С.Ю., Колубаев Е.А., Гнюсов С.Ф. Использование методов неразрушающего контроля для диагностики дефектов в сварных швах, полученных сваркой трением с перемешиванием. Контроль. Диагностика. 2015. № 2. с. 51-58.
2. Рубцов В.Е., Колубаев Е.А., Тарасов С.Ю. Методика ультразвукового контроля сварных соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием, с использованием технологии фазированной

антенной решетки. Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия. Современные проблемы науки и образования. 2014. №6. с. 229.

3. *Филитов А.В., Тарасов С.Ю., Колубаев Е.А., Рубцов В.Е.* Определение дефекта в виде заглаженного непровара после сварки трением с перемешиванием при неразрушающем контроле. Фундаментальные исследования. 2015. № 6-2. с. 296-300.
4. *Yoshihiko Uematsu, Ichinori Shigematsu, Yuichiro Yamamoto, Naoki Imai, Takahiko Nomura, Toshihiko Fukuda, Toshifumi Kakiuchi, Eisuke Kondoh.* Non-destructive inspection of welding defects in friction stir welds and prediction of their fatigue life. J-Stage. 2015. №30. с. 220-227.