

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ДЕФЕКТООБРАЗОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

*Степанова Ксения Андреевна, Мозутов Тимофей Сергеевич, Богоцкая Анастасия Сергеевна
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,
механики и оптики*

Кинжагулов Игорь Юрьевич, к.т.н.

ledy.xs93@yandex.ru

Одной из перспективных технологий получения неразъемных соединений, внедряемой в различных отраслях промышленности: судостроение, машиностроении, авиа и ракетостроении, является фрикционная сварка (в научно-технической литературе широко используется термин «сварка трением с перемешиванием»). Сварка трением с перемешиванием (СТП) - это процесс образования неразъемного соединения в твердой фазе посредством установления межзатомных связей между соединяемыми частями за счет их нагревания, пластического деформирования и перемешивания вращающимся инструментом.

В настоящее время, данная технология является одной из перспективных технологий в мировом ракетном производстве топливных баков. В Российской Федерации внедрение данной технологий в производство изделий ракетно-космической техники (РКТ) обеспечивает возможность создания универсальных ракетных модулей ракет-носителей (РН) «Ангара». Применение данной технологии обеспечивает повышение конструкционной прочности сварного соединения наряду с уменьшением веса конструкции, что приводит к улучшению эксплуатационных характеристик модулей РН в целом.

Реализация данной технологии осуществляется сложными роботизированными комплексами, незначительные отклонения в работе которых приводят к образованию дефектов в сварном соединении, что может приводить к снижению прочности изделия и, как следствие, возникновению нерасчетных режимов и выходу изделий из строя.

Дефекты сварных соединений, выполненных сваркой трением с перемешиванием, могут возникать вследствие нарушений требований к подготовке поверхностей свариваемых деталей и сборке, выбору инструмента, а также нарушении технологии и режимов сварки. Наиболее вероятным и трудно выявляемыми дефектами, являются дефекты типа непровара корня шва [1].

Традиционно применяемые методы неразрушающего контроля (НК) сварных швов (цветная дефектоскопия, радиационный контроль и др.) являются малоприменимыми для выявления непровара и оценивания его глубины. Это связано с морфологией непровара, с толщиной сварного соединения и его геометрией, а также с требованием минимально выявляемого дефекта по высоте и раскрытию.

Проведение контроля дефектообразования в процессе формирования сварного соединения обеспечит возможность обнаружения дефектов малого раскрытия и оперативного устранения дефектов при повторных проходах, что приведет к повышению качества изготавливаемых изделий и надежность ответственных элементов РКТ в целом.

Одним из перспективных методов НК, применимым в динамических системах, является метод акустической эмиссии. Данный метод обладает высокой чувствительностью к дефектам, возникающим при нарушении технологии производства, и позволяет осуществлять оперативный контроль качества в процессе формирования соединений, выполняемых сваркой трением с перемешиванием [2].

В докладе рассматривается проблема контроля качества сварных соединений, выполненных сваркой трением с перемешиванием и в ходе анализа результатов экспериментальных исследований обосновывается идея о возможности применения метода акустической эмиссии при контроле качества сварных соединений, выполняемых данным видом сварки. Представлены результаты анализа влияния изменения размеров дефектов в сварных соединениях, выполненных сваркой трением с перемешиванием, на параметры акустико-эмиссионных сигналов. Также в докладе проанализирована целесообразность применения метода акустической эмиссии в ходе производственного процесса изготовления изделий РКТ в реальном масштабе времени.

Список литературы:

[1] Карманов В. В., Каменева А. Л., Карманов В. В. Сварка трением с перемешиванием алюминиевых сплавов: сущность и специфические особенности процесса, особенности структуры сварного шва // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2012. № 32. С. 67-80.

КОМПЛЕКСНЫЙ КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ТВЭЛОВ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ МЕТОДОМ РЕНТГЕНОВСКОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТОМОГРАФИИ

Чинь Ван Бак, С.П. Осипов, А.В. Батрагин
Томский политехнический университет
Осипов Сергей Павлович, к.т.н
vanbac1008@gmail.com

Рентгеновские вычислительные томографы могут использоваться как на стадии тотального выходного контроля готовых изделий, так и в технологическом процессе с целью оперативного внесения возмущающих воздействий для корректировки параметров технологического процесса с целью поддержания качества ТВЭЛ на заданном уровне.

Система РВТ может решать ряд задач, характерных для испытуемого объекта контроля. К указанным задачам относятся:

1. измерение длины среднего (активного) слоя объекта контроля (погрешность не более 1 мм);
2. длину «холостых» концов, под которой понимается расстояние от торца объекта до начала среднего слоя (погрешность не более 1 мм);
4. обнаружение частиц активного материала с условным диаметром 0,1 мм в «холостой» части изделия с доверительной вероятностью 95 %;
5. оценка неоднородности распределения солей урана в среднем слое по коэффициенту K_T (относительная погрешность не более 5 % при площади усреднения 50 мм²);
6. обнаружение скоплений (1×1 мм²) частиц урана с доверительной вероятностью не менее 95% и измерение координат скоплений частиц урана в среднем слое;
7. измерение толщины оболочки (погрешность не более 0,03 мм);
8. измерение толщины среднего слоя (погрешность не более 0,05 мм).

На первом этапе определена схема получения исходной информации для РВТ, то есть схема сканирования. Схема сканирования существенно влияет на производительность и качество получаемых трехмерных изображений внутренней структуры.

Разработана Общая методика расчета параметров схемы сканирования и Продемонстрирована возможность применения предложенной выше методики сравнения схем сканирования для цилиндрического объекта массовой толщиной 4 г/см², эффективный атомный номер $Z_{eff} \approx 15$. Длина объекта 1300 мм. Поперечный размер единичного детектора 0,1×0,1 мм². Угол $\theta=40^\circ, 60^\circ, 80^\circ$ $E_{max}=250$ кэВ.

Проведена экспериментальная проверка возможности контроля ТВЭЛ методом рентгеновской вычислительной томографии, включающая имитатор с крупными включениями и имитатор с мелкими включениями.

В качестве имитатора ТВЭЛ был взят полый цилиндр диаметром 25 мм из алюминиевого сплава с толщиной стенки 2 мм. В качестве матрицы использовали каменную поваренную соль крупного помола с насыпной плотностью 1,6 г/см³. Частицы тяжелого металла имитировали свинцовой дробью диаметром около 2 мм. Длина заполненной части цилиндра около 100 мм.

Для более реалистичной модели был разработан тестовый образец с более мелкими свинцовыми включениями. Основная часть включений в среднем слое имеет размеры от 0,3 до 1 мм. Для оценки возможности решения задачи 4, то есть обнаружения частиц активного материала с условным диаметром 0,1 мм в «холостой» части изделия с доверительной вероятностью 95 %, были помещены в холостой части имитатора ТВЭЛ несколько зерен из свинца условным диаметром около 0,1 мм. Для сопоставления размеров зерен в холостой части имитатора ввели дробинку с формой близкой к сфере диаметром 2 мм.

В результате теоретических и экспериментальных исследований сделан ряд выводов, касающихся сформулированных выше задач.

Список литературы