

## **Результаты практической апробации методики акустико-эмиссионного контроля дефектообразования в ходе сварки трением с перемешиванием**

К.А. Степанова, А.С. Ковалевич

(федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» г. Санкт-Петербург)

Научный руководитель – И.Ю. Кинжагулов

(федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» г. Санкт-Петербург)

Перспективная технология получения неразъёмных соединений – технология сварки трением с перемешиванием (СТП) в настоящее время находит широкое применение в судостроении, при производстве авиационной и ракетно-космической техники. Тенденция активного внедрения данной технологии обусловлена возможностью получения более прочных в сравнении со сваркой плавлением соединений без использования присадочных материалов, а также возможностью повышения производительности сварочных работ протяженных конструкций посредством использования автоматизированных сварочных комплексов.

Возможность создания сварных соединений высокой прочности без использования присадочных материалов по технологии сварки трением с перемешиванием сопряжена с необходимостью выполнения активного многопараметрического контроля технологического процесса сварки. Это обусловлено спецификой формирования сварного соединения в твердой фазе посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями за счет их нагревания трением, пластического деформирования и перемешивания вращающимся сварочным инструментом.

В настоящее время широкое применение при мониторинге технического состояния элементов динамических систем находит метод акустической эмиссии (АЭ), который обладает высокой чувствительностью к локальной динамической перестройке структуры материала при образовании дефектов.

Опыт применения АЭ для контроля в процессе сварки плавлением, отраженный в трудах Степановой Л.Н., Нефедьева Е.Ю., Киреенко В.В., показывает, что метод АЭ чувствителен к локальной динамической перестройке структуры, связанной с процессами дефектообразования, в том числе при остывании шва. Однако основной проблемой АЭ диагностики процесса сварки плавлением является выделение полезных сигналов, связанных с процессами дефектообразования, на фоне шума.

В ходе экспериментальных исследований выявлено, что при формировании бездефектного сварного соединения СТП с заданными параметрами сварки, параметры АЭ сигналов (суммарный счет, активность АЭ, энергия и медианная частота АЭ сигналов) находятся в заданном диапазоне. Распределение данных параметров в процессе формирования соединения определяется работой источников при деформации пластифицированного материала в зоне сварки.

При образовании дефектов в ходе СТП происходит изменение в распределении параметров АЭ сигналов и выход за пределы установленных диапазонов, а именно:

– в сварном соединении формируются области с повышенной концентрацией АЭ излучения (АЭ-активные области), при этом формирование АЭ-активных областей связано с определёнными координатами сварного соединения. Координаты и протяженность АЭ-активных областей связаны не с размером дефекта (или неоднородности), а с

протяженностью структурных изменений пластифицируемого материала при дефектообразовании в ходе сварки;

– суммарная амплитуда АЭ-активных областей напрямую не связана с размером дефекта (или неоднородности), а зависит от параметров физических процессов (источников АЭ), сопровождающих структурные изменения при дефектообразовании;

– средняя активность АЭ при формировании сварных соединений с дефектом более чем в 2 раза превышает среднюю активность АЭ при формировании бездефектного сварного соединения. Временная зависимость активности АЭ при имитации дефектообразования в ходе сварки свидетельствует о наличии дополнительных активных источников АЭ в формируемом сварном шве;

– средняя медианная частота АЭ сигналов, зарегистрированных при формировании соединений с дефектом более чем на 12 % превышает значения средней медианной частоты АЭ сигналов, зарегистрированных при пластификации материала сварочным инструментом, что связано с увеличением доли сигналов АЭ с высокой медианной частотой, источниками которых связаны с процессами дефектообразования при формировании соединений СТП.

Разработанный алгоритм обработки информативных АЭ сигналов при контроле дефектообразования включает последовательность операций при разработке локационных схем АЭ контроля, описывает порядок настройки и калибровки средств АЭ контроля, определяет параметры предварительной и постфильтрации АЭ данных, исходя из предварительной оценки технологического шума сварочного оборудования, и процессов, связанных с пластификацией материала сварочным инструментом. В основу разработанного алгоритма положен расчет комплексного параметра АЭ и построения функции распределения данного параметра с целью идентификации процесса дефектообразования.

При создании алгоритма разработан способ локации дефектов в процессе сварки тернием с перемешиванием протяженных оболочечных конструкций, определяющий схему локации источников АЭ для сварки продольных и кольцевых сварных соединений, схемы соединений акустико-эмиссионных каналов, количество акустико-эмиссионных антенных групп, точное местоположение преобразователей акустической эмиссии (ПАЭ) на конструкции, требования и указания по подготовке мест на конструкции для размещения ПАЭ.

Применение разработанного алгоритма позволяет повысить информативность АЭ контроля дефектообразования в процессе СТП за счет локализации дефектов и последующего анализа информативных АЭ сигналов для выделенной области.

При апробации методики акустико-эмиссионного контроля дефектообразования в ходе сварки тернием с перемешиванием разработаны локационные схемы АЭ контроля для установок СТП продольных и кольцевых соединений топливных баков РН «Ангара». Локационные схемы разработаны с учетом геометрических параметров и акустических свойств свариваемых заготовок, конструктивных особенностей элементов сварочного оборудования и возможностей аппаратных средств АЭ контроля.

В результате оценки точности локации источников для установок СТП с использованием разработанных локационных схем АЭ контроля выявлено, что погрешность локации дефектов вдоль свариваемых кромок обечаек не превышает 20 мм. Результаты апробации разработанных схем позволяют производить обработку АЭ данных по разработанному алгоритму с учетом затухания АЭ сигнала в различных зонах.

Автор \_\_\_\_\_ Степанова К.А.

Автор \_\_\_\_\_ Ковалевич А.С.

Научный руководитель \_\_\_\_\_ Кинжагулов И.Ю.