

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В КАЧЕСТВЕ ОНЛАЙН-МОНИТОРИНГА ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ СТП-СОЕДИНЕНИЙ

А.В. ЛЕВИХИНА

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: lev@ispms.ru

Введение. В настоящее время в авиакосмической, строительной, железнодорожной, судостроительной промышленности все большую популярность приобретает технология сварки трением с перемешиванием (СТП). Характерной особенностью данной технологии является соединение материалов без плавления в твердой фазе, что позволяет использовать данную технологию для соединения несвариваемых традиционными способами сварки или разнородных материалов [1]. Использование данной технологии в высокоответственных отраслях промышленности выдвигает повышенные требования к качеству сварных соединений. Одним из наиболее перспективных методов онлайн-мониторинга процесса формирования СТП-соединения является метод акустической эмиссии (АЭ). Данный метод основан на регистрации и анализе акустических волн, вызванных локальной динамической эволюцией внутренней структуры материала.

Материалы и методы исследования. В качестве свариваемого материала использовали сплава А2024 толщиной 5мм. Для формирования дефектной структуры использовался режим сварки с отклонением от оптимальных параметров: частота вращения инструмента 750 об/мин, скорость инструмента 100 мм/мин, усилие прижима 1700 кгс. Запись сигналов АЭ проводилась с момента контакта инструмента со свариваемыми пластинами и велась в течение всего процесса сварки. Регистрация осуществлялась с помощью модуля регистрации ЭЯ-2. Запись сигналов АЭ производилась отдельными фреймами. Для обработки сигналов был применен метод оконного преобразования Фурье. В дальнейшем проводилось сопоставление рентгенографических снимков СТП-соединений и медианной частоты сигналов АЭ, записанных в процессе сварки.

Результаты исследований. Общепринятым подходом к анализу сигналов АЭ является использование данных об изменении медианной частоты. Медианная частота отражает интегральные изменения в спектре мощности сигнала и ее изменения обычно связаны с изменением процесса взаимодействия элементов исследуемой динамической системы.

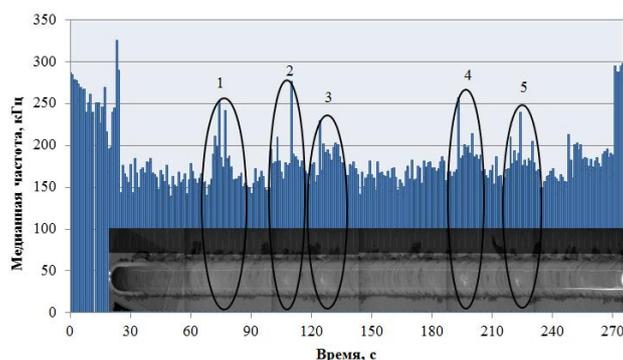


Рисунок 2 - Сопоставление графика зависимости медианной частоты АЭ с рентгенографическим снимком

Исследования показали, что медианная частота сигналов АЭ регистрируемых во время процесса СТП претерпевает стадии возрастания и уменьшения. На рисунке 2 представлен типичный график зависимости медианной частоты акустической эмиссии, записанной в начале процесса сварки. Начальный этап сварки, когда происходит внедрение инструмента в стык между свариваемыми пластинами, характеризуется относительно высокими значениями медианной частоты 180 кГц...340 кГц, что объясняется фрикционным взаимо-

действием сварочного инструмента с неразогретым свариваемым металлом, что вызывает процессы адгезионного взаимодействия, резания и пластической деформации. По мере разогрева и внедрения инструмента медианная частота падает, что свидетельствует об увеличении объема свариваемого материала, вовлеченного в пластическое деформирование. Затем после внедрения инструмента и нагрева материала до пластического состояния происходит падение медианной частоты до 110 кГц...170 кГц. Как было показано в работах [2] падение медианной частоты связано с интенсивной пластической деформацией свариваемого материала в области взаимодействия с инструментом. Как видно из рисунка 3 такой диапазон сохраняется на участках формирования бездефектной структуры сварного соединения. При возникновении дефектов, изображенных на рентгенографических снимках в виде светлых пятен, наблюдается всплеск медианной частоты до 275 кГц (области 2-5, выделенные на рисунке 2). Стоит отметить, что формирование дефектов обусловлено отклонением параметров сварки от оптимального режима. В данном случае было занижено усилие прижима инструмента, что в свою очередь приводит к отсутствию надлежащего контакта между плечами инструмента и свариваемым материалом, и, как следствие, к недостаточному нагреву для пластификации материала со стороны поверхности и к образованию дефектов. Однако область 1 выделенная на рентгенографическом снимке не показала видимого дефекта, хотя медианная частота изменилась так же как при видимых дефектах.

Для изучения структуры сварных соединений в области всплеска медианной частоты были подготовлены макрошлифы образцов, вырезанных в областях 1, 3-5. В этих областях обнаружены дефекты, представляющие собой скопления несплошностей и заглаженных непроваров. В том числе, выявлен дефект необнаруженный на рентгенографическом снимке (рисунок 3а).

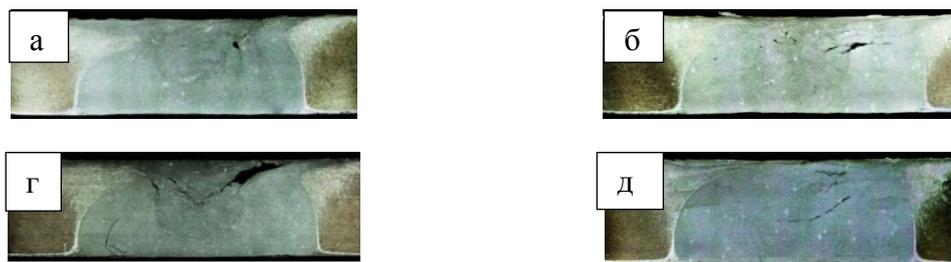


Рисунок 3 - Фотографии макрошлифов образцов в областях всплеска медианной частоты

Заключение. Исследования показали, что процесс образования дефектов в сварном соединении характеризуется устойчивыми, продолжительными и характерными сигналами АЭ, записанными в процессе сварки. Данные сигналов АЭ являются достаточными для идентификации и локализации дефектов в сварном соединении. Показано, что в области формирования несплошности происходит существенное увеличение медианной частоты, что связывается с ухудшением условий конвективного переноса свариваемого материала вокруг инструмента.

Таким образом, полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что метод АЭ может быть эффективно использован в качестве онлайн-мониторинга процесса СТП.

Список литературы

1. Mishra R.S., Mahoney M. Friction stir welding and processing // ASM International. - 2007.
2. Рубцов В.Е., Колубаев Е.А., Колубаев А.В., Попов В.Л. Использование акустической эмиссии для анализа процессов изнашивания при трении скольжения // Письма в журнал технической физики. – 2013. – Т39. - №4.