

ВЫЯВЛЕНИЕ МЕЖКРИСТАЛЛИТНОЙ КОРРОЗИИ АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ МЕТОДОМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

© 2025 г. Вера Александровна Барат^{1*}, А.Ю. Марченков^{1**}, А.А. Панькина¹,
Н.В. Лаврик¹, Е.А. Лепшеев^{1,2}, С.В. Ушанов²

¹ – ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», 111250 Москва, ул. Красноказарменная, д. 17

² – ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», 111024 Москва, Шоссе Энтузиастов, д. 20Б

* - BaratVA@mpei.ru; ** MarchenkovAY@mpei.ru

Межкристаллитная коррозия (МКК) — один из наиболее опасных видов коррозионного разрушения аустенитных сталей. Коррозионный процесс вызывает охрупчивание и разрушение границ зерен, при этом сталь полностью теряет механическую прочность и разрушается даже при незначительных нагрузках. Поскольку на ранних этапах развития МКК представляет собой совокупность трещиноподобных дефектов микроскопического уровня, актуальным является исследование возможности применения метода акустической эмиссии (АЭ), обладающего высокой чувствительностью к выявлению дефектов данного типа. Существует ряд фундаментальных исследований [1, 2], показывающих, что МКК является источником АЭ и могут быть выявлена по специфичным параметрам диагностических сигналов, что создает предпосылки для разработки промышленных методик выявления МКК методом АЭ.

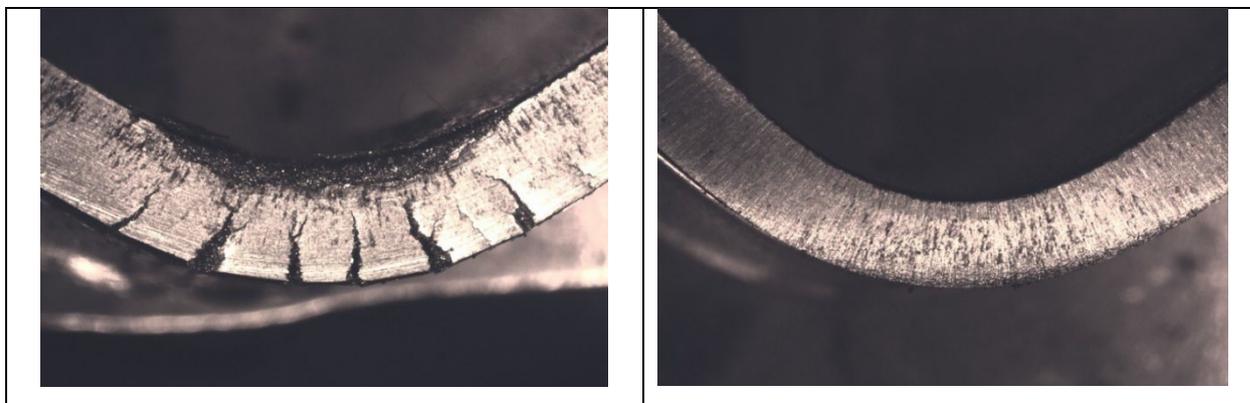


Рис. 1. Фотографии образцов стали 12Х18Н9 после испытаний на стойкость к межкристаллитной коррозии (увеличение 7,5х): при температуре 600 °С (а) при 700 °С (б)

В рамках данной работы рассматривается выявление МКК в нестабилизированной аустенитной стали 12Х18Н9. Для проведения экспериментального исследования были изготовлены образцы прямоугольной формы для испытаний на статический трехточечный изгиб. Образцы были подвергнуты термообработке, имитирующей процесс сенсibilизации, термообработка проводилась в шести режимах – при температурах 600, 650 и 700 °С при выдержках 25 и 100 часов. Затем образцы были испытаны на стойкость к МКК – в соответствии с ГОСТ 6032-2017 с испытанием по методу АМУ и последующим

нагрузением на статический изгиб с применением метода АЭ. Наличие МКК определялось по возникновению сетки трещин при изгибе образцов. При различных режимах термообработки наблюдалась различная выраженность МКК. Наибольшее количество развитых стресс-коррозионных трещин наблюдалось на образцах с термообработкой при температуре 600 °С (рис. 1а), на образцах, выдержанных при температуре 700 °С, мелкая сетка трещин выявлялась только с помощью лупы с увеличением 7,5х (рис. 1б).

На рис. 2 показаны АЭ параметры (суммарный счет и амплитуды импульсов АЭ) двух образцов стали 12Х18Н9, рис. 2а соответствует испытаниям на изгиб бездефектного образца, не прошедшего термообработку и испытание по методу АМУ, а рис. 2б – образцу, прошедшему термообработку при 700 °С и содержащему незначительные коррозионные повреждения (фото рис. 1б).

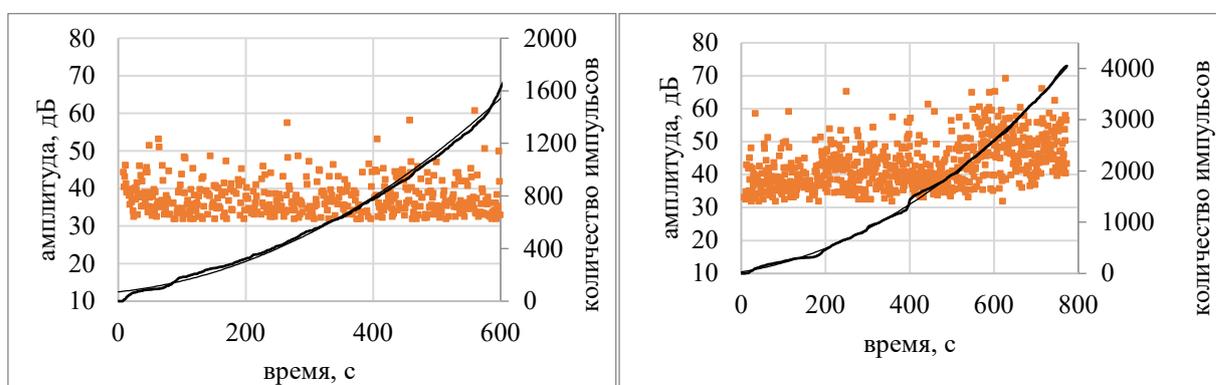


Рис. 2. Данные АЭ для бездефектного образца (а) для образца с МКК (б)

Как видно из рисунка, присутствие даже незначительных коррозионных повреждений приводит к повышению активности и уровня амплитуд импульсов АЭ, для образца, содержащего МКК, количество импульсов АЭ увеличилось приблизительно в 3 раза, а среднее значение амплитуд импульсов АЭ возросло на 10 дБ. Кроме того, для образца с МКК наблюдается возрастающий тренд значений амплитуд импульсов АЭ, соответствующий развитию стресс-коррозионных трещин.

Исследование выполнено в рамках проекта «Разработка методики выявления процессов сенсibilизации и образования межкристаллитной коррозии в аустенитных сталях методом акустической эмиссии» (ПНИ-24/26-34) при поддержке гранта НИУ «МЭИ» на реализацию программы научных исследований «Приоритет 2030: Технологии будущего» в 2024-2026 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Takemoto M. Grain Boundary Characteristics and Acoustic Emission in the Intergranular Stress Corrosion Cracking // *Zairyo to Kankyo*. 2020. V. 69. P. 112–130.
2. Merson E., Vinogradov A., Merson D.L. Application of acoustic emission method for investigation of hydrogen embrittlement mechanism in the low-carbon steel // *Journal of Alloys and Compounds*. 2015. V. 645. Suppl. 1. P. S460–S463.