

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ И ЦИФРОВОЙ КОРРЕЛЯЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ДИФФУЗИОННЫХ ПРОСЛОЕК РАЗНОРОДНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

© 2023 г. В.А. Барат^{1,*}, А.Ю. Марченков^{1,**}, А.Ю. Поройков¹, М.В. Карпова¹,
В.В. Бардаков^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», Россия 11250 Москва, ул. Красноказарменная, 17

²ООО «ИНТЕРЮНИС-ИТ», Россия 11024 Москва, Шоссе Энтузиастов, 20Б

E-mail: *BaratVA@mpei.ru; **MarchenkovAY@mpei.ru

Поступила в редакцию 31.05.2023; после доработки 23.06.2023

Принята к публикации 30.06.2023

Исследуется возможность выявления методом акустической эмиссии (АЭ) специфических структурных дефектов разнородных сварных соединений — карбидных и обезуглероженных прослоек, образующихся в разнородных сварных соединениях сталей аустенитного и перлитного классов в процессе сварки и при последующей эксплуатации.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, разнородные сварные соединения, диффузионные прослойки.

APPLICATION OF ACOUSTIC EMISSION AND DIGITAL IMAGE CORRELATION FOR DETECTING DIFFUSION INTERLAYERS IN DISSIMILAR WELDED JOINTS

V.A. Barat^{1,*}, A. Yu. Marchenkov^{1,**}, A.Yu. Poroykov¹, M.V. Karpova¹, V.V. Bardakov^{1,2}

¹National Research University MPEI, Krasnokazarmennaya str, 17, Moscow, 11250, Russia

²LLC «INTERUNIS-IT», shosse Entuziastov str, 20B, Moscow, 11024, Russia

E-mail: *BaratVA@mpei.ru; **MarchenkovAY@mpei.ru

The paper investigates the possibility of using the acoustic emission (AE) method to detect carbide and decarburized interlayers formed in dissimilar welded joints of austenitic and pearlitic steels during welding and subsequent operation.

Keywords: acoustic emission, dissimilar welded joints, diffusion interlayers.

DOI: 10.31857/S0130308223100081, EDN: XAGWBW

Предметом настоящей работы являются диффузионные прослойки, образующиеся в разнородных сварных соединениях сталей перлитного и аустенитного классов в процессе сварки или при длительной эксплуатации в условиях высоких температур [1]. Наличие таких прослоек приводит к снижению механических и эксплуатационных характеристик сварного соединения, поэтому их своевременное выявление является актуальной задачей. Диффузионные прослойки, как структурный дефект, обычно имеют малую толщину и не могут быть обнаружены традиционными методами неразрушающего контроля, в то же время метод АЭ является перспективным для обнаружения подобных дефектов.

Образцы разнородных сварных соединений выполнялись из сталей 09Г2С и 12Х18Н10Т аргонодуговой сваркой с использованием аустенитной присадочной проволоки Sabaros SW146. В результате был получен сварной шов с аустенитной структурой (рис. 1а). Для получения в сварных соединениях диффузионных прослоек дополнительно проводилась термическая обработка (рис. 1б). Из полученных сварных соединений были изготовлены образцы с размерами рабочей части 230×20×3 мм, которые испытывались на статическое растяжение до разрушения с постоянной скоростью деформирования 2 мм/мин. Регистрация данных АЭ проводилась с помощью комплекса A-Line 32D с преобразователями GT200 (резонансная частота 180 кГц). Порог амплитудной дискриминации был выбран равным 40 дБ, для подавления шума использовался цифровой фильтр с полосой пропускания 100—400 кГц. Для измерения локальной деформации использовался метод корреляции цифровых изображений на основе измерительной системы LaVision с двумя монохромными CCD-камерами (разрешение 2456×2058 пикселей, размер матрицы 2/3 дюйма), обработка изображений проводилась с помощью программного обеспечения DaVis 8.4.

На рис. 2а показаны диаграмма растяжения и график АЭ-активности для образца с диффузионными прослойками. На графике активности помимо двух пиков, соответствующих пределам

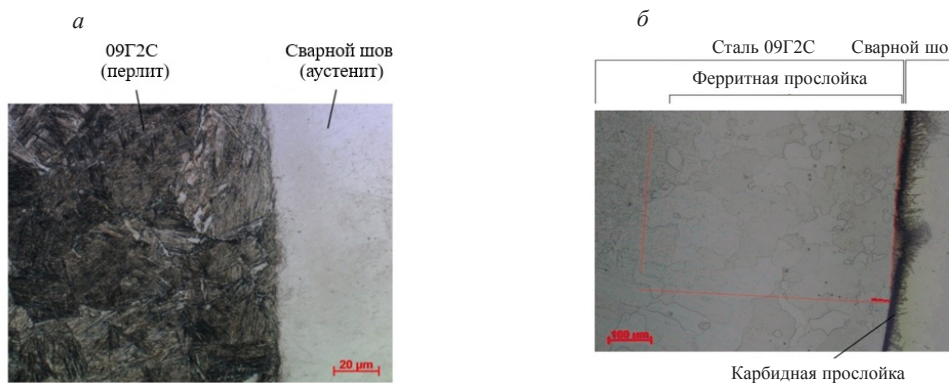


Рис. 1. Линия сплавления со стороны стали 09Г2С бездефектного образца (а); образца с диффузионными прослойками (б).

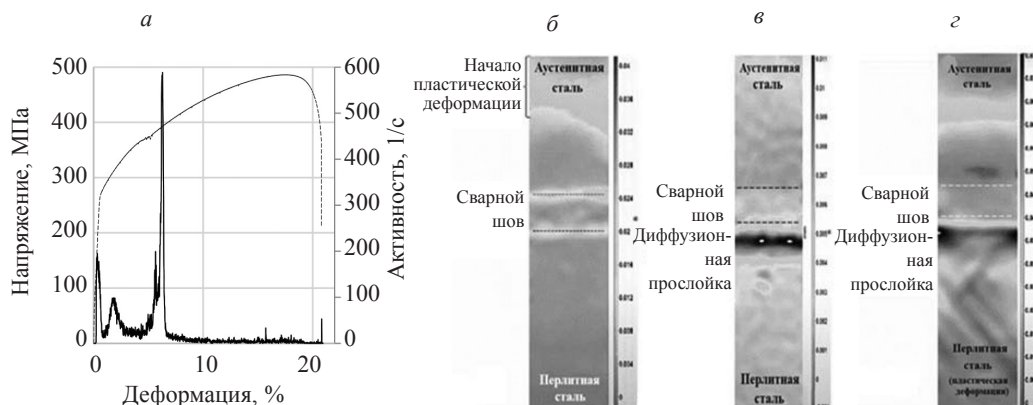


Рис. 2. АЭ-данные при растяжении образца с диффузионными прослойками (а) и карты локальных деформаций при 250 (б); 300 (в); 400 МПа (г).

текучести основного металла (250 МПа для стали 12Х18Н10Т и 370 МПа для 09Г2С) присутствует дополнительный экстремум при 300 МПа, соответствующий развитой упругопластической деформации обезуглероженной прослойки [2]. На рис. 2б—г показаны карты локальных деформаций, измеренные методом DIC, соответствующие моментам появления каждого из трех пиков АЭ-активности. Анализ карт деформации подтверждает, что первый экстремум соответствует началу пластической деформации стали 12Х18Н10Т, последний — деформации стали 09Г2С, а промежуточный экстремум — деформации обезуглероженной диффузионной прослойки.

На рис. 3, 4 показаны распределения времен нарастания и амплитуд импульсов АЭ, во временных интервалах, соответствующих каждому из пиков АЭ-активности. Процесс деформации диффузионной прослойки характеризуется узким диапазоном изменения времен нарастания и большими значениями амплитуд импульсов АЭ по сравнению с деформацией основного металла [3].

При совместном применении методов АЭ и цифровой корреляции изображений было установлено, что диффузионные прослойки разнородных сварных соединений могут быть выявлены методом АЭ при статическом растяжении по дополнительному пику АЭ-активности, который соответствует деформации обезуглероженной диффузионной прослойки и характеризуется специфическими значениями АЭ-параметров, отличными от параметров при деформации основного металла, что может быть объяснено локальностью процесса деформации и более крупнозернистой структурой металла на линии сплавления.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00657, <https://rscf.ru/project/23-29-00657/>

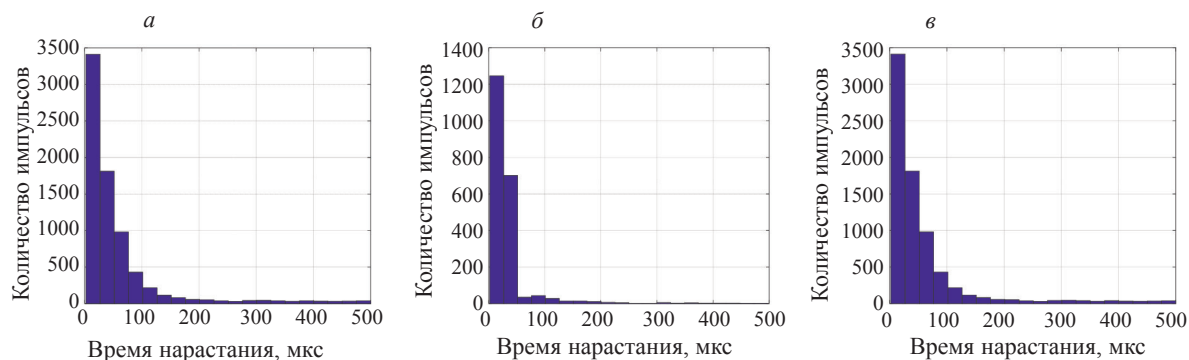


Рис. 3. Распределение времени нарастания импульсов АЭ при разных напряжениях: 250 (*a*); 300 (*б*); 400 МПа (*в*).

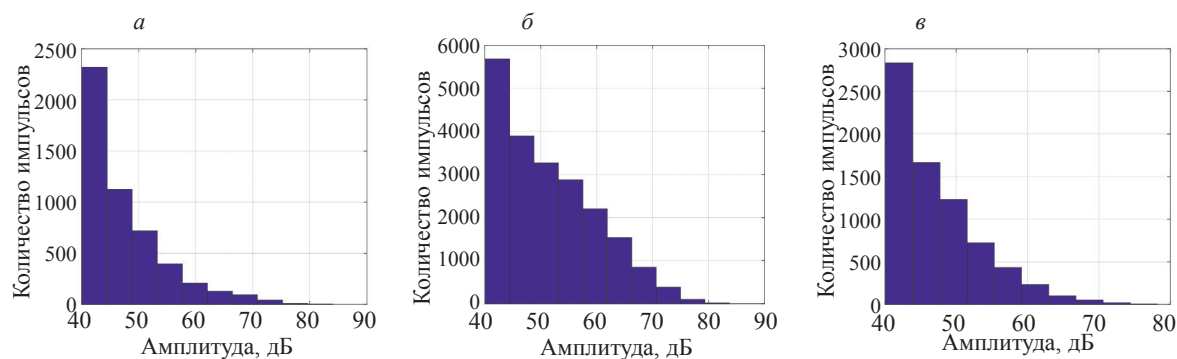


Рис. 4. Распределение амплитуд импульсов АЭ при разных напряжениях: 250 (*a*); 300 (*б*); 400 МПа (*в*).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ходаков В.Д., Ходаков Д.В. Природа и механизм образования разнородных сварных соединений атомноэнергетического оборудования из сталей аустенитного и перлитного класса // Сварочное производство. 2015. № 12. С. 3—9.
2. Виноградов А.Ю., Мерсон Д.Л. Природа акустической эмиссии при деформационных процессах в металлических материалах // Физика низких температур. 2018. Т. 44. № 9. С. 1186—1195.
3. Barat V., Marchenkov A., Bardakov V., Karpova M., Zhgut D., Elizarov S. Features of Acoustic Emission in Tensile Testing of Dissimilar Welded Joints of Pearlitic and Austenitic Steels // Appl. Sci. 2021. No. 11. P. 11892. 10.3390/app112411892