

ДИССИПАТИВНЫЕ И ЭМИССИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В ОЦЕНКЕ ВОДОРОДНОЙ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ МАЛОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Яковенко А.А.

Руководитель – проф., д.т.н. Чуканов А.Н.

ФГБОУ ВПО «Тульский государственный университет», г. Тула

AlexYakovenk@gmail.com

Для оценки поврежденности наиболее перспективен метод *акустической эмиссии* (АЭ), позволяющий проводить обнаружение (а во многих случаях и идентификацию) фазовых переходов, зарождения дефектов и других наноструктурных изменений по сигналам АЭ [1,2]. Однако, он имеет ограничения по размерам фиксируемых дефектов и интерпретации источников акустических сигналов. Исследовать весь диапазон деградации и объективно описать разрушение позволяют наномасштабные методы анализа субструктуры материала. К ним относится метод оценки – метод *внутреннего трения* (ВТ) [3]. Комплексный анализ параметров АЭ и ВТ позволит разработать тонкий физически обоснованный инструментарий оценки поврежденности материала на базе стандартного оборудования, реализующего метод АЭ.

Цель: на основе комплекса параметров, полученных диссипативными и эмиссионными методами, - уточнить возможности совместного взаимодополняющего описания деградации и зарождения разрушения.

Теория. В ходе развития деградации и деструкции сталей, подвергнутых наводороживанию, на ТЗВТ в диапазоне $-100...200$ °С фиксируют следующие неупругие эффекты: водородный максимум Снука – Кестера (СК(Н)), максимум Снука, а также специфический деструкционный максимум (Д), имеющий место в поврежденных образцах. Наблюдаемый водородный максимум Снука-Кестера обусловлен диффузией под напряжением атомов водорода вблизи неподвижных атомов кислорода или азота в сталях с ОЦК решеткой. Эффект Снука – следствие упорядочения под напряжением примесей внедрения (атомов азота и углерода) в α -Fe. Появление деструкционного максимума на ТЗВТ связано с изменением дислокационной динамики у структурных дефектов и дефектов поврежденности (микротрещин) [4].

Объекты исследования: образцы углеродистой стали 20 и стали марки Ст 3 ($l = 200$ мм, $d = 8$ мм).

Методика. Коррозионное воздействие имитировали электролитическим насыщением водородом (катодная поляризация в растворе H_2SO_4 [4]). Интенсивность воздействия варьировали длительностью насыщения (1...30 часов) при плотности тока $j = 150$ А/м². Стимуляторы – тиомочевина и роданистый аммоний. Анализировали

комплекс параметров НЭ ВТ, полученных в диапазоне от -100 до 200 °C при среднечастотных (резонансные изгибные колебания $f \sim 1 \cdot 10^{-3} c^{-1}$) измерениях амплитудных и температурных зависимостей ВТ (АЗВТ и ТЗВТ) (ГОСТ 25156-82). Скорость нагрева 2 град./мин. АЭ измеряли на установке ЭЯ-2 (Тольяттинский университет) и системе AMSY-5 (Vallen-System Германия, лаборатория нейтронной физики ОИЯИ, г. Дубна).

Экспериментальные данные. На ТЗВТ фиксировали ряд максимумов ВТ (рис. 1). Сложный характер максимума 1 объясняется взаимодействием одиночных атомов водорода (максимум СК_н(а)) и их парных комплексов (СК_н(м)) с геометрическими перегибами на невинтовых дислокациях. Деструкционные максимумы 2 и 3 отражают образование перегибов с винтовой ориентацией (s-типа) (максимум 2) и перегибов с винтовой и краевой ориентацией (e-типа) (максимум 3) на дислокациях, расположенных в локальных зонах концентраций напряжений вблизи вершин микротрещин.

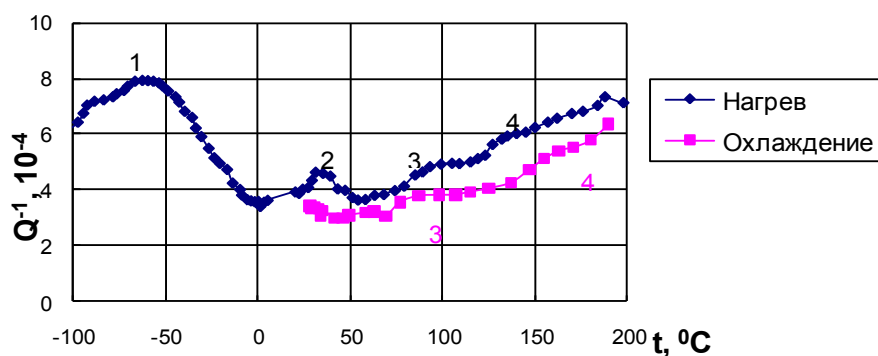


Рис.1. ТЗВТ наводороженной стали Ст 3 ($j = 150 \text{ A/m}^2$, $\tau = 25 \text{ ч}$)

Анализировали зависимости перечисленных максимумов ВТ (рис.2), а также параметров АЭ: энергии сигнала (рис.3), медианной частоты (F_{Med}), среднего значение сигнала АЭ (URMS), пикового значения (U_{peak}) и количества импульсов (Kurtosis) от длительности наводороживания.

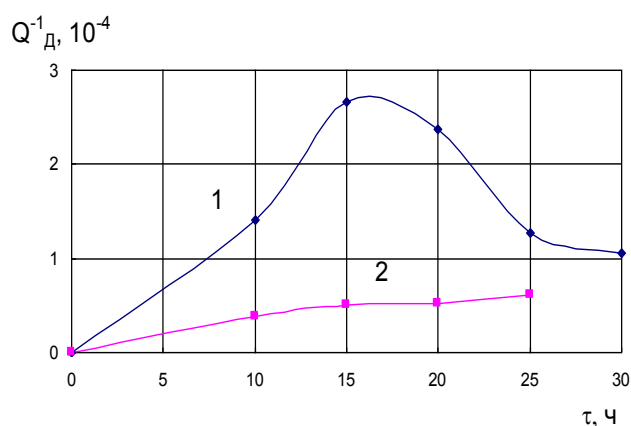


Рис. 2. Зависимость высот деструкционных максимумов (1 – Д(s), 2 – Д(e)) от времени наводороживания для стали Ст 3 ($j = 150 \text{ A/m}^2$)

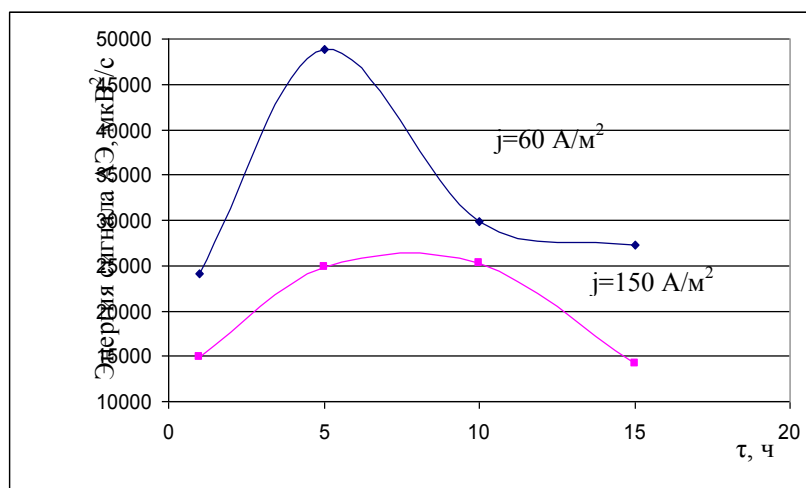


Рис. 3. Зависимость энергии сигнала АЭ от длительности наводороживания для образцов стали 20 ($j=150 \text{ А/м}^2$ и $j=60 \text{ А/м}^2$)

Выводы. Анализ параметров спектра ВТ и АЭ после наводороживания различной длительности и интенсивности, выявил следующее: 1. Зависимости параметров АЭ и ВТ, качественно подобны и логично описывают эволюцию деградации и повреждаемости. 2. На зависимостях выявлены две области (область I и область II) различной интенсивности диссипации и эмиссии. Смена характера зависимостей происходит после наводороживания 10...15 часов. 3. Область I (0-12 ч): а) характерен рост высот максимумов ВТ; б) происходит уменьшение количества импульсов АЭ. 4. Область II (10-15 ч): а) характерна стабилизация высот максимумов ВТ (сталь 20), либо их резкое снижение (СтЗ); б) наблюдается рост количества импульсов АЭ (сталь 20); в) происходит резкое падение пикового значения сигнала АЭ для стали 20. 5. Поведение ВТ и АЭ связывали с развитием процессов деградации (область I) и деструкции (область II). 6. В области I идет процесс интенсивного накопления атомов водорода, их активного взаимодействия в ЛЗКН, приводящий к молезаии и образованию субмикротрещин. В области II происходит уменьшение скорости поглощения водорода металлом, рост трещин.

Список литературы:

1. Бурнышев И.Н., Абрамов К.А.// Письма в ЖТФ. 2009. Т. 35. Вып. 2. С. 90-94.
2. Мерсон Д.Л./Перспективные материалы. - М.: ТГУ, МИСИС, 2007. - Т. 2. - С.417-456.
3. Левин Д.М., Чуканов А.Н. //Известия РАН. Серия физическая.- 2005.-Т.69 -. № 8 .- С. 1201 – 1205.
4. Чуканов А.Н. // Известия ТулГУ. Серия: Физика.-2005.- Вып. 5.- С. 125-131.