

рис. 1. Совокупный вклад в упрочнение различных механизмов в процессе обработки сплава

Список публикаций:

- [1] Матвеев В. И. // ЖЭТФ. 2003. Т. 124. № 5(11). С. 1023.
- [2] Есеев М. К., Матвеев В. И. // Физический вестник Поморского университета. Архангельск: \ 2006. № 4. С.35.
- [3] Valiev R. Z. // Materials Transactions. 2014. V. 55, No.1. P. 13-18.
- [4] Straumal B. // Archives of Civil and Mechanical Engineering. 2014. V. 14, № 2. P. 242-249.
- [5] Сагарадзе В.В. // ФММ. 1988. Т.66, №2. С. 328-338.
- [6] Дерягин А.И. // Физика и техника высоких давлений. 2010, Т.20, № 2. С. 115-132.
- [7] Шабашов В.А. // Вопросы материаловедения. 2008. N 3(55). С. 169-179.
- [8] Фаизова С.Н. // Упорядочение в минералах и сплавах. 12-й международный симпозиум. Ростов-на-Дону, 2009. Т.1. С.13-17.
- [9] Фаизов И.А. // Вестник Тамбовского универ-та. Серия Есте-ыеи техн-ие науки. Физика. 2016. Т.21, №3. С. 1387-1391.
- [10] Фаизов И.А. // Письма о материалах. 2016. Т.6, №2. С. 132-137.

О катодном наводороживании циркониевого сплава Э125

Фукалов Владислав Александрович

Удмуртский государственный университет

Бурнышев Иван Николаевич, к.т.н.

vladislav.fukaloff@yandex.ru

Циркониевые сплавы широко используются в качестве материала для оболочек твэлов. В процессе работы АЭС из теплоносителя, которым является вода, при высоких температурах выделяется водород, который проникает в оболочки твэлов, что может негативно сказаться на его свойствах. Накопление водорода до критических значений может привести к аварийной ситуации. В реакторной технологии перспективным методом обнаружения коррозионного растрескивания и контроля сварных соединений считается акустическая эмиссия (АЭ).

В работе были проведены исследования методом АЭ процесса катодного наводороживания циркониевого сплава Э125. Наводороживание осуществляли при различных плотностях катодного тока в электролитической ячейке в растворе электролита, содержащем 1N раствор H_2SO_4 с добавкой 1,5 г/л тиомочевина $CS(NH_2)_2$ для ускорения процесса наводороживания. Размеры наводороживаемых образцов составляли 150x10x2мм, для удаления оксидных пленок образцы перед насыщением травили в 5% растворе плавиковой кислоты HF. В процессе насыщения образцов водородом АЭ регистрировалась на приборе АФ-15. Датчиком служил широкополостной пьезоэлектрический преобразователь ПЭП113 с рабочим диапазоном частот от 200 до 1000 кГц, Величина погружения образцов составляла 20x10x2мм. Помимо регистрации АЭ, отвечающей, по нашему мнению, за процессы: диффузии водорода в образце, образования микротрещин и гидридов, шума от выделения газовых пузырьков на аноде и катоде в процессе наводороживания, были проведены: измерения микротвердости (метод Виккерса), испытания на фреттинг-изнашивание наводороженных образцов на многофункциональной испытательной установке SRV Test system, рентгеноструктурный анализ и определение концентрации водорода на газоанализаторе G8 Galileo H Bruker.

Кинетика изменения активности АЭ в процессе наводороживания при плотности тока $j=400 \text{ mA/m}^2$ для различных уровней дискриминации приведена на рис.1. При низких уровнях дискриминации (16-24 дБ) в начальный момент наводороживания основной вклад в АЭ вносят процессы выделения газов на поверхностях катода и анода, дальнейший рост акустической активности может означать проникновение водорода в образец. Немонотонный характер АЭ при высоких уровнях дискриминации (28-31 дБ) обусловлен такими процессами как образование гидридов. Повышение плотности катодного тока приводило к возрастанию активности АЭ.

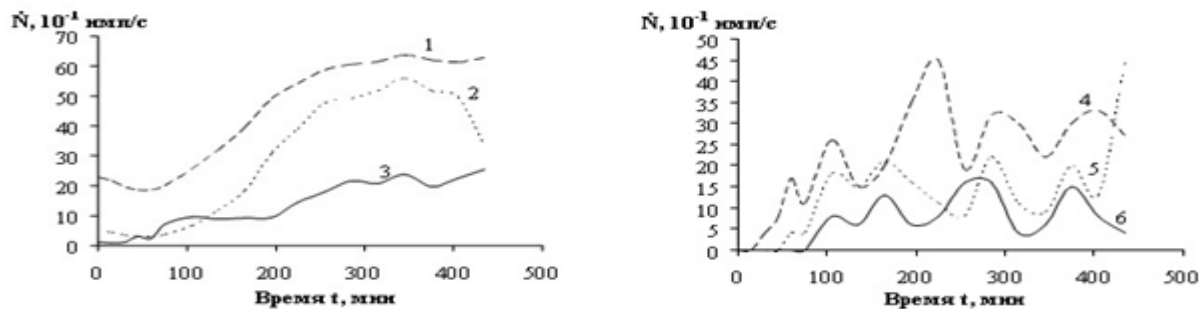


рис.1. Зависимость акустических импульсов от времени наводороживания. 1 - $16\text{дБ}\cdot 10^4$; 2 - $20\text{дБ}\cdot 10^3$; 3 - $24\text{дБ}\cdot 10$; 4 - 28дБ ; 5 - 30дБ ; 6 - 31дБ ;

Измерение микротвердости производилось на микротвердомере ПМТ-3М при нагрузке $P = 100$ гс. Установлено, что катодное наводороживание образцов приводит к снижению микротвердости на 40 единиц по сравнению с исходным образцом. Рентгеноструктурный анализ поверхности наводороженных образцов показал наличие гидридов (рис.2), интенсивность рентгеновских линий которых возрастала с повышением плотности катодного тока. Фреттинг-изнашивание проводили по схеме диск-шарик. Для наводороженного образца (рис.3) в первое время испытания происходит снижение коэффициента трения, что объясняется процессом изнашивания гидридной пленки на поверхности образца, в остальное время испытания производилось изнашивалась ненаводороженная часть образца. Для образца в исходном состоянии коэффициент трения имеет максимальное значение на протяжении всего испытания, износ образца после насыщения водородом снизился на 20 мкм, что может свидетельствовать о том, что частицы образца в процессе трения служат смазкой. Как было сказано ранее, микротвердость у наводороженного образца имеет более низкое значение, что может свидетельствовать о водородном пластифицировании циркониевого сплава и, следовательно, об изменении характера изнашивания. Данные анализа водорода методом плавления образцов свидетельствуют о возрастании его количества в образцах по мере повышения плотности катодного тока. Максимальная концентрации водорода получена при плотности тока $j=500$ $\text{мА}/\text{м}^2$ и составила 163 ppm.

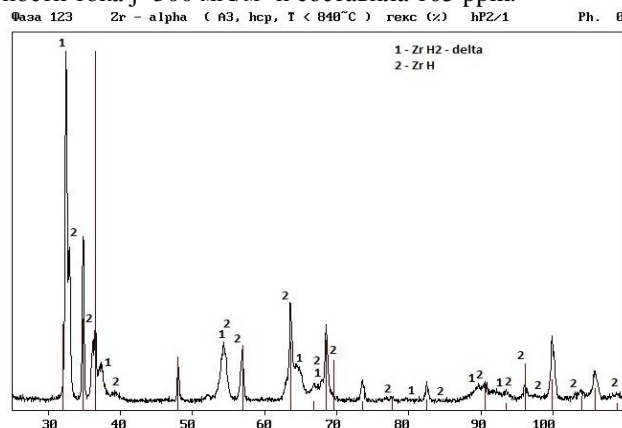


рис.2. Рентгенограмма образца после наводороживания в течение 8 часов при плотности тока $500 \text{ мА}/\text{м}^2$

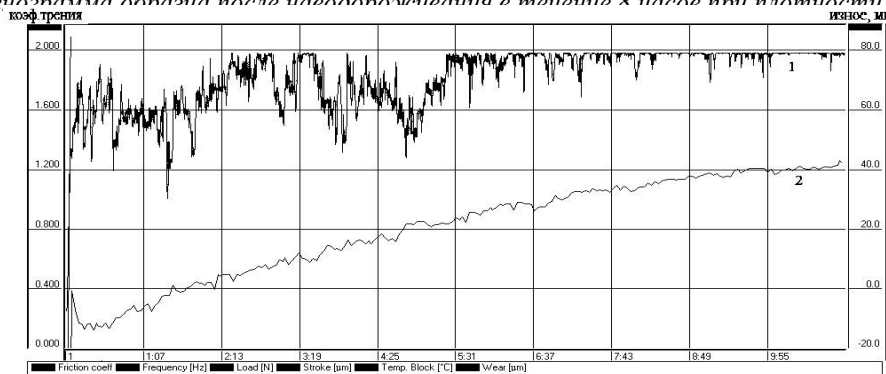


рис.3. Трибограмма образца после наводороживания в течение 8 часов при плотности тока $100 \text{ мА}/\text{м}^2$
1 коэффициент трения, 2 износ, мкм.