

Информация о проекте, выполняемом в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности

Задание № 1256 от 30.01.2014г.

Тема: Исследование процессов формирования зародышевых трещин в трубной стали при водородном растрескивании

Приоритетное направление: Индустрия наносистем и материалов

Критическая технология: Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов

Период выполнения: 30.01.2014 г. – 31.12.2016 г.

Исполнитель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (Кафедра физической и коллоидной химии)

Ключевые слова: наночастицы, микротрещины, монодисперсность, фотолюминесценция, водородная проницаемость

Научный руководитель: Новиков Андрей Александрович

1. Цель проекта: Разработка способа диагностики водородного растрескивания трубной стали на ранних стадиях (образование зародышевых трещин). Установление особенностей структуры и состава трубной стали, определяющих скорость образования и роста зародышевых трещин.

2. В 2014-2015 гг. по проекту были проведены следующие работы:

- Разработка методики оценки скорости образования и роста зародышевых трещин;
- Создание образцов наномаркеров для детектирования зародышевых трещин;
- Разработка и создание установки для оценки водородной проницаемости образцов стали;
- Исследование микроструктуры и микросостава образцов трубной стали;
- Измерение водородной проницаемости образцов трубной стали;
- Оценка скорости образования и скорости роста зародышевых трещин в трубной стали при водородном растрескивании без напряжения.

3. Основные результаты по проекту:

- 1) Разработана методика оценки скорости образования и роста зародышевых трещин. Методика основана на последовательном нанесении наномаркеров на образцы металла и сравнении интенсивности фотолюминесценции наномаркеров при различном времени экспозиции образца в коррозионно-активной среде.
- 2) Получены образцы наномаркеров для детектирования зародышевых трещин. Получены образцы наночастиц золота, серебра и наночастиц типа "золотое ядро – серебряная оболочка" диаметром от 20 до 200 нм. Исследовано влияние контроля температуры на монодисперсность получаемых наночастиц золота и наночастиц типа "золотое ядро - серебряная оболочка". Полученные монодисперсные наночастицы будут использованы для селективного по размеру контрастирования зародышевых трещин на поверхности образцов трубной стали.

3) Создана установка для оценки водородной проницаемости образцов стали. Установка состоит из ячейки Деванатана и потенциостата-гальваностата Р-30J производства ООО "Элинс". Установка будет использоваться в течение 2015 года для измерения водородной проницаемости образцов трубной стали.

4) Исследована микроструктура стали методом оптической микроскопии протравленных шлифов трубной стали. Структуру составляет игольчатый феррит с включениями аустенитно-мартенситных островков. Измерена водородная проницаемость образцов трубной стали в модифицированной ячейке Деванатана-Стачурски при помощи потенциостата Р-30J производства ООО "Элинс". В ходе эксперимента были смоделированы реальные условия наводороживания стали при помощи барботирования сероводорода через раствор зоны насыщения. Было установлено, что стационарный потенциал стальной мембраны составляет -650 мВ, ток окисления водорода – около 20 мкА, кажущийся коэффициент диффузии свободного водорода в мембране – $2,1 \cdot 10^{-7}$ см²/с.

5) Проведена оценка скорости образования и роста трещин путем исследования образцов трубной стали, выдержанных в коррозионно-активной среде различное время. Трещины обнаруживали при помощи фотолюминесцентных наномаркеров, а также при помощи метода сканирующей электронной микроскопии. Рассчитанная скорость роста трещин составила $0,000182$ мм² в сутки.

Публикации по проекту:

1) Tiunov I.A., Gorbachevskyy M.V., Kopitsyn D.S., Kotelev M.S., Ivanov E.V., Vinokurov V.A., Novikov A.A. (2016) Synthesis of large uniform gold and core-shell gold-silver nanoparticles: Effect of temperature control // *Russian Journal of Physical Chemistry A*. Volume 90, Issue 1, 1 January 2016, Pages 152-157. DOI: 10.1134/S0036024416010301

2) Kotelev M.S., Kopitsyn D.S., Tiunov I.A., Vinokurov V.A., Novikov A.A. (2015) Size-selective contrasting of cracks on a metal surface by gold nanoparticles // *Mendeleev Communications*. Volume 25, Issue 5, 1 September 2015, Pages 356-357. DOI: 10.1016/j.mencom.2015.09.013

3) Plotnikova, M. D., Tiunov, I. A., Novikov, A. A., Khrenova, A. A., Shein, A. B. (2015). Tests of Imidazoline-Based Corrosion Inhibitors for Low-Carbon Steel Tending to Absorb Hydrogen in Acidic Media. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 51(3), 252-256, DOI: 10.1007/s10553-015-0599-4

4) И.А. Тиунов, М.Ю. Зиангирова, М.С. Котелев, Д.С. Копицын, М.В. Горбачевский, А.А. Новиков (2015) Селективное по размеру детектирование поверхностных дефектов при помощи фотолюминесцентных наночастиц золота // *Коррозия «Территории «Нефтегаз»*, том 32, №3, с. 32-33

5) O.V. Chefonov, D.S. Sitnikov, I.V. Ilina, M.S. Kotelev, A.A. Novikov, A.V. Ovchinnikov (2015) Gold nanoparticles modification by femtosecond laser pulses in the air // *High Temperature*, Том: 53, Выпуск: 4, Стр.: 605-608. DOI:10.1134/S0018151X15040239

4. Назначение и предполагаемое использование результатов проекта:

Предполагаемое использование – детектирование коррозионных трещин, образующихся в результате коррозионного растрескивания под напряжением. Используя результаты, будет возможно осуществлять прогнозирование коррозионного разрушения образцов металлов при водородном растрескивании.