

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ТОМОГРАФИЧЕСКИХ И РАДИОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ КРУПНЫХ ОБЪЕКТОВ ПОСРЕДСТВОМ НЕЙТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

© 2024 г. Александра Андреевна Павельева*¹, Е. В. Алтынбаев**¹, Д. Н. Трунов***¹
¹ – НИЦ «Курчатовский институт» - ПИЯФ, 188300 Гатчина, Орлова роща, д. 1
* - paveleva_aa@pnpi.nrcki.ru; ** - altynbaev_ev@pnpi.nrcki.ru; *** - redmitr@yandex.ru

Цель данной работы заключается в отражении актуальности создания станции для томографических и радиографических исследований крупных объектов посредством нейтронного излучения на базе реакторного комплекса ПИК.

Применение нейтронной томографии и радиографии открывает возможность исследовать и оценить качество и целостность готовых изделий различной формы, толщины и размеров без разрушения. Возможность различать изотопы элементов, исследовать магнитные структуры, керамики и органические соединения толщинами более 30 мм с разрешением до 100 мкм указывает на широкие перспективы развития науки и промышленных отраслей посредством данного метода. В данной работе рассмотрены возможности использования нейтронной томографии для исследований в области материаловедения.

Как известно, большое влияние на механические свойства металлов и сплавов оказывает их фазовый состав. Таким образом, благодаря томографическим исследованиям, изменяя применяемую длину волны нейтронов, удалось различить феррит и мартенсит на толщине образца в 1,5 см (рис. 1), что нам демонстрируют авторы работы [1].

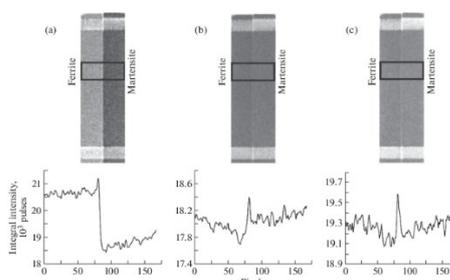


Рис. 1. Верхний ряд — рентгенограммы исследуемых образцов, полученные на длинах волн а) 4,1, б) 2,86, в) 3,7 Å; Нижний ряд – профили интенсивности для выбранной области [1].

Водород в металлах долгое время является актуальным вопросом в материаловедении. Обнаружение водородного охрупчивания в объеме без деформации также возможно благодаря нейтронной томографии (рис. 2).

Таким образом, становится возможным исследование материалов – накопителей водорода с оценкой степени их деградации при циклах сорбции и десорбции.

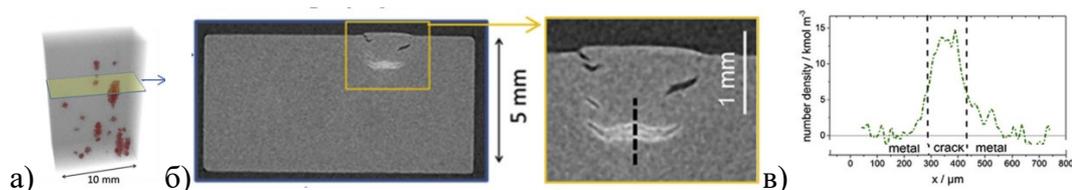


Рис. 2. а) Пример томографии высокого разрешения железа, электрохимически насыщенного водородом. Водород отмечен красным. б) Эффекты охрупчивания и образования пор. Поры заполнены водородом – светлые, поры вблизи поверхности свободны от водорода – темные. в) Профиль концентрации водорода вдоль пунктирной линии [2].

Дифракционный контраст, возникающий из-за брэгговского рассеяния на плоскостях кристаллической решетки, обычно используется для визуализации фазовых различий и выявления текстурных неоднородностей как в инженерных образцах, так и в артефактах культурного наследия. В большинстве случаев карты деформации, полученные с помощью профилей краев Брэгга, дают неоценимую информацию (рис. 3).

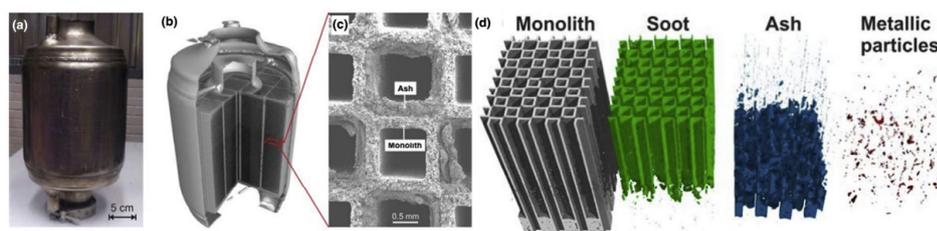


Рис. 3. а) Фотография герметичного сажевого фильтра. б) Данные нейтронной томографии. Стальная оболочка не является барьером для нейтронов и позволяет проникнуть внутрь нагруженного монолита. в) Сканирующая электронная микрофотография, показывающая слой сажи толщиной 250 нм на поверхности стенки фильтра. г) Нейтронная томография высокого разрешения с применением времяпролетной технологии: сегментация отдельных компонентов образца.

Вывод. Таким образом, можно прийти к выводу, что нейтронные технологии представляют собой перспективный комплекс методов исследования с широким спектром возможного применения как в науке, так и в промышленных отраслях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bilheux H.Z., Song G., An K. Bilheux J-C.C. Advances in Neutron Radiography: Application to Additive Manufacturing Inconel // Advanced Materials and Processes. 2016. 718. P. 16.*
2. *Murashev M.M., Glazkov V.P., Em V.T. Visualization of the Diffraction Contrast between the Ferrite and Martensitic Phases of Steel by the Method of Neutron Radiography // Instruments and Experimental Techniques. 2021. V. 64, Iss. 3. P. 491—495.*
3. *Kardjilov N., Manke I., Woracek R., Hilger A., Banhart J. Advances in neutron imaging // Materials Today. 2018. V. 21, Iss. 6. P. 652—672.*