**Исследование влияния термического старения на наноструктуру дисперсно-упрочненных оксидами сталей**

***А.А. Халявина, С.В. Рогожкин, А.В. Клауз, А.А. Богачев***

*Аспирант, 1 год обучения*

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва, Россия.*

*E-mail: khalyavina@itep.ru*

Одной из главных задач ядерной энергетики является выбор подходящего конструкционного материала для реакторов нового поколения, так как необходимо, чтобы они обладали определенным сочетанием физических свойств. Используемые в активной зоне реактора материалы подвергаются высоким термическим и радиационным воздействиям, что приводит к сложным изменениям в микроструктуре и соответственно к изменениям механических свойств. В настоящий момент ведется разработка материалов способных выдерживать эксплуатацию при высоких дозах радиационных повреждений до 200 смещений на атом (сна) в широком диапазоне температур (300 – 700) °C [1]. Дисперсно-упрочнённые оксидами (ДУО) стали, являются перспективными кандидатами для использования в активной зоне реакторов деления и синтеза нового поколения. Высокотемпературная стабильность в ДУО сталях обеспечивается за счет тугоплавких оксидных частиц, равномерно распределённых в матрице [2]. Данная работа посвящена изучению изменений оксидных частиц, происходящих при длительных высокотемпературных воздействиях.

В работе с помощью метода атомно-зондовой томографии (АЗТ) [3] производилось исследование влияния термического старения на наноструктуру ДУО сталей Eurofer ODS, 10Cr ODS и KP-3 ODS с различным химическим составом. Концентрация хрома в материалах составляла от 9 до 14 ат. %, а также содержались в различных соотношениях легирующие элементы Al, V, Ti. Исследуемые образцы были состарены при температуре 650 °C в течение 500 и 1000 часов.

Исследования методом АЗТ показали значительные изменения в подсистеме кластеров после термического старения. После старения в течение 500 ч обнаружено: Cr-Y-O кластеры со средним размером 4 нм и объёмной плотностью (48×1022) м-3 в Eurofer ODS, кластеры Cr-Y-O-Ti со средним размером 4 нм и объёмной плотностью (21×1022) м-3 в стали 10Сr ODS, и кластеры Cr-Y-O-Ti размерами 4 нм и объёмной плотностью (60×1022) м-3 в стали KP-3 ODS. После старения в течение 1000 ч тип кластеров не изменился, а их характеристики составили: средний размер 4 нм и объёмная плотность (37×1022) м-3 в Eurofer ODS, размер 4 нм и объёмная плотность (15×1022) м-3 в стали 10Сr ODS, и размер 3 нм и объёмная плотность (62×1022) м-3 в стали KP-3 ODS.

Анализ полученных данных показывает, что во всех исследуемых материалах наблюдается изменение среднего размера, объемной плотности и химического состава кластеров. Отмечается рост объёмной плотности кластеров (при сохранении или росте среднего размера) при старении в течение 500 ч. После старения в течение 1000 ч обнаружено уменьшение объёмной плотности кластеров. Данные наблюдения хорошо описываются моделью содержащей стадии зарождения, роста и последующей коалесценции.

*Работа выполнена на оборудовании ЦКП КАМИКС (http:/kamiks.itep.ru) НИЦ “Курчатовский институт”.*

**Литература**

1. Xu S., Zhou Z., Jia H., Yao Z. // Steel research int. 2018. V. 90. P. 1800594.

2. Rogozhkin S. V., Klauz A. V., Bogachev A. A., Khomich A. A., Fedin P. A., Raznitsyn O. A. // Physics of Atomic Nuclei. 2022. V.85, No. 12.P.

3. Michael K. Miller. Oak Ridge National Laboratory, P.O. Box 2008, Building 4500S, Mississippi 6136, Oak Ridge, Tennessee 37831-6136 "Atom probe tomography", Review of Scientific Instruments 78, 031101 (2007)