



Contribution ID : 35

Type : not specified

ФОРМИРОВАНИЕ ДВУХЗОННОГО СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ В ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭК-181 ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ИОНАМИ $^{56}\text{Fe}^+$ С ЭНЕРГИЕЙ 0,5 МЭВ

Имитационное облучение тяжелыми ионами, например ионами железа, признано высокоэффективным и перспективным методом экспресс-диагностики радиационной стойкости реакторных сталей. Вместе с тем, ионное облучение позволяет одновременно решать две критические задачи материаловедения: повышать коррозионную стойкость за счет химической перестройки поверхности и увеличивать сопротивление деградации свойств за счет радиационного упрочнения. В работе, экспериментально установлено, что облучение малоактивируемой ферритно-мартенситной стали ЭК-181 ионами $^{56}\text{Fe}^+$ ($E = 0,5$ МэВ, флюенс $5 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$, $T = 350$ °С) приводит к устойчивой наноразмерной гетерогенности свойств и формированию отчетливой двухзонной структуры приповерхностного слоя, вызванной радиационными изменениями. Комплексный анализ морфологии, элементного состава и профиля механических свойств (выполненный методами СЭМ-ЭДС и инструментального наноиндентирования Оливера-Фарра) выявил обогащение хромом и химическую модификацию поверхности глубиной до ~250 нм. Данный эффект обусловлен синергетическим действием двух механизмов: селективного распыления, который удаляет более легкие или менее связанные атомы Fe с поверхности, и радиационно-индуцированной сегрегации, которая вызывает диффузионный приток хрома и углерода к границам зерен и внешней поверхности, что стимулирует выделение вы-сокодисперсных твердых карбидных преципитатов. С точки зрения механики, эта наноразмерная зона демонстрирует умеренное упрочнение (прирост микротвердости $\approx +4\%$) на фоне падения модуля Юнга (до -15%). Сформированный, обогащенный хромом, слой выступает в роли потенциального антикоррозионного барьера. В приповерхностном слое, на глубине ~250–500 нм, где химический состав стали стабилизируется и приближается к исходному (до облучения), зафиксировано выраженное дислокационное упрочнение (рост микротвердости до $+48\%$) и увеличение модуля упругости ($+21\%$). Поскольку данная область залегает глубже основного пика повреждений, рассчитанного классической моделью SRIM, столь сильные изменения объясняются «дальнодействующим эффектом» — активной миграцией и термически активируемым накоплением радиационных дефектов (вакансий, междоузлий и их комплексов) за пределами зоны первичного пробе-га ионов. Полученные данные показывают, что метод ионного облучения применим для финишного прецизионного модифицирования тонких приповерхностных слоев изделий, и позволяет тонко настраивать локальные фазовые и механические характеристики сталей за счет оптимизации режимов легирования, флюенса и температуры обработки. Синергия селективного распыления и радиационно-индуцированной сегрегации позволяет создавать градиентные приповерхностные слои с высоким содержанием хрома, которые плавно переходят в матрицу материала. Отсутствие четкой границы «покрытие-подложка» полностью исключает риск отслоения или скалывания модифицированной зоны при экстремальных термомеханических нагрузках. Внешний хромированный слой может выступать в роли пассивирующего антикоррозионного барьера, в то время как более глубокий под-слой, за счет интенсивного дислокационного упрочнения формирует прочную зону устойчивую к деформированию.

Работа выполнена при поддержке программы № BR23891530 «Развитие комплексных научных исследований в области ядерной и радиационной физики на базе ускорительных комплексов Казахстана» Министерства энергетики Республики Казахстан.

Primary author(s) : Мг. ДИКОВ, Алексей (Институт ядерной физики Агентства Республики Казахстан по атомной энергии)

Co-author(s) : ШМОНИНА, Анна (Институт ядерной физики Агентства Республики Казахстан по атомной энергии); КИСЛИЦИН, Сергей (Институт ядерной физики Агентства Республики Казахстан по атомной энергии); КИРЬЯНОВ, Руслан (Институт ядерной физики Агентства Республики Казахстан по атомной энергии); ЕРЛАНОВ, Тимур (Институт ядерной физики Агентства Республики Казахстан по атомной энергии)

Presenter(s) : Мг. ДИКОВ, Алексей (Институт ядерной физики Агентства Республики Казахстан по атомной энергии)