

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

## **INTERNATIONAL WORKSHOP**

**«Multiscale Biomechanics and Tribology  
of Inorganic and Organic Systems»**

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«Перспективные материалы с иерархической структурой  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,  
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ  
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

**«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»**

Томск  
Издательский Дом ТГУ  
2019

**DOI: 10.17223/9785946218412/244**

**ОСОБЕННОСТИ МИКРОСТРУКТУРЫ ОБЪЕМА И ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТИ ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭК-181 ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ВЫДЕРЖКИ В ТЕПЛОНОСИТЕЛЕ**

<sup>1,2</sup>Литовченко И.Ю., <sup>1,2</sup>Алмаева К.В., <sup>1,2</sup>Полехина Н.А., <sup>1,2</sup>Пинжин Ю.П.,  
<sup>1,2</sup>Тюменцев А.Н., <sup>3</sup>Чернов В.М., <sup>3</sup>Леонтьева-Смирнова М.В.

<sup>1</sup>*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

<sup>2</sup>*Томский государственный университет, Томск*

<sup>3</sup>*АО «ВНИИНМ им. академика А.А. Бочвара», Москва*

Ферритно-мартенситные стали в настоящее время рассматриваются для использования в качестве конструкционных материалов активных зон ядерных и термоядерных реакторов нового поколения, в том числе для реакторов со свинцовым теплоносителем. Для этих материалов необходимо исследование стабильности структурно-фазового состояния и коррозионной стойкости в условиях длительного контакта с теплоносителем при рабочих температурах.

Методами просвечивающей электронной микроскопии изучено влияние длительной выдержки 3000 ч при 600 °С в свинцовом теплоносителе на структурно-фазовое состояние объема цилиндрических образцов малоактивируемой российской ферритно-мартенситной стали ЭК-181 (Fe–12Cr–1,1W–0,25V–0,08Ta–0,006B–0,15C–0,04N) в сравнении с состоянием после традиционной термической обработки. Показано, что ферритно-мартенситная структура после длительной выдержки в свинцовом теплоносителе сохраняет свою стабильность. Обнаружено повышение плотности и некоторое увеличение размеров частиц вторых фаз – грубодисперсных  $M_{23}C_6$  и наноразмерных V(CN).

Методами растровой электронной микроскопии изучена фрактография цилиндрических образцов, диаметром 3 мм, растянутых при температурах 20, 680, 700 и 720 °С после выдержки в теплоносителе в сравнении с образцами без выдержки. Показано, что при повышенных температурах разрушение имеет вязкий характер с чашечным изломом. При 20 °С, помимо чашечного излома наблюдаются отдельные элементы скола и трещины, проходящие через весь разрушенный образец. При повышенных температурах наблюдается значительный (в несколько раз) рост сужения в шейке по сравнению с деформацией при 20 °С, который коррелирует с увеличением относительного удлинения. Длительная выдержка в теплоносителе не изменяет характер разрушения образцов при указанных температурах.

Исследования изменения элементного состава на поперечных шлифах выявили формирование «рыхлого» неоднородного слоя толщиной (10 – 25) мкм на поверхности цилиндрических образцов после выдержки в свинцовом теплоносителе. В этом слое содержание таких элементов как Fe и Cr отличается от основного объема материала. Также в нем повышено содержание кислорода и наблюдаются следы Pb. Предполагается, что поверхностный слой представлен оксидными пленками на основе окислов железа и хрома. Под поверхностным слоем на глубине до 10 мкм обнаружено незначительное повышение содержания кислорода.

Таким образом, изменения в структурно-фазовом состоянии объема материала (на расстояниях > 100 мкм от поверхности) после длительной выдержки в свинцовом теплоносителе затрагивают только карбидную подсистему, ферритно-мартенситная структура при этом сохраняется. На поверхности возможно формирование тонких неоднородных оксидных пленок со следами Pb. Указанные структурные трансформации не влияют на характер разрушения стали при изученных температурах.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-48-700020 и Администрации Томской области.