

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: 10.17223/9785946218412/317

**АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

¹Смирнов А.Н., ¹Абабков Н.В., ²Данилов В.И., ¹Пимонов М.В.

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Кемерово

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Представлены результаты анализа механических, в том числе локализации пластической деформации, и тепловых характеристик металла теплоэнергетического оборудования после длительной эксплуатации, изготовленного из конструкционных сталей. Исследовались образцы сталей 20 и 12Х1МФ, в исходном состоянии, а также после эксплуатации в течение 219 и 360 тысяч часов соответственно.

Установлено, что изменилась структура, механические и тепловые свойства материалов. По сравнению с исходным состоянием в стали 20 средний размер ферритных зерен увеличился по отношению к исходному состоянию в четыре и в два раза соответственно. Морфологические особенности состоят в том, что на фоне темной перлитной составляющей, окруженной сеткой из полиэдрических зерен феррита, хорошо видны иглы, видманштеттового феррита, расположенные внутри перлитных колоний параллельно друг другу. Доля видманштеттового феррита в структуре стали составила ~ 23 % от всего объема ферритной составляющей. Произошла трансформация диаграммы растяжения, на которой после эксплуатации отсутствует площадка текучести. Пластичность стали после эксплуатации уменьшилась в два раза, а прочность существенно не изменилась.

Микроструктура стали 12Х1МФ в исходном состоянии представляет собой феррито-перлитный агрегат. Доля перлита составляет 0,12, что соответствует массовому содержанию углерода 0,096 %. Средний размер полиэдрических равноосных ферритных зерен составляет $20,4 \pm 9,4$ мкм, а перлитных колоний – $14,8 \pm 7,6$ мкм. Перлит имеет пластинчатое строение, границы зерен четкие. На некоторых участках границ обнаруживаются цепочки вторичных фаз (карбидов), на границах выделений нет. Внутри ферритных зерен карбиды наблюдаются сравнительно редко. После эксплуатации структура стали 12Х1МФ претерпела существенные изменения: значительно уменьшилась доля перлитной составляющей до 0,05, и в два раза уменьшился средний размер перлитных колоний до $7,9 \pm 3,1$ мкм. Тенденция к уменьшению содержания перлита в разрушенном состоянии проявилась еще более ярко. Структура стали в этом состоянии, по существу, представляет собой смесь феррита с небольшим содержанием карбидов.

Наибольшие изменения произошли в характере локализации деформации материала при одноосном растяжении. Методом DIC (digital image correlation) обнаружено, что на начальном этапе нагружения в эксплуатировавшем металле не происходит формирования подвижных фронтов локализованной деформации, связанных с распространением полос Чернова – Людерса, зато задолго до появления видимой шейки разрушения появляется устойчивая зона локализации макродеформации. Положение такой зоны совпадает с местом, где в дальнейшем происходит разрушение. Похожая картина наблюдалась и для стали 12Х1МФ. Время появления устойчивой зоны локализации макродеформации коррелирует с общим временем растяжения образца до разрушения. Соотношение этих времен характеризует ресурс израсходованной пластичности материала до разрушения и может быть в перспективе использовано для разработки деформационного критерия для диагностики состояния теплоэнергетического оборудования.

В процессе длительной эксплуатации изменились и тепловые характеристики исследованных сталей, а именно скорость увеличения температуры в процессе нагружения после упругопластического перехода, а также максимальная температура при разрушении.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук России на 2013-2020 годы. При выполнении экспериментальных исследований использовалось научное оборудование Центра коллективного пользования «Нанотех» при ИФПМ СО РАН.