

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения
Российской академии наук

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
Перспективные материалы
с иерархической структурой
для новых технологий
и надежных конструкций
9 - 13 октября 2017 года
Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Томск – 2017

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ 12%-Cr ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭК-181 С ПОМОЩЬЮ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

^{1,2}Полехина Н.А., ²Кравченко Д.А., ^{1,2}Литовченко И.Ю.,

^{1,2}Тюменцев А.Н., ³Чернов В.М., ³Леонтьева-Смирнова М.В.

¹ *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия,*

² *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия*

³ *АО «ВНИИНМ им. академика А.А. Бочвара», Москва, Россия
kravcdasha@yandex.ru*

Жаропрочные малоактивируемые 9-12%-Cr ферритно-мартенситные стали являются перспективными конструкционными материалами для активных зон и внутрикорпусных устройств ядерных и термоядерных энергетических реакторов. Для этих сталей поставлены задачи повышения высокотемпературной прочности (в том числе длительной прочности при температуре, близкой к рабочей температуре ядерного реактора) и снижения склонности к низкотемпературному охрупчиванию. Одним из способов повышения прочности сталей является использование высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО) с пластической деформацией в аустенитной области.

Исследовано влияние режимов ВТМО на микроструктуру и механические свойства 12 %-Cr ферритно-мартенситной стали ЭК-181 (RUSFER-EK-181: Fe-12Cr-2W-V-Ta-B-C). ВТМО включала аустенизацию 1100 °С (1 ч), горячую пластическую деформацию прокаткой ($\epsilon = 30-60\%$) в температурном интервале 600-1000 °С без подогрева прокатного стана и последующую закалку в воду. После ВТМО проводили отпуск 720 °С, 0,5-3 ч. Полученные структурные состояния и механические свойства стали сравнивали с таковыми после традиционной термической обработки (ТТО), состоящей из закалки 1100 °С (1 ч) и отпуска 720 °С, 3 ч.

Показано, что ВТМО приводит к увеличению плотности дислокаций до $\sim 10^{12}$ см⁻² и выделению на них наноразмерных частиц карбонитрида ванадия V(C, N). Эти частицы формируются непосредственно в процессе деформации в температурном интервале существования аустенита и последующей закалки, в отличие от ТТО, при которой они формируются при отпуске. В процессе отпуска после ВТМО повышенная объемная доля наноразмерных (до 10 нм) частиц в ферритно-мартенситной структуре сохраняется, выделяются грубодисперсные карбиды M₂₃C₆, однако их плотность значительно ниже, чем после ТТО. Это связано с более интенсивным обеднением твердого раствора углеродом при образовании высокой плотности наноразмерных частиц V(C, N) в процессе ВТМО.

4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

Структурные состояния, полученные после ВТМО и отпуска, обеспечивают значительное повышение предела текучести (до 850 МПа при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 470 МПа при $T = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$) при относительном удлинении (6-9 %). Соответствующие значения предела текучести после ТТО находятся в интервалах 750-830 МПа и 320-390 МПа. Продолжительность (0,5-3 ч) отпуска после ВТМО существенно влияет на механические свойства стали, при этом максимальные значения предела текучести получены при отпуске длительностью 1 ч. Более высокая степень деформации в процессе ВТМО способствует достижению максимальных (470 МПа) значений предела текучести при $T = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Значительное повышение прочностных свойств стали ЭК-181 в условиях ВТМО относительно традиционной обработки (ТТО) обусловлено повышенной эффективностью дисперсного (наноразмерными частицами V(C, N)) и субструктурного упрочнения. Указанные частицы могут оказывать положительное влияние на характеристики длительной высокотемпературной прочности стали путем закрепления дефектов микроструктуры, обеспечивая ее более высокую термическую стабильность, в том числе в условиях ползучести.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00145.

О ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ В НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЯХ НА ОСНОВЕ Zr-Y-O

Федорищева М.В., Калашников М.П., Никоненко А.В., Сергеев В.П.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия,

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия

fed_mv@mail.ru

Керамические материалы на основе стабилизированного иттрием диоксида циркония обладают уникальными физическими и механическими свойствами, имеют высокие прочностные показатели, трещиностойкость при сохранении устойчивости к коррозии и износу. Высокие значения коэффициента термического расширения благоприятствует сочленения деталей из диоксида циркония с металлическими и стальными деталями, имеющими близкие значения КТР. Поэтому покрытия на основе диоксида циркония используются как теплозащитные покрытия в горячих газовых секциях турбин [1].

Особое внимание исследователей обращено на обратимые мартенситные превращения в металлических сплавах (так называемые трансформационные превращения). Такие сплавы относятся к группе так называемых "умных" (smart) функциональных материалов, так как позволяют управлять своим поведением [2-3]. Тетрагональная фаза