

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«Физическая мезомеханика.  
Материалы с многоуровневой иерархически  
организованной структурой и интеллектуальные  
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения  
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН  
**академика Виктора Евгеньевича Панина**

в рамках  
**Международного междисциплинарного симпозиума  
«Иерархические материалы: разработка и приложения  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года  
Томск, Россия**

Томск  
Издательство ТГУ  
2020

**МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭП-823 ПОСЛЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

<sup>1,2</sup>Алмаева К.В., <sup>1,2</sup>Литовченко И.Ю., <sup>1,2</sup>Полехина Н.А., <sup>1,2</sup>Пинжин Ю.П.

<sup>1</sup>НИ Томский государственный университет, Томск

<sup>2</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Ферритно-мартенситная сталь ЭП-823 (Fe-12Cr-Mo-W-Si-V-W-Nb) планируется для использования в качестве одного из конструкционных материалов новых ядерных реакторов. Для материалов такого класса в связи с условиями эксплуатации (высокие температуры и облучение) необходимо исследование их высокотемпературных (650-720 °С) механических свойств. При отрицательных температурах (-70 – -40 °С) в ферритно-мартенситных сталях наблюдается вязко-хрупкий переход, который при облучении может сдвигаться в область положительных температур, что определяет необходимость изучения низкотемпературных свойств этих материалов.

Высокотемпературные термомеханические обработки (ВТМО) являются одним из способов модификации микроструктуры сталей с целью повышения их механических свойств. В настоящей работе изучено влияние ВТМО с пластической деформацией ( $\epsilon \approx 50\%$ ) в аустенитной области и последующим отпуском при  $T=720$  °С, 1 ч на высокотемпературные и низкотемпературные механические свойства, а также особенности разрушения стали ЭП-823. Механические испытания на растяжение при (-70 – -40 °С) проводили в смеси жидкого азота и этилового спирта, при комнатной температуре – на воздухе, при температурах (650 – 720 °С) – в вакууме  $\approx 2.7 \cdot 10^{-3}$  Па. Значения пределов текучести и прочности, относительного удлинения до разрушения стали ЭП-823 после ВТМО сравнивали с полученными ранее результатами [1] после традиционной термической обработки (ТТО), состоящей из закалки от  $T=1100$  °С, 1 ч. и отпуска при  $T=720$  °С, 3 ч.

Сравнительные исследования механических свойств в изученных температурных интервалах показали, что при низких температурах предел текучести стали после ВТМО превышает соответствующее значение после ТТО на  $\approx 14 - 27$  %, при комнатной температуре на  $\approx 13\%$ , при высоких температурах на  $\approx 4 - 22\%$ . Предел прочности после ВТМО превышает соответствующие значения после ТТО при низких температурах на  $\approx 6 - 19\%$ , при комнатной температуре – на  $\approx 6\%$ , при высоких температурах – на  $\approx 3 - 5\%$ .

На основании структурных исследований установлено, что более высокие, по сравнению с ТТО, прочностные свойства стали ЭП-823 после ВТМО обусловлены повышенной плотностью дислокаций и объемной долей наноразмерных частиц типа МХ.

Фрактографические исследования показали, что после ВТМО при высоких температурах (650-720 °С) испытаний наблюдается вязкий чашечный излом. Увеличение температуры растяжения приводит к росту размеров чашек и относительного сужения в шейке. В изломах образцов, разрушенных при комнатной и низких (-70 – -40 °С) температурах помимо вязкого чашечного излома, наблюдаются элементы хрупкого разрушения сколом и микротрещины. Уменьшение температуры испытаний приводит к росту доли хрупкой составляющей в изломах, увеличению длины и плотности микротрещин.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-38-90139\_аспиранты*