ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
Т. 63, № 5 ФИЗИКА 2020

УДК 669.018.25 539.219 539.25 DOI: 10.17223/00213411/63/5/85

К.В. АЛМАЕВА[1,2], И.Ю. ЛИТОВЧЕНКО[1], Н.А. ПОЛЕХИНА[2]

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ, МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭП-823 *

Исследовано влияние высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО) с пластической деформацией в аустенитной области на микроструктуру и механические свойства в условиях испытаний на растяжение при температурах –70 ÷ –40 °С, 20 °С, 650–720 °С и особенности разрушения 12 %-й хромистой ферритно-мартенситной стали ЭП-823. Показано, что ВТМО приводит к формированию гетерофазной микроструктуры с высокой дисперсностью наноразмерных частиц типа МХ ((V, Nb, Mo) (C, N)) и повышенной плотностью дислокаций. Указанные особенности микроструктуры обеспечивают повышение механических свойств относительно традиционной термической обработки в изученном температурном интервале. При низких температурах (–70 ÷ ÷ –40 °С) предел текучести повышается примерно на 100–200 МПа, при повышенных температурах (650–720 °С) изменения незначительны (до 14 МПа). Значения относительного удлинения стали после ВТМО при низких температурах находятся в интервале 12.7–14.3 %. В изученных температурных интервалах разрушение происходит с образованием шейки. При повышенных температурах наблюдается вязкий ямочный излом, при комнатной температуре помимо вязкого излома наблюдаются элементы хрупкого разрушения и микротрещины. При низких температурах в изломах значительно увеличивается доля хрупкого разрушения, возрастают размеры и количество микротрещин.

Ключевые слова: *ферритно-мартенситная сталь, термическая обработка, термомеханическая обработка, механические свойства, хрупко-вязкий переход, просвечивающая электронная микроскопия, фрактография.*

Введение

Интерес к ферритно-мартенситным сталям с содержанием хрома 9–12 % связан с необходимостью разработки конструкционных материалов, планируемых к использованию в ядерных реакторах нового поколения. Исследование их механических свойств при повышенных температурах (650–720 °С), возможностей увеличения длительной прочности при рабочих температурах – одни из наиболее важных задач для сталей указанного класса. Повышение механических свойств конструкционных сталей возможно с использованием различных термических и термомеханических обработок. Для ферритно-мартенситных сталей преимущественно применяется традиционная термическая обработка (ТТО), включающая в себя нормализацию и отпуск. В работах [1–4] показано, что использование ВТМО с пластической деформацией в аустенитной области является одним из способов модификации гетерофазной микроструктуры, который обеспечивает повышение механических свойств ферритно-мартенситных сталей.

При отрицательных температурах в ферритно-мартенситных сталях наблюдается вязко-хрупкий переход [5], который при облучении в процессе эксплуатации может сдвигаться в область положительных температур. Поскольку в ходе технологических процессов замены отработавших оболочек тепловыделяющих элементов реактора возможность их хрупкого разрушения должна быть исключена, необходимо изучение низкотемпературных механических свойств указанных материалов.

Ферритно-мартенситная сталь ЭП-823 с содержанием хрома 12 % выбрана одним из штатных конструкционных материалов строящегося реактора на быстрых нейтронах БРЕСТ-ОД-300. Влияние режимов обработки на особенности микроструктуры и механические свойства указанной стали в настоящее время мало исследованы. Характер разрушения стали ЭП-823 после ВТМО в условиях низкотемпературных и высокотемпературных испытаний ранее не изучался, между тем такие данные необходимы для аттестации структурно-фазовых состояний и механических свойств материала, влияния этих состояний на особенности разрушения вблизи рабочих температур и вблизи интервала температур вязко-хрупкого перехода.

В настоящей работе исследовано влияние ВТМО на особенности гетерофазной микроструктуры, механические свойства на растяжение и особенности разрушения при низких (–70 ÷ –40 °С), 20 °С и повышенных (650–720 °С) температурах ферритно-мартенситной стали ЭП-823.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90139. Исследования проведены с использованием оборудования Томского материаловедческого центра коллективного пользования ТГУ.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725