

УДК 669.018.25:539.219:539.25

DOI: 10.17223/00213411/64/8/82

Н.А. ПОЛЕХИНА¹, И.Ю. ЛИТОВЧЕНКО¹, К.В. АЛМАЕВА¹, А.Н. ТЮМЕНЦЕВ¹, Ю.П. ПИНЖИН¹,
В.М. ЧЕРНОВ², М.В. ЛЕОНТЬЕВА-СМИРНОВА²

МЕХАНИЗМЫ РАЗРУШЕНИЯ МАЛОАКТИВИРУЕМОЙ 12%-Й ХРОМИСТОЙ ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭК-181 В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР ОТ –196 ДО 800 °С *

Проведено сравнительное исследование особенностей разрушения перспективной малоактивируемой 12%-й хромистой ферритно-мартенситной стали ЭК-181 после испытаний на одноосное растяжение в интервале температур от –196 до 800 °С в состояниях после традиционной термической обработки (ТТО) и высокотемпературной термомеханической обработки (ВТМО). Показано, что режим обработки практически не влияет на особенности разрушения стали и они определяются температурной зависимостью ее предела текучести. В интервале от –196 до 20 °С наблюдаются различия в ориентации вторичных микротрещин в зависимости от режима обработки – после ВТМО они преимущественно параллельны плоскости прокатки, после ТТО их направление более хаотично. При $T \geq 300$ °С существенные различия в характере разрушения стали после исследуемых обработок исчезают. При снижении температуры от 20 до –80 °С механизм разрушения стали после обеих обработок изменяется от смешанного (по механизмам транскристаллитного ямочного излома и транскристаллитного квазискола) до хрупкого разрушения квазисколом. Обнаружены отдельные элементы хрупкого интеркристаллитного разрушения, доля которых возрастает с уменьшением температуры от 20 до –196 °С. В области положительных температур от 350 до 800 °С разрушение происходит по механизму вязкого транскристаллитного ямочного разрушения.

Ключевые слова: ферритно-мартенситная сталь, малоактивируемая сталь, механизм разрушения, фрактурная, высокотемпературная термомеханическая обработка.

Введение

Малоактивируемые 12%-е хромистые ферритно-мартенситные стали являются перспективными конструкционными материалами для активных зон и внутрикорпусных устройств ядерных и термоядерных энергетических реакторов нового поколения [1–3]. Основные проблемы таких сталей, во-первых, недостаточная жаропрочность при $T \geq 650$ °С; во-вторых, склонность к низкотемпературному охрупчиванию [1].

Для повышения высокотемпературной прочности российской малоактивируемой 12%-й хромистой ферритно-мартенситной стали ЭК-181 (RUSFER-EK-181, Fe–12Cr–1.1W–0.25V–0.08Ta–0.006B–0.15C–0.04N) в [4, 5] предложена высокотемпературная термомеханическая обработка (ВТМО) с пластической деформацией в аустенитной области. Показано [5], что ВТМО обеспечивает существенное (примерно на 20%) увеличение предела текучести стали в широком интервале температур от –196 до 700 °С по сравнению с традиционной термической обработкой (ТТО) при сохранении достаточного уровня пластичности. Более высокие значения прочности стали после ВТМО связаны с повышением эффективности совместного дисперсного (образование наноразмерных частиц карбонитрида ванадия) и субструктурного (повышение плотности дислокаций) упрочнения [4].

Поскольку стали ферритно-мартенситного класса испытывают вязко-хрупкий переход при понижении температуры и температура такого перехода под действием радиационного облучения может сдвигаться в область положительных температур на величину до нескольких сотен градусов, исследование особенностей их разрушения при разных температурах является важной задачей. Результаты такого рода исследований необходимы для понимания физических процессов развития пластической деформации и разрушения, в том числе в условиях модификации структурно-фазового состояния стали.

В настоящей работе для выявления закономерностей и механизмов разрушения проведено фрактурграфическое исследование изломов образцов ферритно-мартенситной стали ЭК-181 после статических испытаний на растяжение в интервале от –196 до 800 °С, в том числе в области про-

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0008.

Уважаемые читатели!

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

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