

УДК 669.018.25:539.219:539.25

DOI: 10.17223/00213411/62/12/141

Н.А. ПОЛЕХИНА^{1,2}, И.Ю. ЛИТОВЧЕНКО^{1,2}, К.В. АЛМАЕВА^{1,2}, Н.В. БУЛИНА³, М.А. КОРЧАГИН³,
А.Н. ТЮМЕНЦЕВ^{1,2}, В.М. ЧЕРНОВ⁴, М.В. ЛЕОНТЬЕВА-СМИРНОВА⁴

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ МАЛОАКТИВИРУЕМОЙ 12 %-й ХРОМИСТОЙ ФЕРРИТНО-МАРТЕНСИТНОЙ СТАЛИ ЭК-181 *

Проведено исследование закономерностей структурно-фазовых превращений при нагреве и охлаждении малоактивируемой 12 %-й хромистой ферритно-мартенситной стали ЭК-181 (Fe–12Cr–2W–V–Ta–B) в интервале температур от 30 до 1100 °С методами высокотемпературного рентгеноструктурного анализа (РСА) *in situ*. Определены критические точки ($\alpha \rightarrow \gamma$)-превращения ($A_{c1} \approx 850$ °С, $A_{c3} \approx 950$ °С) при нагреве стали и температурный интервал (910–890 °С) диффузионного превращения типа «аустенит \rightarrow α -феррит» при охлаждении. Показано, что положение этих точек изменяется в зависимости от метода (РСА или дифференциальная сканирующая калориметрия) их определения, что обусловлено различием в скорости нагрева – охлаждения. При нагреве в интервале температур 830–875 °С наблюдается существенное увеличение объемной доли карбидов $M_{23}C_6$. Дальнейшее повышение температуры до 1000–1100 °С приводит к их полному растворению. В процессе охлаждения образцов от 1100 до 30 °С выделение обсуждаемых частиц не происходит.

Ключевые слова: ферритно-мартенситная сталь, структурно-фазовые превращения, точка Кюри, высокотемпературный рентгеноструктурный анализ *in situ*.

Введение

Жаропрочная малоактивируемая 12 %-я хромистая ферритно-мартенситная сталь ЭК-181 (RUSFER-ЕК-181, Fe–12Cr–2W–V–Ta–B) является перспективным конструкционным материалом для активных зон и внутрикорпусных устройств ядерных и термоядерных реакторов нового поколения [1–3]. С целью расширения рабочих температурных диапазонов применения сталей такого класса необходимо повышение их жаропрочности и снижение температуры вязко-хрупкого перехода [1–4]. Решение этих задач связано с оптимизацией режимов обработки ферритно-мартенситных сталей. Для понимания процессов, происходящих при термической обработке, и целенаправленного управления микроструктурой необходимо детальное исследование закономерностей их структурных и фазовых превращений.

В [5] методами дилатометрии и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) определены критические точки ($\alpha \rightarrow \gamma$)- и ($\gamma \rightarrow \alpha$)-превращений, происходящих при нагреве и охлаждении 12 %-х хромистых ферритно-мартенситных сталей ЭК-181 и ЧС-139 в интервале температур от 20 до 1100 °С. Однако для получения наибольшей полноты картины и более достоверной интерпретации данных ДСК, на наш взгляд, необходимо комплексное исследование закономерностей этих превращений как методами термического анализа, так и прямыми структурными методами.

В связи с вышесказанным, в настоящей работе проведены исследования закономерностей структурно-фазовых превращений, происходящих при нагреве и охлаждении 12 %-й хромистой ферритно-мартенситной стали ЭК-181 в интервале температур от 30 до 1100 °С методами высокотемпературного рентгеноструктурного анализа *in situ*.

Методика эксперимента

Элементный состав стали ЭК-181 представлен в табл. 1. Исследования проводили в состоянии после традиционной термической обработки (ТТО), которая состоит из нормализации при $T = 1100$ °С (выдержка 1 ч) и отпуска при $T = 720$ °С (в течение 3 ч).

Таблица 1

Элементный состав стали ЭК-181 (вес. %, основа Fe)

C	Cr	Mn	Mo	Nb	V	W	Ni	N	Ta	Ce	Ti	B	Zr
0.16	11.17	0.74	0.01	0.01	0.25	1.13	0.03	0.04	0.08	0.15	0.05	0.006	0.05

* Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг., направление III.23.

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>