

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СО РАН

ФИЗИЧЕСКАЯ МЕЗОМЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ.
ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ
СТРУКТУРЫ И МЕХАНИЗМЫ НЕЛИНЕЙНОГО ПОВЕДЕНИЯ

Международная конференция

5–8 сентября 2022 г.

Томск, Россия

Тезисы докладов

Новосибирск
2022

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РЕАКТОРНОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ ЭК-164 ПОСЛЕ ГОРЯЧЕЙ И ТЕПЛОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ¹Ким А.В., ²Аккузин С.А., ^{1,2}Литовченко И.Ю.¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

Аустенитная коррозионностойкая сталь ЭК-164 (07X16H19M2Г2БТР) в настоящее время применяется в качестве материала оболочек тепловыделяющих элементов (ТВЭЛов) реакторов на быстрых нейтронах [1]. В связи с условиями эксплуатации ТВЭЛов – градиентом повышенных температур и высокими повреждающими дозами радиации, к сталям реакторного класса предъявляются особые требования относительно механических свойств. Использование различных термомеханических обработок является эффективным способом изменения микроструктуры и механические свойства сталей [2]. В настоящей работе продолжены, начатые в [3] исследования влияния термомеханических обработок с горячей и теплой пластической деформацией на особенности микроструктуры стали ЭК-164.

Исходное состояние стали получено отжигом при 1100 °С с выдержкой в течение часа и последующей закалкой в воду. Исследовано влияние двух термомеханических обработок – горячей пластической деформации прокаткой при 900 °С (за 6 проходов с общей степенью деформации $e \approx 2$) и теплой пластической деформации прокаткой при 600 °С (за 6 проходов с общей степенью деформации $e \approx 2$). После каждого прохода образцы закачивали в воду.

Электронно-микроскопические исследования показали, что в результате многопроходной деформации при 900 °С в сечении поперечном направлению прокатки формируется фрагментированная преимущественно полосовая микроструктура, состоящая из вытянутых субзерен (пластин) с преимущественно малоугловыми границами разориентации. Средняя ширина таких полос составляет 330 нм. Внутри пластин встречаются наноразмерные частицы карбидов. Пластическая деформация при 600 °С приводит к формированию более узких вытянутых полос в сечении поперечном направлению прокатки. Их средняя ширина составляет 150 нм. Анализ дифракционных картин показывает наличие как высокоугловых, так и малоугловых границ разориентации.

Методом секущих [4] проведены оценки плотности дислокаций в полученных структурных состояниях. В исходном состоянии плотность дислокаций составляет $\approx 1,5 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$. После горячей деформации (900 °С) она увеличивается до $\approx 6,4 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$. После теплой деформации (600 °С) эта величина достигает $\approx 4,9 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$. Некоторое снижение плотности дислокаций при пониженной температуре деформации может быть связано с интенсивным формированием полосовой субструктуры и уменьшением поперечных размеров полос в 2,2 раза относительно горячей деформации.

Таким образом, использование термомеханических обработок с горячей и теплой пластической деформацией позволяет эффективно фрагментировать зеренную структуру аустенитной стали ЭК-164 с формированием полосовых дислокационных субструктур.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0008.

1. Митрофанова Н.М., Чурюмова Т.А. Сталь ЭК-164 – конструкционный материал оболочек ТВЭЛов реакторов БН // Вопросы атомной науки и техники. Серия: материаловедение и новые материалы. 2019. № 2 (98). С. 100–109.
2. Zhao J., Jiang Z. Thermomechanical processing of advanced high strength steels // Progress in Materials Science. 2018. Vol. 94. P. 174–242.
3. Akkuzin S., Litovchenko I., Polekhina N., Almaeva K., Kim A., Moskvichev E., Chernov V. Effect of multistage high temperature thermomechanical treatment on the microstructure and mechanical properties of austenitic reactor steel // Metals. 2022. Vol. 12, № 1. P. 63.
4. Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения / И.И. Новиков – М.: Металлургия. – 1975. – 208 с.