

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

ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ С ДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ

^{1,2}Аккузин С.А., ^{1,2}Литовченко И.Ю., ^{1,2}Тюменцев А.Н.

¹*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

²*НИ Томский государственный университет, Томск*

Аустенитная сталь ЭК-164 в настоящее время используется в качестве конструкционного материала для изготовления оболочек тепловыделяющих элементов ядерных реакторов. Для аттестации структурно-фазового состояния этого материала и изучения возможности управления его механическими свойствами необходимо исследование влияния различных термических и термомеханических обработок на особенности его гетерофазной микроструктуры, прочностные и пластические свойства.

В настоящей работе методами просвечивающей электронной микроскопии исследованы особенности структурно-фазовых состояний аустенитной стали ЭК-164 (07X16N19M2Г2БТР-ИД) после высокотемпературных термомеханических обработок (ВТМО). Изучены механические свойства в процессе испытаний на растяжение при 20 °С.

В закаленном состоянии микроструктура стали представлена аустенитными зернами размерами десятки мкм с крупными ($\approx 0.5\text{--}2$ мкм) и мелкодисперсными ($\approx 5\text{--}50$ нм) сложными карбидами типа MC (где M – V, Ti и Nb). Указанное структурное состояние обеспечивает значения предела текучести ≈ 200 МПа, предела прочности ≈ 540 МПа при относительном удлинении ≈ 50 %.

ВТМО стали проводили по двум вариантам: горячая пластическая деформация при 1100 °С ($\epsilon \approx 80$ %) и теплая деформация при 600 °С ($\epsilon \approx 60$ %). Пластическую деформацию осуществляли прокаткой с предварительным нагревом и выдержкой в печи при указанных температурах ≈ 10 минут. После каждого прохода образцы охлаждали в воде. Прокатный стан находился при комнатной температуре.

Электронно-микроскопические исследования показали, что горячая пластическая деформация приводит к интенсивному развитию фрагментации с формированием вытянутых искривленных субмикроструктурных пластин средней шириной ≈ 250 нм с малоугловыми ($\approx 2\text{--}5^\circ$) границами разориентации.

Теплая деформация стали при 600 °С способствует более интенсивной фрагментации материала и повышению плотности дислокаций. Помимо вытянутых пластин с малоугловыми разориентировками обнаруживаются локальные области с высокоугловыми границами разориентации. При этом плотность субграниц деформационного происхождения выше, чем после высокотемпературной деформации. В условиях ВТМО карбидная подсистема не испытывает существенных изменений, крупные и мелкодисперсные частицы типа MC сохраняются.

В процессе испытаний на растяжение показано, что горячая деформация обеспечивает повышение прочностных свойств стали относительно закаленного состояния, предел текучести составляет $\approx 530 \pm 18$ МПа, предел прочности $\approx 662 \pm 15$ МПа при относительном удлинении $\approx 12.1 \pm 0.4$ %. После теплой деформации наблюдается более значительное повышение прочностных свойств: предел текучести достигает $\approx 707 \pm 37$ МПа, предел прочности $\approx 808 \pm 6$ МПа. Пластичность при этом снижается – относительное удлинение $\approx 6.7 \pm 0.3$ %. Повышение прочностных свойств стали в условиях ВТМО обусловлено фрагментацией зеренной структуры стали с формированием субмикроструктурных пластин и повышением плотности дислокаций. При этом микроструктура с повышенной плотностью субграниц и высокоугловыми границами разориентации обеспечивает более высокую прочность и меньшие значения относительного удлинения.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект ИИ.23.2.6.