

УДК 669.018.2:539.4.016.3:539.25:539.4:539.52

DOI: 10.17223/00213411/62/8/190

С.А. АККУЗИН^{1,2}, И.Ю. ЛИТОВЧЕНКО^{1,2}**ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ И КРАТКОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ОТЖИГОВ НА МИКРОСТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ 02X17N14M3 ***

Исследовано деформационное и термическое воздействие на микроструктуру и механические свойства стабильной хромоникелевой аустенитной стали. Показано, что в условиях деформации в стали формируются пакеты микродвойников и полосы локализации деформации с внутренней фрагментированной структурой с размерами фрагментов субмикро- и нанокристаллического масштаба с мало- и высокоугловыми границами разориентации. Указанные особенности микроструктуры обеспечивают высокие значения предела текучести ≈ 1100 МПа, при относительном удлинении $\approx 6\text{--}7\%$. Кратковременные (до 150 с) высокотемпературные (850 °С) циклические отжиги деформированной микроструктуры приводят к локальному развитию процессов полигонизации и рекристаллизации в областях полос локализации деформации. В результате таких отжигов в структуре стали наблюдаются пакеты микродвойников, полосы локализации деформации, полигонизованные субзерна и рекристаллизованные зерна преимущественно субмикронного размера. Полученные структурные состояния обеспечивают значения предела текучести до 740 МПа при относительном удлинении $\approx 20\text{--}28\%$. Обсуждаются физические процессы, происходящие в стали в изученных условиях деформации и отжигов.

Ключевые слова: аустенитная сталь, пластическая деформация, кратковременные высокотемпературные циклические отжиги, просвечивающая электронная микроскопия, механические свойства, двойникование, полосы локализации деформации, полигонизация, рекристаллизация.

Введение

В настоящее время хромоникелевые аустенитные стали используются в качестве конструкционных материалов во многих отраслях промышленности, в том числе в ядерных энергетических установках. Широкое использование этих сталей обусловлено их хорошими механическими свойствами, такими, как высокая пластичность, вязкость разрушения (в том числе при криогенных температурах), коррозионная стойкость и низкая скорость поглощения нейтронного излучения [1–7]. При этом их прочностные свойства в закаленном состоянии (в отсутствие деформационного упрочнения) относительно невелики – предел текучести $\approx 200\text{--}340$ МПа [4–7], что ограничивает возможности использования таких сталей в качестве высокопрочных материалов.

Одним из способов повышения прочностных свойств металлических материалов является формирование субмикро- и нанокристаллических структурных состояний в условиях больших пластических деформаций и различных термомеханических обработок [4–11]. В аустенитных сталях, в зависимости от энергии дефекта упаковки [12], в процессе пластической деформации формируется структура с высокой плотностью деформационных микродвойников и полосами локализации деформации [6, 9–11, 13, 14] или пакетным α' -мартенситом с объемной долей более 50 %, полученным в результате $\gamma \rightarrow \alpha'$ ($\gamma \rightarrow \varepsilon \rightarrow \alpha'$)-деформационных мартенситных превращений [15–17].

Отжиги деформированной или двухфазной (в случае метастабильного аустенита) структуры приводят к возврату, полигонизации и рекристаллизации и(или) обратному превращению мартенсита в аустенит [4–7, 13, 14, 18]. Эти процессы позволяют повышать пластические свойства наклепанного в результате деформации материала.

Продолжительность отжигов после деформации традиционно [13, 14, 18, 19] составляет от нескольких минут до десятков часов, при этом интенсивно развиваются процессы прерывистой и собирательной рекристаллизации. Высокие (750–1000 °С) температуры и длительные времена выдержки приводят к существенному (до 10 мкм и более) росту аустенитных зерен, выделению карбидных ($M_{23}C_6$ и др.) и интерметаллидных фаз [14].

В ряде работ показана перспективность применения кратковременных [4, 8, 15, 16] (десятки – сотни секунд) циклических [20] (до 10 циклов) высокотемпературных отжигов на дефектную микроструктуру метастабильных аустенитных сталей для формирования ультрамелкозернистой аустенитной структуры в процессе обратного превращения мартенсит – аустенит. Такие отжиги по-

* Исследование выполнено 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>