

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

1

DOI: 10.17223/9785946217408/46

КАНАЛЫ ДЕФОРМАЦИИ, ФОРМИРУЮЩИЕСЯ В СТАЛЯХ С БЕЙНИТНОЙ И МАРТЕНСИТНОЙ СТРУКТУРАМИ

¹Аксёнова К.В., ¹Никитина Е.Н., ¹Громов В.Е., ²Иванов Ю.Ф.

¹Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк, Россия

²НИ Томский политехнический университет, Томск, Россия

Целью настоящей работы является выявление и оценка локализации пластической деформации сталей с бейнитной (сталь 30Х2Н2МФ) и мартенситной (сталь 38ХН3МФА) структурами на последних стадиях их пластической деформации.

Обе стали аустенизировали при температуре 950 °С, 1,5 часа и охлаждали в воде (сталь 38ХН3МФА) или на воздухе (сталь 30Х2Н2МФА). Деформацию исследуемых сталей проводили одноосным сжатием со скоростью $\sim 7 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ столбиков размерами 4x4x6 мм³ на испытательной машине типа «Инстрон». Исследования структуры и фазового состава стали осуществляли методами электронной дифракционной микроскопии тонких фольг [1].

В результате мартенситного и бейнитного превращений в сталях формируется многофазная структура, основными фазами которой являются α -фаза (твёрдый раствор на основе ОЦК кристаллической решетки), γ -фаза (остаточный аустенит, твёрдый раствор на основе ГЦК кристаллической решетки) и карбид железа (в низко- и среднеуглеродистых сталях – цементит). После термообработки в стали 38ХН3МФА мартенсит имеет преимущественно пакетную морфологию [2], а в стали 30Х2Н2МФА формируется структура нижнего бейнита [3]. Детальный анализ структуры деформированных сталей [2, 3] позволил выявить особые состояния материала, располагающиеся, как правило, вдоль внутрифазных границ раздела, а именно, границ раздела соседних пакетов или границ раздела пластин и пакетов – так называемые каналы локализованной деформации.

Как показано в [2], каналы деформации, выявленные при исследовании закаленной стали 38ХН3МФА (рис. 1, а), деформированной при одноосном сжатии, имеют форму вытянутой области, поперечные размеры которой $\sim 0,5 \text{ мкм}$. Канал деформации имеет слоистое строение, напоминая этим структуру пакета мартенсита. Слои сформированы кристаллитами, размеры которых изменяются в пределах (50-100) нм. Важно отметить, что в прилегающих к каналу деформации областях материала структура стали по морфологическому признаку подобна структуре исходного состояния, т.е. выявляются кристаллы пакетного и пластинчатого мартенсита. Микроэлектронограмма, полученная с прилегающей к каналу области фольги, является точечной, характерной для поликристаллического материала (рис. 1, б). С ростом степени деформации объем материала, занятый каналами деформации возрастает, достигая на момент разрушения стали нескольких десятков процентов.

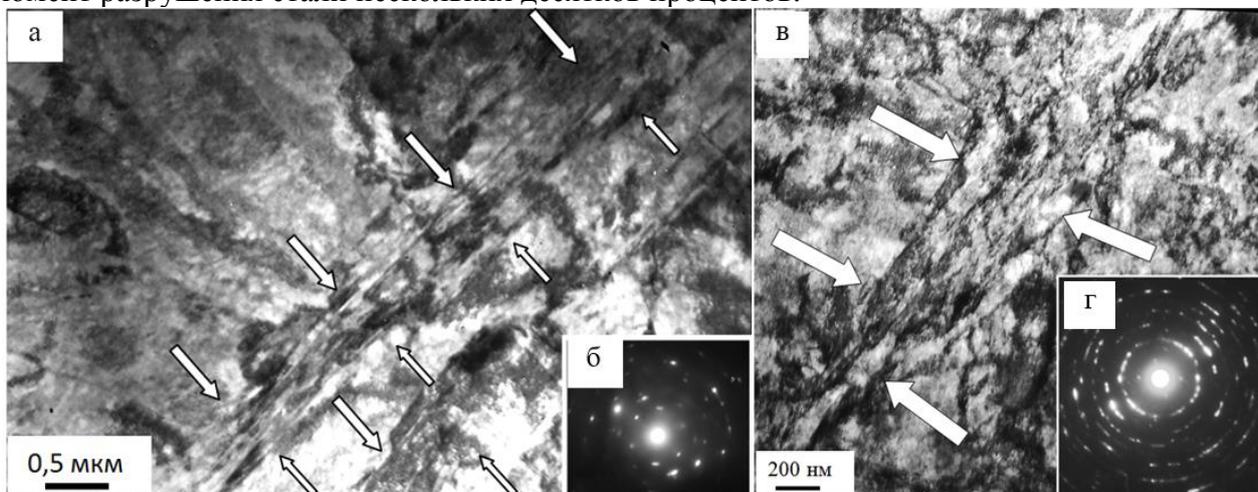


Рис. 1. Каналы деформации, формирующиеся в сталях 38ХН3МФА, $\epsilon = 18,6 \%$ (а, б) и 30Х2Н2МФА, $\epsilon = 43 \%$ (в, г); а, в – светлые поля (стрелками обозначены каналы деформации); б, г – микроэлектронограммы.

Секция 2. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

Формирование каналов деформации наблюдается и в стали 30X2H2MФА с бейнитной структурой при деформации 36% и более (рис. 1, в). Структура каналов деформации бейнитной стали 30X2H2MФА подобна структуре каналов, наблюдающихся при деформации волочением при комнатной температуре стали 08Г2С (феррито-перлитное состояние) [4] и закаленной стали 38ХНЗМФА [2], что указывает на единую природу их формирования.

Судя по строению микроэлектроннограммы, представленной на рис. 1, г, в объеме канала деформации присутствуют частицы второй фазы. Рефлексы от частицы второй фазы сильно искажены как в радиальном, так и азимутальном направлениях. Данное обстоятельство может быть обусловлено как искажением кристаллической решетки частиц, так и малыми их размерами [1]. Микроэлектроннограммы, полученные с прилегающих к каналу областей фольги, являются точечными, характерными для поликристаллического материала. С ростом степени деформации объем материала, занятый каналами деформации возрастает, достигая на момент разрушения стали нескольких процентов.

В канале деформации субструктура также является фрагментированной, однако размеры фрагментов много меньше, чем в основном объеме материала. Кроме того, фрагменты в канале деформации изотропны по форме. Если судить по размеру фрагментов то следует полагать, что в канале деформации локализован сдвиг в несколько раз превосходящий средний. Различие формы фрагментов в матрице (высокоанизотропные фрагменты) и каналах (изотропные фрагменты) свидетельствует о различных механизмах их формирования. Изотропия формы фрагментов в канале позволяет предположить иные температурные условия их формирования. Если анизотропные фрагменты есть результат холодной деформации, то изотропные фрагменты – результат тепловой деформации.

Следующая особенность структуры каналов деформации связана с поведением в них изгибных экстинкционных контуров. Отметим, что изгибные контуры экстинкции отмечают области с одинаковой ориентацией конкретных плоскостей отражения по отношению к падающему пучку электронов [1]. Установлено, что как в канале деформации, так и в прилегающих к нему областях присутствуют участки одной ориентации или близких, вытянутые приблизительно параллельно длинной стороне канала.

Еще одной особенностью каналов деформации являются значительные поля напряжений, локализованные внутри них и в прилегающих к ним областях. В [2-4] отмечены два механизма релаксации этих полей напряжений. Во-первых, путем фрагментации. В этом случае образуются цепочки фрагментов малых размеров и близкой ориентации, расположенные вдоль канала деформации. Во-вторых, путем развития микротрещин.

Таким образом, сравнительный анализ структуры каналов деформации бейнитной стали 30X2H2MФА и мартенситной стали 38ХНЗМФА указывает на единую природу их формирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов (проект СП 1335.2016.1).

Литература

1. Хирш П., Хови А., Николсон Р. и др. Электронная микроскопия тонких кристаллов. М.: Мир, 1968. 574 с.
2. Иванов Ю.Ф., Корнет Е.В., Громов В.Е. Каналы локализованной деформации закаленной конструкционной стали // Материаловедение. 2010. №3. С. 62-64.
3. Иванов Ю.Ф., Громов В.Е., Глезер А.М., Никитина Е.Н., Аксёнова К.В. Локализация пластической деформации стали с бейнитной структурой на наноуровне // Деформация и разрушение материалов. 2016. № 8. С. 18-21.
4. Gromov V.E., Petrunin V.A. Localization of plastic deformation under conditions of electrostimulated drawing // Physicactalus Solidi (a). 1993. V. 139. P. 77-81.