

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу

Тихоновой Марины Сергеевны «Рекристаллизационные процессы в аустенитной коррозионностойкой стали после больших пластических деформаций», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности

01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертации. Анализ механизмов структурных изменений в металлах и сплавах, подвергнутых большим пластическим деформациям, имеет большое значение для решения проблем, возникающих при разработке методов и режимов обработки сплавов. Весьма актуальным в этой связи остается создание деформационных технологий получения субмикро- и нанокристаллических структур. Соответствующие исследования прежде в основном касались высокотемпературных обработок, где доминируют *рекристаллизационные* процессы, и низкотемпературных деформаций, где структурообразующим механизмом является *фрагментация*. В то же время, наиболее перспективные с технологической точки зрения механизмы формирования разориентированных структур при промежуточных температурах практически не изучены. Поэтому диссертационная работа Тихоновой М.С., направленная на изучение общих закономерностей и механизмов структурообразования в процессе деформации и последующего отжига аустенитной коррозионностойкой стали 10X18H8ДЗБР в широком интервале температур и степеней деформации, представляет большой научный и практический интерес.

Содержание работы. Структура диссертационной работы соответствует рекомендациям ВАК. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов и списка литературы из 169 наименований, изложена на 138 страницах и содержит 68 рисунков и 9 таблиц.

Во введении автор обосновывает актуальность темы диссертационной работы, формулирует цель, научную и практическую значимость, приводит положения, выносимые на защиту.

В первой главе приведен обзор литературы, который посвящен методам интенсивной пластической деформации. В обзоре представлен анализ литературных данных по механизмам деформации и динамической рекристаллизации (ДР) в материалах с низким значением ЭДУ. Рассмотрены особенности рекристаллизационных процессов в однофазных материалах.

На основе анализа литературных данных определены цель и задачи исследования, связанные с установлением общих закономерностей и механизмов структурообразования в процессе деформации и последующего отжига аустенитной коррозионностойкой стали 10X18H8ДЗБР в широком интервале температур и степеней деформации и влияния формирующейся структуры на ее механические свойства и сопротивление коррозии.

Во второй главе представлена исследуемая 10X18H8ДЗБР, описаны методики проведения экспериментов.

В третьей главе представлены исследования механизмов формирования структур в аустенитной стали 10X18H8ДЗБР в процессе большой пластической деформации методами однократной и многократнойковки в диапазоне температур 1100-500°C. Изучено влияние температуры и степени деформации на механизмы динамической рекристаллизации.

В четвертой главе рассмотрена кинетика формирования наноструктурного состояния в аустенитной стали 10X18H8ДЗБР в процессе большой пластической деформации методом многократнойковки при комнатной температуре. Изучено влияние степени деформации на механизмы, ответственные за формирование наноструктуры в данной стали.

В пятой главе показаны микроструктурные характеристики постдинамической рекристаллизации в ультрамелкозернистой аустенитной нержавеющей стали 10X18H8ДЗБР, обработанной многократнойковкой до истинной степени деформации 4 при комнатной температуре и температурах 500-800°C, в процессе последующих отжигов. Выявлено влияние температуры предварительной ИПД на закономерности структурных изменений, протекающих при отжигах.

В шестой главе рассмотрены механические свойства при различных температурах испытания образцов стали 10X18H8ДЗБР после многократнойковки при комнатной температуре и при температурах 500 – 800°C, с до истинной степени деформации $\epsilon = 4$ и последующих отжигах в широком температурном интервале в течение 30 минут, а также оценено сопротивление межкристаллитной коррозии.

В заключении обобщены наиболее важные результаты и выводы, полученные в диссертационной работе.

Большое количество экспериментальных результатов и использование диссертантом взаимно дополняемых экспериментальных методов исследования (просвечивающая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, растровая электронная микроскопия и метод дифракции обратно отраженных электронов) с применением современного оборудования и программного обеспечения определяет

достоверность и надежность полученных результатов, а также аргументированность сформулированных заключений и выводов диссертации.

Следует отметить ряд важных и значимых результатов, определяющих **научную новизну диссертации:**

- проведено систематическое исследование особенностей эволюции микроструктуры при многократной ковке коррозионностойкой аустенитной стали в широком температурном интервале. Установлено влияние температуры деформации на механизмы и кинетику динамической рекристаллизации. Показано, что твердорастворное легирование и введение дисперсных частиц в аустенитную матрицу меняет кинетику и структурные особенности рекристаллизации в зависимости от размера исходных зерен.
- установлено, что в процессе многократнойковки стали 10X18H8ДЗБР при комнатной температуре формируется нанокристаллическая двухфазная структура, состоящая из α' -фазы и аустенита. Средний размер зерен при этом составляет 30 нм.
- постдинамическая рекристаллизация сопровождается увеличением доли специальных границ, $\Sigma 3^n$, которая определяется относительным изменением размера зерна, то есть отношением размера зерна после его роста к размеру зерна перед началом процесса роста (D/D_0). Пятикратное увеличение размера зерна сопровождается ростом доли специальных границ $\Sigma 3^n$ до 50%. Дальнейший рост зерен в диапазоне $D/D_0 > 5$ сопровождается замедлением скорости увеличения доли специальных границ $\Sigma 3^n$.

Практическая значимость работы позволяют дать рекомендации по созданию технологии производства заготовок с нано- и субмикрокристаллической структурой, обеспечивающей необходимый уровень механических свойств и при сохранении сопротивления к межкристаллитной коррозии.

К работе имеются **замечания и комментарии**, которые главным образом касаются активно используемого в работе понятия *непрерывной динамической рекристаллизации*, которое следовало бы более четко разъяснить в контексте общепринятых в течении десятилетий представлений и терминов по процессам рекристаллизации и фрагментации и, что особенно важно, ясно разграничить эти два разных явления. В существующей же формулировке не всегда легко отличить обнаружение действительно новых механизмов от «переименования» давно известных. В частности,

1. По совокупности структурных признаков *постепенное* формирование деформационных большеугловых границ, описываемое в главе 3 с привлечением обширных данных электронной микроскопии, практически не отличается от фрагментации, детально исследованной в России более 25 лет назад. Однако, следуя работам научного руководителя, а также прежнего руководителя последнего, автор принимает терминологию группы Сакаи и

ряда его западных соавторов, не разъясняя в чем же состоит принципиальное отличие соответствующих процессов от фрагментации.

2. В обзорной главе следовало указать, что введение Хамфрисом в середине 1990х термина *непрерывная динамическая рекристаллизация* имело совсем другой смысл и относилось к *быстрому* формированию однородной мелкозернистой структуры, *после того как* по достижении очень большой деформации толщина деформированных зерен уменьшалась до размера фрагмента. При этом Хамфрис использовал термин *continuous* по отношению к пространственной «однородности» подобной перестройки, но отнюдь не для указания на непрерывность во времени предшествующего развития деформационной структуры. Таким образом, слабо обоснованное использование относительно нового термина не только оставляет впечатление простого переименования известного явления, но вносит путаницу и в смысл самого этого термина, который по-разному интерпретируется его автором (Хамфрисом) и автором данной диссертации.

Высказанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы Тихоновой М.С. Диссертация представляет собой оконченное исследование, которое характеризуется обоснованностью вынесенных на защиту научных положений, а также выводов. Автореферат соответствует тексту диссертации. Материалы диссертации отражены в 14 статьях, опубликованных в рецензируемых зарубежных и российских журналах, рекомендованных ВАК. Зарегистрировано два патента. Результаты работы неоднократно докладывались на международных и российских конференциях.

Представленная на рассмотрение диссертационная работа М.С. Тихоновой является законченной научно-квалификационной работой, отвечающим критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемых к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, соискатель заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент

Зисман Александр Абрамович, д. ф.-м. н.

Главный научный сотрудник ГНЦ ФГУП «ЦНИИ конструкционных материалов «Прометей».

Почтовый адрес: 191015, Россия, Санкт-Петербург, Шпалерная ул., д. 49

Тел.: +7 (812) 274-37-96; Факс: +7 (812) 710-37-56; e-mail: npk3@crism.ru

Подпись А.А. Зисмана удостоверяю:

Ученый секретарь института, к.т.н.

Зисман А. А., 30 апреля 2015 г.

Б.В. Формаковский

