

ОТЗЫВ

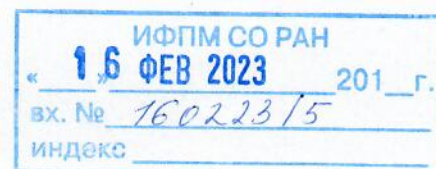
Официального оппонента на диссертацию Новицкой Ольги Сергеевны «Многомасштабные структурные изменения монокристаллов стали Гадфильда при сухом трении скольжения», представляемую на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертации. Сталь Гадфильда относится к классу аустенитных сплавов, представляющих твердый раствор углерода и легирующих элементов, основным из которых является марганец в количестве 11, 5 – 15 %, в γ -железе. С момента появления этой стали (скоро буде уже 150 лет) свойства ее, в том числе и склонность к механическому наклепу хорошо изучены. Однако диссертант нашел место своего исследования, определив его как «Фундаментальные исследования природы деформационного поведения стали Гадфильда на монокристаллах при изменении кристаллографической ориентации оси деформации и направления нагружения при одноосной деформации монокристаллов, активизирующих механизмы скольжения или двойникования». Учет роли кристаллографической ориентации и особенностей напряженного состояния для установления механизмов деформации при сухом трении скольжения, сопровождающимся разрушением и износом материала, можно отнести к актуальному исследованию.

Анализ содержания диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, основных выводов по работе, списка литературы из 219 наименований. Работа изложена на 169 страницах текста, содержит 94 рисунка и 14 таблиц, 2 приложения.

Во **введении** приведена актуальность диссертационного исследования, степень разработанности, сформулирована цель и поставлены задачи, описаны методология и методы диссертационного исследования, представлены основные положения, выносимые на защиту, обоснована научная новизна, приведены данные об апробации работы.

Литературный обзор по теме диссертации представлен **в первой главе**. Особое внимание уделено механизмам деформации и деформационному упрочнению высокомарганцевых сплавов и сталей при пластической деформации. Акцент поставлен на трение стали Гадфильда. Рассмотрены механизмы ее износа. На основании литературного обзора сформулирована цель исследований, поставлены задачи.



Во второй главе дана характеристика исследуемого материала. Описан процесс подготовки образцов (монокристаллов), перечислены кристаллографические ориентации, исследуемых образцов. Показано использованное экспериментальное оборудование и описаны методы экспериментальных исследований.

В третьей главе представлены результаты расчетов по определению напряжения сдвига для скольжения и двойникования с целью установления влияния каждого из них на процесс деформации. Приведены иллюстрации деформационного рельефа с боковых граней монокристаллов, наглядно отражающие физические процессы, происходящие при деформации сухого трения скольжения. Проведено сравнение теоретически предполагаемой картины сдвига с экспериментально наблюдаемой картиной деформационного рельефа. Особое внимание уделено исследованию параметров деформационного рельефа: области, занятой следами скольжения, плотности следов скольжения, высоте ступенек сдвига. На основании полученных данных установлена цикличность развития деформации и разрушения при трении монокристаллов и выделены характерные стадии трения монокристаллов: приработка, развитие деформации и разрушение.

В четвертой главе представлены результаты по исследованию явления накопления разориентаций в сечении, как параллельном поверхности трения, так и перпендикулярном этой поверхности. Используя метод дифракции отраженных электронов показано, что в процессе трения на поверхности трения и вблизи нее образуются локально переориентированные мезообласти, что в свою очередь приводит к изменению в них условий деформации. Повороты относительно действующих сил трения и нормального давления могут привести к изменению действующего механизма деформации – скольжения и/или двойникования для каждой области. Проведен пересчет наиболее активных систем скольжения и двойникования. Методом просвечивающей электронной микроскопии изучены закономерности переориентировок на микро- и наноуровнях. Прослежено изменение дислокационной структуры по мере приближения к поверхности трения. Рассчитаны вклады наблюдаемых субструктур в напряжение течения по измеренным параметрам этих субструктур.

В пятой главе описываются частицы износа и характеристики процесса трения и износа монокристаллов стали Гадфильда. Изменение средней величины коэффициента трения не зависит от кристаллографической

ориентации исследуемых монокристаллов и имеет стохастический характер. Изменения величины износа является ориентационно чувствительными. Наибольшую износостойкость показали [001] монокристаллы. На основании морфологии и размеров частицы износа поделены на частицы трех типов: оксидные частицы, частицы, образованные в результате разрушения отслоившихся частиц разрушающейся контактной поверхности, бесформенные частицы крупных размеров. В результате износа на разных этапах трения роль частиц износа будет оказывать разное влияние на коэффициент трения. В конце 5 главы диссертационного исследования представлена схема износа монокристаллов стали Гадфильда, являющаяся обобщением главы 5.

В разделе **выводы** сформулированы основные результаты, полученные в диссертационной работе.

В **приложениях** приведены расчеты напряжений сдвига для монокристаллов исследуемых кристаллографических ориентаций при сухом трении скольжения и расчеты действующих напряжений скольжения и двойникования для отпечатков при микроиндентировании монокристаллов.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые:

1. Показано, что сложная схема напряженного состояния нивелирует предпочтительный вклад одного из двух механизмов деформации стали Гадфильда (скольжения и двойникования), выявленных при одноосных испытаниях. При испытаниях на трение оба механизма деформации работают без явного предпочтения.
2. Установлен циклический характер изменения процессов трения и износа для большинства исследованных ориентаций монокристаллов. Процесс трения заключается в последовательных стадиях упрочнения и разрушения материала, повторяющихся неоднократно. Величины износа хотя и зависят от кристаллографической ориентации, но не определяются предпочтительным действием одного из двух рассмотренных механизмов.
3. Показано, что переориентация монокристаллов в процессе трения приводит к перераспределению напряжений в действующей системе сдвига и способствует активизации новых систем скольжения и двойникования.
4. Описаны развитие разориентаций на поверхности трения и по мере удаления от нее, а также эволюция субструктуры в этих зонах.

Наиболее значимыми результатами работы являются обоснование эффекта переориентации монокристаллов в условиях сухого трения и эволюция субструктуры в зоне трения в ходе разориентации.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования обеспечена использованием современных стандартизированных методов и применением высокоточных сертифицированных приборов, комплексного многоуровневого подхода к исследованиям, применением калибровки на эталонных объектах, а также повторяемостью выявленных закономерностей.

Теоретическая и практическая значимость. Фундаментальные результаты, полученные в данной работе, позволяют расширить представления в области исследований монокристаллов (с различной кристаллографической ориентацией) в условиях сложнапряженного состояния. Выявлены новые закономерности деформации, упрочнения и разрушения стали Гадфильда в условиях сухого трения скольжения. Установленные закономерности позволяют использовать данные, полученные на монокристаллах для анализа поведения поликристаллической стали Гадфильда с известной текстурой.

Результаты работы опубликованы в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и изданиях, входящих в базы данных цитирования Web of Science и Scopus, а также доложены на международных научных конференциях.

Замечания по диссертационной работе:

1. В работе не даны обоснования продолжительности одного цикла трения величиной 8 часов.
2. В методике эксперимента отсутствует информация о том, сколько образцов было протестировано для каждой ориентации, в то время как на графиках результатов есть погрешности.
3. Желательно было бы увеличение статистики по размерам частиц износа во всем спектре проведенных испытаний.
4. Известно, что в стали Гадфильда после холодной деформации появляются магнитные свойства. Этот факт может свидетельствовать о появлении α -фазы в ходе деформационного упрочнения. В работе использована сложная схема напряженного состояния, которая, очевидно, должна приводить к появлению α -фазы. Однако этот эффект не обсужден.

Вышесказанные замечания не снижают общую положительную оценку основных результатов работы.

Диссертация О.С. Новицкой соответствует заявленной специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния (физико-математические науки).

Автореферат отражает содержание диссертационной работы.

Считаю, что актуальность выполненных исследований, их научный уровень, объем и научная новизна позволяют считать, что диссертационная работа Новицкой Ольги Сергеевны «Многомасштабные структурные изменения монокристаллов стали Гадфильда при сухом трении скольжения» является завершенной научно-квалификационной работой и отвечает требованиям, предъявляемым к диссертационным работам, утвержденных постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. 26.09.2022) и удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п. II. 9 Положения о порядке присуждения учёных степеней), а её автор – Новицкая Ольга Сергеевна - заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. - Физика конденсированного состояния.

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.

Официальный оппонент, профессор, доктор физико-математических наук (специальность 01.04.07 (1.3.8) Физика конденсированного состояния), заведующий кафедрой общей и экспериментальной физики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Алтайский государственный университет".

Плотников Владимир Александрович

Адрес организации: 656049, Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 61,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Алтайский государственный университет"
Тел: +7 (3852) 350-968, E-mail: plotnikov@phys.asu.ru.

Подпись В.А. Плотникова удостоверяю,

Ученый секретарь



(Осуждена С.А.)
10.02.2023г.