



УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по НР ИФПМ СО РАН
д.ф.-м.н. Шилько Е.В.

« 02 » ноября 2022г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН) по диссертации Новицкой О.С. **«Многомасштабные структурные изменения монокристаллов стали Гадфильда при сухом трении скольжения»**, представляемая на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния

Диссертация Новицкой Ольги Сергеевны **«Многомасштабные структурные изменения монокристаллов стали Гадфильда при сухом трении скольжения»**, представляемая на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния выполнена в лаборатории структурного дизайна перспективных материалов (ЛСДПМ) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН).

Новицкая Ольга Сергеевна (дата рождения 14 августа 1987 г.) в 2010 году окончила Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет» (ТГУ) по специальности «Геохимия». С 2011 по 2019 год Новицкая О.С. обучалась в заочной аспирантуре ТГУ по направлению подготовки 25.00.00 – Науки о земле, специальность – 25.00.05. – Минералогия, кристаллография, из которой была отчислена в связи с рождением ребенка.

С 03.06. 2019 г. по 30.06.2019 г. и с 01.06.2020 г. по 10.07.2020 г. Новицкая О.С. была прикреплена в качестве экстерна к аспирантуре ИФПМ СО РАН. В этот период Новицкая О.С. сдала кандидатские экзамены по направлению подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия, научной специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния и получила следующие оценки: история и философия науки (физ.-мат. науки) – отлично, 25.06.2019 г.; английский язык –

отлично, 17.06.2020 г.; специальность 01.04.07 Физика конденсированного состояния (физ.-мат. науки) – хорошо, 25.06.2020 г. Справка № 43 о сдаче кандидатских экзаменов от 27.10.2022 г. выдана отделом аспирантуры Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук.

С января 2015 года Новицкая О.С. работала в лаборатории «Металл-тест» ИФПМ СО РАН в должности инженера. С ноября 2016 г. в лаборатории физики упрочнения поверхности ИФПМ СО РАН в должности инженера. В сентябре 2021 г. была переведена в лабораторию структурного дизайна перспективных материалов на должность инженера, с 01.10.2021 г. по настоящее время работает младшим научным сотрудником лаборатории структурного дизайна перспективных материалов ИФПМ СО РАН.

При обсуждении диссертационной работы соискателя на экспертном семинаре ИФПМ СО РАН было рекомендовано представить диссертацию в диссертационный совет 24.1.135.01 по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния (физико-математические науки). Соответствие содержания диссертационной работы Новицкой О.С. данной специальности подтверждается содержанием работы, использованными методами исследования и публикациями по теме диссертации в ведущих научных журналах.

Научный руководитель, Лычагин Дмитрий Васильевич – доктор физико-математических наук (специальность 1.3.8. (01.04.07) — физика конденсированного состояния (физико-математические науки), заведующий кафедрой минералогии и геохимии НИ ТГУ осуществлял научное руководство диссертационной работой. Научный консультант Филиппов Андрей Владимирович – кандидат технических наук (специальность 05.02.07 – Технология и оборудование механической и физико-технической обработки), заведующий лабораторией физики упрочнения поверхности ИФПМ СО РАН осуществлял научное консультирование в ходе выполнения диссертации по вопросам сухого трения скольжения монокристаллов стали Гадфильда.

По итогам обсуждения диссертационной работы Новицкой О.С. принято следующее

Заключение

Актуальность темы диссертации

Диссертация Новицкой О.С. посвящена изучению структурных изменений, происходящих в монокристаллах стали Гадфильда при сухом трении скольжения на разных масштабных уровнях. Сталь Гадфильда относится к высокомарганцевым сплавам с оптимальными механофизическими свойствами. Это делает ее незаменимой для деталей, работающих на износ и удар одновременно. Управление процессами структурных превращений, повышающих износостойкость

пар трения, является одной из ключевых задач повышения эффективности работы трибосопряжений.

Исследование закономерностей развития пластической деформации при трении осложнено многогранной природой процесса трения, которая определяется неоднозначным влиянием множества явлений, происходящих в зоне трения. Эти явления изменяют условия протекания процесса трения и величину коэффициента трения, что, в свою очередь, изменяет условия нагружения в зоне трибоконтакта, порождая неоднородность деформации. Использование монокристаллов в данной работе дает возможность управлять действующим механизмом деформации и количеством систем скольжения за счет выбора определенной кристаллографической ориентации образцов и направления приложенной нагрузки.

В диссертации Новицкой О.С. исследованы особенности формирования износостойкой структуры поверхностного слоя в стали Гадфильда, основанные на детальном анализе накопления деформации, как этапа подготовки к разрушению поверхности, при учете кристаллографической ориентации образцов и схемы напряженного состояния в условиях сухого трения скольжения.

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Новицкой О.С. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изучены закономерности развития поверхностного рельефа и приповерхностной переориентации монокристаллов стали Гадфильда с различной кристаллографической ориентацией в условиях сложного нагружения на разных масштабных уровнях. Определено влияние кристаллографической ориентации и схемы напряженного состояния на процессы трения и износа.

Основные результаты, полученные соискателем впервые:

1. Установлено, 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 вклады обоих механизмов деформации практически эквивалентны.

2. В работе экспериментально исследован циклический характер изменения показателей трения и износа для большинства исследованных ориентаций монокристаллов. В процессе трения последовательно реализуются стадии 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 в монокристаллах стали Гадфильда.

4. Показаны эволюция субструктуры в приторцевой зоне и развитие разориентаций на поверхности трения и по мере удаления от нее.

Теоретическая значимость диссертационного исследования

Результаты исследований, описанные в диссертации, имеют фундаментальный характер. В работе развиты представления в области исследований монокристаллов (с различной кристаллографической ориентацией) в условиях сложнапряженного состояния. Получены теоретические и экспериментальные данные, которые позволили выявить новые закономерности деформации 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.

Достоверность результатов и обоснованность выводов экспериментальных исследований и их анализа обеспечивается использованием современных аналитических методов и сертифицированного оборудования для проведения испытаний и получения экспериментальных данных, а также их согласованностью с данными современных научных исследований в области аддитивного производства.

Личный вклад соискателя состоит в получении и анализе результатов, представляемой к защите работы, в совместной с научным руководителем постановке цели и задач исследования, формулировке выводов и положений, выносимых на защиту, написании статей по теме диссертации.

Диссертационная работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.4, а также при финансовой поддержке гранта РФФИ № 16-08-00377_а и гранта Президента Российской Федерации (Грант № НШ-1174.2022.4, соглашение 075-15-20220-797).

Апробация работы

Основные положения и результаты работ, составляющих содержание диссертации, обсуждались на конференциях всероссийского и международного уровня, таких как международная конференция "Перспективные материалы с иерархической структурой для новых технологий и надежных конструкций" (Томск, 2016, 2017, 2018, 2019), Всероссийской конференции с международным участием «Актуальные проблемы метода акустической эмиссии» (Тольятти, 2018), VIII Международная конференция «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов» (Москва, 2019), XVI международная школа-семинар «Эволюция дефектных структур в конденсированных средах» (Барнаул, 2020), международная конференция «Актуальные проблемы прочности» (Тольятти, 2021),

международная конференция «Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии» (Томск, 2020, 2021, 2022).

Основное содержание работы изложено в 5 работах, из них 1 статья в журнале, входящем в перечень рецензируемых научных журналов и изданий из списка ВАК РФ, 4 статьи в журналах, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science в изданиях первого квартала (Q1).

Публикации в журналах из перечня ВАК

1. Лычагин Д.В., Филиппов А.В., **Новицкая О.С.**, Колубаев А.В. Определение напряжения скольжения и двойникования при микроиндентировании монокристаллов стали Гадфильда // Письма о материалах. – 2020. – Т.10. – №4. – С. 451-456, <https://doi.org/10.22226/2410-3535-2020-4-451-456>.

В зарубежных журналах, цитируемых Scopus и Web of Science

2. Lychagin D.V., Filippov A.V., **Novitskaya O.S.**, Kolubaev A.V., Moskvichev E.N., Fortuna S.V., Chumlyakov Y.I. Deformation and wear of Hadfield steel single crystals under dry sliding friction // Wear. – 2022. – Vol. 488-489. – P. 204126, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2021.204126>.

3. Lychagin D.V., Filippov A.V., **Novitskaya O.S.**, Chumlyakov Y.I., Kolubaev E.A., Lychagina L.L. Deformation of Hadfield steel single crystals by dry sliding friction with the normal load/friction force orientations $[\bar{1}\bar{1}0]/[\bar{1}10]$ and $[\bar{1}\bar{1}0]/[001]$ // Tribology International. – 2020. – V. 147. – 106284, <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106284>.

4. Lychagin D.V., Filippov A.V., Kolubaev E.A., **Novitskaia O.S.**, Chumlyakov Y.I., Kolubaev A.V. Dry Sliding of Hadfield Steel Single Crystal Oriented to Deformation by Slip and Twinning: Deformation, Wear, and Acoustic Emission Characterization // Tribology International. – 2018. – V. 119. – P. 1-18, <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.10.027>.

5. Lychagin D.V., Filippov A.V., **Novitskaia O.S.**, Chumlyakov Y.I., Kolubaev E.A., Sizova O.V. Friction-induced slip band relief of -Hadfield steel single crystal oriented for multiple slip deformation // Wear. – 2017. –V. 374-375. – P. 5-14, <https://doi.org/10.1016/j.wear.2016.12.028>.

Научная специальность диссертации


Анализ структуры и содержания диссертационной работы Новицкой О.С. «Многомасштабные структурные изменения монокристаллов стали Гадфильда при сухом трении скольжения» показал, по своим целям, задачам, содержанию,

методам исследования и научной новизне соответствует п. 1 паспорта научной специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния» (отрасль науки – физико-математические): «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы и свойств неорганических и органических соединений как в кристаллическом (моно- и поликристаллы), так и в аморфном состоянии, в том числе композитов и гетероструктур, в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления». и всем требованиям п. II 11 и 13 Положения о присуждении ученых степеней.

Заключение обсуждено и принято на заседании экспертного научного семинара ИФПМ СО РАН по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния. Присутствовало на заседании всего 31 человек, в том числе 11 докторов и 11 кандидатов наук. Результаты голосования: «за» – 31 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 82 от 26.10.2022 г.

Председатель семинара:

Заведующий лабораторией физики прочности,
доктор физико-математических наук,
профессор



Зуев Лев Борисович

Секретарь семинара:

Ведущий научный сотрудник лаборатории физики прочности
доктор физико-математических наук,
доцент



Баранникова Светлана Александровна