

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.347.03,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ», МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ  
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 22.12.22 г. № 5

О присуждении Эмурлаеву Кемалу Исметовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Применение дифракции синхротронного рентгеновского излучения для анализа эволюции структуры углеродистых и легированных сталей в условиях сухого трения скольжения» по специальности 2.6.17 – Материаловедение принята к защите 18 октября 2022 г., протокол № 16, диссертационным советом 24.2.347.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки России, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, Приказ 717/нк от 09.11.2012 г.

Соискатель – Эмурлаев Кемал Исметович, 27 апреля 1994 года рождения. В 2018 г. Эмурлаев К.И. с отличием окончил «Новосибирский государственный технический университет» по направлению 22.04.01 – Материаловедение и технологии материалов; получена квалификация «Магистр». В 2022 г. окончил очную аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет».

Работает младшим научным сотрудником в научно-исследовательской лаборатории физико-химических технологий и функциональных материалов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре материаловедения в машиностроении Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», Минобрнауки России.

**Научный руководитель** – доктор технических наук, доцент Батаев Иван Анатольевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», заведующий лабораторией физико-химических технологий и функциональных материалов, профессор кафедры материаловедения в машиностроении.

**Официальные оппоненты:**

**Савченко Николай Леонидович**, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, ведущий научный сотрудник лаборатории контроля качества материалов и конструкций.

**Цыбуля Сергей Васильевич**, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук», главный научный сотрудник отдела исследования катализаторов,

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (ИФМ УрО РАН), г. Екатеринбург, **в своем положительном отзыве**, подписанном Макаровым Алексеем Викторовичем, членом-корреспондентом Российской академии наук, доктором технических наук, заведующим отделом материаловедения и лабораторией механических свойств; Поволоцкой Анной Моисеевной, исполняющей обязанности ученого секретаря, кандидатом технических наук и утвержденном директором ИФМ УрО РАН, академиком РАН Мушниковым Н.В., указала, что диссертация Эмурлаева К.И. «Применение дифракции синхротронного рентгеновского излучения для анализа эволюции структуры углеродистых и легированных сталей в условиях сухого трения

скольжения» выполнена на самом высоком научно-методическом уровне и представляет собой завершенное исследование. По своим целям, задачам, содержанию, методам исследования диссертационная работа, заявленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, полностью соответствует специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки). В работе представлено решение актуальных задач operando-контроля в условиях сухого трения скольжения методом дифракции синхротронного рентгеновского излучения особенностей эволюции фазового состава и дислокационной структуры углеродистых и легированных сталей с феррито-перлитной, мартенситной и аустенитной исходными структурами. Работа не только полезна для расширения научных знаний о природе трения и изнашивания сталей, но и открывает перспективы мониторинга, диагностики и прогнозирования надежности узлов трения и трущихся механизмов из конструкционных сталей в условиях эксплуатации. Исследования, представленные в диссертации, являются законченной научной работой, которая выполнена на актуальную тему и содержит новые результаты. Выводы и результаты обоснованы и достоверны. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации. Результаты работы опубликованы в ведущих российских и высокорейтинговых международных журналах, а также оформлены в виде свидетельств о государственной регистрации права для ЭВМ. В целом, по актуальности и уровню решения поставленных задач, объему и содержанию исследований, научной новизне, теоретической и практической значимости диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в том числе п.9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Эмурлаев Кемал Исметович заслуживает присвоения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

**Соискатель имеет 39 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы, рекомендованные ВАК, 8 публикаций представлены в изданиях, индексируемых в базах *Web of Science* и *Scopus*. Другие публикации по теме диссертационной работы представлены в виде трудов и материалов международных и Всероссийских научных конференций. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об**

опубликованных соискателем работах. Общий объем опубликованных работ – 13,8 п.л., авторский вклад – 4,0 п.л. Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Применение синхротронного излучения для анализа структурных и фазовых преобразований в хромоникелевой стали, обусловленных фрикционным взаимодействием / К. И. Эмурлаев, Д. В. Лазуренко, В. Г. Буров, И. А. Батаев, А. А. Батаев // Известия Вузов. Физика. – 2020. Т. 63, № 11. С. 181-183. (Из перечня ВАК, переводная версия представлена в Web of Science)

2. Исследование структурных изменений в холоднокатаной аустенитной хромоникелевой стали с использованием дифракции синхротронного излучения и профильного анализа / К. И. Эмурлаев, А. Ю. Огнев, В. С. Ложкин // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2021. – № 12. – С. 17-21. (Из перечня ВАК, переводная версия представлена в Web of Science)

3. A novel operando approach to analyze the structural evolution of metallic materials during friction with application of synchrotron radiation / I. A. Bataev, D. V. Lazurenko, A. A. Bataev, V. G. Burov, I. V. Ivanov, K. I. Emurlaev, A. I. Smirnov, M. Rosenthal, M. Burghammer, D. A. Ivanov, K. Georgarakis, A. A. Ruktuev, T. S. Ogneva, A. M. J. Jorge // Acta Materialia. – 2020. – Vol. 196. – P. 355-369. (Scopus и Web of Science)

4. Structural Evolution of Martensitic Steel During Dry Sliding Friction Studied with Synchrotron Radiation / K. I. Emurlaev, I. A. Bataev, V. G. Burov, D. V. Lazurenko, M. Rosenthal, M. Burghammer, I. V. Ivanov, A. A. Ruktuev, D. A. Ivanov, A. A. Bataev // Journal of Nondestructive Evaluation. – 2020. – Vol. 39. – P. 1-13. (Scopus и Web of Science)

5. Friction-induced phase transformations and evolution of microstructure of austenitic stainless steel observed by operando synchrotron X-ray diffraction / K. Emurlaev, I. Bataev, I. Ivanov, D. Lazurenko, V. Burov, A. Ruktuev, D. Ivanov, M. Rosenthal, M. Burghammer, K. Georgarakis, A. M. Jorge Junior // Acta Materialia. – 2022. – Vol. 234. – P. 355-369. (Scopus и Web of Science)

**На диссертацию и автореферат поступило 14 отзывов**, все они положительные: отзыв от заведующего кафедрой «Строительная механика», Сибирского государственного университета путей сообщения, доктора технических наук, профессора **Герасимова С.И.** (замечания о единицах измерения и об

отсутствии цветовой шкалы на рисунках); отзыв от главного научного сотрудника Института ядерной физики им. Г.И. Будкера, доктора технических наук **Куксанова Н.К.** (замечания об отсутствии параметров использованного излучения, о различном масштабе дифракционных картин, о применении термина «объем изношенного материала», о названии статьи); отзыв от заведующего кафедрой «Минералогия и геохимия» Национального исследовательского Томского государственного университета, доктора физико-математических наук, профессора **Лычагина Д.В.** (замечание о соотношении долей возникших дислокаций); отзыв от старшего научного сотрудника лаборатории физического материаловедения Института физического материаловедения СО РАН, кандидата технических наук **Милонова А.С.** (замечание по представлению результатов растровой электронной микроскопии); отзыв от заведующего лабораторией физики упрочнения поверхностей Института физики прочности и материаловедения СО РАН, кандидата технических наук **Филиппова А.В.** (замечания о режимах триботехнического воздействия и о выборе материалов исследования); отзыв от заведующего лабораторией механики полимерных композиционных материалов Института физики прочности и материаловедения СО РАН, доктора технических наук, профессора, профессора РАН **Панина С.В.** и старшего научного сотрудника лаборатории механики полимерных композиционных материалов Института физики прочности и материаловедения СО РАН, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника **Корниенко Л.А.** (замечания о формулировке пункта научной новизны, о степени применимости и точности количественных измерений линейных дефектов, о формулировке выводов); отзыв от профессора кафедры МТ-8 Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, доктора технических наук **Федоровой Л.В.** (замечания о формулировке выводов); отзыв от профессора кафедры «Материаловедение, технология материалов и термическая обработка металлов и сплавов» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, доктора технических наук **Гаврилова Г.Н.** (замечания о недостатке в автореферате данных металлографического анализа микроструктуры); отзыв от ведущего научного сотрудника Института проблем сверхпластичности металлов РАН, доктора технических наук **Валитова В.А.** (без

замечаний); отзыв от проректора по учебно-методической работе Сургутского государственного университета, доктора физико-математических наук, доцента **Коноваловой Е.В.** (без замечаний); отзыв от заведующего лабораторией конструкционного материаловедения Института машиноведения им. Э.С. Горкунова УрО РАН, кандидата технических наук **Саврай Р.А.** (без замечаний); отзыв от заведующего кафедрой машиностроения и материаловедения Поволжского государственного технологического университета, д.т.н., профессора **Алибекова С.Я.** (без замечаний); отзыв от старшего научного сотрудника лаборатории технической диагностики Института машиноведения им. Э.С. Горкунова УрО РАН, к.т.н. **Путиловой Е.А.** (без замечаний); отзыв от заведующего кафедрой «Материалы и технологии» Тамбовского государственного технического университета, доктора технических наук, профессора **Мордасова Д.М.** и доцента кафедры «Материалы и технологии» Тамбовского государственного технического университета, кандидата технических наук, доцента **Королева А.П.** (замечания об интерпретации структурно-фазовых превращений, об изменениях структуры в результате воздействия сухого трения, о нецелесообразности использовании иностранных терминов).

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** близостью решаемых ими научных задач к тематике диссертационной работы Эмурлаева К.И., высокой квалификацией специалистов в области современного материаловедения, наличием публикаций по изучению структурно-фазовых преобразований, развивающихся при фрикционном нагружении, а также большим опытом исследований материалов методами рентгеновской дифракции, в том числе с использованием синхротронного излучения.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработан** экспериментальный подход к анализу структурно-фазовых превращений при трении, основанный на непрерывном анализе стальных образцов в процессе эксперимента и сканировании их поверхности пучком синхротронного излучения микронного размера, расширяющий представления о процессах эволюции микроструктуры сталей непосредственно в процессе фрикционного воздействия;

**предложены** оригинальные суждения о структурных преобразованиях, протекающих в поверхностных слоях сталей в процессе сухого трения скольжения

**доказана** перспективность использования синхротронной дифрактометрии как эффективного метода решения задач, связанных с диагностикой микроструктуры элементов оборудования, работающего в условиях трения скольжения

**введены** – новые понятия и термины не вводились.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказаны** положения о достижении предельной концентрации дефектов кристаллического строения в углеродистых и легированных сталях с последующей флуктуацией этого параметра при реализации триботехнического воздействия, расширяющие представления о процессах эволюции микроструктуры сталей с различным исходным структурно-фазовым состоянием непосредственно в процессе фрикционного воздействия;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** комплекс базовых методов исследования в области материаловедения, в том числе световой и растровой электронной микроскопии, рентгеновской дифрактометрии с использованием современных источников синхротронного излучения;

**изложены** факторы, обуславливающие изменение соотношения винтовых и краевых дислокаций в среднеуглеродистой стали при фрикционном взаимодействии с твердосплавным индентором;

**раскрыты** причины дестабилизации аустенита при деформации стали 12X18H10T, связанные с перераспределением легирующих элементов и обеднением твёрдого раствора никелем;

**изучено** влияние трения на характер изменения концентрации дефектов в кристаллической решетке анализируемых фаз, особенности трибоокисления и развитие деформационно-индуцированных фазовых превращений в поверхностных слоях стальных заготовок;

**модернизация** существующих математических моделей, алгоритмов и/или численных методов не проводилась.

## **Значение полученных соискателем результатов исследования для практики**

подтверждается тем, что:

**разработана** экспериментальная установка для анализа структуры материалов в условиях фрикционного нагружения с использованием метода синхротронной дифрактометрии; результаты исследований **используются** при проектировании новых станций синхротронного излучения для Центра коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов» (ЦКП «СКИФ»);

**определены** перспективы практического применения результатов исследования для эволюции микроструктуры поверхностных слоев стали, эксплуатирующихся в условиях фрикционного нагружения;

**создан** набор программных алгоритмов для проведения профильного анализа дифракционных картин, полученных методом дифракции синхротронного рентгеновского излучения при решении триботехнических задач;

**представлены** рекомендации по применению разработанных подходов к анализу структуры в условиях трения при проектировании материаловедческих станций для ЦКП «СКИФ».

### **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**для экспериментальных работ:** результаты получены с использованием аналитического и сертифицированного испытательного оборудования, уровень которого соответствует современным лабораториям в области материаловедения; использованы методы статистической обработки результатов экспериментальных измерений;

**теория** построена на проверяемых данных и согласуется с результатами опубликованных исследований в области трения и износа;

**идея работы базируется** на обобщении передового отечественного и зарубежного опыта в области анализа структурных преобразований с использованием метода дифракции синхротронного рентгеновского излучения;

**использованы** результаты экспериментальных исследований дислокационной структуры и фазового состава сталей в условиях фрикционного нагружения;



**установлено** качественное совпадение результатов анализа эволюции структуры сталей в условиях фрикционного нагружения с результатами, представленными в независимых литературных источниках по данной тематике;

**использованы** база данных ICDD PDF-4+ для фазового анализа дифракционных картин; методы автоматизированной обработки результатов измерений.

**Личный вклад соискателя состоит в** формулировании цели и задач диссертационного исследования, разработке экспериментальной установки для выполнения триботехнических исследований (совместно с д.т.н. Буровым В.Г.), проведении математического моделирования с использованием метода молекулярной динамики (совместно с к.т.н. Ивановым И.В.), проведении испытаний материалов методом инструментального индентирования (совместно с Хомяковым М.Н.), разработке компьютерных программ, реализующих метод профильного анализа с использованием современных математических моделей, выполнении анализа и обобщении экспериментальных данных, сопоставлении и обработке результатов исследования, формулировании выводов по работе, подготовке материалов исследований к опубликованию.

**В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:**

- В работе отсутствуют данные об изменении коэффициента трения, что не позволяет оценить зависимость структурно-фазовых изменений, в том числе преобразований дислокационной структуры, от условий нагружения.

- В работе не приводится обоснование степени применимости и точности количественных измерений доли краевых и винтовых дислокаций с использованием профильного анализа дифракционных картин.

Соискатель Эмурлаев К.И. согласился с замечаниями, ответил на задаваемые ему вопросы относительно измерения коэффициента трения и степени применимости методов профильного анализа, привел собственную аргументацию, в соответствии с которой измерение коэффициента трения являлось невозможным при использовании прототипа разработанной экспериментальной установки. Эффективность использованных методов профильного анализа подтверждена численными методами (Монте-Карло и *ab initio* моделирование), которые не противоречат существующим

моделям деформации материалов, учитывающим индивидуальный вклад краевых и винтовых дислокаций в упрочнение материалов.

На заседании 22 декабря 2022 г. диссертационный совет принял решение за решение научной задачи, связанной с разработкой нового подхода к анализу структурных преобразований сталей в условиях фрикционного нагружения, имеющей значение для развития материаловедения, присудить Эмурлаеву К.И. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного

Пустовой Николай Васильевич

Ученый секретарь  
диссертационного  
«22» декабря 2022 г.

Тюрин Андрей Геннадиевич