

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов»



«ПРОМЕТЕЙ»

Государственный научный центр



20.11.2015

03-12/2010.

Утверждаю

на № _____ от _____

Заместитель генерального
директора д.т.н., доцент



Ильин А.В.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Кравчука Константина Сергеевича

**«Измерение трибологических свойств покрытий и композиционных
материалов на субмикронном и нанометровом масштабах»**

**представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного
состояния**

Актуальность выполненной работы

Диссертационная работа Кравчука К.С. посвящена исследованию механических и трибологических свойств тонких покрытий и композиционных материалов на субмикронном и нанометровом масштабах с помощью сканирующего зондового микроскопа «НаноСкан-3Д». С развитием технологий всё более остро встаёт вопрос о разработке новых методов измерения механических свойств объектов микронного размера, составных элементов композиционных материалов, тонких покрытий и упрочнённых слоёв. Переход в измерениях к нанометровым масштабам линейных размеров измеряемых объектов связан как с техническими, так и с методическими трудностями. В связи с этим, весьма актуальным является развитие существующих методов сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ):



ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей» 191015, Россия, Санкт-Петербург, улица Шпалерная, дом 49
Телефон (812) 274-37-96, Факс (812) 710-37-56, mail@crism.ru, www.crism-prometey.ru
ОКПО 07516250, ОГРН 1037843061376, ИНН 7815021340/ КПП 783450001

расширения области её применения в субмикронном и нанометровом масштабах линейных размеров, повышения точности и скорости проведения испытаний; а также в создании новых алгоритмов анализа и интерпретации экспериментальных данных, чему диссертант уделил достаточно много внимания в ходе выполнения своей работы.

Тема диссертационной работы тесно связана с тематикой Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы», которая утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 мая 2013 г. № 426, что еще раз подтверждает её актуальность и практическую ценность.

Новизна исследования и полученных результатов

При выполнении работы на серийно выпускаемых твердомерах «НаноСкан-3D» были реализованы трибологические испытания с субмикрометровым и нанометровым пространственным разрешением. Испытания реализованы с помощью пьезокерамического датчика оригинальной конструкции с различными типами инденторов- алмазные пирамиды Берковича и Виккерса, а также сферические сапфировые. Предложен новый метод определения формы индентора. Разработаны методы анализа геометрии царапины по СЗМ-изображению рельефа поверхности, позволяющие оценить характер разрушения материала и адгезию тонких пленок к подложке. Экспериментальная проверка разработанных методов показала их применимость для исследования новых материалов: нанокompозита алюминия и меди с фуллереном (C_{60}); углерод-углеродного композиционного материала; тонких покрытий из оксидов, полученных карбоксилатным методом; силоксановых покрытий на полимерных подложках; покрытия на основе линейно-цепочечного углерода, нанесённые на полиуретан; алмазоподобные углеродные покрытия на кремнии.

В ходе работы было успешно продемонстрировано, что применение разработанного комплекса методов позволяет исследовать широкий круг

материалов от мягких полимеров до сверхтвёрдых алмазоподобных плёнок и покрытий.

Проведенные исследования носят характер существенной научной новизны. Особенно следует отметить, что в работе впервые предложен комплексный подход, основанный на измерении твердости, модуля упругости, параметров трещиностойкости и износостойкости методами индентирования, склерометрии и циклического истирания (износа), позволивший установить взаимосвязь между физико-механическими и трибологическими свойствами покрытий и композиционных материалов на субмикрометровом и нанометровом масштабах. Также научной новизной обладает впервые реализованная схема трибологических испытаний покрытий и композиционных материалов с субмикронным и нанометровым пространственным разрешением с помощью пьезокерамического датчика с пирамидальным и сферическим алмазными наконечниками с использованием методов склерометрии и циклического истирания.

Следует отметить особую практическую значимость разработанных и уже успешно внедренных в серийно производимые приборы - сканирующие зондовые микроскопы-нанотвердомеры «НаноСкан-3Д» измерительных методик, что позволило проводить измерения индентирование, склерометрию и испытание трением с помощью единого пьезокерамического датчика, оборудованного высокочистым или полупроводниковым алмазным наконечником.

Диссертация Кравчука К.С. состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 138 страницах, содержит 73 рисунка и 8 таблиц. Список литературы содержит 111 источников.

В качестве замечаний по данной работе необходимо отметить следующее:

1. В тексте и графическом материале диссертации присутствуют некоторые опечатки и синтаксические ошибки.
2. Некорректно составлен пункт 1 Заключения с. 123: «Предложен комплексный подход позволяющий установить взаимосвязь проводить

трибологических свойств покрытий.....», что затрудняет восприятие положения, которое пытался донести диссертант.

3. Пункт 4 Заключения с.123 «Твёрдость фрикционной плёнки связана с компонентами материала, идущими на её образования». Не дано объяснение, как именно связаны компоненты материала с твёрдостью фрикционной пленки. Связано это с составом или свойствами компонентов, также не понятно.

4. Ошибки в несогласованности фраз присутствуют так же в пунктах 5 и 7, что затрудняет восприятие формулировок основных результатов диссертационной работы.

5. При графическом изображении результатов исследований автором систематически используются обозначения осей и цен деления шкал на английском языке. Примерами таких неточностей являются рисунки 2.20, 2.29, 3.5, 3.6, 4.2, 4.3, 4.4, 5.1.

6. Из приведенных в работе данных не понятно, на основании каких теоретических предпосылок автор установил логарифмическую связь между высотой навалов, геометрией индентора, модулем Юнга и пределом текучести.

Вместе с тем указанные замечания не снижают высокий научный уровень и практическую ценность диссертационной работы и скорее относятся к рекомендациям для приложения диссертантом большей внимательности при формулировке мыслей и аккуратности оперирования понятиями.

По материалам диссертационной работы опубликовано 9 статей в реферируемых научных журналах, включенных в перечень ВАК, 5 статей в научных журналах не входящих в перечень ВАК, основные результаты диссертации докладывались на 9 научных конференциях и семинарах, в том числе на 4 международных. Автореферат диссертации в полной мере отражает содержание работы, её научную новизну, теоретическую и практическую значимость и другие ключевые моменты.

Результаты работы могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях металлургии, машиностроения и транспорта, в том числе ОАО «Композит», ОАО «Северсталь», ОАО «Авиационная корпорация «Рубин» и

других, а также в практике НИИ и университетов, занимающихся экспериментальными и теоретическими исследованиями в области металлургии и физического материаловедения, в частности ОАО «ЦНИИ материалов», ФГУП «ВИАМ», ОАО «НИИ Стали», ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина», ОАО НПО ГНЦ РФ «ЦНИИТМАШ», ФГУП «Институт физического материаловедения» СО РАН, ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» и другие.

В качестве рекомендаций по расширению области применения разработанных в диссертации методик следует рассмотреть возможность их использования для анализа объёмных мультипористых структур (например, нанокатализаторов, сорбентов, молекулярных мембран).

Диссертация «Измерение трибологических свойств покрытий и композиционных материалов на субмикронном и нанометровом масштабах» соответствует требованиям п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842) а её автор, Кравчук Константин Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 — «Физика конденсированного состояния».

На заседании научно-технического совета ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей» секции НПК-3, протокол № 13 от 19.11.2015 г., заслушан доклад Кравчука К.С. по диссертации и утвержден отзыв ведущей организации.

Отзыв составили:

Ученый секретарь, к.т.н., доцент

Б.В. Фармаковский

Начальник НИО-35, д.т.н.

П.А. Кузнецов