

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Гренадёрва Александра Сергеевича**
«УГЛЕВОДОРОДНЫЕ ПОКРЫТИЯ С КРЕМНИЕМ И КИСЛОРОДОМ:
СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, ПРИМЕНЕНИЕ», представленной на соискание
учёной степени доктора технических наук по специальности 1.3.8. Физика
конденсированного состояния

Диссертационная работа Гренадёрва А.С. посвящена разработке технологии получения углеводородных покрытий с кремнием и кислородом, сочетающих ряд уникальных свойств, таких как высокая твердость, низкий коэффициент трения, высокая износостойкость и коррозионная стойкость, биоинертность. Главная особенность этих покрытий - низкие внутренние напряжения, что способствует улучшению их функциональных свойств и увеличению их долговечности. Разработка таких покрытий, востребованных в различных сферах деятельности, является **актуальной** задачей.

В работе описана экспериментальная установка, процедура экспериментов, методы исследования, которые позволяют говорить о положительной роли наносимого покрытия. Предложены технологические решения, способствующие улучшению физико-механических и антикоррозионных свойств композиционных систем с покрытием $a-C:H:SiO_x$, например, предварительное безводородное азотирование и создание поверхностного сплава. Описано также возможное практическое применение в медицине. Для получения углеводородных покрытий с кремнием и кислородом автором впервые использовано импульсное биполярное смещение взамен трудно масштабируемому высокочастотному.

Диссертационная работа Гренадёрва А.С. является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научном уровне с использованием современных методов и сертифицированного оборудования. Научные положения и выводы в целом соответствуют поставленной цели и задачам работы, обоснованы и достоверны. Основные результаты работы доложены на национальных и международных конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах.

Вместе с тем, работа не лишена недостатков.



1. Промышленно производимые твердые алмазоподобные покрытия наносятся на предварительно упрочненные поверхности (например, предварительно плазменно азотированные стали), именно это было сделано при нанесении покрытий на нержавеющую сталь. Однако, нужно сказать, что стандартные процедуры азотирования увеличивают твердость, но уменьшают коррозионную стойкость нержавеющих сталей. Непонятно, были ли предприняты усилия для уменьшения эффекта ухудшения коррозионной стойкости сталей.
2. Не описано как получены образцы для ПЭМ анализа на рисунке 12. Это FIB или что?
3. Появление трещин на поверхности на образцах на рис 15 объясняется формированием интерметаллических фаз железа и титана. Возможна и другая причина. На поверхность стали наносился слой титана и затем он перемещивался плавлением электронным пучком, при этом металл после расплавления быстро застывал, как бы локально закаливаясь. Большой градиент температур мог быть причиной растрескивания верхнего слоя металла.
4. Я не вижу явных признаков улучшения адгезии при использовании титанового подслоя. Мелкие трещины по краям ямки от индентора на рис 15 не есть следствие отслоения покрытия от подложки, а следствие растрескивания хрупкого покрытия на бруствере ямки. Такие же мелкие трещины можно видеть и на образцах с титановым подслоем.
5. Шестой пункт выводов не обоснован в тексте автореферата. В тексте не приведено никаких данных об улучшении трибологических, коррозионных свойств покрытия на нержавеющей стали, а также улучшения стерилизационных свойств стали с покрытием, нанесенным на подслой титана, по сравнению с этими характеристиками, полученными с покрытием без подслоя титана. Сравнение сделано только для стали без алмазоподобного покрытия. То есть вывод о положительной роли титанового подслоя ни на чем не обоснован.

В целом считаю, что диссертационная работа Гренадёрва Александра Сергеевича «Углеродные покрытия с кремнием и кислородом: структура, свойства, применение» полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к работам на соискание ученой степени доктора наук (Положением о присуждении ученых степеней от 24.09.2013 (в редакции от 11.09.2021 г.) п.п. II.9-11), а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния».

Я, Писарев Александр Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

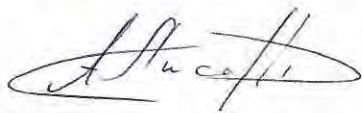
Профессор кафедры «Физика плазмы», заведующий лабораторией «Взаимодействие плазмы с поверхностью и плазменные технологии»

Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»

(115409, г. Москва, Каширское шоссе 31; 8 (905) 722-62-01, aapisarev@mephi.ru),

доктор физико-математических наук

(01.04.08 – Физика плазмы и 01.04.07 – Физика конденсированного состояния)



Писарев Александр Александрович

«30» мая 2023 г.

Подпись А.А. Писарева удостоверяю.



Подпись удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ

В. М. Самородова