

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Жаркова Станислава Юрьевича «Повышение износостойкости меди при трении в атмосфере инертного газа методами ионной имплантации и нанесения покрытий», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 Физика конденсированного состояния.

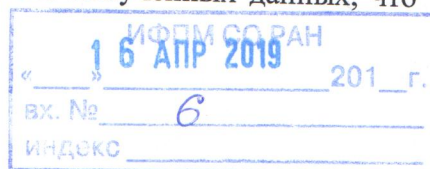
Повышение ресурса деталей космических аппаратов, безусловно, является актуальной задачей для обеспечения их надежной эксплуатации. Это связано, как с важностью получаемых с помощью космических аппаратов данных, так и с высокой стоимостью замены вышедших из строя космических аппаратов, поскольку проведение ремонта в космосе является трудновыполнимой задачей.

В связи с этим работа С.Ю. Жаркова, посвященная повышению износостойкости токопроводящих пар трения на основе системы Cu-Mo-S является актуальной и своевременной. Для повышения износостойкости автором предложено упрочнять медный сплав методом ионного облучения азотом с последующим магнетронным нанесением покрытия на основе Cu-Mo-S.

В работе получены интересные оригинальные и важные результаты, в частности, следующие:

1. Показано существенное повышение износостойкости (в ~4,5 раза) в условиях сухого трения в атмосфере аргона и микротвердости в (~ 3 раза) меди после облучения ионами азота при значении флюенса в области $9 \cdot 10^{17}$ ион/см². Исследование структуры позволило связать этот эффект с измельчением зёрновой структуры поверхностного слоя, а также с образованием дисперсно-упрочняющих нанокристаллитов CuN₃, повышением плотности дислокаций и образованием наноразмерных пор.
2. С целью улучшения триботехнических свойств автор с помощью магнетронного распыления нанес на медную поверхность после ионного облучения покрытие на основе системы Cu-Mo-S, что привело к повышению износостойкости в 330 раз.
3. Выявлена стадийность процесса износа и показано, что при определенном пробеге происходит резкое увеличение массового износа. Автор показал, что это связано с уменьшением толщины поверхностной пленки переноса.

Работа выполнена на хорошем методическом уровне с использованием современных методов исследования и последующим анализом полученных данных, что



является гарантией качественной трактовки результатов исследования и достоверности основанных на них выводов.

Замечания:

1. К сожалению, в автореферате не отмечено, достаточен ли для предполагаемого применения в космических аппаратах в условиях открытого космоса ресурс полученного покрытия и значение электропроводности контактной пары.
2. В работе не изучено влияние низких температур и вакуума, поскольку моделирование безвоздушной среды проводилось только в атмосфере аргона, и не отмечены преимущества предлагаемой медной пары трения перед используемыми в настоящее время.

В целом, диссертация С.Ю. Жаркова по уровню и новизне результатов является законченной научной квалификационной работой и удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям. Её автор, Жарков Станислав Юрьевич, проявивший глубокое понимание проблемы, экспериментальное мастерство и умение анализировать полученные результаты, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 Физика конденсированного состояния.

Доктор технических наук, профессор,
Гл.н.с. лаб. №21 Института металлургии и
материаловедения им. А. А. Байкова РАН
Людмила Рафаиловна Ботвина
Адрес: 119334, Москва, Ленинский проспект, 49
Тел.: 8(499)135-96-83
e-mail: lbotvina@imet.ac.ru

Ботвина 8.04.2019

Кандидат технических наук,
Зав. лаб. лаб. №21 Института металлургии и
материаловедения им. А. А. Байкова РАН
Тютин Марат Равилевич
Адрес: 119334, Москва, Ленинский проспект, 49
Тел.: 8(499)135-96-83
e-mail: mtyutin@imet.ac.ru

Тютин

Подписи Л.Р. Ботвиной и М.Р. Тютин заверяю
Ученый секретарь ИМЕТ РАН

Согласна на обработку персональных данных
Согласен на обработку персональных данных



О.Н. Фомина
Л.Р. Ботвина
М.Р. Тютин