

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Павлова Юрия Сергеевича «Исследование состава, структуры и свойств магнетронных твёрдосмазочных покрытий TiN-Pb», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Твёрдосмазочные покрытия (ТСП), используемые в настоящее время в основном в авиационной отрасли, где у них нет альтернативы, безусловно будут всё шире использоваться и в других отраслях промышленности по мере улучшения их характеристик и совершенствования технологии их создания. Поэтому диссертация Павлова Юрия Сергеевича, посвящённая разработке процесса магнетронного нанесения многослойных покрытий, содержащих свинец в качестве материала для твёрдой смазки, а также исследованию структуры, фазового состава и свойств формируемых ТСП, безусловно является актуальной, решающей важную задачу разработки и создания новых композиционных ТСП, которые позволят значительно продлить срок службы материалов и изделий, работающих в экстремальных условиях окружающей среды.

К наиболее важным результатам диссертационной работы, определяющим её научную новизну и практическую значимость, можно отнести то, что:

- установлены закономерности формирования структуры, фазового состава, и, соответственно, механических и трибологических свойств многослойных TiN-Pb покрытий, синтезируемых при магнетронном распылении Ti и Pb мишеней на подложках из нержавеющей стали и титановом сплаве, что позволило оптимизировать режимы напыления и свойства ТСП;
- разработан способ и технологические решения создания ТСП, оборудование для реализации предложенного способа, а также создано ТСП типа TiN-Pb с уменьшенным коэффициентом трения и, соответственно, с повышенной износостойкостью.

Достоверность основных результатов и выводов не вызывает сомнений и подтверждается практической реализацией научных положений.

Материалы диссертации представлены как на российских, так и на международных конференциях и опубликованы в научной периодике.

Результаты работы, на мой взгляд, будут востребованы при создании современной авиакосмической техники.

В качестве замечаний, судя по автореферату, можно отнести следующие:

1. К сожалению, в автореферате автор не указывает температуру подложки при которой происходил процесс формирования на ней функциональных слоёв. Особенно это важно при анализе влияния азотирования подложки на свойства создаваемых слоёв, т.к. температура и время азотирования определяют формирование и свойства таких диффузионных слоёв.
2. На стр. 12 и 13, где идёт речь о влиянии материала подложек на толщину Ti-Pb и TiN-Pb покрытий сказано, что «при одинаковых токах обоих катодов во всех экспериментах...»... «самые тонкие покрытия формируются на Mo подложке». Этот вывод сделан на основании анализа дифрактограмм «по интенсивностям отражений от подложек». На мой взгляд, такой вывод недостаточно обоснован и сам результат представляется спорным. Возможно это толщина модифицированного слоя, а не собственно покрытия?
3. На стр. 14 автореферата сделана ссылка на рис. 27а, в, которого в автореферате нет.
4. Там же ниже сказано: «...при нанесении со-распылением на долю Pb в составе покрытия TiN-Pb основное влияние оказывает ток свинцового катода, давление

рабочего и реакционного газов и параметры работы ионного источника». Этот вывод, особенно без указания конкретных параметров, на мой взгляд, очевиден. А что же ещё может оказывать основное влияние?

Указанные замечания не носят принципиального характера и не меняют общую положительную оценку работы.

Считаю, что по актуальности, научной новизне полученных результатов и сформулированных выводов, а также их практической значимости диссертационная работа Павлова Юрия Сергеевича соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы.

Главный научный сотрудник лаборатории плазменной эмиссионной электроники Федерального бюджетного учреждения науки Института сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭ СО РАН), доктор технических наук по специальности 05.27.02 – вакуумная и плазменная электроника, профессор по кафедре физики плазмы



Николай Николаевич Коваль

30 ноября 2022 г.

Адрес: 634055, г. Томск, пр. Академический 2/3 ИСЭ СО РАН

Тел. (3822)492792, e-mail: [koval@hcei.tsc.ru](mailto:koval@hcei.tsc.ru)

На обработку персональных данных согласен:

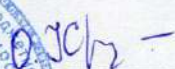


Коваль Н.Н.

Подпись Н.Н. Ковалья удостоверяю

Учёный секретарь ИСЭ СО РАН, к.т.н.



 Ольга Васильевна Крысина