

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сергеевича Виктора Сергеевича «Разработка наноструктурных износостойких покрытий Ti-Al-Mo-N и Ti-Al-Mo-Ni-N, адаптируемых к меняющимся условиям трения», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 — Материаловедение

В трибологических узлах машин и механизмов могут протекать различные механизмы изнашивания. Например, в центробежных насосах, работающих в абразивосодержащих, коррозионно-активных средах, абразивный износ может переходить в гидроабразивный при определенных условиях, что предполагает различные требования к материалам пар трения в том и другом случае. Создание высокотвердых износостойких покрытий с комплексом свойств, адаптируемых к механизму изнашивания, является одним из приоритетных научных направлений. В настоящее время с целью достижения требуемых физико-механических и трибологических свойств таких покрытий активно ведутся работы по разработке сложных композиций и архитектурного строения осаждаемых конденсатов. С учётом этого диссертационная работа Сергеевича В.С. по разработке адаптивных к меняющимся условиям трения покрытий является актуальной.

Решение поставленных в диссертационной работе цели и задач обуславливает необходимость исследования закономерностей формирования структуры и состава разрабатываемых покрытий, а также изучения взаимосвязей между ними и свойствами, определяющими их функциональный отклик в меняющихся условиях внешнего воздействия, что достаточно полно и сделано автором. В ходе выполнения данной диссертационной работы получены новые знания о структуро- и фазообразовании в системах Ti-Al-Mo-N и Ti-Al-Mo-Ni-N при формировании покрытий методом ионноплазменного вакуумно-дугового осаждения; изучено влияние изменения фазового состава и структуры покрытий на их свойства; показано, что модифицирование покрытия Ti-Al-Mo-N никелем, мало растворимом в нитридах титана и молибдена, увеличивает его твёрдость с 38 до 45 ГПа за счёт измельчения размера зерна керамической фазы покрытия с 30 нм до 12 нм при сохранении высокой вязкости разрушения (относительная работа пластического деформирования  $W_p \sim 60$  и  $70\%$ ), при этом значительно снижаются значения макронапряжений, могущих оказать отрицательное влияние на адгезионную прочность покрытия с субстратом; представлена математическая модель формирования слоистой архитектуры покрытий исследуемых систем и показана ее адекватность при сравнении экспериментально определенных и расчетных параметров структуры. Автором работы отработаны режимы нанесения покрытий заданного состава и структуры, на которые получены патент и ноу-хау, разработаны технические условия на твердосплавные пластины с износостойкими покрытиями и технологическая документация на процессы их получения, осуществлено опробование разработанных износостойких покрытий для работы при различных видах изнашивания. Указанное выше является подтверждением наличия в рассматриваемой диссертационной работе как научной новизны, так и потенциала для практической реализации полученных результатов. Согласно перечню и

описанию исследовательских методик, представленных в автореферате, Сергеев В.С. использовал для изучения состава, структуры, свойств разработанных покрытий современное оборудование, что подтверждает достоверность полученных результатов и обоснованность сделанных выводов. Они широко представлены в опубликованных им в соавторстве статьях в отечественных и зарубежных изданиях и докладах на тематических международных конференциях.

Замечания:

1. Автором использован неудачный термин «стойкостные испытания» при описании структуры экспериментальных работ. Необходимо указать стандарт или раскрыть содержание.
2. Автором исследованы два типа покрытий Ti-Al-Mo-N и Ti-Al-Mo-Ni-N. Из реферата работы неясны сфера применения в трибосопряжениях одного и другого, принципиальные различия между этими типами покрытий.

Указанные замечания не затрагивают основных положений рецензируемой работы и не сказываются на её общей положительной оценке. Считаю, что диссертационная работа Сергеевича Виктора Сергеевича отвечает всем требованиям ВАК РФ и «Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ "МИСиС"», предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение, а ее автор, Сергеевич Виктор Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной выше специальности.

Вед. н.с. ИМАШ РАН, к.т.н.,  
Лауреат премии Правительства в  
области науки и техники

*Смирнов* — Н.И.Смирнов

Подпись Смирнова Н.И. подтверждаю



recog. of *Salix*  
*capitata* Dupr.