

## ОТЗЫВ

на автореферат кандидатской диссертации Купцова К. А. «Разработка твердых износостойких наноструктурированных покрытий Ti-Cr-Si-C-N и Ti-Al-Si-C-N с высокой термической стабильностью и жаростойкостью»

Создание нанокompозитных покрытий с высокими прочностными, трибологическими и др. физико-химическими свойствами является наиболее перспективным направлением разработки защитных пленок и покрытий конструкционного и инструментального назначения. Интересные новые возможности при этом возникают с использованием многоэлементных композиций таких покрытий с достижением, наряду с высокой твердостью, низких значений коэффициента трения, высокой термической стабильности, сопротивления усталостному разрушению и др.

В этой связи, безусловно, актуальна тематика исследований с хорошими перспективами прикладного применения, разрабатываемая в диссертации Купцова К. А.. В работе с широким использованием современных методов анализа элементного состава, фазово-структурных состояний, их термической стабильности, механических (твердость, модуль упругости, упругое последствие) и трибологических свойств выполнено исследование разработанных диссертантом новых нанокompозитных покрытий систем Ti-Cr-Si-C-N, Ti-Al-Si-C-N.

Отметим наиболее интересные, имеющие важное научно-прикладное значения результаты диссертации. Прежде всего, вполне обоснованным для успешного решения задач исследований является выбор элементного состава покрытий с использованием СВС мишеней для введения в их состав таких элементов как Si, C. Диссертантом выполнена достаточно тонкая и полная структурная аттестация созданных покрытий. Особо отметим найденные состав и толщину аморфных прослоек на основе Si-C-N столбчатой кристаллической структуры покрытий Ti-Al-Si-C-N и наличие избыточного углерода в аналогичной зернограницной аморфной фазе с равноосными нанокристаллами (TiCr) (CN) в покрытиях Ti-Cr-Si-C-N.

Безусловным достоинством работы является выполненный цикл исследований, необходимый для обоснования перспективности использования полученных композиций в качестве защитных покрытий металлообрабатывающего инструмента. Показана их высокая жаростойкость, термическая стабильность, сопротивления усталости при ударно-динамических нагрузках и кратное повышение эксплуатационных характеристик при интенсивных условиях испытаний.

Одним из важнейших достижений диссертанта является обнаружение возможно за счет легирования углеродом, исключение хрупкости и повышение трещиностойкости покрытий при высокой твердости ( $H_v \geq 40$  ГПа).

Отметим также результаты весьма тонких исследований изменения фазово-структурного состояния покрытий при отжиге, в том числе анализа межатомных связей в аморфной фазе.

Эти, как и в целом, результаты структурных изучения покрытий свидетельствуют о высоком профессионализме диссертанта в области фундаментальных материаловедческих исследований.

В качестве замечаний отметим:

1. При анализе элементного и фазового состава отсутствуют данные о наличии и влиянии кислорода. С нашей точки зрения, при использовании СВС мишеней его нельзя исключить в полученных покрытиях.
2. Остается неясным отсутствие в аморфной фазе состава Si-C-N титана, составляющего элементную основу покрытий.

Указанные замечания имеют частный характер и не затрагивают основного содержания диссертации, обладающего безусловной новизной, достоверностью и хорошими перспективами применения в технике.

По уровню выполненных исследований, их научно-прикладной значимости, новизне полученных выводов диссертация Купцова К. А. без сомнения удовлетворяет требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.06 – порошковая металлургия и композиционные материалы.

Доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры физики металлов  
Национального исследовательского  
Томского государственного университета  
(ФГАОУ ВО НИ ТГУ)



Коротаев Александр Дмитриевич

634050, Томск, пр. Ленина 36  
[korotaev@phys.tsu.ru](mailto:korotaev@phys.tsu.ru)  
ntk 7(382) 2 530394  
5.10.2015 г.



*Д. А. Коротаев*  
Зам. Нач.  
УД  
Б. УДАЛОВА