

ОТЗЫВ

отечественного научного консультанта на диссертационную работу **Бахытулы Наурызбека на тему «Изучение формирования структуры и свойств износостойких покрытий карбонитрида титана при легировании их различными элементами»,**

представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071000 – Материаловедение и технология новых материалов

Диссертационная работа Бахытулы Наурызбека посвящена проблемам осаждения и формирования износостойких покрытий на основе карбонитрида титана (TiCN) методом реактивного магнетронного распыления, которая выполнена в АО «Института металлургии и обогащения» в рамках научно-исследовательского проекта AP08857049 – Разработка износостойких, многофункциональных, композиционных покрытий карбонитрида титана на 2020-2022 гг. В результате выполненных работ были изучены формирования структуры и свойств износостойких покрытий TiCN при легировании их различными элементами, сформированных на стальной и титановой подложке при различных режимах реактивного магнетронного распыления (MP). Целью работы является изучение влияния режимов реактивного магнетронного распыления композиционных мишеней Ti/(Cr; Zr; Al; Ta) на формирование свойств покрытий карбонитрида титана на подложках из стали марок AISI 304 и титана VT1-0. Задачи диссертационной работы были сосредоточены на разработке состава и повышении таких свойств покрытий, как нанотвердость поверхности и износостойкость.

Сейчас в области фундаментальных и прикладных исследований отмечается возрастающий интерес к созданию твердых защитных покрытий для увеличения срока службы инструментов или деталей, узлов, механизмов машин и оборудовании. Избежать или свести к минимуму вероятность отказа узлов трения машин и элементов оборудовании возможно путем применения и развития метода магнетронного распыления. Однако проблема повышения износостойкости покрытий на основе TiCN связана с недостатком систематических сведений о влиянии условий осаждения и легирующих элементов на структуру, фазовый и химический состав, трибологические свойства формирующегося слоя. Следовательно, определение связи между условиями осаждения и трибологическими, механическими свойствами осажденных покрытий является актуальным и открывает новые возможности для нанесения легированных покрытий TiCN с заданными свойствами. Для трибологических применений представляют интерес такие свойства, как твердость, износостойкость, низкий коэффициент трения и химическая инертность.

В диссертационной работе Бахытулы Н. исследовал влияние условия осаждения MP и легирующих элементов Cr; Zr; Al; Ta на механические и

трибологические свойства покрытий из карбонитрида титана. Соискателем достигнуто повышения износостойкости осажденных покрытий и апробирование их при натуральных испытаниях на поверхности колец упорных подшипников.

Диссертация состоит из четырех разделов с обсуждением, анализом и обоснованием исследовательских результатов. Раскрыто текущее современное состояние научного направления, описаны использованные в работе материалы и методы.

Первый раздел представленной работы посвящен анализу современного состояния решаемой научно-технологической проблемы в области исследования износостойких покрытий TiCN, методы их получения, структура и свойства.

Во втором разделе представлены материалы и методы исследования покрытий на основе TiCN. Подробно приведена подготовка подложек к напылению, оборудование и экспериментальные режимы, также описаны методики исследования морфологии и топографии поверхности, элементного и фазового состава, механических и трибологических свойств.

В третьем разделе описываются результаты отработки технологических режимов и устанавливается оптимальный параметр осаждения покрытий TiCN. В результате осуществлен выбор оптимального режима получения покрытий методом МР для дальнейшего легирования.

В четвертом разделе диссертации исследованы и сопоставлены структуры и свойств покрытий TiCN, TiCrCN, TiZrCN, TiAlCN и TiTaCN. Основной акцент поставлен на легирование покрытий TiCN в установленном оптимальном режиме МР композиционных мишеней Ti/(Cr; Zr; Al; Ta). Легирование Cr и Zr покрытия TiCN приводило к повышению износостойкости за счет нанотвердости и низкого коэффициента трения.

В целом, диссертационная работа Бахытулы Н. является законченным исследовательским трудом, в которой достигнуто конечная цель и решены поставленные задачи. Работа имеет научную новизну и практическую значимость. Согласно поставленным целям и задачам, можно сказать, что в диссертационной работе сделаны качественные обоснованные выводы, достоверность которых доказана применением современных высокоточных физико-химических методов анализа и исследований.

В процессе выполнения работы Бахытулы Наурызбек показал себя квалифицированным специалистом и целеустремленным исследователем. Его отзывчивость, трудоспособность и упорство позволило решить поставленные перед ним задачи. Он умеет работать в команде и пользуется уважением среди коллег.

По результатам исследования докторантом опубликована 6 научных работ, включая 2 статей в журналах, индексируемых в базе данных Web of Science и Scopus, 2 статей в изданиях, рекомендованных КОКСОН МОН РК, 1 статью в зарубежном журнале, 1 доклад в сборниках международных конференций.

