

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Коновалова Егора Павловича «Фазовые и структурные превращения на поверхности нитридных покрытий инструментов для высокоскоростного сухого резания», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Актуальность выбранной темы

Актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью изучения физико-химических процессов, происходящих между заготовкой и инструментом с защитным износостойким покрытием в зоне контакта при резании в условиях экстремальных механических и тепловых нагрузок и разработке на их основе новых адаптирующихся покрытий, улучшающих режущие свойства инструмента за счет появления термобарьерных пленок с низкими коэффициентами трения. Следует отметить, что существует достаточно много работ, посвященных различным вариантам улучшения качества защитных покрытий, пригодность которых должна окончательно оцениваться при испытаниях изделий или образцов в условиях, максимально приближенных к реальным условиям работы. При этом качество износостойких покрытий должно максимально обеспечивать его высокую надежность. Предполагается, что качественные показатели должны удовлетворять эксплуатационным параметрам по адгезионной и когезионной прочности покрытий, числу и распределению несплошностей, уровню остаточных напряжений и ряду других. Однако, существует сложность в нахождении сопоставлений в контексте определения конкретных условий, при которых каждое из покрытий может проявить свою эффективность. Наблюдается нехватка исследований, касающихся взаимосвязи между такими параметрами, как коэффициенты трения, уровнем тепловыделения, интенсивностью взаимодействия. Учитывая вышеизложенное, актуальность темы диссертации Коновалова Е.П. сомнений не вызывает.

Целью диссертационной работы Коновалова Е.П. является выявление взаимосвязи химического и фазового состава с физическими и тепловыми свойствами защитных покрытий на инструментах под влиянием экстремальных воздействий в условиях сухого высокоскоростного резания. Достоверность и новизна результатов работы подтверждается использованием апробированных и научно-обоснованных методик обработки и анализа данных, результатами опытной валидации и верификации полученных теоретических результатов. Личный вклад автора в основные результаты, выносимые на защиту, является определяющим. Коновалов Е.П. самостоятельно получил все результаты

экспериментальных и теоретических исследований, приведенные в данной работе. Автор принимал непосредственное участие в разработке экспериментов, обработке экспериментальных данных, обсуждении результатов и написании статей.

Научной новизной являются разработанные новые составы и структуры многослойных покрытий из сплавов на основе неравновесных сложных нитридов в том числе из сплава на основе высокоэнтропийного нитрида (AlCrZrTiTa)N, формирующих при эксплуатации на своей поверхности защитные трибоструктуры; показано, что в условиях локализованных мегапластических деформаций наблюдаются осцилляции квазиравновесных фазово-структурных состояний в ходе накопления дефектов кристаллического строения, а процесс формирования пленок трибооксидов на поверхности покрытий при трении и износе в условиях воздушной среды и динамической кристаллизации и аморфизации на различных этапах износа можно представить как самоорганизацию в крайне неравновесных термодинамических условиях; определены уникальные физические свойства аморфно-нанокристаллических пленок трибооксидов на основе Al_2O_3 и SiO_2 , радикально повышающих эксплуатационные свойства режущего инструмента.

Практическая значимость работы заключается в предпосылках разработки и апробации в лабораторных условиях нового класса износостойких покрытий для высокоэффективного режущего инструмента, работающего в экстремальных условиях резания.

Диссертация изложена на 139 страницах машинописного текста. Она включает введение, 9 глав, заключение, список использованной литературы, содержащий 135 позиций, а также 56 рисунков и 4 таблицы. Оформление диссертации соответствует установленным требованиям.

Детальное рассмотрение диссертационной работы позволяет выявить, что оригинальность и новизна предложенной и проверенной на опыте идеи состоит в том, что возникновение пленок трибооксидов, возникающих при окислении защитных покрытий предложенных автором составов, изменяет теплофизические условия в зоне резания и локализует объём области фазовой и структурной перестройки, что соответствует признакам адаптации материала с позиций термодинамики неравновесных процессов.

Общие выводы по работе достаточно обоснованно отражают содержание диссертации. Достоверность результатов и выводов, полученных Коноваловым Е.П., обеспечена тем, что предложенная автором идея и выполненные по ее разработке исследования нашли подтверждения на практике в процессе производственных испытаний.

По теме диссертации автором опубликовано 13 печатных работ, в том числе 9 статей в рецензируемых международных и российских научных изданиях, входящих в список ВАК, Web of Science и Scopus. Логически завершенные разделы работы докладывались на 4 международных конференциях, проходивших в период с 2022 по 2024 год. Таким образом, материалы диссертации опубликованы достаточно полно.

Замечания по работе.

Наряду с несомненными достоинствами в адрес работы можно высказать ряд замечаний, которые, однако, в основном не затрагивают научную ценность, проведенного Коноваловым Е.П. исследования.

1. Следует отметить, что указанная в названии работы высокоскоростная обработка – это не просто резание с высокой скоростью, а методология обработки, предполагающая чрезвычайно быстрые, но легкие режимы резания с низким давлением, при которых основная масса тепла концентрируется в стружке, не успевая переходить в заготовку, при этом достигается общее увеличение скорости удаления материала. При описании экспериментов по резанию автор обращает внимание исключительно на скорость резания, нигде не указывая значений других факторов, в частности, глубины резания, подачи, периода стойкости, в связи с чем не ясно была ли рассматриваемая в диссертации металлообработка действительно высокоскоростной?
2. Не проведен анализ степени разработанности рассматриваемой автором темы.
3. Фотографии инструмента на рис. 2.1 не информативны. Нет описания геометрии режущего инструмента, инструментального материала, также не описано станочное оборудование, способы закрепления заготовок, их состав и механические свойства, режимы резания.
4. Оптимизация сетки элементов расчета теплопроводности вблизи зоны резания сделана без учета геометрии режущего инструмента, в частности не учитывается радиус округления режущей кромки.
5. При проведении квантово-химических расчетов не учитывается, что рассматриваемые нитридные и оксидные фазы являются нестехиометрическими, в частности, было бы интересно узнать, как влияет степень нестехиометричности на организацию электронной структуры соединений.
6. В экспериментах по изнашиванию фрез покрытиями не задан критерий износа, не приведено расчетов, связывающих режим резания и указанную температуру 900-1000 °С у режущей кромки, которую твердый сплав, как правило, не держит. Не приведены аналитические зависимости параметров изнашивания инструмента от режимов резания, позволяющих определить их оптимальные значения.

7. Не приведены фотоэлектронные спектры исходных покрытий до изнашивания, поэтому не ясно, присутствуют ли в них оксидные фазы и адсорбированный кислород.
8. Вызывает сомнения точность измерения температуры в зоне резания оптическим пирометром, к тому же не приведена методика проведения измерений.
9. Кроме того, в диссертации имеется ряд неточностей. Например:
стр. 16, 13 строка, похоже, что надо писать мкм вместо нм,
стр. 37, «травление проводилось при давлении $\text{Ar } 10^{-5} \text{ Па}$ ». Наверное, это все же остаточное давление в камере перед напуском рабочего газа,
стр. 46, на иллюстрациях толщина стружки будет всегда больше глубины резания (за исключением титана) за счет усадки,
стр. 62, станок Nakamura SC450 – это токарно-фрезерный обрабатывающий центр,
стр. 65, износ не покрытия, а инструмента с покрытием,
стр. 72, износ по передней поверхности далеко не всегда выше, чем по задней. Это зависит от факторов резания.
стр. 96 рисунок 7.9 не понятен.

Заключение

Диссертационная работа, представленная Коноваловым Е.П., является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научно-техническом уровне, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические проблемы и решена важная в научном и перспективная в практическом отношении актуальная научно-техническая задача, заключающаяся в разработке концепции легирования и выбора состава нового класса наноламинатных адаптирующихся ионно-плазменных покрытий из сплавов на основе неравновесных сложных нитридов с поливалентными элементами.

Коновалов Е.П. внес основной вклад в диссертационную работу. Результаты, полученные диссертантом, достоверны, являются новыми и имеют важное научное и практическое значение, выводы обоснованы. Автореферат диссертации соответствует ее содержанию. Диссертация соответствует пунктам 1, 2, 3 и 6 паспорта специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Все основные положения диссертации опубликованы в рецензируемых изданиях, в том числе внесенных в перечень ВАК.

По своей научной и практической значимости диссертация соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 года и является научно-

Автор диссертации Коновалов Егор Павлович заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Тел.: 8 (499) 972-95-61, 8 (916) 290-26-07; e-mail: sv.fedorov@icloud.com

02.09.2022.

Федоров Сергей Вольдемарович

Подпись руки Федорова С.В. удостоверяю

Директор ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

Дав. спец. Ральшикова К.В.

Наименование организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технологический университет "СТАНКИН"
Электронная почта: rector@stankin.ru, Телефон: (499) 973-30-66