

Отзыв

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

Повышение стойкости и ресурса работы режущего инструмента являются важными задачами для современного машиностроения. Износостойкие покрытия позволяют успешно решить эти проблемы. Несмотря на имеющиеся успехи в этой области активно продолжают поиски новых композиций и структуры покрытий на режущих инструментах. Традиционный научный подход основан на создании различных типов твердых и особо твердых структур. Их основным недостатком является низкая трещиностойкость и при резании они разрушаются в результате накопления повреждений. Как правило, такие покрытия работают при низких и средних скоростях резания до 350 – 450 м/мин в присутствии смазочно-охлаждающих жидкостей. Однако интенсификация металлообработки и обилие марок обрабатываемых металлов, сталей и сплавов диктуют необходимость поиска новых типов защитных покрытий. Требование защиты окружающей среды от производственных загрязнений является важной причиной снижения использования смазочно-охлаждающих жидкостей в металлообработке. По этим причинам в настоящее время активно разрабатываются износостойкие покрытия на режущих инструментах для высокоскоростного сухого резания. Настоящая диссертационная работа посвящена этой актуальной теме. Актуальность работы, направленной на улучшение функциональных свойств покрытий и изучение взаимосвязи химического и фазового состава с физическими и тепловыми свойствами защитных покрытий на инструментах под влиянием экстремальных воздействий в условиях сухого высокоскоростного резания, не подлежит сомнению.

Структура и объем работы, соответствуют всем необходимым требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. В работе использованы современные стандартные методики исследования анализа поверхности, проводились многократные повторы экспериментов, которые подтверждали воспроизводимость полученных результатов. В работе широко использовалось компьютерное моделирование электронной структуры, теплопередачи в зоне резания, многокомпонентной диффузии при исследовании формирования пленок оксидов. Полученные результаты хорошо коррелировали с экспериментальными, что также повысило достоверность полученных результатов и выводов. Сформулированные автором положения научной новизны, судя по полученным результатам, достаточно аргументированы.

Теоретическая и практическая значимость работы вполне достаточны для кандидатской диссертации и полностью обоснованы.

В данной работе исследованы тонкопленочные объекты со сложным фазовым и химическим составами. К ним относятся как многослойные нитридные покрытия с толщиной слоев порядка единиц и десятков нанометров, так и пленки трибооксидов, которые возникают при износе покрытий. Изучение таких объектов является сложной экспериментальной проблемой. В диссертационной работе Е.П. Коновалов сумел преодолеть эти трудности рациональным выбором тонких физических методов исследования. Исследование трансформации этих объектов методами электронной спектроскопии и микроскопии, как и 3D времяпролетной масс-спектропии позволило преодолеть эти трудности и получить новую и уникальную научную информацию. Было установлено, что при резании в экстремальных условиях работы входящие в состав покрытий поливалентные элементы формируют множество оксидов, часть из которых уносится из зоны резания, а часть остается в качестве термической и фрикционной защиты инструмента. Динамика изменения фазового состава трибооксидов на разных этапах резания от стадии

приработки до завершения стабильного износа представляет значительный научный интерес. Полученная научная информация позволяет развить положения нанотрибологии.

В диссертации разработаны новые составы и архитектура покрытий для режущих инструментов, работающих при экстремальных режимах металлообработки. Показано их преимущество над широко применяемыми зарубежными на основе AlTiN (фирмы Бальцерс). Это подтверждает высокую практическую значимость полученных результатов и открывает перспективу разработки новых покрытий с добавками поливалентных элементов, как и на основе высокоэнтропийных нитридов с такими компонентами.

Большой объем выполненных исследований, высокий теоретический уровень интерпретации полученных новых знаний в совокупности с рациональным применением компьютерных расчетов электронной структуры нитридов и трибооксидов, диффузии при окислении, теплопередачи на границе в паре износа отражают высокий научный уровень диссертации.

Результаты научной работы опубликованы в 13 печатных работах, в том числе 9 из них – в рецензируемых международных и российских научных изданиях, входящих в список ВАК, Web of Science и Scopus.

Вопросы и замечания по работе.

Важным достоинством этой работы является использование поверхностно-чувствительного метода рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии (РФЭС), позволяющего получать данные об элементном и химическом состоянии приповерхностной области с глубины не более 10 нм. Исследованные образцы являются сложными объектами с точки зрения состава и морфологии, и адекватная интерпретация их фотоэлектронных спектров является достаточно сложной задачей, которая может быть решена с различной степенью детализации в первом и более высоком приближении. Исходя из приведенных ниже замечаний, можно утверждать, что она была решена в первом приближении. Это следует из того что:

1. при подгонке спектров не были соблюдены необходимые условия, относящиеся к характеристическим отношениям $2p_{3/2}/2p_{1/2} = 2/1$, $3d_{5/2}/3d_{3/2} = 3/2$ и $4d_{5/2}/4d_{3/2} = 3/2$, (Рис. 10а, 11б,в,г).
2. На Рис. 10а ширины пиков с энергиями связи 454.0 и 459.2 эВ различаются в **пять** раз. При этом первый пик описан практически чистой функцией Гаусса, а второй – чистой Лоренца. Энергия связи 454.0 эВ соответствует состоянию Ti^0 , что вызывает вопрос о его происхождении в рассматриваемых условиях. Ни в автореферате, ни в диссертации его появление не обсуждается. На Рис. 10б в области энергий связи около 462 эВ явно проявляется еще один пик, но, почему-то он не рассматривается.
3. Почему-то обсуждается образование только оксинитрида хрома, а появление оксинитрида титана игнорируется. Также в текстах отсутствует четкое разграничение между такими понятиями как связь Cr-N, нитрид хрома и оксинитрид хрома – в фотоэлектронных спектрах им будут соответствовать различные энергии связи.
4. На Рис. 10в перепутаны обозначения AlN и Al_2O_3 – из него следует, что в случае Al связь Al-N приводит к большему химическому сдвигу, чем связь Al-O. Пик с энергией связи 117.9 не идентифицирован.
5. Химические сдвиги муллита относительно Al_2O_3 на этих рисунках противоположны. По-видимому, это является опечаткой.
6. Странным является отсутствие спектров N 1s, которые позволили бы получить важную информацию.

Однако, несмотря на эти замечания Е.П. Коновалову на основании данных РФЭС в сочетании с данными просвечивающей (ПЭМ), сканирующей (СЭМ) и оже-электронной (ОЭМ) микроскопий и времяпролетной масс-спектрометрии удалось выделить многообразие химических связей, образованных в результате трибохимических процессов, изменение морфологии приповерхностной области исследованных образцов и связать их с износостойкостью.

Заключение. Указанные замечания не преуменьшают значимость работы. В целом работа является актуальным и законченным научным исследованием, выполненным автором на высоком научно-методическом уровне, поэтому, считаю, что представленная диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Коновалов Егор Павлович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Старший научный сотрудник Института
элементоорганических соединений им.

Наумкин Александр Васильевич

А. Н. Несмеянова Российской академии наук, к.ф.-м.н.



«01» сентября 2025 г.

Я, Наумкин Александр Васильевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Адрес почтовый: 119334, Москва, ул. Вавилова, д. 28, стр. 1.

Тел.: +7 (499) 135-92-02

E-mail: larina@ineos.ac.ru

Подпись Наумкина А.В. удостоверяю:

УЧЁНЫЙ СЕКРЕТАРЬ ИНЭОС РАН
К. Х. Н. ГУЛАКОВА Е. Н.

