

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
им. А.А. Байкова
Российской академии наук
(ИМЕТ РАН)

119334, Москва, Ленинский пр., 49
Тел. (499) 135-20-60, 135-86-11; факс: 135-86-80
E-mail: imet@imet.ac.ru <http://www.imet.ac.ru>
ОКПО 02698772, ОГРН 1027700298702
ИНН/КПП 7736045483/773601001

23.12.2021 № 12202 -6215-952a/19

На № _____

УТВЕРЖДАЮ»
директор ИМЕТ РАН
чл.-корр. РАН

В.С. Комлев

« 23 » декабря 2021 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук
на диссертационную работу Чекаловой Елены Анатольевны

НАУЧНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ФОРМИРОВАНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛЕЙ ДИСКРЕТ-
НЫХ ДИФфуЗИОННЫХ ОКСИДНЫХ СЛОЕВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности
2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Диссертационная работа Елены Анатольевны Чекаловой посвящена решению актуальной научно-технической проблемы – повышению износостойкости и долговечности режущего инструмента.

Диссертант проанализировала методы, применяющиеся для повышения долговечности режущего инструмента, в том числе – за счет нанесения износостойких покрытий и поверхностного упрочнения, рассмотрела кинетику и механизм изнашивания режущего инструмента с износостойким покрытием. Она выявила, в качестве общего недостатка применяющихся сплошных износостойких покрытий, напряжения, возникающие на границе раздела «покрытие – основа» при их формировании и при термомеханическом нагружении контактных площадок инструмента. С учетом этого Е.А. Чекалова предложила и реализовала на практике теоретическую модель долговечности образца, обосновывающую формирование на поверхности материала режущего инструмента дискретного, островкового, поверхностного слоя. Он образован оксидной пленкой самого материала. Особенности разработанной модели является сопоставление деформации упругого растяжения сплошного и локального покрытия, учет модуля упругости и коэффициента Пуассона Участки дискретного покрытия характеризуются значительно большими значениями модуля упругости и меньшими значениями коэффициента Пуассона, чем материал металлической основы. Этим обеспечиваются

подвижность локальных зон с диффузионным покрытием в условиях деформационных изменений и снижение эффективного модуля упругости для композиции такого покрытия с основой, при сохранении прочности диффузионного сцепления с ней. Такой подход устраняет проблему недостаточной адгезии (присущую многим покрытиям) и позволяет создать условия для: - релаксации напряжений на поверхностях режущего инструмента; - торможения и остановки образовавшейся локальной трещины на границе раздела «основной металл/оксидный участок» с пониженным значением модуля упругости.

На основе указанного подхода диссертантка изучила физико-химические закономерности формирования дискретного диффузионного оксидного слоя на металлической подложке, разработала оборудование и технологию реализации этого процесса, критерии оценки долговечности материалов с диффузионным дискретным оксидным слоем. Технология основана на использовании газоразрядной установки. В привершинной области игольчатого анодного электрода создается униполярная положительная корона. Этот электрический разряд вызывает ионную активацию сжатого воздуха, происходит термодиффузионное насыщение локальных участков поверхности резцов атомами кислорода с формированием из окислов различного состава островков покрытия толщиной около 600 нм.

В процессе работы над указанной технологией Е.А. Чекалова провела математическое моделирование процесса формирования диффузионного дискретного оксидного слоя на поверхности материала, изучила влияние технологических факторов на этот процесс, исследовала физико-механические свойства материалов и режущие свойства инструментов с таким слоем, параметры резания. Показано, что пластины с локальным диффузионным оксидным покрытием с нестехиометрической структурой, полученные при оптимальном сочетании технологических параметров, изнашивались от 1,5 до 4 раз менее интенсивно, чем контрольные, без покрытия.

Научная новизна диссертационной работы, заключающаяся в описанном выше подходе несомненна. В том числе впервые разработаны: - физико-химическая модель формирования диффузионного дискретного оксидного слоя в зоне контакта металла с потоком образующейся холодной воздушной плазмы; физическая модель влияния дискретного и сплошного диффузионного оксидного слоя на долговечность и физико-механические свойства поверхностного слоя металлических материалов. Рассчитаны пороговый коэффициент активации коронного разряда для начала протекания процесса ионизации и электрические параметры стационарного процесса формирования оксидного слоя; установлена взаимосвязь между периодом стойкости режущего инструмента, средней температурой его режущей кромки и соответствующей им эффективной величиной молярной энергоемкости процесса износа.

Достоверность результатов также не подвергается сомнению, благодаря наличию и расчетных моделей и экспериментальных исследований с методологически обоснованным использованием широкого спектра необходимых методов исследований, с использованием современного научного оборудования, грамотной обработке результатов.

Работа имеет высокую практическую значимость. Её основной практический итог - разработанная технология формирования на поверхности режущего инструмента и деталей дискретных диффузионных оксидных слоев позволяет экономически значимо повышать износостойкость и долговечность режущего инструмента, что подтверждено приложенными

многочисленными актами сравнительных производственных испытаний разного рода режущих инструментов с новым видом покрытий и актами успешного внедрения новой технологии. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в области технологий машиностроения.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности «2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы», в том числе областям исследований:

- «Теоретические и экспериментальные исследования и физических и химических процессов нанесения покрытий в контролируемой среде и вакууме, разработка технологии и оборудования» (3);
- «Изучение структуры и свойств порошковых, композиционных полуфабрикатов и изделий, покрытий и модифицированных слоев на полуфабрикатах и изделиях, полученных методом порошковой металлургии или другими способами» (5).

По диссертации можно сделать некоторые замечания.

1. По оформлению диссертации: - формулы в тексте диссертации не имеют номеров,; некоторые таблицы, а также рисунки, состоящие из нескольких рисунков, разделены на две страницы (например, рис. 5.14, 5.21,), что несколько затрудняет восприятие материала.

2. Все литературные ссылочные данные в представленной работе – российские. Ссылки на работы зарубежных авторов по теме диссертации, в т.ч. патенты, отсутствуют.

3. На стр.131 есть опечатка; написано: «Молекулы кислорода внедряются в кристаллическую решетку металла и образуют твердые растворы и, тем самым, повышаются твердость и прочность поверхностного слоя инструментального материала». (Молекула O_2 не способна «внедриться» в кристаллическую решетку металла, и речь, очевидно, идет об ионах кислорода. На этой же странице, выше данного текста, упоминаются именно ионы кислорода).

4. Имеется неточность в элементах описания к взаимосвязанным рисункам 5.8 и 5.9. В том числе написано (стр. 191-192): «На рисунке 5.8 показана спектральная структура дискретного оксидного слоя титанового сплава». Однако спектры приведены на рис.5.9. И далее написано «...а результат химического анализа содержания элементов диффузионного дискретного оксидного слоя в образцах контрольный образец без покрытия – спектр 4) и (образец с диффузионным дискретным оксидным слоем – спектр 5) представлен на рисунке 5.9.». Однако содержание элементов, полученное при МРСА, приведено в таблице, входящей в состав рисунка 5.8. Кроме того, на изображении микроструктуры на рис.5.8, б, точки, в которых проводили МРСА помечены как Спектр 4 и Спектр 5, а в указанной таблице вместо Спектр 4 написано Спектр 1.

5. На стр. 206 приведен рисунок 5.21 с гистограммами, отражающими влияние модуля упругости на долговечность трех видов металлических материалов, при этом около осей ординат нет подписей. Соответственно, не ясно, какой параметр использовался для оценки долговечности. Ранее, на стр. 153 работы были указаны три параметра оценки надежности и долговечности (среднее значение стойкости; коэффициент вариации стойкости; интенсивность изнашивания). На рис.5.21 отражен какой-то из этих трех параметров?

Указанные замечания не снижают общей высокой оценки актуальной, научно и практически значимой диссертационной работы Е.А. Чекаловой. Представленная докторская диссертационная работа является законченным научным исследованием и свидетельствует о

высокой научной квалификации соискателя. Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию. Основные результаты изложены в монографии (2014 год), двух учебных пособиях; 33 статьях в журналах (профильных рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК; журналах, индексируемых в Scopus и Web of Science). Они доложены на многочисленных Российских и международных научных конференциях. Диссертанткой получено пять патентов на изобретения по тематике представленной работы.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению, диссертация соответствует «Критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней» согласно Положению о присуждении ученых степеней, утвержденному Постановлением Правительства РФ No 842 от 24.09.2013 г., её автор – Чекалова Елена Анатольевна-заслуживает присуждения ей искомой степени доктора технических наук по специальности 2.6.5 – Порошковая металлургия и композиционные материалы

Диссертация заслушана в ИМЕТ РАН на заседании Секции Учёного совета по металлургии и металлофизике, протокол №6/21 от 23.12. 2021 года. На заседании присутствовало 19 членов Секции из 25. Результаты голосования: «за» 19, против – нет, воздержавшихся - нет.

Зам. директора ИМЕТ РАН по науке,
И.о. Председателя секции Ученого
совета по металлургии
и металлофизике, д.т.н.



Банных И.О.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова
Российской академии наук (ИМЕТ РАН)
119334, Москва, Ленинский пр., 49
Тел. (499) 135-20-60, 135-86-11; факс: 135-86-80
E-mail: imet@imet.ac.ru; <http://www.imet.ac.ru>