

ОТЗЫВ

официального оппонента

заместителя начальника кафедры контроля качества и испытаний вооружения, военной и специальной техники Федерального государственного бюджетного военного образовательного учреждения высшего образования «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации кандидата технических наук АЛЕКСЕЕВА Константина Владимировича на диссертационную работу КОНДРАТЬЕВА Артема Витальевича на тему: "Совершенствование метода инструментального индентирования и программно-аппаратных средств контроля твердости металлических покрытий в микро- и нанометровых диапазонах", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий (отрасль наук – технические науки).

Актуальность темы диссертации

Научные исследования в различных областях знаний predetermined стремительный рост научно-технического прогресса и как следствие повышение конкуренции во всех сферах деятельности человечества. Для достижения конкурентного преимущества необходимо обладать более совершенными знаниями, технологиями, материалами. В последние годы развитие и применение нанотехнологий оказывает все большее влияние на промышленные отрасли, в которых применяются материалы со специальными свойствами. Одним из способов получения таких свойств является нанесение функциональных покрытий, толщина которых составляет от десятков нанометров до единиц микрометров.

Для контроля физико-механических свойств особо тонких покрытий, пленок и модифицированных слоев наибольшее распространение получил метод инструментального индентирования, который позволяет решать задачи измерения твердости и модуля упругости материалов в микро- и нанометровом диапазонах. Тем не менее, измерение в таких масштабах осложняется

№ 306-10
от 12.09.2017

спецификой упругопластической деформации материалов, допущениями в моделях расчета твердости и модуля упругости, а так же неидеальностью геометрии инденторов и особенностями метрологического обеспечения метода.

Определение твердости и модуля упругости по методу инструментального индентирования осложнено влиянием источников неопределенности результатов измерений, которые классифицируются на следующие категории:

- аппаратные, связанные непосредственно с измерительной установкой и ее калибровкой;
- методические, связанные с некоторыми допущениями в используемой методике расчета;
- источники, связанные с физико-механическими свойствами исследуемого материала и мешающими параметрами.

Частным источником неопределенности при определении твердости и модуля упругости является функция формы индентора.

Идеальные функции формы инденторов, применяемых в методе инструментального индентирования (алмазная пирамида Виккерса, Берковича) представляют собой зависимость площади сечения наконечника на расстоянии вдоль оси индентора. Однако при уменьшении расстояния от вершины индентора до единиц микрометров его форма начинает отклоняться от идеальной. Исходя из этого, исследование зависимости твердости и модуля упругости от функции формы индентора позволит исключить неопределенность результата измерения.

Поэтому тема диссертации, в которой решена научная задача по повышению точности и уменьшению неопределенности результатов измерения при контроле физико-механических свойств (твердость и модуль упругости) в микро- и нанодиапазонах, является актуальной.

Тема диссертации, направленность проведенных исследований и полученных результатов соответствует паспорту специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

(отрасль наук – технические науки) пункты №№ 1, 5, 6 паспорта специальности).

Научная новизна. Теоретическая и практическая значимость результатов исследований

На основе проведенных экспериментально-теоретических исследований автором получены следующие результаты, выносимые на защиту:

1. Учет реальной формы индентора косвенными методами в микро- и нанометровых диапазонах с использованием гомогенных и изотропных стандартных образцов позволяет уменьшить неопределенность результатов измерений физико-механических свойств металлических изделий и покрытий, вносимых геометрией индентора.

2. Введение в поверочную схему стандартных образцов свойств обеспечивает уменьшение неопределенности результатов измерений физико-механических свойств покрытий, тонких пленок и модифицированных слоев в микро- и нанометровом диапазоне.

Научная новизна представленной работы заключается в корректно разработанных теоретических положениях, на основании которых составлен алгоритм косвенной оценки функции формы индентора, позволяющий уменьшить неопределенность результатов измерения физико-механических свойств при микро- и нанометровых глубинах индентирования за счет уменьшения влияния неидеальности геометрии индентора при вершине. В теоретически и экспериментально обоснованном проекте внесения стандартных образцов свойств в Государственную поверочную схему для средств измерений по шкалам Мартенса и шкалам индентирования, позволяющего уменьшить неопределенность результатов измерений, накопленную в ходе передачи единицы твердости от первичного эталона к средствам измерений в микро- и нанометровом диапазоне.

Практическая значимость полученных результатов состоит в том, что на основании проведенных диссертационных исследований автор сформулировал

практические рекомендации по использованию результатов исследований, заключающиеся в применении алгоритма косвенной оценки функции формы индентора совместно с методикой калибровки твердомеров на стандартных образцах свойств, позволяющие повысить достоверность результатов измерений, что подтверждается внедрением разработанных методик в практике ООО «Константа» и учреждения науки «ИКЦ СЭКТ»

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность представленных научных положений выводов и рекомендаций представленной работы подтверждается их апробацией на конференциях различного уровня, отражением в научной печати.

Основные научные и практические результаты исследования докладывались и обсуждались на:

– III международной научно-технической конференции «Инновации на транспорте и в машиностроении» 14-15 апреля 2015 (НМСУ «Горный», г. Санкт-Петербург);

– IV международной научно-технической конференции «Инновации на транспорте и в машиностроении» 28-29 апреля 2016 (НМСУ «Горный», г. Санкт-Петербург);

– XXI Всероссийской конференции по неразрушающему контролю и технической диагностике 28 февраля – 02 марта 2017 (ЦВК «Экспоцентр», г. Москва).

Количество статей, в которых опубликованы основные научные результаты диссертационных исследований в рецензируемых изданиях, соответствует п.13 «Положению о присуждении ученых степеней».

Судя по срокам опубликования основных результатов диссертации можно сделать вывод, что они выполнены в приемлемые сроки и позволили ознакомить с ними научную общественность до защиты диссертации.

Достоверность результатов экспериментальных исследований обеспечивается применением апробированных методик экспериментальных исследований, применением поверенного и аттестованного экспериментального оборудования, корректной обработкой полученных результатов и их непротиворечивостью физическому смыслу исследуемых явлений.

Достоверность результатов теоретических исследований обеспечивается корректным выбором исходных данных, обоснованием основных допущений и ограничений. Подтверждением полученных результатов (расчетов) теоретических исследований результатами дополнительных тестовых экспериментальных испытаний.

Оценка содержания и завершенности диссертации

Диссертационная работа Кондратьева А.В. представлена на 130 листах текста (включая 61 рисунок, 10 таблиц, список литературы, приложений А и Б). Список использованной литературы содержит 66 наименований.

Работа состоит из введения, пяти глав и заключения.

Автореферат отражает основное содержание работы, достаточно информативен и оформлен в соответствии с требованиями к оформлению авторефератов, предъявляемых ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация, выполненная автором, содержит совокупность новых результатов и положений, имеет внутреннее единство. Для достижения поставленной цели сформулированы отдельные задачи исследования, которые решаются последовательно и полностью, формируя общую методологию исследований и выработки решений. Оригинальность представленных научно-технических решений свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Диссертация выполнена на высоком научном и техническом уровне, является завершенным научным трудом, в котором содержится решение научной задачи. Предложенные автором новые решения строго аргументированы и критически оценены по сравнению с известными решениями. Оформление диссертации

соответствует требованиям.

Таким образом, представленная автором диссертация является самостоятельным завершенным научно-квалифицированным трудом, в котором решена важная задача повышения точности измерения твердости покрытий в микро- и нанометровых диапазонах.

Работа выполнена аккуратно, изложена логично, грамотным языком. Диссертация хорошо оформлена, снабжена достаточным количеством иллюстраций.

Результаты диссертационных исследований могут быть использованы организациями, занимающимися разработкой и производством твердомеров, реализующих метод инструментального индентирования, а также организациями, занимающимися разработкой государственных стандартов при формировании государственных поверочных схем.

К сожалению, диссертационная работа не лишена недостатков:

1. Имеется некоторое количество опечаток в тексте диссертации и автореферате, а именно:

- объем диссертации указанный во введении 127 листов вместо 130, количество наименований используемой литературы – 67 вместо 66;

- список публикаций, приведенный в конце автореферата, отличается от указанного в описательной части автореферата и диссертации;

- на стр. 63 характеристики твердости испытуемого материала плавленого кварца указаны $H=9,5\pm 0,5$ ГПА, на стр.75 – $H=9,0\pm 0,5$ ГПА;

- в табл. 4 стр.66 среднеквадратичное отклонение (СКО) для модуля упругости указано 2,9, а в описательной части на стр. 67 – 3,9;

- в табл. 9 на стр.107 СКО для твердости указано 0,6, а в табл. 10 на стр. 118 – 0,5.

- в формуле (38) на стр. 91 в числителе параметр q вычитается сам из себя;

2. В разделе 1.3 приводится подробное описание существующих твердомеров, реализующих метод инструментального индентирования, с

описанием работы измерительных преобразователей, что не имеет большого значения для раскрытия темы диссертации.

4. Недостаточно полно раскрыта эффективность предложенной на страницах 92 – 94 методики расчета расширенной неопределенности результатов измерения.

5. На стр. 99 условия, при которых проводился эксперимент, указан в интервальной форме, что не позволяет оценить температурное влияние на образцы и индентор, причем температурный интервал указан с опечаткой: «...25 22+/-5 °С, и 50+/-10% соответственно».

6. В своей диссертации автор не показывает направление дальнейших исследований.

Указанные замечания не снижают качества диссертационной работы и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Заключение

Представленная диссертационная работа Кондратьева Артема Витальевича является актуальной, по содержанию и выводам представляет собой законченную научно-квалифицированную работу. Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается последовательностью изложения материала, непрерывностью основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов.

Научные положения, выводы и рекомендации являются обоснованными, их достоверность и новизна не вызывает сомнения.

Диссертационная работа соответствует критериям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней" (утверждено Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842; изменения, утвержденные Правительством Российской Федерации от 28 августа 2017 года № 1024), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор – Кондратьев А.В. заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Официальный оппонент заместитель начальника кафедры Контроля качества и испытаний вооружения и военной техники Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского (г. Санкт-Петербург) кандидат технических наук

 К.Алексеев

« 7 » сентября 2017 г.

Подпись официального оппонента заместителя начальника кафедры контроля качества и испытаний вооружения и военной техники Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского (г. Санкт-Петербург) кандидата технических наук АЛЕКСЕЕВА Константина Владимировича заверяю.

Начальник отдела кадров

Военно-космической академии имени А.Ф.Можайского

Г.Плотников

« 7 » сентября 2017 г.

