

ОТЗЫВ

Королева Сергея Петровича на диссертацию Васильева Александра Сергеевича «Метрологическое обеспечение измерений поверхностной плотности и массовой доли элементов в многослойных и многокомпонентных металлических покрытиях с применением метода рентгенофлуоресцентного анализа», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности:

2.2.10 «Метрология и метрологическое обеспечение»

На основании рассмотрения и анализа автореферата диссертации Васильева А.С. сделаны следующие выводы и заключения.

Диссертационная работа Васильева Александра Сергеевича направлена на развитие и совершенствование метрологического обеспечения измерений поверхностной плотности и массовой доли элементов в многослойных и многокомпонентных металлических покрытиях.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке двух физико-математических моделей, основанных на применении государственного первичного эталона единиц поверхностной плотности и массовой доли элементов ГЭТ 168-2015, реализующего рентгенофлуоресцентный метод анализа (РФА).

На основе результатов исследования моделей разработана методика измерения поверхностной плотности и массовой доли элементов покрытий методом РФА, которая обеспечивает измерение поверхностной плотности покрытия в диапазоне (0,1-60) г/м² с относительной расширенной неопределенностью (2,5-5,0) % для многослойных однокомпонентных покрытий и измерение массовой доли элементов в покрытии в диапазоне (1-100) % с относительной расширенной неопределенностью (5-15) % и поверхностной плотности покрытия в диапазоне (0,1-300) г/м² с относительной расширенной неопределенностью (2,5-5,0) % для однослойных многокомпонентных покрытий.

Показана метрологическая прослеживаемость к государственным первичным эталонам ГЭТ 176-2019 и ГЭТ 196-2023 в части обеспечения воспроизведения единицы массовой доли элементов в покрытиях, а также ГЭТ 2-2021 и ГЭТ 3-2020 в части обеспечения воспроизведения единицы поверхностной плотности в покрытиях с применением ГЭТ 168-2015.

Практическая значимость работы состоит в разработке с применением разработанной методики измерений и внедрении 22 новых типов стандартных образцов (СО), включая:

- 17 типов стандартных образцов поверхностной плотности двухслойных однокомпонентных покрытий, обеспечивающих передачу единицы поверхностной плотности покрытия в диапазоне (7 - 180) г/м² с относительной погрешностью $\pm 2,5$ % для верхнего слоя и $\pm 5,0$ % для нижнего слоя;

- 5 типов стандартных образцов поверхностной плотности и массовой доли элементов для однослойных многокомпонентных покрытий, обеспечивающих передачу единицы массовой доли элементов в покрытиях в диапазоне (1-100) % с относительной погрешностью $\pm (3-9)$ % и единицы поверхностной плотности покрытия в диапазоне (0,76-147) г/м² с относительной погрешностью $\pm 2,5$ %.



В настоящее время в научно-исследовательские институты, испытательные лаборатории, предприятия электротехнической промышленности поставлено 29 экземпляров стандартных образцов утвержденных типов: ГСО 11156-2018/ ГСО 11159-2018; ГСО 11650-2020; ГСО 11651-2020; ГСО 11653-2020; ГСО 11655-2020; ГСО 11657- 2020.

Актуальность и новизна избранной диссертантом темы не вызывает сомнений. Постановка темы обусловлена нарастающей востребованностью в стандартных образцах, предназначенных для воспроизведения и передачи единиц поверхностной плотности и массовой доли элементов в многослойных и многокомпонентных металлических покрытиях рентгенофлуоресцентным измерителям параметров покрытий.

На основе проведенных исследований актуализирована государственная поверочная схема для средств измерений поверхностной плотности и массовой доли элементов в покрытиях, в которую включена ветвь, предназначенная для метрологического обеспечения измерений метрологических характеристик многослойных и многокомпонентных металлических покрытий с применением современных измерителей, основанных на методе РФА.

Достоверность научных результатов, полученных в диссертационной работе, подтверждена положительными результатами сличений Государственного первичного эталона ГЭТ 168-2015 с эталонами других государств в рамках международных пилотных сличений по молярной доле платины в покрытии платина-никель на кремнии и дополнительных сличениях по толщине никелевого покрытия на стали.

Положения, выносимые на защиту, соответствуют основным научным результатам, полученным в ходе диссертационной работы. Не вызывает сомнений новизна полученных результатов, теоретическая и практическая значимость работы, личный вклад автора, апробация работы и её представление в публикациях.

Представленные в работе результаты исследования достоверны, выводы и рекомендации обоснованы.

По результатам рассмотрения автореферата имеются замечания

1. В приведенной на стр. 19 государственной поверочной схеме для средств измерений поверхностной плотности и массовой доли элементов в покрытиях во всех полях, за исключением поля, в котором указан государственный первичный эталон, в качестве точностной характеристики, указана относительная погрешность. В тоже время в автореферате в основном используется термин расширенная неопределенность и не показано соотношение этих двух взаимосвязанных точностных характеристик.

2. В автореферате на стр. 20 указано, что с использованием разработанных СО в ФИФ ОЕИ ежегодно проводится поверка более 100 СИ. Вероятно, это поверка проводится только УНИИМ и это следовало указать, поскольку количество средств измерений поверхностной плотности и массовой доли элементов в покрытиях на порядок больше.

Выводы и рекомендации

Указанные замечания не оказывают существенного влияния на общую положительную оценку диссертационного исследования.

Опубликованные работы, включая статьи в рецензируемых журналах, свидетельствуют о том, что представленная диссертационная работа отвечает требованиям Положения ВАК РФ о порядке присуждения учёных степеней.

Диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а её автор, Васильев Александр Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 «Метрология и метрологическое обеспечение».

Начальник Центральной метрологической
лаборатории_ПАО «НЛМК»



Королев Сергей Петрович

«22» 04 2025 г.

Почтовый адрес: 398040, г. Липецк, пл. Metallургов, д. 2
Телефон: +7(4742) 444 378, e-mail: korolev_sp@nlmk.com