



Метрологическая экспертиза технической документации, используемой при технологическом процессе покрытий, получаемых осаждением из вакуумно-дугового разряда

М.И. Янсаитова

аспирант Уфимского авиационного
технического университета;
Республика Башкортостан, г. Уфа

e-mail: milyausha.yansaitova@mail.ru

С.Р. Шехтман

д.т.н., профессор Уфимского авиационного
технического университета;
Республика Башкортостан, г. Уфа

Аннотация. В данной работе рассмотрена метрологическая экспертиза технической документации, используемых при технологическом процессе покрытий, получаемых осаждением из вакуумно-дугового разряда, которая позволяет повысить качество указанного технологического процесса. Также приведены контролируемые параметры и методы их определения.

Ключевые слова: метрологическая экспертиза, технологический процесс, техническая документация, покрытия, получаемые осаждением из вакуумно-дугового разряда, контролируемые параметры.

Метрологическая экспертиза (далее – МЭ) технической документации – это анализ и оценивание технических решений в части их метрологического обеспечения по выбору измеряемых параметров, установлению требований к точности измерений, выбору методов и средств измерений, их метрологическому обслуживанию [5].

МЭ технической документации осуществляется в соответствии с правилами и положениями, установленными:

- рекомендацией по межгосударственной стандартизации РМГ 63-2003;
- государственными стандартами ГСИ, ЕСТПП, ЕСКД, ЕСТД;
- отраслевыми стандартами;
- стандартами предприятия.

Основной целью МЭ является достижение эффективности метрологического обеспечения, выполнение общих и конкретных требований к метрологическому обеспечению наиболее рациональными методами и средствами [8].

Также МЭ решает следующие задачи:

- обеспечение достоверности и эффективности проводимого мониторинга (контроля и испытания) изделий на всех этапах жизненного цикла производства, в процессе их эксплуатации и ремонта;
- возможность проведения анализа и оценки правильности принятых технических решений по выбору нормируемых параметров, подлежащих измерению и контролю;
- установление норм точности и обеспечения методами и средствами измерений процесса разработки, изготовления, контроля и испытаний продукции;
- создание условий и методик выполнения измерений, обработки и представления результатов измерений в соответствии с положениями комплекса стандартов ГСИ и других нормативных документов по метрологическому обеспечению подготовки производства.

Задачи МЭ представлены в *табл. 1*.

Метрологической экспертизе подлежат техническая документация, в которой устанавливаются и приводятся нормы точности или содержатся сведения о методах и средствах измерения нормируемых параметров изделий [8].

Технологические документы, подлежащие МЭ:

- карты эскизов, маршрутная, операционная, технологического процесса, типового технологического процесса, типовой операции;
- технологическая инструкция;
- ведомость оснастки;
- спецификация технологических документов.

При технологическом процессе покрытий, получаемых осаждением из вакуумно-дугового разряда, контролируемые являются параметры, представленные в *табл. 2*, а далее рассмотрены методики исследований.

Расчет толщины покрытий производят по результатам измерения параметров лунки с помощью прибора *CSM Calotest*. Характеристики данного прибора представлены в табл. 3. Измерение параметров лунки и расчет толщины покрытия производят на приборе *CSM Scratchtest* [7].

Измерение шероховатости исходной поверхности и покрытий производят с помощью профилографа-профилометра Абрис-ПМ7 [7].

Действие прибора основано на ощупывании неровностей исследуемой поверхности алмазной иглой щупа и преобразовании возникающих при этом механических колебаний в изменения напряжения, пропорциональные этим колебаниям, которые усиливаются и обрабатываются системным блоком или персональным компьютером по специальной программе.

Таблица 1.

Задачи метрологической экспертизы

Основные задачи МЭ	Способы выполнения задач
Анализ полноты и четкости формулирования технических требований	Проверить корректность формулирования технических требований, исключив неоднозначность их толкований; технические требования выразить стандартизованными или общепринятыми терминами
Оценка оптимальности номенклатуры измеряемых параметров	Провести проверку достаточности или избыточности контролируемых параметров, возможности взаимоисключения, замены «качественных» параметров на «количественные». Определить параметры, которые можно не измерять, а ограничиться их индикацией или вообще не контролировать. Обеспечить соответствие номенклатуры измеряемых параметров и их норм требованиям действующих стандартов и НД, экономическую целесообразность выбранной номенклатуры измеряемых параметров
Оценка контролепригодности конструкции изделия при испытаниях, эксплуатации и ремонте	Обеспечить доступ ко всем точкам измерений и возможность использования для этого необходимых средств измерений. Проверить, установлены ли требования ко всем свойствам объекта, влияющим на погрешность измерений
Проверка использования стандартизованных и аттестованных МВИ	Использование нестандартизованных и неаттестованных методик выполнения измерений (далее – МВИ) недопустимо. При отсутствии указанных МВИ дать предложения для разработки и аттестации МВИ
Анализ полноты и правильности требований к средствам измерения (СИ), оценивание рациональности выбранных СИ	Обеспечить указание всех реквизитов и метрологических характеристик средств измерений в соответствии с ГОСТ 8.009-84 [2]; предусмотреть возможность замены средств измерений на более совершенные; исключить средства измерения, снятые с производства; обеспечить соответствие условий измерения условиям применения выбранных средств измерений; оценить трудоемкость и себестоимость измерительных операций; обеспечить требования техники безопасности
Проверка правильности выражения показателей точности	Исключить использование результатов измерений без показателей их точности; обеспечить соответствие формы выражения показателей точности измерений требованиям МИ 1317-2004 [4]
Анализ использования вычислительной техники в измерительных операциях	Оценить существенность методической составляющей погрешности измерений из-за несовершенства алгоритма вычислений
Проверка правильности употребления терминов, наименований, обозначений величин и применения их единиц	Не допускать использование терминов, наименований, обозначений величин и применение их единиц, не соответствующих РМГ 29-2013 [6], ГОСТ 8.417-2002 [3]

Таблица 2.

Контролируемые параметры технологического процесса покрытий, получаемых осаждением из вакуумно-дугового разряда

Параметры	Толщина, мкм	Шероховатость исходной поверхности, мкм	Шероховатость покрытий, мкм	Микро-твердость, МПа	Адгезия
Численные значения	10±2	≤0,63	0,63...1,25	20000...25000	Методом изгиба пластин (по методике ВИАМ)



Таблица 3.

Технические характеристики прибора CSM Calotest

Характеристика	Значение
Размеры рабочего стола, мм	80 × 80
Обороты вала, об./мин.	10...2990
Шары стандартного диаметра, мм	10; 20; 25,4; 30
Мощность электродвигателя, Вт	15
Диапазон измерения толщины покрытий, мкм	0,1...50
Точность измерений	1...5%

Прибор состоит из первичного преобразователя, адаптера питания, системного блока с отсчетным устройством, монитора, клавиатуры, печатающего устройства и соединительного кабеля.

Измерение параметров шероховатости поверхности производится по системе средней линии и диапазонам значений параметров, предусмотренным ГОСТ 2789-73 [1].

Характеристики данного прибора представлены в табл. 4.

Микротвердость покрытия определяют с помощью нанотвердомера *Nanovea* [7].

Нанотвердомер позволяет производить измерения микротвердости методом инструментально-го индентирования.

Измерения проводят при нагрузке 150 мН.

Характеристики данного прибора представлены в табл. 5.

Адгезию покрытия определяют методом изгиба пластин (по методике ВИАМ) [9].

Методика заключается в следующем. Пластины подвергаются изгибу под прямым углом. Адгезия покрытия к подложке оценивается по 4-бальной шкале с помощью семикратного увеличительного прибора (рис. 1).

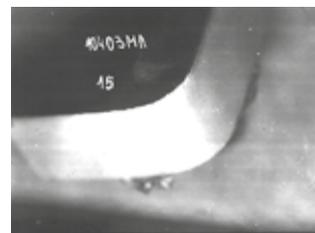
1. Адгезия отличная при изгибе пластины под углом 90° не наблюдается разрушение покрытия, не образуются микротрещины.

2. Адгезия хорошая при изгибе пластины не наблюдается разрушение покрытия, но на изгибаемой поверхности образуются микротрещины.

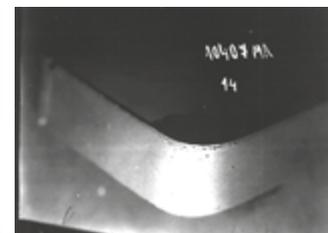
Таблица 5.

Технические характеристики прибора *Nanovea*

Характеристика	Значение
Диапазон нагрузок, мН	0,06...400
Разрешение нагружения, мН	0,03
Скорость нагружения, мН/мин.	0,1...800
Диапазон измерения глубины, мкм	0...100
Вертикальное разрешение, нм	0,05
Разрешение силы трения, мН	4



Адгезия отличная



Адгезия хорошая

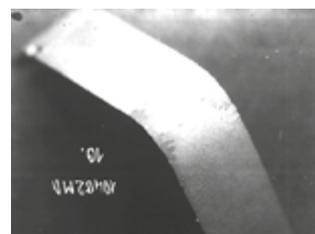
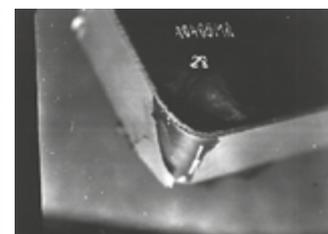
Адгезия
удовлетворительнаяАдгезия
неудовлетворительная

Рис. 1. Оценочная шкала адгезии покрытия к подложке

Таблица 4.

Технические характеристики прибора Абрис-ПМ7

Измеряемые параметры шероховатости	Ra , Rz , $Rmax$, Sm , tp
Диапазон измерений параметров:	
– Ra , мкм	0,04...12,5
– Rz , $Rmax$, мкм	0,16...50,0
– Sm , мкм	8,0...250,0
– tp , %	0,1...99,9
Радиус кривизны щупа, мкм	10
Скорость перемещения щупа при рабочем ходе, мм/с	1±0,05
Предел допускаемой основной погрешности для профиля, близкого к трапецеидальному, с шагом не более 0,25 I_B , мкм где $Ra_{в.п.}$, $Rz_{в.п.}$, $Rmax_{в.п.}$, $Sm_{в.п.}$ – верхний предел поддиапазона параметров Ra , Rz , $Rmax$, Sm соответственно; Ra , Rz , $Rmax$, Sm – измеренные значения параметров, мкм	$\Delta Ra = 0,02 Ra_{в.п.} + 0,04 Ra$ $\Delta Rz = 0,03 Rz_{в.п.} + 0,05 Rz$ $\Delta Rmax = 0,03 Rmax_{в.п.} + 0,05 Rmax$ $\Delta Sm = 0,02 Sm_{в.п.} + 0,1 Sm$

3. Адгезия удовлетворительная на изгибаемой поверхности появляются трещины, сколы, возможно частичное отслоение покрытия.

4. Адгезия неудовлетворительная наблюдается отслоение покрытия по всей изгибаемой поверхности.

Также, при технологическом процессе покрытий, получаемых осаждением из вакуумно-дугового разряда, на операции «Контроль» предусмотрен внешний осмотр качества покрытия на отсутствие сколов, трещин, шелушения, отслаивания покрытия. Контролируемые параметры проверяют на аттестованном оборудовании.

Итак, представленная метрологическая экспертиза технической документации, используемой при технологическом процессе создания покрытий, получаемых методом осаждения из вакуумно-дугового разряда, позволяет повысить качество технологического процесса.

Литература

- ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
- ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений.
- ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.
- МИ 1317-2004 Государственная система обеспечения единства измерений. Результаты и характеристики погрешности измерений. Формы представления. Способы использования при испытаниях образцов продукции и контроле их параметров образцов продукции и контроле их параметров.
- РМГ 63-2003 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Обеспечение эффективности измерений при управлении технологическими процессами. Метрологическая экспертиза технической документации.
- РМГ 29-2013 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения.
- Будилов В.В., Ягафаров И.И., Янсaitова М.И. Исследование зависимости микротвердости и фазового состава покрытия TiN от расположения деталей в вакуумной камере при осаждении из плазмы вакуумно-дугового разряда // Упрочняющие технологии и покрытия. 2017. Т. 13. – № 1, 2017, С. 20–23.
- Полякова О.В. Метрологическая экспертиза технической документации (Ч. 5) // Главный метролог. 2010. № 4. С. 34–39.

9. Технология вакуумной ионно-плазменной обработки: учебное пособие / В.В. Будилов, Р.М. Киреев, С.Р. Шехтман. – М.: Изд-во МАИ, 2007. – 155 с.

Metrological Examination of Engineering Documentation, Used at Technological Process of the Coverings, Received by Sedimentation from the Vacuum and Arc Discharge

M.I. Yansaitova, graduate student of the Ufa aviation technical university; Republic of Bashkortostan, Ufa

e-mail: milyausha.yansaitova@mail.ru

S.R. Shekhtman, doctor of technical sciences, professor of the Ufa aviation technical university; Republic of Bashkortostan, Ufa

Summary. In this work metrological examination of engineering documentation, used at technological process of the coverings received by sedimentation from the vacuum and arc discharge which allows to increase quality of the specified technological process is considered. Controlled parameters and methods of their definition are also specified.

Keywords: metrological examination, technological process, technical documentation, the coverings received by sedimentation from the vacuum and arc discharge, controlled parameters.

References:

- State Standard 2789-73 Roughness of a Surface. Parameters and characteristics.
- State Standard 8.009-84 State system of ensuring unity of measurements. The normalized metrological characteristics of measuring instruments.
- State Standard 8.417-2002 State system of ensuring unity of measurements. Units of sizes.
- Methodical instructions (MI) 1317-2004 State system of ensuring unity of measurements. Results and characteristics of an error of measurements. Representation forms. Ways of use at tests of product samples and control of their parameters of product samples and control of their parameters.
- Recommendations about interstate standardization (RIS) 63-2003 State system of ensuring unity of measurements. Ensuring efficiency of measurements at management of technological processes. Metrological examination of engineering documentation.
- Recommendations about interstate standardization (RIS) 29-2013 State system of ensuring unity of measurements. Metrology. Main terms and definitions.
- Budilov V.V., Yagafarov I.I., Yansaitova M.I. Research of dependence of microhardness and phase composition of a covering TiN on layout of details in the vacuum chamber in case of sedimentation from plasma of the vacuum arc discharge. *The hardening technologies and coverings*. 2017. Volume 13. No. 1. 2017. pp. 20-23.
- Polyakova O.V. Metrological examination of engineering documentation: Part 5. *Chief metrologist*. 2010. No. 4. pp. 34–39.
- Budilov V.V., Kireev R.M., Shekhtman S.R. Technology of vacuum ion-plasma processing: manual. *Publishing house of the Moscow Aviation Institute (NRU)*. 2007. Moscow, 155 p.