

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Контроль толщины антикоррозийных покрытий

УДК 621.039.55:621.039.564-048.55

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ван Бинцзи		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Уразбеков Е.И.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес Б.Б.	к.т.н.		

Томск – 2018 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
151Б40	Ван Бинцзи

Тема работы:

Контроль толщины антикоррозионных покрытий

Утверждена приказом директора (дата, номер)	
---	--

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Рассмотреть типы антикоррозийных покрытий.</p> <p>Рассмотреть методы контроля толщины покрытий.</p> <p>Выяснить достоинства и недостатки методов измерения толщины покрытий.</p> <p>Привести примеры серийно выпускаемых средств измерения толщины покрытий.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Основной раздел	Ст. преподаватель Уразбеков Е.И.
Финансовый менеджмент	Доцент Спицын В.В
Социальная ответственность	Доцент Анищенко Ю.В.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Уразбеков Е.И.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ван Бинцзи		

Планируемые результаты освоения

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
P1	Работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3; ОПК-4, 8) CDIO Syllabus (2.3, 3.1, 3.2, 4.7, 4.8) Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P2	Применять основные законы и положения естественных наук и математики, экономических и гуманитарных наук знаний с учетом социальных и культурных аспектов инженерной деятельности при соблюдении требований охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности для ведения полноценной профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-7, 8; ОПК-1, 3, 10) CDIO Syllabus (1.1., 2.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.3, 2.5, 4.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P3	Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде, в обществе, в т.ч. межкультурном уровне и на иностранном языке	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, 5, ОПК-8, ПК-17) CDIO Syllabus (3.2) Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P4	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6) CDIO Syllabus (2.4) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
P5	Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию,	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-2, 5-9) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
	презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности	19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-5, 6, ПК-1-4). CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 2.3, 2.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р7	Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-1-6, 8) CDIO Syllabus (1.2., 1.3, 2.4, 4.1, 4.4) Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р8	Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ПК-8-18) CDIO Syllabus (2.4, 4.2, 4.3, 4.5) Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н 06.005 Инженер-радиоэлектроник №315н 40.158. Специалист по проектированию систем в корпусе №181н
Р9	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-7, 19-23) CDIO Syllabus (4.6.) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 75 с., 20 рис., 8 табл., 17 источников.

Ключевые слова: толщина покрытий, коррозионная стойкость, гальванические покрытия, лакокрасочные покрытия, Методы контроля толщины покрытий.

Объектом исследования являются методы и средства контроля толщины антикоррозионных покрытий

Цель работы – Провести анализ методов и средств контроля толщины покрытий. Выяснить область применения методов измерения толщины покрытий. Выявить достоинства и недостатки каждого метода. Рассмотреть средства измерения толщины покрытий, выпускаемые промышленностью.

В процессе исследования проводились исследования типов антикоррозионных покрытий, особенности контроля толщины покрытий, выявлялись достоинства и недостатки методов измерения толщины покрытий.

В результате исследования выявлены основные методы измерения толщины покрытий, рассмотрены их достоинства и недостатки, проведен анализ средств измерений.

Область применения: Выпускная квалификационная работа предназначена для осуществления обзора методов и средств измерения и контроля толщины антикоррозионных покрытий. Может быть использована при разработке устройств измерения толщины покрытий.

В будущем планируется на основе проведенного исследования разработать устройство контроля толщины антикоррозионных покрытий на ферромагнитных материалах.

Содержание

Введение.....	9
1 Характеристики объекта контроля.....	11
1.1 Лакокрасочные покрытия.....	11
1.2 Гальванические покрытия.....	12
2 Методы толщинометрии.....	19
2.1 Ультразвуковой метод измерения.....	19
2.2 Магнитный метод измерения.....	28
2.2.1 Пондеромоторный метод контроля толщины покрытий.....	29
2.2.2 Методы основанные на измерении магнитного потока.....	31
2.2.3 Индукционный метод контроля.....	32
2.3 Вихретоковые методы контроля толщины покрытий.....	37
2.4 Радиационные методы.....	41
2.5 Электрические методы.....	45
2.5.1 Методы измерения электропроводности.....	45
2.5.2 Емкостной метод.....	46
2.5.3 Термоэлектрический метод.....	48
2.6 Пневматический метод измерения толщины покрытий.....	49
2.7 Метод мокрого слоя.....	50
3 Анализ методов толщинометрии.....	53
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	56
4.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	56
4.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	57
4.3 Разработка графика проведения исследования.....	58
4.4 Расчет материальных затрат.....	60
4.5 Анализ конкурентоспособности толщиномеров.....	60
4.6 Заключение по разделу “Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение”.....	63
5 Социальная ответственность.....	66
5.1 Техногенная безопасность.....	66

5.1.1 Микроклимат	67
5.1.2 Освещение	68
5.1.3 Электробезопасность	69
5.2 Региональная безопасность.....	70
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	71
5.4 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	71
Заключение	73
Список использованных источников	74

Введение

Надежность и долговечность технических изделий во многом определяются их коррозионной стойкостью. Однако не все материалы имеют достаточную прочность. Поэтому для защиты от коррозии используются различные покрытия. В некоторых случаях защитные покрытия применяются для улучшения износостойкости деталей и механизмов. В этом случае конечные свойства деталей во многом зависят от толщины защитных покрытий. Как правило, если слишком малая толщина покрытия не обеспечивает достаточной защиты, слишком большая толщина покрытия может привести к уменьшению механических характеристик продукта. Поэтому неразрушающий контроль толщины защитных покрытий является очень актуальной задачей.

Лакокрасочные материалы - это неметаллические антикоррозионные покрытия. Это пленка, нанесенная на поверхность. Лакокрасочные материалы являются наиболее распространенными антикоррозионными покрытиями. Поскольку они имеют низкий расход на единицу площади, они могут защитить любую структуру, и этот тип также дешевле по сравнению с другими типами антикоррозионных покрытий.

Гальванические покрытия из цинка, никеля, хрома, кадмия, олова, меди, серебра и ряда других драгоценных металлов наиболее широко используются в качестве защитных покрытий. Использование материалов для покрытия, таких как серебро, золото и другие благородные металлы, делает контроль толщины также решением проблемы их рационального использования.

Особое значение имеет задача управления толщиной функциональных покрытий на изделиях из немагнитных металлов и термостойких слабомагнитных электропроводящих материалах электростанций.

Такие покрытия, как никель, хром, никель + хром, выполняют роль термоэрозионной защиты теплонапряженных узлов электростанций, а

покрытия из никеля, меди, серебра предназначены для соединения паяльными
сотовыми структурами..

1 Характеристики объекта контроля

1.1 Лакокрасочные покрытия

Лакокрасочные материалы представляют собой композиционные композиции, применяемые к поверхностям, подлежащим удалению в жидкой или порошкообразной форме, путем однородных тонких слоев и формирования после сушки и упрочнения пленки, имеющей прочную адгезию к подложке. Формованная пленка называется лакокрасочным покрытием, свойство которого - теплозащита, защита поверхности от агрессивных сред и атмосферных воздействий, а также защищает металлы от коррозии, предотвращает опасность поражения электрическим током, когда она проходит через этот объект, выполняет декоративных и других функций.

Лакокрасочные материалы подразделяют на следующие группы:

- краска;
- эмаль;
- лак;
- грунтовка;
- шпатлевка;
- антисептик.

Основными группами красок, которые чаще всего используются в устройствах и оборудовании, являются лакокрасочные материалы

Краски - общее название для группы окрашивающих веществ, предназначенных для непосредственного использования в определенной сфере жизни. По химическому составу пигменты и краски, изготовленные из них, делятся на минеральные (неорганические соли или оксиды металлов) и органические (очень сложные соединения, в основном растительного или животного происхождения). Оба могут быть естественными (естественными) и искусственными (синтетическими).

Чаще всего слово «краски» относится к суспензиям пигмента или их смесям с наполнителями, в маске для связующего вещества, PVA - эмульсии, латексе или других пленкообразующих веществах. Краски наносятся непосредственно на существующий материал или на землю.

Лаки представляют собой растворы смол (природных или синтетических) в различных растворителях (углеводороды, ацетон, вода, этанол, масла для сушки или эфирные масла) до жидкой или полужидкой консистенции, которые при высушивании в тонком слое на объекте образуют сильная пленка, как правило, прозрачная, в отличие от краски), которая хорошо противостоит различным внешним физико-химическим эффектам. Отверждение лаковой пленки происходит либо путем испарения растворителя, либо путем реакции окислительной полимеризации. Лаки условно делятся на термопластичные и терморезистивные.

В настоящее время существуют лаки, которые не содержат растворителей в композиции. Их низкая вязкость обеспечивается олигомерами, которые способны отверждаться в присутствии специальных веществ - отвердителей или катализаторов.

Применение лака на поверхности называется лакировкой.

1.2 Гальванические покрытия

Гальваническое покрытие представляет собой металлическую пленку толщиной от долей от микрона до десятой доли миллиметра, нанесенную на поверхность неметаллических и металлических изделий путем гальванопокрытия, чтобы придать им твердость, износостойкость, антикоррозионные, антифрикционные, декоративные свойства ,

Изменение характеристик поверхностных слоев неметаллических и металлических изделий становится все более важным. Современные требования к надежности оборудования с возрастающими нагрузками на него, необходимость защиты металлических деталей от агрессивных сред и очень

высоких или, наоборот, низких температур приводят к все большему интересу во всех областях промышленности к использованию гальванических покрытий.

Большинство гальванических покрытий используются в автомобильной, строительной, авиационной, радиотехнической и электронной промышленности. Но эстетический внешний вид и большая цветовая гамма, а также защита от неблагоприятных внешних воздействий привлекают внимание дизайнеров интерьера, например, при оформлении дверных ручек, мебели и карнизов, внутренних и внешних деталей. Тонкие (от 2-6 до 12-20 микрон) и прочные слои хромированных и никелированных покрытий увеличивают срок службы и улучшают качество бытовых, медицинских, штамповочных и прессовых инструментов, деталей фрикционных блоков.

Гальванические покрытия были открыты в 1836 году российским физиком и изобретателем в электротехнике Б. С. Якоби и основаны на электрокристаллизации - электрохимическое осаждение на катоде (в роли которого является основным продуктом) положительно заряженных ионов металлов, проходя через их водный раствор их соли постоянного электрического тока. В этом случае соли металлов разлагаются на ионы под действием электрического тока и направлены на разные полюсы: отрицательно заряженные анодом и положительно заряженные ионы металлов к катоду, то есть к продукту, поверхностный слой которого мы хотим для изменения путем нанесения гальванического покрытия.

Одной из важнейших функций анодов в этой системе является пополнение ионов, которые разряжаются на катоде, поэтому качество металла, играющего роль анода, должно быть очень высоким с минимальным количеством инородных примесей. На практике аноды, за редкими исключениями, изготовлены из металла, слой которого желательно получить в качестве гальванического покрытия. Процессы хромирования, золочения,

платинизации, родий и т. Д. Протекают с нерастворимыми анодами из стабильного металла или сплава в этом электролите.

Электролиты на основе простых соединений проще и дешевле, но электролиты на основе сложных соединений или на основе простых солей с добавками поверхностно-активных веществ используются для получения высококачественных гальванических покрытий с мелкокристаллической структурой и равномерной толщиной во всех областях комплексно-образных изделий. Чтобы поддерживать постоянство состава электролита, периодически вводят введение солей или других соединений осажденного металла.

Количественно гальванические процессы регулируются законами Фарадея с учетом побочных процессов, качественно - составом электролита, режимом электролиза, температурой и интенсивностью смешивания.

Все электрохимические процессы получения гальванических покрытий осуществляются в гальванических ваннах, облицованных свинцом или винипластом, полипропиленом или другим материалом в зависимости от размера ванны и агрессивности электролита. Ванны для производства гальванических покрытий являются стационарными, полуавтоматическими (продукты в такой ванне вращаются или перемещаются по кругу или подковы) или представляют собой целый комплекс, в котором погрузку, разгрузку и транспортировку продуктов автоматически выполняют вдоль количество отдельных ванн.

Прочность сцепления гальванических покрытий с основным продуктом обеспечивается, в первую очередь, путем тщательной подготовки поверхности, очистки поверхности от оксидов и жирных загрязнений механической пескоструйной обработкой и химической обработки путем травления или обезжиривания, удаления шероховатости путем измельчения и полировка.

Покрытия, используемые при гальванопокрытии, очень разнообразны. При выборе следует учитывать назначение и материал детали, условия работы

продукта с покрытием, назначение и требуемые свойства покрытия, способ его применения, приемлемость контактов спаривающих металлов и экономическая целесообразность использования гальванического покрытия. Гальванические покрытия могут обеспечивать повышенную коррозионную стойкость (цинковое покрытие, хромирование, лужение, покрытие свинцом), износостойкость поверхностей трения (хромирование, глажка), защитная декоративная функция отделки поверхности (медная обшивка, никелирование, хромирование, серебрение, золочение, анодирование). Гальванические покрытия изделий из полимеров, плексигласа, пластика или композита используются для придания эстетического внешнего вида, увеличения прочности поверхности изделия, придания электропроводности деталям.

Хром увеличивает твердость металлических изделий, устойчивость к механическому износу и высоким температурам, дает декоративный внешний вид и отражающие свойства. Само по себе хромированное покрытие является довольно пористым, поэтому чаще для предотвращения коррозии к изделию наносят несколько слоев, например медно-никелевый хром или никель-медь-никель-хром. Аноды для использования хромирования. Свойства хромирования сильно зависят от концентрации и температуры электролита, плотности тока. Например, при температуре электролита 35-55 °С покрытие будет блестящим, при 55-80 °С - матовым, ниже 35 °С - матовым. Изменяя состав электролитов, вы можете получить декоративное покрытие (от синего до синего и даже черного) или износостойкое для обработки деталей двигателей, зубчатых передач и других механизмов.

Цинковое покрытие может быть щелочным, слегка кислым, цианидом. Из-за его вредности в последнее время не применялось цианидное цинкование. Цинк хорошо прилипает к поверхности других металлов, и со временем тонкая пленка оксидов образуется на цинковом покрытии, обладающем отличными защитными свойствами. Применение оцинкованного покрытия с использованием бесцветного и радужного хромирования

обеспечивает превосходный внешний вид и защиту от различных видов коррозии и механических воздействий.

Кадмий для защиты поверхности металлов по-прежнему широко используется, хотя в последнее время он начинает заменяться более дешевым и более доступным и менее опасным цинкованием. Относительно устойчивости к атмосферным и химическим факторам между этими металлами нет большой разницы. Для кадмия продуктов используют, как правило, цианидные электролиты.

Медные покрытия металлических изделий производятся для декоративных защитных целей, для улучшения обкатки трения деталей, герметизации зазоров, восстановления изношенных поверхностей и защиты инструмента от искрения, а также для создания проводящего слоя с низким сопротивлением на металлической поверхности. Медь использует кислотные, цианистые или щелочные нецианидные электролиты.

Сталь и сплавы сплавов, а также медь, латунь, цинк для защиты от коррозии, повышение износостойкости деталей, для защитных и декоративных целей, а также для образования промежуточного слоя с многослойными покрытиями подвергаются воздействию никеля. Никелевые гальванические покрытия отличаются своим красивым внешним видом, устойчивостью к атмосферным воздействиям, простотой нанесения на металлические изделия. Для производства матовых и блестящих никелевых покрытий без дополнительной полировки используются различные гальванические ванны. Электролиты для никелирования являются сульфатными, тусклыми, блестящими сульфатами и редко используются в гальваническом сульфамате.

Глажение как гальваническое покрытие очень мало. Он в основном используется в полиграфической промышленности для покрытия матриц, а в последнее время также при окончательной обработке деталей машин или в ремонте изношенных инструментов. Кроме того, этим способом можно получить особенно чистое железо для физических и химических

исследований. Основным элементом электролита является серная кислота или хлорид железа.

Латунь - это нанесение на поверхность металлических (в основном стальных) изделий из латуни толщиной в несколько микрон (приблизительный состав: 70% меди и 30% цинка). Он используется для защиты продуктов от коррозии, для обеспечения прочной адгезии стали и алюминиевых изделий к каучуку во время горячего прессования, для создания промежуточного слоя во время никелирования или лужения стальных деталей (что более эффективно, чем прямое покрытие никелем или оловом), Латунь является одним из способов увеличения антифрикционных свойств титана и его сплавов.

Лужение становится все более важным в промышленности из-за стойкости олово к коррозии. Он чаще всего используется для деталей из железа и стали.

Гальванические покрытия из драгоценных металлов и их сплавов широко используются при окончательной обработке ювелирных изделий, придавая им определенный цвет, тон и блеск, создавая цветовое соответствие при производстве изделий с драгоценными камнями, защиту от коррозии, повышение прочности и твердости. При золочении по экономическим причинам используйте нерастворимые (угольные, платиновые или стальные) аноды. Наилучшими свойствами являются гальванические покрытия из золота, серебра и их сплавов, полученные из цианидных электролитов, содержащих свободный цианид калия. Однако есть проблемы с удалением промывочной воды и отработанных электролитов, которые содержат свободные цианиды, не говоря уже о специальных мерах предосторожности в процессе получения самих покрытых гальваническим покрытием покрытий. Покрытия, применяемые с использованием нецианидных электролитов (гексаферроцианид, тиоцианат, йодид, пирофосфат в серебре и трилонате, сульфите, тиосульфате, триполифосфат в позолоте), не требуют таких строгих мер для обеспечения экологической безопасности, но они дают матовые

гальванические поверхности и требуют дополнительная полировка, на изделиях относительно простой конфигурации. В связи с этим отрасль в настоящее время уделяет особое внимание разработке полностью полностью нецианидных электролитов для применения блестящих гальванических покрытий.

2 Методы толщинометрии

2.1 Ультразвуковой метод измерения

В наше время измерение толщины все более распространяется по различным направлениям деятельности. В связи с этим необходимо определить толщину продуктов и отдельных частей сложных конфигураций. Например, необходимо измерять с помощью одностороннего доступа, поскольку доступ ко второй стороне может быть трудным или невозможным. Кроме того, бывают ситуации, когда необходимо измерить толщину деталей, демонтаж которых невозможно. В таких ситуациях ультразвуковой толщиномер подходит для измерения.

Ультразвуковой толщиномер является акустическим методом контроля. Диапазон частот для этого типа измерения толщины составляет от 20 кГц до 100 кГц.

Рассмотрим физику данного метода немного подробнее.

На рисунке 1 проиллюстрирован ультразвуковой метод толщинометрии (1- датчик толщиномера, 2- кабель датчика, 3-отраженный сигнал, 4- падающий сигнал, 5- объект контроля - покрытие, 6- основание изделия).

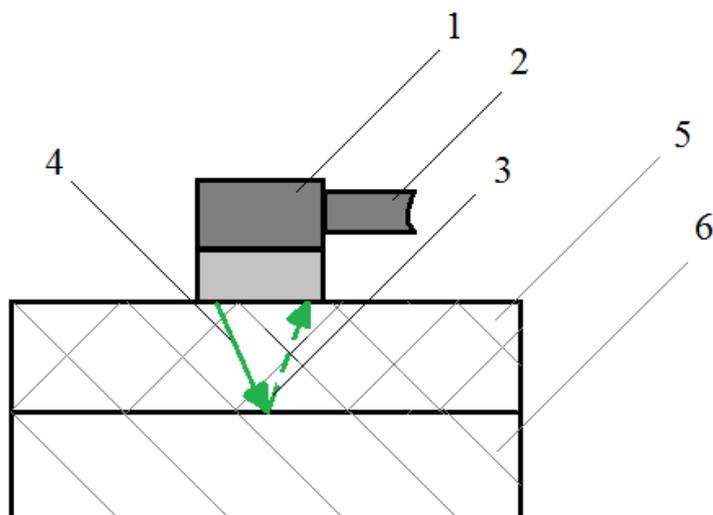


Рис.1 Ультразвуковой метод толщинометрии

Ультразвуковой толщиномер основан на том, что датчик устройства (1) посылает импульс (4) на контролируемую поверхность (5), затем он проходит через это покрытие и отражается от границы носителя. Затем отраженный сигнал (3) преобразуется датчиком (1) в электрический сигнал. Затем мы можем сказать о толщине лакокрасочного покрытия продукта.

При использовании ультразвукового метода необходимо использовать контактную жидкость. Поскольку ультразвук не очень хорошо распространяется на воздухе, поэтому, когда сенсор контактирует с покрытием, необходим контактный носитель.

В виде контактной жидкости (контактной среды) используются:

- Вода;
- Масло;
- Глицерин;
- Пропиленгликоль.

Основными параметрами ультразвуковой толщинометрии являются: частота волны, длина и скорость ультразвуковых колебаний. Основная зависимость этих параметров отражается в формуле (1):

$$l = \frac{c}{f}, \quad (1)$$

где l -длина волны, c - скорость звука, f -частота ультразвуковых колебаний [1].

Из формулы 1 видно, что длина волны ультразвука уменьшается с увеличением частоты ультразвуковых колебаний.

Для адаптации упругих колебаний к электрическому сигналу применяются различные методы и наоборот. В общем, используется пьезоэлектрический эффект. Этот эффект заключается в возбуждении и приеме упругих волн посредством преобразования электрических колебаний

в акустические волны и обратно с помощью пьезоэлектрических преобразователей, имеющих чувствительный элемент (пьезокерамический).

При упругой деформации пьезокерамической пластины на ее поверхности появляется разность потенциалов. Величина и изменение во времени разности потенциалов пропорциональны заданному механическому действию. Этот эффект называется прямым пьезоэлектрическим эффектом.

Обратный пьезоэлектрический эффект заключается в приложении электрического импульса к поверхности пьезокерамической пластины из-за его упругой деформации. Смещение граней этой пьезокерамической пластины очень мало (не более 10^{-4} мм).

Если в пьезоэлектрической пластине возбудить колебания электрическим импульсом и позволить колебаниям быть свободными, то колебания будут происходить на собственной частоте (f_0), которая пропорциональна толщине пьезокерамической пластины (h) и скорости звука в пьезокерамическом материале (c). Эта зависимость хорошо представлена в формуле (2):

$$f_0 = \frac{c}{2 * h}, \quad (2)$$

где f_0 - собственная частота колебаний, c -скорость звука в материале пьезопластины, h -толщина пьезопластины [1].

Из формулы 2 видно, что собственная частота колебаний импульса зависит от значений толщины пьезопластины и скорости звука в материале пьезопластины.

Толщина покрытия вычисляется по формуле (3):

$$s = 0.5 * c * (\tau - \tau_0), \quad (3)$$

где s -измеряемая толщина, c -скорость звука, τ -время прихода отраженного сигнала, τ_0 -время пробега импульса.

Формула (3) показывает, что время путешествия (τ_0) и скорость звука будут более точно определены, тем точнее будут измерения толщины. Поэтому вам необходимо правильно отрегулировать толщину.

Существует три группы приборов для трех задач измерения толщины ультразвука:

1. Ручное управление продуктами с гладкими параллельными поверхностями,

2. Ручная проверка изделий с грубыми непараллельными поверхностями, например продуктами, внутренняя поверхность которых корродирована,

3. Автоматическое управление в потоке (как правило, прокатка труб).

[1]

Для 1 и 2 задач измерения требуется высокая точность. Для 3 задачи требуется высокая точность для устранения рассеянного отражения от противоположной поверхности (неравномерная), в то время как требования к точности, как в задачах 1 и 2, не нужны. В толщиномерах используются ПК-преобразователи. Они используются для уменьшения минимальной измеренной толщины, которая определяется в мертвой зоне. Мертвая зона зависит от размеров преобразователя и частоты (чем меньше размеры преобразователя и тем выше частота, тем меньше мертвая зона). Для приборов типа 1 и типа 2 минимальная измеренная толщина составляет 0,1-0,5 мм, для приборов третьего типа толщина составляет 0,5-1,0 мм. Но максимальная толщина (обычно 200-1000 мм) контролируемого объекта не ограничивается физическими причинами, за исключением большого затухания ультразвуковой волны в некоторых материалах (высоколегированные стали, чугуны и т. Д.).

Существуют факторы, которые ограничивают максимальную толщину: кривизну входной поверхности, большую неравномерность и непараллельность поверхности объекта управления. В толщиномерах, чтобы уменьшить ошибку, вызванную вышеуказанными причинами, имеется

переключатель частоты (усреднение, обычно 4 измерения в секунду, а также при высоких температурах в среднем 20 измерений в секунду). Для более точных измерений необходимо произвести качественный акустический контакт между датчиком (преобразователем) и объектом контроля.

При измерении ультразвуковых толщиномеров имеется ошибка.

Ошибка измерения состоит из части, пропорциональной толщине и части, не зависящей от измеренной толщины. Основная погрешность толщиномера (+0,1 мм), а в диапазоне 100-1000 мм ошибка увеличивается $(0,001h + 0,1)$ мм, где h - измеренная толщина).

И появляется дополнительная ошибка из-за неблагоприятных условий управления (при измерении контролируемого объекта с неравномерной входной поверхностью время прохождения ультразвука увеличивается от датчика к интерфейсу между двумя средами). Измерения рекомендуется проводить с шероховатостью входной поверхности $Rz \leq 40$ мкм, при увеличении Rz до 160 мкм возникает дополнительная ошибка (0,2 мм). Эта ошибка может быть уменьшена путем обеспечения такой же шероховатости (при измерении и настройке) при очистке входной поверхности и стабилизации зажима датчика. Дополнительная погрешность (+0,2 мм) появляется при измерении локального прореживания, моделируемого плоским дном (диаметром 1 мм) и на грубой (Rz до 320 мкм) внутренней поверхности. Кроме того, при измерении на непараллельной поверхности испытуемого объекта возникает дополнительная ошибка ($\pm 0,3$ мм). При управлении трубами (диаметром 6-20 мм) появляется дополнительная ошибка ($\pm 0,1$ мм), эта ошибка может быть уменьшена путем регулировки толщины на образце с той же кривизной, что и изделие.

Настройку толщиномера проводят в несколько этапов:

- На образце известной толщины (толщина образца должна быть больше той, которую ожидают в процессе измерения), материала такого же,

как и у контролируемого, с примерно одинаковой температурой и шероховатостью с объектом контроля производят настройку скорости звука.

- Настройку нуля преобразователя (времени пробега) проводят на образце, толщина которого должна быть меньше, чем ожидается при измерении.

- При контроле и настройке толщиномера необходимо использовать одну и ту же контактную жидкость.

Преимущества ультразвукового метода:

- Метод является неразрушающим;
- Подходит для большинства типов покрытий материалов;
- Имеет большой диапазон измерения;
- Возможность проведения измерений при наличии одностороннего доступа;

- Обладает малым временем измерения;
- Обладает высокой точностью и надежностью измерения;
- Универсальность (все стандартные конструкционные материалы, могут быть измерены с соответствующими установками, в том числе металлы, пластмассы, композиты, стекловолокна, керамика и резина).

Также в ультразвуковом методе есть и недостатки:

- Для точности измерения необходимо равномерно прижимать датчик к объекту контроля;

- При неровной и непараллельной поверхности изделия и при структурной неоднородности металла затрудняется процесс измерения;

- Данные толщиномеры дорогостоящие;
- Трудность выделения сигнала на фоне шумовых помех;
- Необходимость применения контактной жидкости.

Рассмотрим ультразвуковой толщиномер PosiTector 200. На рисунке 2 представлен внешний вид данного прибора. Особенности данного прибора является то, что он простой, прочный, точный, универсальный.



Рис. 2 Ультразвуковой толщиномер PosiTector 200

Простота объясняется измерением многих покрытий без настройки прибора. Работать с меню возможно одной рукой. В условиях повышенного шума имеется двухцветная индикация. Также есть функция сброса всех настроек и восстановление заводских установок толщиномера.

Прочность заключается в стойкости к воде, растворителям, кислоте, пыли, царапинам дисплея. Прибором можно использовать в жестких условиях

работы. Для толщиномера PosiTector 200 есть защитный противоударный резиновый чехол (для удобства с зажимами для ремня). Гарантия на данный прибор составляет 2 года.

Точность данного прибора заключается в получении точных и быстрых показаний чувствительным датчиком. Ультразвуковая технология соответствует ASTM D6132 и ISO 2808. Имеется сертификат калибровки(отвечающий требованиям NIST).

Универсальность заключается в непрерывном отображение(обновление) среднего, среднеквадратичного отклонения и количества показаний при измерении. Есть встроенные часы(для отметки даты и времени хранящихся показаний). Опции USB, ИК- и последовательного вывода для связи с принтерами и ПК. При работе с плохой освещенностью есть подсветка дисплея. Возможно переключать мили/микроны. Есть выбор языка(в том числе и русский).

Таблица №1 Основные технические характеристики толщиномера PosiTector 200

Модели толщиномера PosiTector 200	Стандартная модель		Усовершенствованная модель	
	PosiTector 200 B/Std	PosiTector 200 B/Adv	PosiTector 200 C/Std	PosiTector 200 C/Adv
Измеряет один слой покрытия	+	+	+	+
Измеряет отдельные слои различных покрытий (до 3-х слоев)		+		+
Графический дисплей		+		+
Возможная область применения	Полимерные покрытия на дереве, пластике и др.		Полимерные покрытия на бетоне, оргстекле и др.	
Диапазон	13 - 1000 мкм 0,5 - 40 мил		50 - 3800 мкм 2 - 150 мил	
Погрешность	±(2 мкм + 3% от измеренного значения) ±(0,1 мил + 3% от измеренного значения)			
Минимальная толщина отдельных слоев	-----	13 мкм 0,5 мил	-----	50 мкм 2 мил
Калибровочные стандарты	DeFelsko CAL-A4		DeFelsko CAL-P6	

Комплект поставки включает: датчик, прецизионные пластмассовые прокладки, защитный резиновый чехол с зажимом для ремня, контактная жидкость, 3 батарейки ААА, нейлоновый кейс с наплечным ремнем, инструкция, сертификат калибровки, отвечающий требованиям NIST [2].

В общем, ультразвуковая толщинометрия, это высоконадежный метод измерения толщины объекта контроля, исключая возможность возникновения классических погрешностей. Также ультразвуковые толщиномеры являются надежными устройствами, позволяющие осуществлять неразрушающий контроль практически всех возможных материалов.

2.2 Магнитный метод измерения

Магнитный метод основан на зависимости параметров магнитного поля от толщины немагнитных покрытий на ферромагнитных подложках.

Для проведения исследований вблизи объекта измерения от внешнего источника создается магнитное поле с известными параметрами. О последующем изменении характеристик магнитного поля и судить о характеристиках этого объекта. Рассмотрим теоретические основы этого явления.

Магнитная индукция B (плотность магнитного потока), возникающая между исследуемым объектом и датчиком устройства, зависит от величины источника намагничивания H и магнитной проницаемости среды в соответствии со следующим соотношением:

$$B = \mu_0 * \mu * H \quad (4)$$

где B - магнитная индукция, Тл;

μ_0 - магнитная проницаемость в вакууме ($\mu_0 = 4\pi * 10^{-7}$ Гн/м), Гн/м;

μ - относительная магнитная проницаемость материала (среды), Гн/м;

H - напряжённость магнитного поля, А/м.

Все материалы подразделяются на 3 группы в зависимости от значения магнитной проницаемости:

- Диамагнетики (магнитная проницаемость данных веществ меньше или приблизительно равна единице $\mu \lesssim 1$);
- Парамагнетики (магнитная проницаемость данных веществ не значительно отличается от единицы $\mu \gtrsim 1$);
- Ферромагнетики (магнитная проницаемость данных веществ примерно варьируется в пределах 10^2 - 10^5).

Вблизи парамагнитных и диамагнитных тел искажение магнитного поля может быть зафиксировано только при создании особых условий и с помощью высокочувствительного прибора. Так как искажение поля вблизи этих веществ незначительно. А вблизи ферромагнетиков наблюдается значительное искажение магнитного поля. Поскольку магнитная проницаемость этих веществ в сотни и тысячи раз превышает магнитную проницаемость воздуха.

Поэтому магнитный метод измерения толщины эффективно используется при изучении ферромагнитных продуктов. При работе с этим методом контролируются материалы с магнитной проницаемостью более сорока.

На поверхности ферромагнетика интенсивность магнитного поля и плотность магнитного потока между объектом управления и преобразователем устройства максимальны. То есть при удалении от поверхности магнитная индукция и сила магнитного поля уменьшаются в соответствии с экспоненциальным законом:

$$H_z = H_0 * e^{-kz} \quad (5)$$

где H_z - напряжённость магнитного поля на расстояние (z) от поверхности изделия;

H_0 - напряжённость магнитного поля на поверхности ферромагнетика;

k - коэффициент затухания, зависящий от ферромагнитных свойств исследуемого материала и характеристик генерируемого магнитного поля.

Основой магнитной толщинометрии является определение данной зависимости.

Различают 3 вида магнитных преобразователей: пондеромоторный, индукционный и магнитостатический.

2.2.1 Пондеромоторный метод контроля толщины покрытий

Пондеромоторный контроль - это операционный метод. Он основан на зависимости силы притяжения двух ферромагнитных материалов. Сила притяжения пропорциональна квадрату индукции, а индукция зависит от зазора между ферромагнитным продуктом и магнитом.

Когда магнит приближается к ферромагнитной части, он становится намагниченным, сила притяжения, возникающая между двумя полюсами, зависит от расстояния между магнитом и изделием. Сила притяжения (сила, необходимая для отсоединения магнита от базового материала, покрытого слоем ферромагнетика) является мерой толщины покрытия.

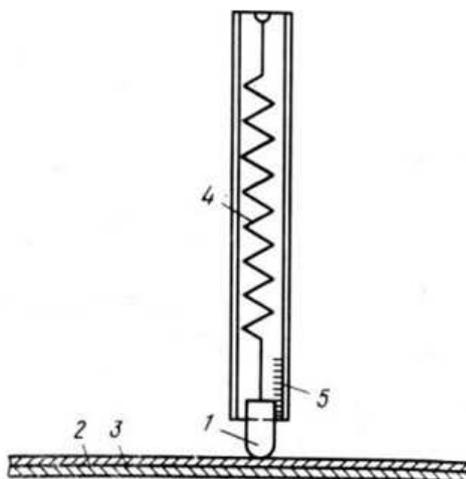


Рис. 3 Схема устройства для измерения толщины покрытия, основанного на использовании сил, вызванных действием поля постоянного магнита: 1-постоянный магнит; 2-материал покрытия; 3-основной материал; 4-пружина; 5-шкала.

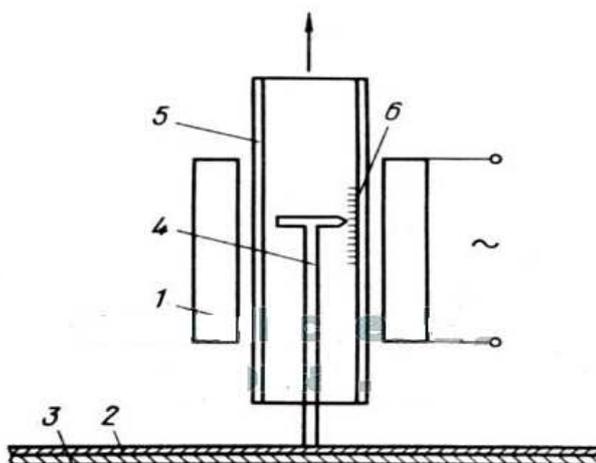


Рис. 4 Схема устройства для измерения толщины покрытия, основанного на использовании сил, вызванных действием поля

электромагнита: 1-катушка магнита; 2-материал покрытия; 3-основной материал; 4-сердечник из магнитно-мягкой стали; 5-пластмассовая или стеклянная трубка; 6-шкала.

На рис. 3 и 4 показаны два устройства для измерения толщины покрытия, основанные на измерении сил, возникающих под действием магнитного поля.

Этот метод позволяет измерять толщину неферромагнитных (например, лаковых, пластмассовых, цинковых, медных) и слабо ферромагнитных (например, полученных азотированием и гальваническим никелированием) слоев толщиной примерно до 10 мм, нанесенных на ферромагнитный основной материал, с погрешностью около 10—15 %. Измерения проводятся в отдельных точках и всегда дискретны.

2.2.2 Методы основанные на измерении магнитного потока

Плотность магнитного потока зависит от магнитной проницаемости материала, через который проходят линии магнитного поля. Если в замкнутый контур линий магнитного поля вводится ферромагнитный материал с неферромагнитным или слабоферромагнитным покрытием, то плотность магнитного потока может служить мерой толщины этого покрытия.

На рисунке 5 показана схема измерения изменения магнитного потока с помощью так называемого зондового зонда. Принцип измерения толщины покрытия путем фиксации изменения геометрии линий магнитного поля объясняется на рисунке 6.

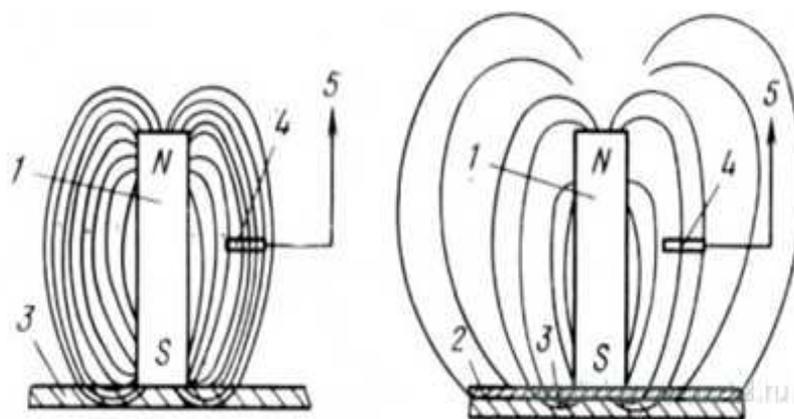


Рис. 5 Схема измерения толщины покрытия посредством определения плотности магнитного потока: 1-стержневой магнит; 2-материал покрытия; 3-основной материал; 4-зонд Холла; 5-измерительный прибор.

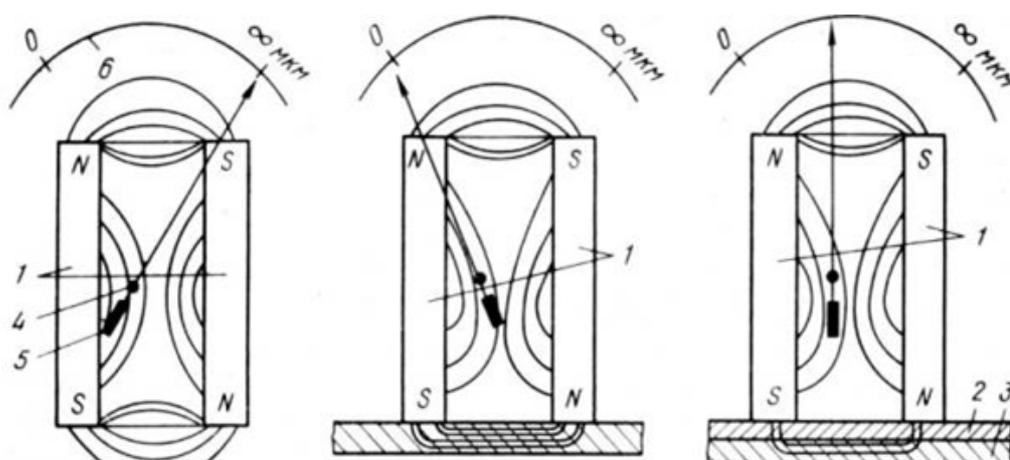


Рис. 6 Схема измерения толщины покрытия посредством фиксации изменения геометрии магнитных силовых линий: 1-стержневой магнит; 2-материал покрытия; 3-основной материал; 4-ось вращения; 5-подвижный магнит; 6- шкала.

Этот метод позволяет измерять толщину неферромагнитных или слабо ферромагнитных (лаковых, цинковых, медных, свинцовых и др.) Покрытий, нанесенных на материал ферромагнитного основания. Диапазон измеренных толщин составляет от 0 до 10 мм, погрешность измерения составляет $\pm 10\%$. Когда используется двухполюсное ярмо, всегда определяется сумма толщин слоев, лежащих ниже обоих полюсов.

Измерения производятся в точках и всегда дискретны.

2.2.3 Индукционный метод контроля

Метод индукции определяет изменение магнитного сопротивления. Толщиномер датчика измеряет изменение магнитной индукции, что связано с изменением магнитной проводимости среды. На рисунке 7 показан индукционный толщиномер с сердечником штифта (1-обмотка, 2-измерительная обмотка, 3-жильное, 4-исследуемое покрытие, 5-основание).

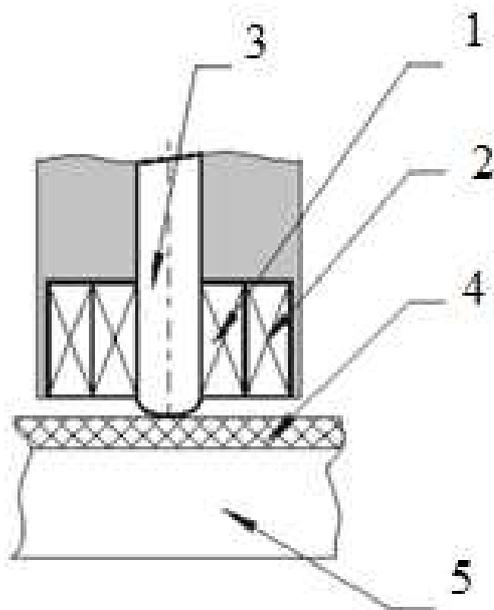


Рис.7. Индукционный толщиномер

На сердечнике установлена вторая (измерительная) обмотка, в которой индуцируется напряжение, пропорциональное магнитному потоку. Это напряжение, которое после амплификации и выпрямления индуцируется указательным устройством, при прочих равных условиях является мерой толщины покрытия.

На фиг.8 показаны схемы двух устройств, предназначенных для измерения толщины покрытия этим способом.

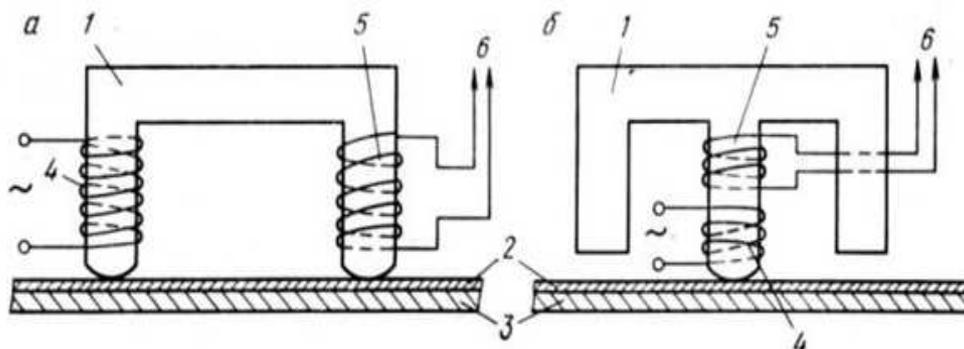


Рис. 8 Схема измерения толщины покрытия методом, основанным на измерении магнитной индукции, однополюсным (а) и двухполюсным (б) зондами : 1-сердечник магнита; 2-материал покрытия; 3-основной материал; 4-катушка возбуждения; 5-катушка измерения; 6-к измерительному прибору.

Метод, основанный на измерении магнитной индукции, позволяет измерять толщину неферромагнитных покрытий, нанесенных на материал ферромагнитного основания. Диапазон измеренных толщин составляет от 0 до 10 мм, средняя погрешность измерения мала и колеблется от ± 3 до $\pm 5\%$.

При большой глубине проникновения магнитного поля также можно измерить толщину ферромагнитных покрытий, нанесенных на неферромагнитный материал основы. В этих условиях толщина измерительного слоя в большинстве случаев должна составлять, как правило, менее 1 мм. Оборудование прост в проектировании и обслуживании, оно позволяет проводить измерения в точках и только в дискретном режиме

Преимущества магнитного метода измерения толщины:

- Широкий диапазон измерений;
- низкая погрешность измерения (2-3%);
- имеет короткое время измерения;
- Устройства просты в дизайне.

Недостатки:

- Высокое энергопотребление по сравнению с ультразвуковым методом;
- Необходимость обеспечения надежного контакта датчика с контролируемой поверхностью.

- При измерении объектом мониторинга должно быть определенное значение, указанное в технических характеристиках толщиномера. Обычно диаметр зоны управления составляет 8 мм и более. Поэтому измерение некоторых малых объектов магнитным методом невозможно.

Также некоторые типы покрытий могут быть измерены этим методом неправильно. Это такие покрытия, как мягкие (пенорезины при установке датчика деформируются). Толщина подложки должна быть определенной величиной, в противном случае точность измерения уменьшается. Основание не должно состоять из тонкой и толстой пластины. Поскольку магнитное поле проникает сквозь толстую пластину через тонкую пластину. В результате результат будет неправильным. А также сочетание двух тонких пластин недопустимо. На рисунке 9 представлен магнитный толщиномер Horstek TC 325.



Рис. 9 Магнитный толщиномер Horstek TC 325

Особенностями данного прибора заключаются: в простоте использования; имеет широкий диапазон измерений; есть подсветка дисплея, что позволяет работать при недостаточной освещенности; имеет возможность подключения к ПК, а также есть память для хранения снятых показаний; возможность работы в труднодоступных местах. [3]

Таблица №2 Основные технические характеристики толщиномера Horstek TC 325

Измеряемые поверхности	черные и цветные металлы (Fe+Al)
Частота калибровки	не требуется, самокалибровка
Проверяемые авто	авто любых марок
Диапазон измерений	0 - 2000 мкм (0.0 - 2.0 мм)
Точность	±1-3%
Дискретность	0,001 мм (1мкм)
Рабочая температура	-25...40 °С
Время непрерывной работы от батареи	10 часов
Режим непрерывного замера	v
Режим точечного замера	v
Автоотключение	v
Звуковой сигнал	v
Самокалибровка	v

Примеры допустимых сочетаний основания и покрытия для измерения этим толщиномером:

- Основание- сталь 3. Покрытие- краска. Измеряется толщина краски.
- Основание – сталь 45. Покрытие –хром. Измеряется толщина хромового покрытия .
- Основание – оцинкованная сталь 10 . Покрытие- краска. Измеряется суммарная толщина цинкового покрытия и краски.

Данный прибор является надежным и эффективным средством измерения толщины покрытий. [3]

2.3 Вихретоковые методы контроля толщины покрытий

Этот метод основан на изменении магнитного поля вихревых токов в зависимости от изменения расстояния от проводящего объекта до вихретокового преобразователя.

Этот тип толщиномера используется для измерения толщины непроводящих покрытий на проводящей подложке и наоборот.

Опускание толщины исследуемого покрытия вызывает уплотнение вихревого поля под сенсором и увеличение его влияния на амплитуду тока в катушке. Поскольку существует корреляция между толщиной покрытия и создаваемой плотностью создаваемого вихревого поля, это позволяет численно оценить толщину покрытия этим методом, но в пределах максимум 2 мм.

Вихревые токи или токи. Токовые индукционные токи, возникающие в проводниках при прохождении магнитного поля. Они возникают под воздействием электромагнитного поля. [4] Они называются вихрями, так как они замкнуты в кольце. Электромагнитное поле вихревых токов имеет частоту до 1 МГц.

На рисунке 10 показан метод управления вихревым током (1-электромагнитные полевые линии, 2-индикатор, 3-обмотка индуктивности, 4-полевые вихревые токи, 5-испытанное покрытие, 6-базовые продукты).

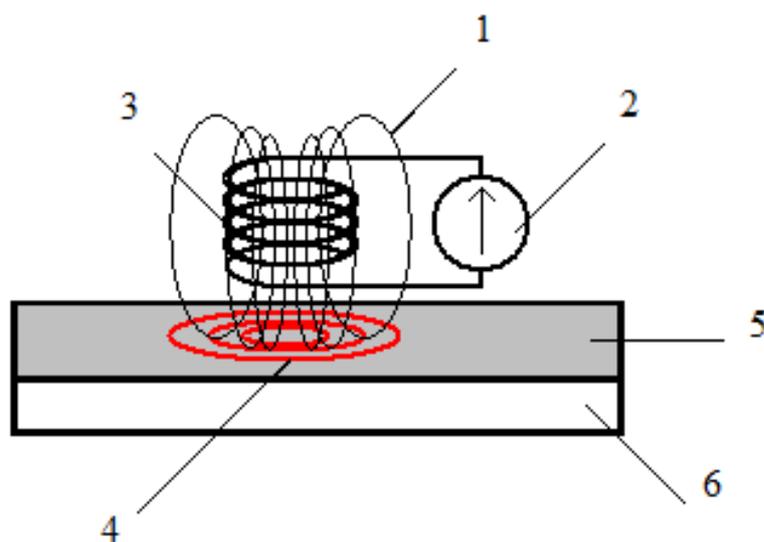


Рис.10. Вихретоковый метод контроля

Индукционная обмотка (3), по которой протекает высокочастотный ток, генерирует магнитное поле переменного типа (1). Приближаясь к исследуемой поверхности (5), она возбуждает в ней вихревые токи (4), которые захватываются и измеряются одной и той же обмоткой (3). По результатам измерений сделан вывод о толщине продукта.

Использование вихретоковых толщиномеров ограничено. Необходимо учитывать минимальный радиус основания (указанный в паспортных данных устройства), шероховатость и толщину покрытия. Также необходимо учитывать рабочую частоту толщиномера, так как при увеличении рабочей частоты прибора глубина проникновения объекта управления вихревым током уменьшается. В некоторых случаях эта функция дает преимущество, например, при работе с тонким основанием. Поэтому для разных задач требуются разные рабочие частоты.

Преимущества вихретокового метода:

- Малое влияние шероховатости объекта мониторинга на измерение;
- Возможность измерять мелкие предметы без дополнительных инструментов;
- Измерение на изделиях с переменной и высокой намагниченностью;
- Высокая точность измерений;

- Слегка зависит от геометрии объекта тестирования во время измерения.

Недостатки:

- Зависимость получения результатов измерений от электропроводности покрытия (необходимо сохранить несколько калибровочных характеристик);

- Зависимость от температуры (изменение температуры продукта приводит к изменению магнитной проницаемости и электропроводности подложки);

На рисунке 11 показан вихретоковый толщиномер ТМ-4. Толщиномер ТМ-4 предназначен для измерения толщины лакокрасочного покрытия и других защитных поверхностей на любых проводящих подложках. Также для измерения немагнитных покрытий на ферромагнитной подложке и непроводящих покрытий на неферромагнитной подложке.



Рис. 11 Вихретоковый толщиномер ТМ-4

Данный толщиномер имеет подключение к ПК. Память рассчитана на 5000 измерений. Имеется возможность усреднения измерений. Также есть режим калибровки, режим автоматической сигнализации брака, режим автоотключения, несколько видов преобразователей, регулируемая подсветка дисплея. Питание данного прибора является батареей.

Таблица №3 Технические характеристики вихретокового толщиномера ТМ-4

Диапазон измеряемых толщин	0-2мм с преобразователями М120,Н120 0,05-5мм с преобразователями М150,Н150 2-15мм с преобразователями М215,Н215
Дискретность показаний	1, 0.1, 0.01 или 0.001 - задается при программировании шкалы
Шкалы	15 программируемых с клавиатуры или с ПК, до 10 опорных точек для линейной аппроксимации
Программное обеспечение	Dlogger Scale
Питание	встроенная Литий-ионная батарея
Время работы	не менее 30 часов
Автоотключения	через 90 сек
Диапазон рабочих температур	от -10 С до +50 °С
Размер электронного блока (В х Ш х Д)	150 мм х 80 мм х 40 мм
Вес	230 г

Для удобства, с базовым комплектом прибора идет сумка. А также несколько видов преобразователей.[5]

Для данного толщиномера есть несколько видов преобразователей:

- М120 (на ферромагнитном основании, покрытия 0-2мм)
- М150 (на ферромагнитном основании, покрытия 0,05-5мм)
- М215 (на ферромагнитном основании, покрытия 2-15мм)
- Н120 (на неферромагнитном основании, покрытия 0-2мм)
- Н150 (на неферромагнитном основании, покрытия 0,05-5мм)
- Н215 (на неферромагнитном основании, покрытия 2-15мм)

Вихретоковый толщиномер ТМ-4 является универсальным, удобным и надежным прибором.

2.4 Радиационные методы

Эти методы основаны на измерении характеристик передаваемого, отраженного или излучаемого пленочным излучением.

Форма излучения толщиномера классифицируется на два метода:

- обратное рассеяние бета-излучения;
- Рентгеновский флуоресцентный.

Метод обратного рассеяния бета-излучения основан на изменении интенсивности отраженного потока бета-частиц от толщины объекта управления.

Наиболее распространенными методами излучения являются рентгенофлуоресцентные. Поскольку рентгеновское излучение обладает высокой проникающей способностью, и поэтому можно измерить довольно большую толщину.

Резкое изменение толщины покрытия в направлении передачи фиксируется на пленке. Для сканирования объекта осмотра используется рентгеновская характеристика или тормозное излучение.

Метод обратного рассеяния бета-излучения работает следующим образом. Когда в материал вводят пучок радиоактивных частиц, их рассеяние происходит во всех направлениях. В качестве меры толщины рассеивающего слоя используется доля частиц, отраженных под углом 180° (обратно рассеянный). Эта так называемая интенсивность обратного рассеяния в случае применения определенного источника излучения (радиоизотопа) и геометрии постоянного датчика зависит от серийного номера вещества в периодической системе и толщины измеряемого

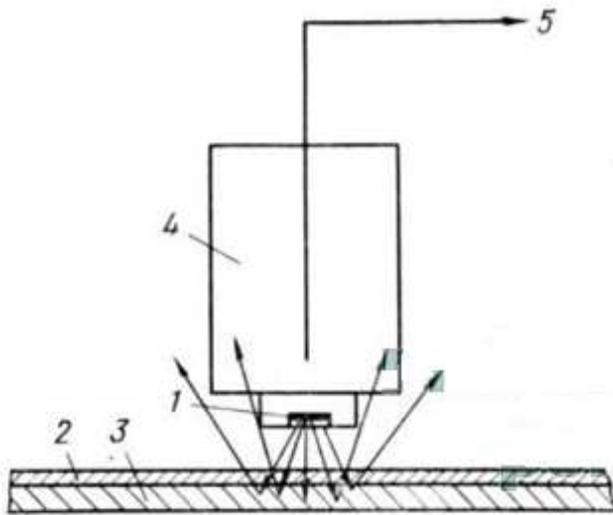


Рис. 1.1. Схема измерения толщины покрытия, основанного на измерении обратного рассеяния:

1 — источник излучения; 2 — материал покрытия; 3 — основной материал; 4 — детектор излучения; 5 — измерительный прибор

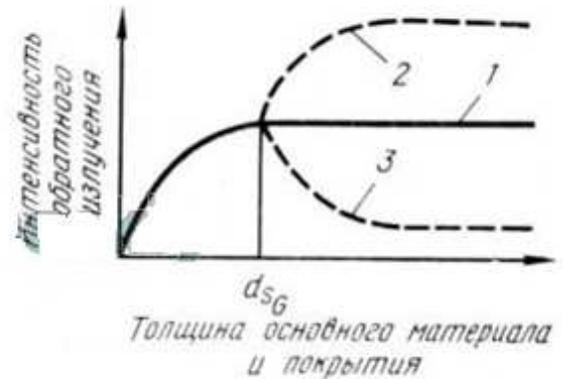


Рис. 1.2. Зависимость интенсивности обратного рассеяния от толщины покрытия (d_{sG} — толщина основного материала, при которой наступает насыщение обратного рассеяния):

1 — без покрытия; 2 — $Z_{II} > Z_0$; 3 — $Z_{II} < Z_0$

слоя. Эмпирически было найдено следующее соотношение между интенсивностью обратного рассеяния $I_{обр}$, интенсивностью насыщения I_n , коэффициентом обратного рассеяния m_r и толщиной слоя d_s :

$$I_{обр} = I_n(1 - e^{-m_r d_s})$$

Принцип метода пояснен на рис. 1.1; некоторые радиоизотопы, используемые при измерениях обратного рассеяния Р-излучения.

Метод, основанный на измерении обратного рассеяния, применим для всех комбинаций материалов, для которых порядковые номера (Z_0 — основного материала, Z_n — материала покрытия) достаточно отличаются друг от друга. Ориентировочно принимают, что должно выполняться условие $|Z_0 - Z_n| > 3$.

Так как при этом порядковый номер материала покрытия может быть, как больше, так и меньше порядкового номера основного материала, интенсивность обратного рассеяния, фиксируемая при измерениях, увеличивается или уменьшается при увеличении толщины покрытия. Причина этого эффекта пояснена на рис. 1.2.

ТАБЛИЦА 1.1

РАДИОАКТИВНЫЕ ИЗОТОПЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ
ОБРАТНОГО РАССЕЯНИЯ β -ИЗЛУЧЕНИЯ

Изотоп	Время полураспада, год	Энергия излучения (max) · 10 ¹² , Дж	Изотоп	Время полураспада, год	Энергия излучения (max) · 10 ¹² , Дж
¹⁴ C	5570	0,251	²¹⁰ Pb + ²¹⁰ Bi	23	1,859
¹⁴⁷ Pm	2,6	0,363	⁹⁰ Sr + ⁹⁰ Y	29	3,630
²⁰⁴ Tl	3,9	1,226	¹⁰⁶ Ru + ¹⁰⁶ Rh	1	5,653

Рентгеновский флуоресцентный метод основан на анализе возбужденного рентгеновского излучения с помощью радиоизотопного источника по толщине объекта контроля.

В зависимости от свойств и качества обоих материалов измерения могут проводиться при возбуждении атомов одного или другого из них. В случае возбуждения атомов материала покрытия мерой толщины слоя является только интенсивность флуоресцентного излучения. Когда атомы основного материала возбуждаются, толщина слоя оценивается по поглощению флуоресцентного излучения основного материала.

Этот метод особенно подходит для измерения толщины очень тонких покрытий до около 10 мкм. Состояние

| ZD - Zn | > 1. Диаметр поля измерения должен составлять не менее 10 мм.

Ошибка в измерениях этим методом в большинстве случаев несколько ниже, чем при использовании метода, основанного на измерении обратного рассеяния.

Рентгеновский флуоресцентный метод позволяет проводить измерения как в непрерывном, так и в дискретном режиме.

Преимуществами этого метода являются: удаленность, простота использования в автоматизированных системах управления, долговечность источника излучения. Существенными недостатками являются: небольшой

диапазон измеряемой толщины, опасность для персонала, необходимость комплексной калибровки и т. Д.

Существует много разных рентгеновских аппаратов, как переносных, так и стационарных. На данный момент наиболее распространенными являются малоразмерные импульсные устройства, которые позволяют большой толщине сиять через большие токи (от 100 до 200 А) и малой мощности (из-за короткого времени импульса от 1 до 3 мкс).

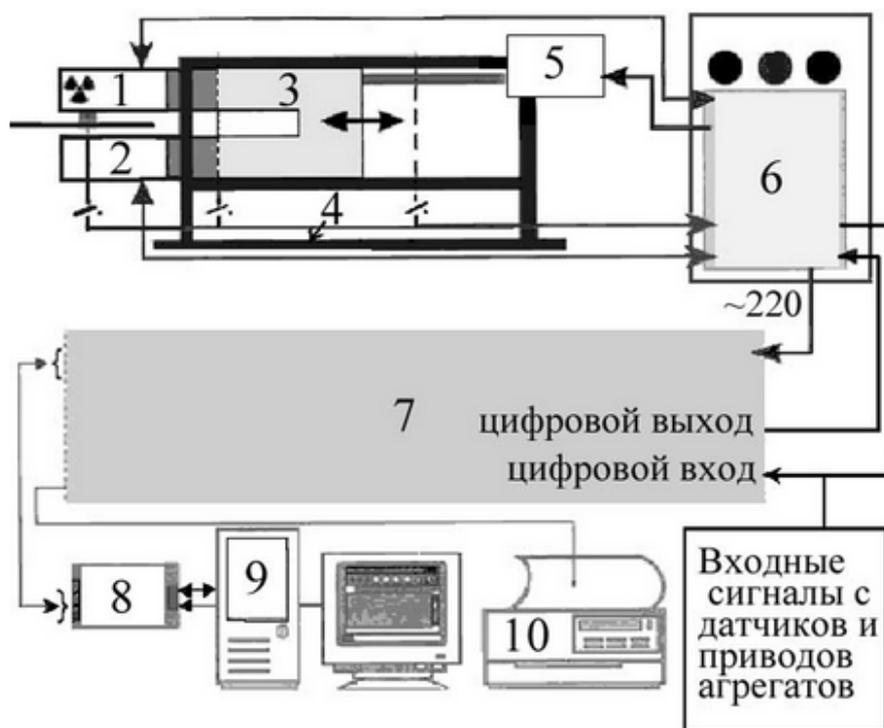


Рис.14 Функциональная схема радиационного толщиномера

На рисунке 7 изображена схема радиационного толщиномера с техническими средствами для обработки и воспроизведения измерений (1- источник излучения, 2- ионизационная камера, 4-скоба измерительная, 4- станина, 5- электроприводы измерительной скобы, 6- шкаф управления, 7- блок преобразования, 8- преобразователь интерфейса, 9- ПК, 10-принтер).

В общем, радиационная толщинометрия, проявила себя, только при измерении больших толщин. Так как данный метод измерения является самым трудоемким и вредным для человека.

2.5 Электрические методы

Многие электрические характеристики материала при определенных условиях напрямую зависят от его толщины. К ним относятся электропроводность, диэлектрические свойства изоляционных слоев и индукция тока под действием электромагнитного поля. Было разработано несколько методов, основанных на измерении этих характеристик.

2.5.1 Методы измерения электропроводности

Существуют различные методы измерения толщины покрытия, основанные на измерении электропроводности. Но основным принципом, используемым во всех вариантах, является зависимость электрического сопротивления материала покрытия от его толщины. Два из этих вариантов показаны схематически на рисунке 15.

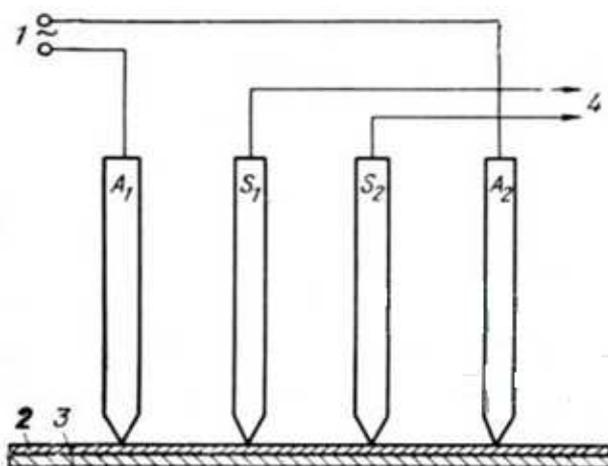


Рис. 1.11. Схема измерения толщины покрытия двухзондовым методом, основанном на измерении электропроводности: 1 — источник тока; 2 — материал покрытия; 3 — основной материал; 4 — к вольтметру

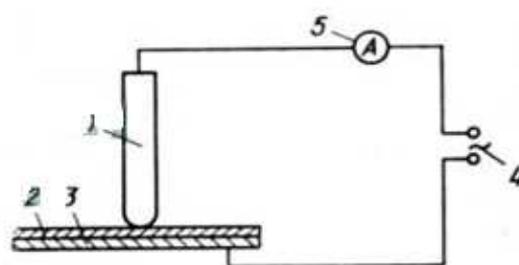


Рис. 1.12. Схема измерения толщины покрытия однозондовым методом, основанном на измерении электропроводности:

1 — измерительный электрод; 2 — материал покрытия; 3 — основной материал; 4 — регулируемое переменное напряжение; 5 — к амперметру

Рис. 1.11 иллюстрирует схему измерения поверхностного сопротивления токопроводящего покрытия на токонепроводящем основном материале. С помощью зондов A_1 и A_2 через покрытия пропускают ток I .

Пропорциональное сопротивлению напряжение U , возникающее на зондах S_1 и S_2 , индицируется на шкале, калиброванной в единицах длины в соответствии со следующим соотношением:

$$U/I = 1/d_s. (1.3)$$

Если ток I постоянный, то измеряемое напряжение U обратно пропорционально толщине d_s покрытия и наоборот: при постоянном напряжении U ток I пропорционален d_s . Измеренное значение соответствует средней толщине покрытия между зондами S_1 и S_2 .

Благодаря этому способу можно измерить толщину покрытий из проводящего или полупроводникового материала, нанесенного на непроводящий основной материал. Он позволяет измерять толщину от 0 до 30 мм в зависимости от материала покрытия, а погрешность измерения может составлять $\pm 2\%$. Процесс измерения является дискретным.

Простое устройство также подходит для измерения толщины покрытий из оксидных материалов, нанесенных на алюминий, цинк, кадмий, серебро и олово; погрешность измерения составляет $\pm 15\%$. Измерения являются дискретными.

Один из вариантов этого метода позволяет измерить начальный диффузионный ток. Его значение приблизительно пропорционально толщине тонкого проводящего покрытия, нанесенного на проводящий основной материал. В то же время приложенное напряжение увеличивается до тех пор, пока так называемый начальный диффузионный ток не начнет протекать через образец незадолго до достижения пробивного напряжения между зондами. В этот момент величина тока, закрепленная с помощью гальванометра, резко возрастает.

2.5.2 Емкостной метод

Конденсатор с катушкой образуют колебательный контур, имеющий определенную резонансную частоту.

Если диэлектрик конденсатора изменяется, например, за счет увеличения или уменьшения толщины изолирующего покрытия, то частота колебательного контура также изменяется. При этом толщина покрытия d_s пропорциональна квадрату частоты колебательного контура ($d_s \sim f^2$).

Толщина покрытия определяется следующим соотношением:

$$d_a = eA (2\pi f)^2 L,$$

где e — диэлектрическая проницаемость; A — площадь измерительного электрода; f — частота колебательного контура; L — индуктивность катушки.

Так как у специальных измерительных устройств $4\pi^2 eAL = \text{const}$, то

$$d_s = Kf^2. \quad (1.5)$$

Этот дискретный метод пригоден для измерения толщины токонепроводящих покрытий, превышающих 0,01 мкм, нанесенных на проводящий основной материал. Погрешность измерений составляет примерно +5 %.

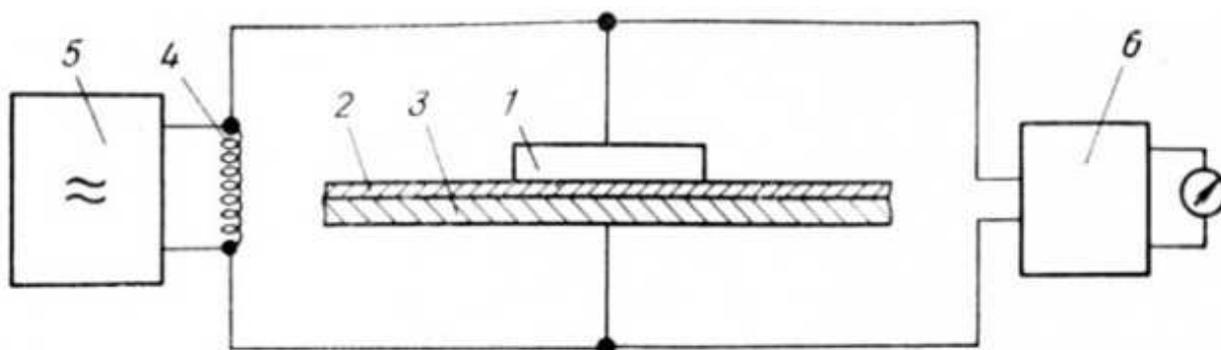


Рис. 1.13. Схема измерения толщины покрытия емкостным методом [1.4]:

1 — измерительный электрод; 2 — материал покрытия; 3 — основной материал; 4 — катушка индуктивности; 5 — генератор; 6 — частотомер

Электрический емкостной метод эффективен для измерения толщины диэлектрических покрытий на электропроводящих подложках в тех случаях, когда толщина основания мала, а использование вихревого тока или магнитного контроля затруднено из-за влияния толщины подложки на результаты измерений. Такие проблемы возникают при контроле толщины лаков или пластмасс на поверхности упаковочных банок и труб.

Преимущества емкостного метода включают относительную простоту реализации для контроля плоских изделий. Недостатки емкостного метода включают в себя зависимость результатов контроля от шероховатости поверхности изделия, небольшой диапазон контролируемой толщины. Значительные трудности в контроле возникают при кривизне контролируемой поверхности.

2.5.3 Термоэлектрический метод

Этот метод измерения основан на использовании эффекта появления электрического напряжения между материалом покрытия и базовым материалом, если существует разность температур между контактами. Если тестовый зонд создает определенную температуру на поверхности слоя, то для данной комбинации материалов тепловое напряжение, возникающее в результате градиента температуры в покрытии и базовом материале, зависит от толщины покрытия.

Этот метод применим для всех комбинаций материалов, которые обеспечивают тепловое напряжение, достаточно большое для надежных измерений (несколько сотен мкВ).

Если толщина основного материала достаточно постоянна, толщина покрытия может быть определена путем измерения в одном месте. В случае переменной толщины основного материала измерения проводятся до и после покрытия, а толщина последнего определяется из разницы в значениях измерения.

Поскольку эти приборы предназначены для сортировки, а не для измерения параметров ОК, их метрологическая поддержка заключается в установлении ошибки в измерении термоэлектрической мощности с использованием стандартных устройств измерения напряжения. Как уже упоминалось, использование приборов для конкретных целей требует

предварительного установления соединения термоэлектрической мощности с параметрами, по которым будет выполняться сортировка.

Преимуществами термоэлектрических устройств являются относительная простота и низкая стоимость, а также независимость результатов сортировки от геометрических параметров ОК. Недостатком является необходимость прямого электрического контакта с ОК.

2.6 Пневматический метод измерения толщины покрытий

Существует ряд достаточно экзотических методов измерения толщины покрытий. Одним из них является пневматический метод.

Пневматический метод основан на измерении давления газа отраженного от изделия (рисунок 19). Недостатком такого метода является необходимость наличия участка изделия без покрытия.

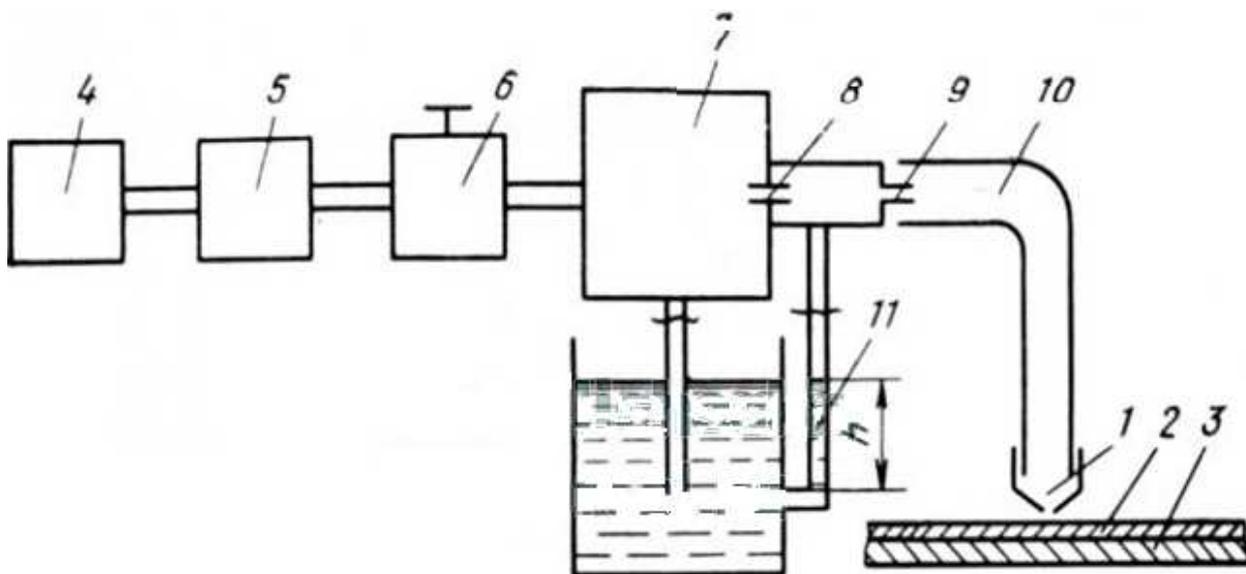


Рис. 1.16. Схема измерения толщины покрытия пневматическим методом:

1 — измерительное сопло; 2 — материал покрытия; 3 — основной материал; 4 — газ под давлением; 5 — фильтр; 6 — дроссель тонкой регулировки; 7 — уравнительный резервуар; 8, 9 — сопла; 10 — измерительный трубопровод; 11 — жидкостной манометр

Пневматический метод применим для любых комбинаций материалов. Он позволяет производить измерения на деталях большой площади толщиной

примерно от 10 мкм до 10 мм с погрешностью от ± 1 до ± 5 мкм. Устройство, оборудованное одним соплом, обеспечивает измерение толщин покрытий примерно до 100 мкм.

Метод позволяет проводить измерения как в непрерывном, так и в дискретном режиме.

2.7 Метод мокрого слоя

Метод влажного слоя предназначен для контроля толщины незатвердевших лакокрасочных покрытий.

Толщиномеры влажного слоя имеют механическое взаимодействие между объектом управления и средствами измерения. Они изготовлены из алюминия, пластика или нержавеющей стали. Манометрами этого метода являются измерительные гребни.

На рисунке 20а показан толщиномер колес. Эта конструкция толщиномера (колеса) оптимальна для этого метода измерения. Колеса подшипников отмечены зазорами. Колесо прокатывается по исследуемому покрытию, а толщина покрытия определяется по методам на шкале.

Процедура измерения с таким толщиномером:

1. Перед началом измерения протрите контактную поверхность колеса тканью, смоченной в растворителе.

2. Поместите колесо на окрашенную поверхность сектором, который приближается к предполагаемой толщине покрытия и сверните его в сторону, соответствующую уменьшению меток толщины на колесе.

3. Определите толщину покрытия в конце следа краски на центральном измерительном колесе относительно меток толщины на опорных колесах.

4. После окончания контроля протрите колесо тряпкой, смоченной в растворителе, до тех пор, пока следы краски не будут полностью устранены.

Основные технические характеристики:

- Диапазон измерения: до 200 или до 500 мкм;

- Диаметр колеса: 50 мм;
- Расстояние между опорными колесами: 9 мм.

На рисунке 20б. представлен гребень. Чтобы измерить толщину, необходимо надавить гребень на покрытие на основание краем, затем через несколько секунд его удалить и толщину покрытия определить по значениям зубов.

Измерительные гребни - толщиномеры влажного слоя краски Константа Г.

Есть исполнение Г1, Г2, Г3.

Характеристики:

Диапазон измерения, мкм:

- Г1 - от 10 до 200;
- Г2 - от 25 до 800;
- Г3 - от 50 до 2000.

Дискретность, мкм:

- Г1 - 10;
- Г2 - 25;
- Г3 - 50.

Покрытие гребня с химическим никелем обеспечивает его высокую износостойкость.

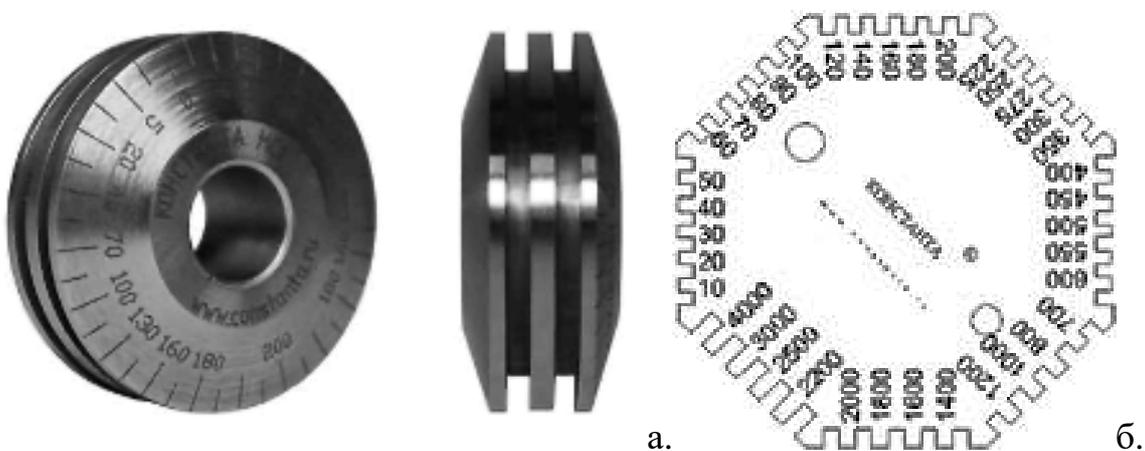


Рис.20 а.-Толщиномер-колесо, б.- гребенка

Преимущества метода мокрого слоя:

- Быстрота и простота проведения измерения;
- Дешевизна.

Недостатки:

- Механическое взаимодействие с покрытием изделия.

3 Анализ методов толщинометрии

При определении толщине изделия необходимо определить покрытие и подложку. Поскольку определенный толщиномер работает более эффективно на некоторых материалах.

Метод влажного слоя не является универсальным, поэтому толщиномеры теряют другие толщиномеры.

Измерение толщины радиации является очень трудоемким и опасным для людей. Также этот тип толщиномеров имеет большую ошибку. Поэтому радиационный метод измерения в этом случае уступает вихретоковому, магнитному и ультразвуковому методам.

Ультразвуковые толщиномеры являются универсальными приборами. Что дает большое преимущество перед другими типами счетчиков толщины. Но ультразвуковые толщиномеры дороги. А также необходимо использовать контактную жидкость, что усложняет процесс измерения. Поэтому такое измерение толщины теряет вихревые и магнитные толщиномеры.

Вихретоковый толщиномер очень распространен в области измерения непроводящих покрытий на подложках из цветных металлов. Основным недостатком метода вихревых токов является зависимость получения результатов измерений от электропроводности покрытия. Это сужает применение этого метода по сравнению с магнитным методом при измерении толщины лакокрасочного покрытия на ферромагнитном основании.

Магнитные толщиномеры являются наиболее распространенными устройствами. Поскольку этот тип толщиномера активно используется в автомобильной промышленности, для измерения толщины лакокрасочного покрытия.

Магнитное измерение толщины является наиболее оптимальным методом измерения лакокрасочных покрытий на ферромагнитных подложках. Поскольку в этом измерении существует только один существенный недостаток, высокая потребляемая мощность по сравнению с ультразвуковым

методом. Но это компенсируется достоинствами по сравнению с другими методами измерения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНИНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
151Б40	Ван Бинцзи

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих; 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов; 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования; 	<p><i>Информационные, материальные и человеческие ресурсы;</i></p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Определение трудоемкости работ; 2. Определение конкурентоспособности магнитного толщиномера; 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разработка графика проведения исследования; 2. Построение оценочной карты конкурентоспособности;
--	--

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<p><i>Диаграмма Ганта;</i></p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ван Бинцзи		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Целью данного раздела является сравнение магнитного толщиномера с другими измерителями толщины лакокрасочных покрытий, с экономической точки зрения.

Необходимо решить следующие задачи:

- Структура работ в рамках научного исследования;
- Определение трудоемкости выполнения работ;
- Разработка графика проведения исследования;
- Расчет материальных затрат;
- Анализ конкурентоспособности толщиномеров.

4.1 Структура работ в рамках научного исследования

При планировании данного комплекса работ необходимо: определить структуру работы в рамках научного исследования; определить участников работы; установить продолжительность работ.

При выполнении научного исследования задействованы 2 человека. Студент анализирует и проводит исследование. Ассистент кафедры является научным руководителем. Он консультирует студента по теме научного исследования.

В таблице 1 приведено распределение работ и исполнителей научного исследования

Таблица №1 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Проведение исследований патентов	Студент
	4	Выбор направления исследований	Студент, Научный руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Студент, Научный руководитель

Теоретическое исследование	6	Изучение методов толщинометрии	Студент
	7	Теоретическое сравнение толщиномеров	Студент
	8	Теоретическое определение оптимального измерителя толщины лакокрасочных покрытий на ферромагнитных материалах	Студент, Научный руководитель
Обобщение и оценка результатов	9	Определение целесообразности исследования	Студент, Научный руководитель

4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Важным аспектом любых исследовательских работ является трудоемкость их выполнения. Трудоемкость это вероятностная оценка стоимости исследований. Она оценивается в человеко-днях. Чтобы рассчитать трудоемкость работ, применяют формулу:

(1)

где $t_{\min i}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы; $t_{\max i}$ - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы; $t_{\text{ож}i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы (человек-день).

С помощью ожидаемой трудоемкости можно определить продолжительность каждой работы (оценивается в рабочих днях T_p). Формула для расчета продолжительности работы:

(2)

где $t_{\text{ож}i}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы (человек-день); $Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одну и тоже работу (человек); T_{pi} - продолжительность работы(рабочие дни).

4.3 Разработка графика проведения исследования

Наиболее наглядным и удобным графиком выполнения исследовательской работы является ленточный график, в виде диаграммы Ганта. На данном графике отображаются даты начала и окончания написания работы. Для удобства длительность каждого этапа переводится в календарные дни.

В таблице 2 приведена длительность и этапы выполнения исследовательской работы(диаграмма Ганта).

Таблица №2 диаграмма Ганта

№ работ	Вид работ	Исполнители	, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ															
				Февраль 2015			Март 2015			Апрель 2015			Май 2015			Июнь 2015			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Выбор и утверждение темы работы	С, НР	4	1	2	3													
2	Изучение литературы	С	25	1	2	3	1	2	3										
3	Поиск и изучение теоретических материалов	С	30				1	2	3										
4	Анализ методов работы толщиномера	С, НР	24							1	2	3							
5	Выбор оптимального метода измерения	С, НР	12										1	2	3				
6	Заключение	С	10											1	2	3			
7	Оформление работы	С, НР	15														1	2	3



– Научный руководитель (НР)



– Студент (С)

4.4 Расчет материальных затрат

Так как исследование проводилось в теоретической форме, то материальные затраты были только на канцелярские товары. Расчет материальных затрат написан в таблице 3.

Таблица №3 Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на материалы, руб.
Тонер для принтера	шт.	1	350	350
Бумага А4 (500 листов)	упаковка	1	250	250
Интернет (пакет)	месяц	5	600	3000
Тетрадь общая (48 л)	шт.	1	35	35
Ручка шариковая	шт.	1	22	22
Маркер	шт.	1	30	30
Карандаш	шт.	1	10	10
Стикеры	упаковка	1	28	28
Итого				3725

4.5 Анализ конкурентоспособности толщиномеров

Конкурентоспособность товара наиболее важная характеристика на рынке. Толщиномеры широко применяются в нашей жизни. Поэтому производители пытаются разрекламировать свой определенный вид прибора.

Магнитный толщиномер является одним из самых распространенных измерителей толщины лакокрасочных покрытий на ферромагнитных материалах. Конкурентоспособность данного прибора во многом зависит от его характеристик, стоимости.

В таблице 3 приведена оценочная карта, по которой можно сказать о конкурентоспособности данного толщиномера по сравнению с другими видами.

Таблица №4 Оценочная карта толщиномеров

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы					Конкурентоспособность				
		Бу	Бм	Бв	Бр	Бм2	Ку	Км	Кв	Кр	Км2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Технические критерии оценки ресурсоэффективности											
Повышение производительности труда пользователя	0,06	5	5	5	4	3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,18
Удобство в эксплуатации	0,02	4	5	5	4	5	0,08	0,1	0,1	0,8	0,1
Помехоустойчивость	0,07	4	4	3	4	4	0,28	0,2	0,2	0,2	0,28
Энергоэкономичность	0,06	4	3	3	2	5	0,24	0,1	0,1	0,1	0,3
Надежность	0,1	3	4	4	3	4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4
Безопасность	0,05	5	5	5	2	5	0,25	0,2	0,2	0,1	0,25
Запоминание результатов измерения	0,05	5	5	5	2	2	0,25	0,2	0,2	0,1	0,1
Функциональная мощность(представляемые возможности)	0,06	5	4	4	3	2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,12

Простота эксплуатации	0,06	4	5	5	2	5	0,24	0,3	0,3	0,1	0,3
										2	
Качество интеллектуально интерфейса	0,05	5	5	5	3	1	0,25	0,2	0,2	0,1	0,05
								5	5	5	
Возможность подключения к ПК	0,03	5	5	5	1	1	0,15	0,1	0,1	0,0	0,03
								5	5	3	
Экономические критерии оценки эффективности											
Конкурентоспособность	0,04	5	5	5	3	3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,12
										2	
Уровень проникновения на рынок	0,04	5	5	5	3	3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,12
										2	
Цена	0,15	2	4	4	1	5	0,3	0,6	0,6	0,1	0,75
										5	
Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	5	5	5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Послепродажное обслуживание	0,06	4	4	4	4	1	0,24	0,2	0,2	0,2	0,06
								4	4	4	
Итого	1	70	73	72	46	54	4,08	4,4	4,3	3,5	3,58
								4	7	5	

Б_у- ультразвуковой толщиномер; Б_м- магнитный толщиномер; Б_в- вихретоковый толщиномер; Б_р- радиационный толщиномер; Б_{м2}- толщиномер мокрого слоя.

Конкурентоспособность определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (3)$$

где K – конкурентоспособность толщиномера;

V_i– вес показателя (оценивается в долях единицы);

B_i– балл i-го показателя.

По результатам оценки конкурентоспособности, можно сказать, что магнитный толщиномер лакокрасочных покрытий на ферромагнитных материалах технически и экономически лучше, чем остальные.

4.6 Заключение по разделу “Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение”

В данном разделе была определена структура работ, из которой видно, что основными исполнителями исследования являются студент и его научный руководитель. Также была построена диаграмма Ганта, из которой видно, что исследование продолжалось с февраля месяца по июнь, и на ней казано распределение участия в исследовании исполнителей(студент и научный руководитель). Далее были рассчитаны материальные и человеческие затраты, по результатам которых можно сказать, что данное исследование не очень затратное. Также была определена конкурентоспособность магнитного толщиномера. В результате, по техническим и экономическим показателям, он имеет больше преимуществ, чем толщиномеры, основанные на других методах. Это в очередной раз подтверждает правильность выбора оптимального измерителя лакокрасочных покрытий на ферромагнитных основаниях.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
151Б40	Ван Бинцзи

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочая зона: Лаборатория, толщиномер, мебель (стулья, столы, шкафы).</p> <p>Рабочее место на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение); -опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной природы); -негативное воздействие на окружающую природную среду (литосферу); -чрезвычайные ситуации;
<p>2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</p>	<ul style="list-style-type: none"> -ГОСТ 12.1.019-2009 -ГОСТ 12.1.005-88 -ГОСТ 12.1.038 – 82 -ГОСТ 12.1.033 – 81 -ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации . - М. : Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны , чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий , 2003 -СанПиН 2.2.4.548-96 -СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> -неблагоприятный микроклимат; -отклонение нормативных показателей освещенности;
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); 	<p>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> -электробезопасность; -пожаровзрывобезопасность;

<ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Охрана окружающей среды: Анализ воздействия на литосферу в результате утилизации толициномеров</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>Защита в чрезвычайных ситуациях: - возможные ЧС-пожар;</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	<p>СанПиН 2.4.3.1186-03.</p>
Перечень графического материала:	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>-план эвакуации;</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Е.В	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б40	Ван Бинцзи		

5 Социальная ответственность

Введение

В наше время все больше обращается внимание к социальной стороне деятельности организации. Это относится ко всем типам организаций. Поэтому и появился такой термин как социальная ответственность. Данные организации могут не только производить продукцию, но и предоставлять и оказывать различные услуги надлежащего качества. Поэтому предоставляемая продукция, а также услуги должны соответствовать определенным требованиям: удовлетворение интересов потребителей, ресурсосбережение, соблюдение гигиенических норм труда и безопасности, охрана окружающей среды, соблюдение прав рабочих на труд, различное социальное участие.

Социальная ответственность необходима для повышения эффективности работоспособности, а также для устранения(минимизации) негативных воздействий на организм человека и окружающую среду. Поэтому раздел “Социальная ответственность” необходимо включать в выпускную квалификационную работу бакалавра.

В данном разделе будут рассмотрены нормативные показатели различных факторов влияния на человека и окружающую среду, при работе толщиномером в аудитории 208б 10 корпуса кафедры ИИТ института неразрушающего контроля ТПУ.

В аудитории 208б может располагаться 8 человек и преподаватель. По энергозатратам работа относится к категории 1б (работа, производимая сидя, либо легкая ходьба с некоторым физическим напряжением), согласно СанПиН 2.2.4.548-96. Осуществляемый характер работы относится к категории I, микроклимат данного рабочего места соответствует всем требованиям ГОСТ 12.1.005-88.

5.1 Техногенная безопасность

В разделе рассматриваются факторы рабочей зоны (в аудитории 208б при работе с толщиномером) на их вредное проявление.

5.1.1 Микроклимат

Микроклимат рабочей зоны оценивается по: температуре воздуха, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха, интенсивности теплового излучения. Нормативные значения данных параметров указаны в ГОСТ 12.1.005-88 .

В таблице 5 приведены оптимальные значения параметров микроклимата для работ категории I.

Таблица 5. Оптимальные значения.

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/с
Холодный	22-24	40-60	0,1
Теплый	23-25	40-60	0,1

В таблице 6 приведены допустимые значения параметров микроклимата для работ категории I.

Таблица 6. Допустимые значения.

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/с
Холодный	21-25	75	Не более 0,1
Теплый	22-28	55 (при 28°С)	0,1-0,2

Для защиты от неблагоприятных воздействий на человека также применяются защитные мероприятия. Например, при низкой температуре (основном в холодный период года) используются обогреватели, либо приточная вентиляция, также применяется индивидуальная защита (спецодежда). При высокой температуре (основном в теплый период года) используются различные вентиляторы и спецодежда. При остальных отклонениях параметров микроклимата, также используются индивидуальные и коллективные средства защиты.

Аудитория, где проводится работа с толщиномеров, соответствует данным значениям микроклимата. Например, в теплый период года температура в аудитории составляет в среднем 25°C, а в холодный период 21°C.

5.1.2 Освещение

Освещение один из главных факторов, влияющих на: эффективность работоспособности, самочувствие, настроение, безопасность условия труда. Так как при недостатке или переизбытке освещения, человек быстро утомляется от постоянного напряжения глаз. Что приводит к уменьшению работоспособности, а также к ухудшению здоровья человека. Поэтому необходимо выполнять гигиенические требования к освещению. Также, для эффективности надо совмещать искусственное и естественное освещение. Требования к освещению рабочего места описывается в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

В СанПиНе указаны применения: естественного, искусственного и совмещенного освещения.

В таблице 7 приведены нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения.

Таблица 7. Нормируемые показатели освещения аудитории (лаборатории) в высших учебных заведениях

Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г - горизонтальная, В - вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
	КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		освещенность, лк		показатель дискомфорта M , не более	коэффициент пульсации и освещенности, K_p , % не более	
	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении	при общем освещении			
Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	-	-	400	40	10

В аудитории 508 находится одно большое окно, присутствует искусственное освещение с люминесцентными лампами. Данное освещение соответствует нормам освещения таблицы 3.

5.1.3 Электробезопасность

Электробезопасность представляет собой систему безопасности поражением током. Сила поражения электрическим током зависит от его рода, значения, частоты, места и длительности протекания, индивидуальных свойств человека.

Переменный ток с частотой 20-100 Гц является наиболее опасным для человека. Наиболее опасная величина переменного тока является 0,001 А, а значение тока 0,1 смертельное. При поражении током существуют несколько видов взаимодействий: электрическое, термическое(ожог), механическое(электрометаллизация), биологическое(паралич мышц, электрический удар). Предельно допустимые уровни токов и напряжений указаны в ГОСТ 12.1.038 – 82. В таблице 8 представлены значения

Таблица 8. Предельно допустимые уровни тока и напряжения

Род и частота тока	U , В	I , мА
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Различают несколько видов защиты от электрического тока: знаки безопасности, оградительные устройства, изолирующие устройства и покрытия, устройства защитного заземления, понижающие трансформаторы, инструктаж персонала.

При работе с толщиномером источником тока является розетка, так некоторые данные приборы питаются от электросети. Но в основном данные приборы являются портативными и питаются от батареек типа ААА, поэтому они безопасны в отношении поражением электрическим током.

5.2 Региональная безопасность

В процессе работы с магнитным толщиномером нет загрязнения окружающей среды. Так как при измерении он не выдает никаких вредных веществ.

Возникает проблема только при утилизации прибора. Так как в наше время любые отходы имеют влияние на литосферу, то и утилизация данных приборов негативно сказывается на оболочке Земли.

Корпус магнитных толщиномеров делают в основном из пластмассы. Данные отходы отправляют: на переработку(увеличивается ресурсосберегающий эффект), либо на захоронение на свалках и полигонах(что приводит к загрязнению окружающей среды), сжигание с бытовыми отходами(при сжигание выходят вредные вещества, что приводит к загрязнению окружающей среды), получение газообразного и жидкого топлива(при данной обработке, также образуются вредные выбросы).

В основном приборы утилизируют с помощью захоронения на свалках и полигонах, что негативно влияет на литосферу Земли. Но перед этим их

разбирают на составные части, которые тоже в основном состоят из пластмассы, в некоторых деталях присутствует железо и другие компоненты. В итоге, можно сказать, что данные приборы по сравнению с другими продуктами утилизации наносят не очень большой вред окружающей среде.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В аудитории (лаборатории) может возникнуть чрезвычайная ситуация, такая как пожар. Так как для некоторых толщиномеров источником питания является розетка. В аудитории находится электросеть, при некоторых факторах возможно воспламенение розетки, либо проводки. Существует два самых важных фактора возникновения пожара: халатное и неосторожное обращение с огнем, самовозгорание и самовоспламенение веществ.

Пожар представляет собой большую опасность, так как приносит большие материальные ущербы, а также потери человеческой жизни. Поэтому в помещениях размещают противопожарные системы, огнетушители, план эвакуации, а также проводится противопожарный инструктаж персонала. В ГОСТ 12.1.004-76 указаны основы противопожарной защиты.

5.4 Организационные мероприятия обеспечения безопасности

В обеспечении безопасности персонала наибольшее влияние имеет организация рабочего места. Это освещение и микроклимат. Также необходимы временные установки разделение труда и отдыха. При рациональном разделении труда и отдыха, при правильной организации рабочего места, у человека повышается работоспособность и улучшается самочувствие.

При работе в аудитории, все влияющие факторы на работоспособность и самочувствие человека соответствуют нормативным значениям. Кроме того, действие опасных и вредных факторов сведено к минимуму, это: микроклимат, освещение, пожаробезопасность, электробезопасность.

Рассмотрев экологическую безопасность, можно сказать, что деятельность в помещении не составляет угрозы окружающей среде.

Заключение

В данной работе был проведен анализ измерителей толщины покрытий. Выбран наиболее оптимальный метод измерения толщины покрытий на различных основаниях. Лучшими являются магнитные толщиномеры.

С экономической точки зрения был проведен анализ методов измерения, а также конкурентоспособность магнитного измерителя толщины покрытий на ферромагнитном основании. По результатам чего, можно сказать, что магнитный толщиномер имеет наибольшее распространение среди потребителей.

Был проведен анализ действующих факторов на человека и окружающую среду во время работы с прибором. Из чего можно сделать вывод, что магнитный толщиномер не имеет сильного негативного влияния.

Магнитный метод толщинометрии оказался лучше во всех сферах анализа.

Список использованных источников

1. <https://ru.wikipedia.org>
2. Бабаджанян Л.С., Бабаджанян М.Л. Метрологическое обеспечение измерений толщины покрытий. – М.: «Издательство стандартов», 2004. – 264с.
3. Потапов А.И., Сясько В.А. Неразрушающие методы и средства контроля толщины покрытий и изделий. / Научное, методическое, справочное пособие. – СПб.: «Гуманистика», 2009. – 904с.
4. Дорофеев А.Л., Никитин А.И., Рубин А.Л. Индукционная толщинометрия. – М.: Энергия, 1969. -152с.
5. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, В.Н. Филинов и др.; Под ред. В.В. Клюева – М.: Машиностроение, 1995. – 488с.
6. Бинс К., Лауренсон П. Анализ и расчет электрических и магнитных полей. Пер. с англ., М., «Энергия», 1970. – 376с.
7. *Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем. - М.: Мир, 1982. - 512 с., ил.*
8. *Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах: Т. 1 - 3. Пер. с англ. - 4-е изд. перераб. и доп. - М.: Мир, 1993.*
9. Писаревский Э. А. Электрические измерения и приборы: учебник М.:Энергия, 1970
10. Шульц Ю. Электроизмерительная техника. 1000 понятий для практиков — М.:Энергоатомиздат,1989.
11. Охрана труда / Под ред. Князевского Б.А. - М.: Высш. шк., 1982. - 320 с.
12. Плахов А.М. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие - Томск: Изд. ШУ, 2000. - 156 с.
13. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. - М.: Энергия, 1981. -590с.

14. Труханов В. М. Надежность технических систем / В. М. Труханов.
- Москва: Машиностроение-1, 2008. — 585 с
15. Ушаков И. А. Курс теории надежности систем: учебное пособие /
И. А. Ушаков. - Москва: Дрофа, 2008. - 240 с.
16. Шишмарев В. Ю. Надёжность технических систем: учебник для
вузов / В. Ю. Шишмарев. - Москва: Академия, 2010. - 304 с.
17. Дорохов А.Н. , Керножицкий В.А., Миронов А.Н., Шестопалова
О.Л. Обеспечение надежности сложных технических систем: Учебник. - СПб.:
Издательство «Лань», 2010. - 352 с.

