Пензенский государственный университет

Факультет приборостроения и информационной техники

Кафедра метрологии и систем качества

Курсовой проект

по дисциплине Методы и средства контроля

Установка контроля толщины гальванического покрытия

Автор:

студентка гр.05ПС1

Нестёркина И.С.

**Содержание**

Введение

1. Описание основных характеристик объекта контроля

2. Обзор методов измерения толщины гальванического покрытия

3. Разработка структурной схемы установки

3.1 Расчёт погрешности установки и определение требований к компонентам установки

4. Выбор СИ и вспомогательное оборудования

5. Расчет контрольных допусков и условной вероятности ошибки первого рода

Заключение

Список литературы

Приложение А. Задание

**Введение**

*Целью* данного курсового проекта является разработка установки контроля толщины гальванического покрытия.

По первой части нужно выполнить обзор методов измерения контролируемого параметра изделия. Далее в соответствии с выбранным методом разработать структурную схему установки, выбрать по справочникам и каталогам вспомогательное оборудование, удовлетворяющее требованиям. Выбранные СИ должны иметь один предел измерения и выход цифрового кода (должны быть кодоуправляемыми). Рассчитать погрешность установки контроля с учетом метрологических характеристик выбранного оборудования. Разработать схему электрического подключения.

Далее необходимо рассчитать условную вероятность ошибки первого рода. Расчет вероятностей ошибок проводиться с помощью графического интегрирования условных плотностей вероятности годных и бракованных изделий.

1. **Описание основных характеристик объекта контроля**

Гальванические покрытия – это металлические пленочки толщиной от долей мкм до десятых долей мм, наносимые на поверхность металлических и других изделий методом гальваностегии для придания им твердости, износостойкости, антикоррозийных, антифрикционных, защитно-декоративных или просто декоративных свойств.

Изменение характеристик поверхностных слоев металлических изделий приобретает все большую актуальность. Растущие требования к надежности оборудования при увеличении нагрузок на него, необходимость в защите деталей от агрессивных сред и очень высоких или, наоборот, низких температур приводят к все возрастающему интересу специалистов к применению гальванических покрытий.

Чаще всего гальванические покрытия находят применение в автомобилестроении, авиационной, радиотехнической и электронной промышленности. Но стильный вид и богатая цветовая гамма в совокупности с защитой от неблагоприятного внешнего воздействия привлекают к ним внимание и дизайнеров помещений, например, при отделке ручек дверей и карнизов, деталей для ванных комнат. Тонкие (от 3-5 до 10-15 микрон) и прочные слои хром-алмазных и никель-алмазных гальванических покрытий увеличивают срок службы и улучшают качество медицинских, штамповых и прессовых инструментов, деталей узлов трения.

Гальванические покрытия очень разнообразны. При выборе следует учитывать назначение и материал детали, условия ее эксплуатации, назначение и необходимые свойства покрытия, способ его нанесения, допустимость контактов сопрягаемых металлов и экономическую целесообразность применения этого покрытия. Гальванические покрытия могут обеспечивать повышенную коррозионную стойкость (цинкованием, кадмированием, лужением, свинцеванием), износостойкость трущихся поверхностей (хромированием, железнением), защитно-декоративную функцию отделки поверхности (меднением, никелированием, хромированием, серебрением, золочением).

Никелирование, нанесение на поверхность изделий никелевого покрытия (толщиной, как правило, от 1-2 до 40-50 мкм). Никелированию подвергаются преимущественно изделия из стали и сплавов на основе Cu, Zn и Al; реже - изделия из Mg, Ti и сплавов на их основе; разработаны способы нанесения никеля на неметаллической поверхности - керамику, пластмассы, бакелит, фарфор, стекло и др. Никелирование применяется для защиты изделий от коррозии (в атмосферных условиях, в растворах щёлочей, солей и слабых органических кислот), повышения износостойкости деталей, а также в защитно-декоративных целях.

Наиболее распространены электролитическое и химическое никелирование. Чаще никелирование (так называемое матовое) производится электролитическим способом. Наиболее изучены и устойчивы в работе сернокислые электролиты. При добавлении в электролит специальных блескообразователей осуществляется так называемое блестящее никелирование. Электролитические покрытия обладают некоторой пористостью, которая зависит от тщательности подготовки поверхности основы и от толщины покрытия. Для защиты от коррозии необходимо полное отсутствие пор, поэтому обычно производят предварительное меднение или наносят многослойное покрытие, которое при равной толщине надёжнее однослойного (например, стальные изделия часто покрывают по схеме Cu - Ni - Cr). Недостатки электролитического никелирования - неравномерность осаждения никеля на рельефной поверхности и невозможность покрытия узких и глубоких отверстий, полостей и т.п. Химическое никелирование несколько дороже электролитического, но обеспечивает возможность нанесения равномерного по толщине и качеству покрытия на любых участках рельефной поверхности при условии доступа к ним раствора. В основе процесса лежит реакция восстановления ионов никеля из его солей с помощью гипофосфита натрия (или др. восстановителей) в водных растворах.

Никелирование используется, например, для покрытия деталей химической аппаратуры, автомобилей, велосипедов, медицинского инструмента, приборов, предметов домашнего обихода, измерительного инструмента, клише, стереотипов, а также деталей, эксплуатируемых с небольшими нагрузками в условиях сухого трения, и т.д. Никелевые покрытия с течением времени несколько теряют свой первоначальный блеск. Поэтому часто слой никеля покрывают более стойким слоем хрома.

Никелевое покрытие является катодным по отношению к стали, алюминиевым и цинковым сплавам. Покрытие применяется для защитной, защитно-декоративной отделки деталей, повышения поверхностной твердости, износостойкости и электропроводности.

1. **Обзор методов измерения толщины гальванического покрытия**

Существуют два вида методов контроля толщины покрытий ПП: химические методы и физические методы.

*К химическим методам* относятся:

Капельный метод заключается в растворении покрытия на заданном участке последовательно наносимыми каплями растворителя до обнажения подслоя. Точность определения толщины капельным методом составляет %.

Испытания проводят следующим образом.

После тщательной механической и химической очистки поверхности контролируемого элемента с помощью капельницы наносят на проверяемый участок платы одну каплю соответствующего раствора и выдерживают её на поверхности в течение одной минуты.

По истечении этого времени каплю удаляют фильтровальной бумагой, насухо вытирают и на то же место наносят следующую каплю свежего раствора. Нанесение капель продолжают до обнажения подслоя, что устанавливается по изменению окраски в месте нанесения капель.

Расчёт толщины покрытия производится по следующей формуле:

,

где Q- толщина покрытия на данном участке, мкм; n- количество капель растворителя, израсходованного при испытаниях; - толщина покрытия, снимаемая одной каплей в течение 1 мин.

Составы растворов, применяемых при капельном методе, и значения коэффициента приведены в таблице 1.

Таблица 1. Составы растворов, применяемые для определения толщины покрытия капельным методом.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Покрытия | Подслой | Раствор | Концентрация раствора, г/л | Коэффициент  |
| Медь | - | Серебро азотнокислое;йод металлический | 44100 | 1,0…1,20,5 |
| Серебро  | Медь  | Калий йодистый | 200 | 0,5 |
| Никель  | Медь  | Железо хлорное;медь сернокислая | 300100 | 0,70,7 |

Струйный метод определения толщины покрытия более точен, чем капельный, и требует меньше времени. Он имеет следующие варианты: определение толщины по продолжительности действия раствора и по объёму израсходованного раствора.

Вариант по продолжительности действия раствора осуществляется методом прямого наблюдения или электроструйным нуль-методом. Погрешность данного метода % при толщинах более 5 мкм.

Сущность струйного метода заключается в определении времени растворения покрытия под действием струи раствора, вытекающего из бюретки с определенной скоростью и падающего на контролируемую поверхность под углом .Толщину покрытия определяют по формуле

,

где Q- толщина покрытия, мкм; q- толщина покрытия, растворяемая за 1 с, мкм/с; - время, затраченное на растворение покрытия, с.

Скорости растворения некоторых видов покрытий в зависимости от температуры реактива представлены в таблице 2.Точность данного метода % при толщинах более 5 мкм.

Для определения толщины покрытия олово- свинец (сплава типа ПОС), осаждённого гальваническим путём, применяется метод струйного электрохимического растворения. Для проведения измерения испытательный элемент заготовки ПП изолируют липкой хлорвиниловой лентой, оставив в точке испытания отверстие диаметром 1,5…2,0 мм для действия струи. Применяемый реактив состоит из борфтористоводородной кислоты концентрации 142 г/л. К капельнице через платиновую проволочку и к испытательному элементу подключают через амперметр источник постоянного тока. Испытательный элемент выполняет роль анода. Открывая кран капельницы, включают секундомер и отсчитывают время, необходимое для растворения слоя покрытия. Ток в момент испытания поддерживается равным 10мА. Конец растворения определяется визуально по изменению цвета пятна металла, расчёт толщины покрытия производят по формуле:

,

где Q- толщина покрытия олово- свинец, мкм; 0,11- толщина слоя олово- свинец, растворяемая за 1 с при токе 10 мА, мкм/с; - время, затраченное на растворение покрытия, с.

Таблица 2. Толщина покрытия q, растворяемого за 1 с

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Температура раствора, C  | медное | Покрытия никелевое | серебряное |
| 15 | 0,641 | 0,333 | 0,340 |
| 18 | 0,749 | 0,467 | 0,380 |
| 20 | 0,926 | 0,521 | 0,403 |
| 22 | 1,042 | 0,575 | 0,420 |
| 25 | 1,220 | 0,671 | 0,450 |

Точность данного метода % при толщинах от 2 до30 мкм.

Кулонометрический метод основан на законе Фарадея, согласно которому количество прореагировавшего вещества прямо пропорционально количеству электричества, прошедшего через электрохимическую систему. Метод состоит в том, что измеряют количество электричества или время прохождения неизменяющегося тока. Исследуемый процесс должен протекать со 100%-ным выходом по току. При контроле толщины покрытия в качестве анода используют небольшой участок поверхности металла известной площади, а всю остальную поверхность изделия закрывают защитным слоем или используют специальную прижимную ячейку с эластичным наконечником, создающим необходимую герметичность зоны контроля и возможность интенсивного обмена электролита у поверхности анода периодическим изменением давления на ячейку.

Гальванопокрытия растворяют при таком анодном потенциале, при котором не может растворяться подложка, тогда резкое увеличение этого потенциала указывает на окончание реакции. В общем случае, регистрируя изменения анодного потенциала, можно проходить все слои многослойного покрытия, измеряя их толщину. Если ток в электрохимической ячейке поддерживается постоянным, толщина покрытия Q вычисляется по формуле:

,

где t- время растворения покрытия; - плотность осаждаемого металла; k- электрохимический эквивалент; S-площадь рисунка; I- ток, А.

Состав электролитов для кулонометрического метода контроля подбирается так, чтобы предотвратить бестоковое растворение покрытия.

Кулонометрический метод контроля толщины покрытий хорошо сочетается с электрохимическими методами количественного анализа, в частности с хроноамперометрией и полярографией, для определения состава покрытия.

1. **Разработка структурной схемы установки**

При измерении толщины никелевого гальванического покрытия пользуемся кулонометрическим методом.

Этим методом можно измерять как однослойные, так и многослойные покрытия, на металлических и неметаллических деталях (от 0,1 до 100 мкм). Метод позволяет определить толщину покрытия с точностью .

Установка (рисунок 1) состоит из гальванической ячейки 1, стабилизированного источника постоянного тока 2, миллиамперметра 3, включателя 4 и реверсирующего переключателя 5 в электрической цепи гальваноячейки. Продолжительность процесса анодного растворения фиксируют с помощью счётчика.

Гальваническая ячейка представляет собой металлический сосуд вместительностью не менее 1 см. Ячейка крепится в системе, обеспечивающей постоянный ее прижим к контролируемой поверхности. Для перемешивания электролита в гальваноячейке применяется фторопластовая лопасть, приводимая во вращательное движение электродвигателем. В качестве стабилизированного источника постоянного тока применяется электронный стабилизатор, обеспечивающий на выходе плавно регулируемую силу тока 0,5- 100 мА со стабилизацией, поддерживающей точность . Для регулировки требуемой силы тока в цепи гальваноячейки применяется миллиамперметр с классом точности не ниже 0,5.

Электролиты для кулонометрического метода должны обеспечивать анодное растворение металлопокрытия со 100%-ным выходом по току в широком диапазоне анодных плотностей; чёткий скачок анодного потенциала не менее 150 мВ в момент перфорации покрытия и обнажения основного материала (подложки); стабильность показаний при прохождении большого количества электричества.

Электрорастворение контролируемого покрытия толщиной > 5 мкм происходит со скоростью 0,1 мкм/с.

Перед измерением детали обезжиривают. На выбранном участке детали ставят гальваноячейку и с помощью специальной системы обеспечивают постоянный контакт с измеряемой поверхностью. Затем в гальваноячейку заливают необходимое количество электролита и включают систему перемешивания. В случае измерения толщины никелевого покрытия реверсирующий переключатель ставят в положение «реверс» и проводят катодную обработку в течение 5-10 с. Затем ставят реверсирующий переключатель в положение «работа» и синхронно включают счетчик времени и ток в цепи ячейки.

Эталонные образцы с никелевыми и медными покрытиями должны отвечать следующим требованиям:

1. абсолютная толщина покрытия должна быть в пределах 15 – 25 мкм;
2. средняя толщина слоя на поверхности всего эталона должна быть известной с точностью ;

1. разброс значений толщины покрытия на поверхности эталона не должен превышать номинального значения.

**3.1 Расчёт погрешности установки и определение требований к компонентам установки**

Толщина гальванического покрытия, определяемая кулонометрическим методом, вычисляется по формуле:

,где

K=0,73 - электрохимический эквивалент никеля;

V=1 ;

H=160 мм- высота гальванической ячейки.

;

.

Плотность тока ;



Определяем время растворения покрытия:

где

S- площадь покрытия в ;

Q- заданная толщина слоя никеля в см;

I- сила тока в А;

8,8 – уд. вес никеля в

1,095 – количество никеля в г;

0,5 – фактический выход по току.

.

Рассчитываем толщину гальванического покрытия:

1. **Выбор СИ и вспомогательное оборудования**

Измеритель тока – комбинированный прибор типа Ф4852.

Прибор предназначен для измерений среднего квадратического значения переменного напряжения, тока и активной мощности в цепях однофазного переменного тока, а также постоянного тока и напряжения постоянного тока.

По устойчивости к воздействию температуры и влажности окружающего воздуха прибор соответствует ГОСТ 12997—76 (группа 3а).

По устойчивости к механическим воздействиям и по защищенности от воздействия окружающей среды прибор относится к категории обыкновенных (ГОСТ 12997— 76).

Переменный ток в диапазоне от 5 до 10 А измеряется с помощью измерительного трансформатора типа И54М. Максимальное значение измеряемого переменного напряжения 500 В. При измерении мощности максимальное значение напряжения 300 В.

Основные технические характеристики комбинированного прибора приведены в табл.2 и ниже.

Таблица 2 – Основные характеристики комбинированного прибора Ф4852.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Поддиапазон измерений, мА | Входное сопротивление, Ом | Предел допускаемой основной погрешности δ, % | Время измерения, с |
| 100 | 0,2 |  | 0,2 |

Время установления рабочего режима не более 30 мин. Время работы без калибровки не менее 8 ч. Время измерения не более 2 с.

Выбор и переключение диапазонов измерений ручной, при измерении постоянного и переменного напряжения ручной и дистанционный с помощью управляющих сигналов в двоично-десятичном коде.

Логической «1» соответствует напряжение от 2,4 до 5,25 В, логическому «0» — от О до 0,4 В.

Режимы работы прибора: ручной, автоматический внутренний и внешний от управляющих сигналов с периодом не менее 2 с амплитудой от 2,4 до 5,25 В при длительности не менее 5 мс.

Внешнее магнитное поле частотой 50 Гц напряженностью до 400 А/м и колебание напряжения питания в пределах от 187 до 242 В не вызывают дополнительных погрешностей измерений.

Прибор обеспечивает вывод информации о числовом значении измеряемого параметра в двоично-десятичном коде. Параметры этих сигналов аналогичны параметрам сигналов управления.

Питание прибора осуществляется от сети переменного тока частотой (50 + 1) Гц напряжением 220 В с допускаемым отклонением от + 10 до —15%. Потребляемая мощность не превышает 80 ВА.

Габаритные размеры прибора в стоечном варианте 520 х 160 х 396 мм, в настольном варианте 490 х 170 х 396 мм; масса 17 кг.

Наработка на отказ не менее 3000 ч. Средний срок службы не менее 6 лет.

Предел допускаемой дополнительной погрешности измерений не превышает 0,5 δ при отклонении температуры окружающего воздуха от (20±2) ºС до любой температуры в пределах рабочих температур на каждые 10 К отклонения температуры и при отклонении напряжения питания от 220 В±2% до 220 В±10%.

,

.

Источник питания постоянного тока Б5-70.

Прибор предназначен для выдачи стабилизированных напряжений и токов различных уровней до 30 В, работает в режиме стабилизации напряжения и в режиме стабилизации тока, имеет цифровую индикацию уровня выходного напряжения и тока и возможность измерения внешнего постоянного напряжения до 100 В.

Погрешность установки контроля толщины проводящего рисунка ПП с учетом метрологических характеристик выбранных СИ:

;

 (м).

**5. Расчет контрольных допусков, обеспечивающих при данной погрешности установки контроля нулевой риск потребителя**

Для уменьшения вероятности ошибки второго рода РБГ (риска потребителя) необходимо ужесточение допуска, что приводит к увеличению вероятности ошибки первого рода РГБ (увеличению доли брака), но бракование происходит относительно новых границ допуска:

м

Расчет условных вероятностей ошибок первого рода.

Расчет по результатам контроля проводится с помощью графического интегрирования условных плотностей вероятности годных и бракованных изделий. Плотность вероятности, функция распределения погрешности установки и плотности вероятности, годных и бракованных изделий, построенные по данным табл.4, имеют вид, показанный на рис.3

Таблица 4.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Q | Qк - Δ | Qк – Δ/2 | Qк | Qк + Δ/2 | Qк + Δ |
| 18,24 10-6 | 18,43 10-6 | 18,62 10-6 | 18,81 10-6 | 19 10-6 |
| f(Q) | 0,039 | 0,035 | 0,032 | 0,028 | 0,025 |
| F(Q) | 0 | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 |
| f∙F(Q) | 0 | 0,009 | 0,016 | 0,021 | 0,025 |
| 1-F(Q) | 1 | 0,75 | 0,5 | 0,25 | 0 |
| f∙(1-F(Q)) | 0,039 | 0,026 | 0,016 | 0,007 | 0 |

Вероятность ошибки первого рода (доля фактически годных изделий, которые по результатам контроля признаны бракованными):

где - условная плотность вероятности бракованных изделий;



где .

где .

.

**Заключение**

В первой части выполнен обзор методов измерения толщины гальванического покрытия. Далее в соответствии с выбранным методом разработана структурная схема установки, выбраны по справочникам и каталогам СИ и вспомогательное оборудование, удовлетворяющее требованиям. Рассчитана погрешность установки контроля с учетом метрологических характеристик выбранного оборудования. Разработана схема электрического подключения.

В заключение рассчитана условная вероятность ошибки первого рода:

**Список литературы**

1. Шлыков Г.П. Метрологическое обеспечение и контроль качества. Решение задач: учебное пособие. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2003.

2. Измерения в промышленности: Справочник. В 3-х кн. Пер с нем. / Под ред. П. Профоса – М.: металлургия, 1990.

3. Справочник по электроизмерительным приборам./ Под ред. К.К. Илюнина.- М.: Энергоатомиздат,1983.

4.Вячеславов П.М., Шмелёва Н.М. Контроль электролитов и покрытий.-2-е изд.- Л.: Машиностроение, 1985г. (вып. 11).

5. Вансовская К.М. Гальванические покрытия: Учебное пособие для технолог. училищ.- Л.: Машиностроение, Ленингр. Отделение,1984г.

6. Мельников П.С. Справочник по гальванопокрытиям в машиностроении.- М.: Машиностроение,1979г.

7. ГОСТ 9.302-88 «Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля».

**Приложение А**

**Задание**

1 Назначение

Установка предназначена для контроля толщины никелевого гальванического покрытия на латуни кулонометрическим методом по ГОСТ 9.302-88

2 Технические требования

2.1 Номинальное значение толщины покрытия, мкм 20

2.2 Среднеквадратическое отклонение толщины покрытия, мкм 2,5

2.3 Допускаемое значение толщины покрытия, мкм 15

2.4 Приведённая погрешность установки, % не более 5

2.5 Условия контроля соответствуют группе 1 по ГОСТ 22261-94 и представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Условия контроля 1 группы по ГОСТ 22261-94.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура окру-жающего воздуха, ºС | Относительная влажность воздуха,% | Атмосферное давление, кПа (мм.рт.ст.) | Атмосферное давление для электроизмерительных приборов, кПа (мм.рт.ст.) | Напряжение питания СИ от сети переменного тока частотой 50 Гц, В |
| 10-35 | 80 при 25 ºС | 84-106,7(630-800) | 70-106,7(537-800) | 220±22 |