

ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТОЛЩИНЫ РЕЗИНОВОГО ПОЛОТНА

Дорошенко Анна Дмитриевна

Национальный исследовательский Томский политехнический университет г. Томск

E-mail: ads39@tpu.ru

*Научный руководитель: Вавилова Галина Васильевна,
к.т.н., доцент отделения контроля и диагностики ТПУ*

E-mail: wgw@tpu.ru

JUSTIFICATION OF THE GEOMETRIC DIMENSIONS OF THE TRANSDUCER FOR TECHNOLOGICAL CONTROL OF THE THICKNESS OF RUBBER SHEETS

Doroshenko Anna Dmitrievna

National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Academic supervisor: Vavilova Galina Vasilevna,

Ph.D. in Engineering National Research Tomsk Polytechnic University

Аннотация: в работе описывается применение электроемкостного метода для измерения толщины контролируемого объекта на предприятии. Электроемкостный метод контроля выбран на основе анализа достоинств и недостатков. В качестве объекта рассматривается резиновое полотно. Предлагаемый вариант контроля может использоваться в технологическом процессе изготовления резинового полотна.

Модель измерительного электроемкостного преобразователя представляет собой конденсатор плоской формы. Пространство между обкладками рассматривается как трехслойный диэлектрик для обеспечения бесконтактного контроля толщины. В результате контроля фиксируется значение емкости, которая зависит от толщины полотна. На основе анализа чувствительности емкости измерительного преобразователя определяется оптимальное расстояние между измерительными обкладками.

Abstract: the work describes the use of the electrocapacitive method for measuring the thickness of a controlled object at company. As an object, a rubber sheet is considered. The electrocapacitive control method was chosen based on the analysis of advantages and disadvantages. The proposed control option can be used in the technological process of manufacturing a rubber sheet.

The model of the measuring electrocapacitive converter is a flat-shaped capacitor. The space between the plates is considered as a three-layer dielectric to ensure non-contact thickness control. As a result of the control, the capacitance value is fixed, which depends on the web thickness. Based on the sensitivity analysis of the capacitance of the measuring converter, the optimal distance between the measuring plates is determined.

Ключевые слова: электроемкостный метод; толщинометрия; моделирование; емкость.

Keywords: electrocapacitive method; thickness measurement; modeling; capacitance.

Контроль толщины изделия и материала очень важен на производстве. Соответствие толщины детали параметрам, указанным в нормативной документации [1], позволяет сохранить функциональность детали и ее целостность, а также сэкономить материальные и временные ресурсы. На данный момент существует множество методов контроля толщины объекта. В данной работе выбран электроемкостной метод контроля. К недостаткам данного метода относится влияние на значение емкости искажения электрического поля в зоне измерения (краевого эффекта), а также температуры и влажности окружающей среды. Но при этом электроемкостной метод позволяет обеспечить бесконтактный контроль объекта, измерение толщины объектов изготовленных практически из любых материалов, точный контроль небольших толщин, также этот метод является относительно дешевым.

В работе рассматривается модель электроемкостного преобразователя для измерения малой толщины контролируемого объекта. Целью работы является экспериментальное определение зависимости емкости преобразователя от его геометрических размеров и параметров объекта.

Объектом контроля в данной работе является резиновое полотно толщиной 2 мм с предельным отклонением $\pm 0,30$ мм ($\pm 15,0\%$), шириной 400 мм и длиной 10000 мм [1]. Резиновое полотно или пластина служит для уплотнения неподвижных соединений, предотвращения трения между металлическими поверхностями, для восприятия одиночных ударных нагрузок, а также в качестве прокладок, настилов и других неуплотнительных изделий. Например, из резинового полотна изготавливают прокладки и уплотнения для различного оборудования, контроль толщины проводится у выборочных изделий, таким образом либо в производство могут попасть бракованные изделия, либо вся партия изделий считается браком, что приводит к трате материала [2]. Поэтому будет эффективнее производить контроль толщины на этапе производства резинового полотна.

Контроль толщины резинового полотна в процессе его производства реализуется на этапе его перемотки с одного вала на другой. Полотно проходит между зафиксированными на определенном расстоянии электродами. Таким образом, преобразователь представляет собой плоско-параллельный конденсатор. Емкость данного преобразователя рассчитывается по известной формуле для плоско-параллельного конденсатора [3].

В данной работе расстояние между обкладками преобразователя заполнено тремя слоями (воздух-резина-воздух), где слой резины - это контролируемый объект, воздух - это расстояние между поверхностью резинового полотна и электродами. Конструкция преобразователя показана на рисунке 1. Для расчета емкости используются следующие габаритные размеры:

d_0 – толщина объекта (2-й слой диэлектрика – резина),

d_1 и d_2 – толщина первого и третьего слоя диэлектрика (воздушный зазор между обкладкой и контролируемым полотном),

d – расстояние между обкладками.

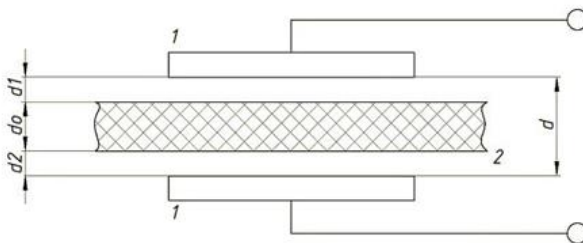


Рисунок 1 – Конструкция электроемкостного толщиномера:

1 – обкладки конденсатора; 2 – объект контроля

При реализации контроля толщины резинового полотна неизменными являются площадь электродов, их взаимного расположение. В результате контроля фиксируется значение емкости, которое зависит от толщины полотна [4].

Для конструкции трехслойного конденсатора, показанного на рисунке, формула расчет емкости будет иметь следующий вид:

$$C = \frac{1}{\frac{d_1}{\varepsilon_a \cdot \varepsilon_0 \cdot S} + \frac{d_0}{\varepsilon_p \cdot \varepsilon_0 \cdot S} + \frac{d_2}{\varepsilon_a \cdot \varepsilon_0 \cdot S}} \quad (1)$$

Далее приведен обоснованный выбор размеров рассматриваемой модели.

Исходя из нормативной документации [1] толщина объекта (резиновое полотно) принимается равной 2 мм, а ширина объекта – 400 мм, ширину обкладки конденсатора

примем равной ширине объекта, для упрощения модели преобразователя, длина обкладки – 200 мм.

Расстояние между обкладками будем варьировать от 2 до 10 мм, минимальное значение выбрано в соответствии с толщиной контролируемого объекта [1], предельное значение – 10 мм определяется возможностью применения емкостного метода. В идеальных условиях толщина первого и третьего слоя диэлектрика равны – $d_1 = d_2$. Диэлектрическая проницаемость для воздуха она равна $\epsilon_b = 1$, для резины $\epsilon_p = 3$ [5]. Как говорилось выше, площадь электродов является неизменной и исходя из принятых размеров равна $S = 0,08 \text{ м}^2$.

Для определения оптимального значения расстояния между обкладками конденсатора применительно к конструкции разрабатываемого измерительного преобразователя необходимо определить чувствительность конденсатора по формуле:

$$S(d) = \frac{|C(d_{min}) - C(d)|}{|d_{min} - d|} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где $C(d_{min})$ – значение емкости при минимальном возможном расстоянии между обкладками, $C(d)$ – значение емкости, связанная с варьируемым расстоянием между обкладками, $d_{min} = 2 \text{ мм}$ – минимальное расстояние между обкладками.

На рисунке 2 представлена зависимость чувствительности конденсатора от расстояния между обкладками.

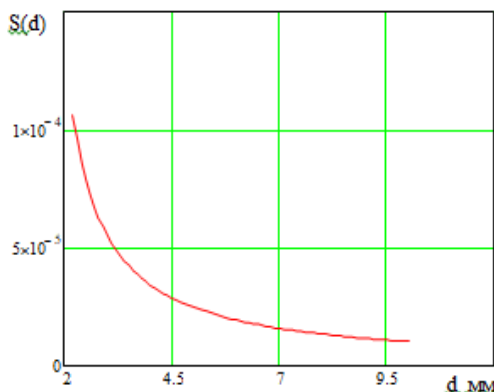


Рисунок 2 – Зависимость чувствительности конденсатора от расстояния между обкладками

Как видно из графика высокая чувствительность конденсатора обеспечивается, если расстояние между обкладками варьируется в диапазоне от 2 мм до 4,5 мм. Расстояние равное 2 мм использовать нежелательно, так как в этом случае будет происходить механический контакт объекта с обкладками конденсатора, что может отразиться на качестве контролируемого изделия. Поэтому для дальнейших исследований было выбрано фиксированное значение расстояния между обкладками равное $d = 3 \text{ мм}$.

На следующем этапе необходимо рассмотреть изменение емкости при изменении толщины резинового полотна. Исходя из требований нормативно-технической документации [1] предельное отклонение толщины резинового полотна допускается $\pm 0,30 \text{ мм}$ ($\pm 15,0\%$). Таким образом, для исследования диапазон изменения толщины полотна выбран $d_0 = (1,6 \div 2,4) \text{ мм}$. Расстояние между поверхностью верхнего электрода и полотном имеет фиксированное значение $d_1 = 0,5 \text{ мм}$. Тогда толщина третьего слоя будет меняться в зависимости от толщины контролируемого объекта d_0 : $d_2(d_0) = d - (d_1 + d_0)$.

Таким образом, зависимость емкости от толщины объекта определяется по формуле:

$$C = \frac{1}{\frac{d1}{\varepsilon_a \cdot \varepsilon_0 \cdot S} + \frac{do}{\varepsilon_p \cdot \varepsilon_0 \cdot S} + \frac{d2(do)}{\varepsilon_a \cdot \varepsilon_0 \cdot S}} \quad (3)$$

График зависимости емкости от толщины полотна представлен на рисунке 3.

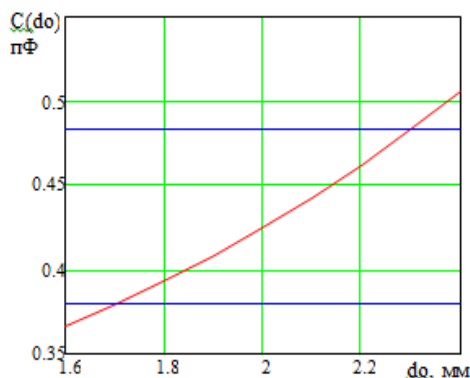


Рисунок 3 – Зависимость емкости от толщины объекта

Синими линиями показано значение емкости для допустимых значений отклонения толщины контролируемого объекта, оно варьируется от 0,37 пФ до 0,48 пФ. Таким образом, анализируя рисунок 3, можно сделать вывод, что допустимое предельное отклонение заданной толщины контролируемого объекта (в $\pm 15\%$), приводит к отклонению емкости в пределах $\pm 13\%$. Изменение емкости более 13% будет свидетельствовать о том, что значение толщины резинового полотна вышло за пределы, определяемые нормативно-технической документацией.

Выводы. В работе была предложена конструкция преобразователя для контроля толщины резинового полотна в процессе его производства, была выведена формула для расчета емкости предложенного преобразователя. Определена чувствительность конденсатора, на ее основе выбрано оптимальное расстояние между обкладками конденсатора $d = 3$ мм. Анализ зависимости емкости от толщины полотна показал, что для обеспечения нормативного отклонения толщины резинового полотна изменение емкости не должно превышать 13%. Полученные результаты будут использованы в дальнейшем для совершенствования преобразователя.

Список литературы

1. ГОСТ 7338-90. Пластины резиновые и резинотканевые. Технические условия: дата введения 01.07.1991. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004. – 18 с.
2. ГОСТ 15180-86. Прокладки плоские эластичные. Основные параметры и размеры: дата введения 01.01.1988. – Москва : Издательство стандартов, 1987. – 23 с.
3. Гольдштейн А.Е. Физические основы получения информации: учебник / А.Е. Гольдштейн. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 311 с.
4. Скрипниченко В.А. Применение электроемкостного метода для контроля измерения толщины полипропиленовой пленки / В.А. Скрипниченко, Г.В. Вавилова, В.В. Юрченко // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности сборник научных трудов IX Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности». – Томск, 2021. – С. 197–200.

5. Диэлектрическая проницаемость некоторых материалов [Электронный ресурс] // RusAutomation: [сайт]. – URL: <https://rusautomation.ru/articles/dielektricheskaya-pronitsaemost/?ysclid=lgm3jscc3h925403398> (дата обращения: 10.10.23).

УДК 655.02

ПРИМЕНЕНИЕ СТРАНИЦЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА ПОЛИГРАФИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Ефимова Ксения Евгеньевна, Трошкова Екатерина Викторовна
Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика
М.Ф. Решетнева, г. Красноярск
E-mail: xen.efimova@mail.ru, troshkovaev@sibsau.ru

APPLICATION OF THE PROBLEM SOLVING PAGE TO IMPROVE THE QUALITY OF THE PRINTING ORGANIZATION PROCESS

Efimova Ksenia Evgenievna, Troshkova Ekaterina Viktorovna
Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev,
Krasnoyarsk

Аннотация: в статье рассмотрен процесс разработки макета полиграфической продукции. Применены статистические методы (ABC-анализ, диаграмма Парето). Разработана страница решения проблем для идентификации, анализа и устранения несоответствий. В статье также представлена модель процесса, входы и выходы, необходимые ресурсы и нормативная документация. Построена причинно-следственная диаграмма и применен принцип «5 почему?». Предложены корректирующие действия и мероприятия по устранению причин несоответствий.

Abstract: the article discusses the process of developing a layout of printed products. Statistical methods (ABC analysis, Pareto diagram) were applied. A problem solving page has been developed to identify, analyze and eliminate inconsistencies. The article also presents a process model, inputs and outputs, necessary resources and regulatory documentation. A causal diagram is constructed and the principle of "5 why?" is applied. Corrective actions and measures to eliminate the causes of nonconformities are proposed.

Ключевые слова: 5 почему; несоответствие; причинно-следственная диаграмма; процесс; полиграфия; статистические методы; страница решения проблем.

Keywords: 5 why; discrepancy; causal diagram; process; polygraphy; statistical methods; problem solving page.

Полиграфическая отрасль является незаменимой в современном мире. В России она не только остается востребованной на протяжении длительного времени, но и продолжает активно развиваться, предлагая широкий спектр услуг в области типографии, верстки, дизайна, рекламы и др. В условиях постоянных изменений электронных технологий и развития цифровых медиа, полиграфия остается не только актуальной, но и востребованной, ведь ее уникальность состоит в том, что только она может передать образ мысли в печатном издании или на бумажном носителе.

Полиграфические услуги подразделяются на:

- редакционно-издательскую подготовку материалов;
- допечатную подготовку материалов;
- полиграфическое изготовление продукции;
- виды изготавливаемой печатной продукции.

В рамках данной статьи нами был рассмотрен процесс разработки макета полиграфической продукции, относящийся к допечатной подготовке материалов. Выбор процесса был обусловлен применением на объекте исследования статистических методов оценки качества. При проведении ABC-анализа (см. рисунок 1) установлено, что наиболее