

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ (19) BY (11) 24730



(13) C1

(45) 2025.11.20

(51) МПК

**G 01N 21/86** (2006.01)

**G 01N 21/89** (2006.01)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ  
ЛИСТА БУМАГИ**

(21) Номер заявки: а 20240104

(22) 2024.05.02

(71) Заявители: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна" (RU); Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (BY)

(72) Авторы: Зильберглейт Марк Аронович (BY); Мидуков Николай Петрович (RU); Грудо Сергей Казимирович (BY); Куров Виктор Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатели: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна" (RU); Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (BY)

(56) US 5899959, 1999.

BY 9417C1, 2007.

BY 8716 C1, 2006.

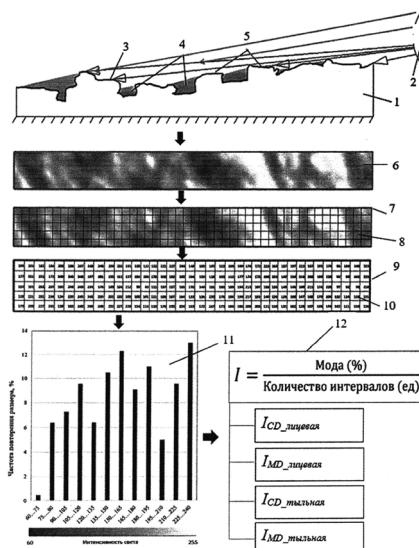
RU 2723972 C1, 2020.

EP 0169790 A2, 1986.

АБРАМОВА В.В. и др. Оценка равномерности формования макроструктуры офисной бумаги. ИВУЗ, "Лесной журнал", 2017, № 4, с. 172-175.

(57)

Способ определения неоднородности поверхности листа бумаги, при котором подготовленный для исследования образец листа бумаги освещают косопадающим светом под



Фиг. 1

углом 20-40°, регистрируют отраженный от поверхности листа свет и получают неравномерное светотеневое изображение поверхности листа в виде теней от выступов профиля, соответствующих светлым областям на упомянутом изображении, которое затем представляют в виде матрицы, каждая ячейка которой содержит точки с разной интенсивностью света от черного до белого цветов, измеряют интенсивность света в каждой ячейке, после чего по измеренным значениям формируют кривую распределения интенсивности света по поверхности листа и определяют средний индекс формования поверхности, по которому судят об неоднородности поверхности, причем интенсивность света в каждой ячейке измеряют на лицевой стороне листа в машинном направлении с определением среднего индекса формования поверхности и в поперечном направлении с определением среднего индекса формования поверхности, затем аналогичным образом определяют неоднородность поверхности на тыльной стороне листа.

---

Изобретение относится к оптической контролирующей системе для измерения неоднородности поверхности волокнистого композиционного материала, необходимой для более полной характеристики печатно-технических свойств бумаги и картона.

Известен способ определения показателя фрактальной размерности поверхности бумаги [1], по которому оценивают равномерность поверхности бумаги. По анализу микропрофиля, полученного детекторной алмазной иглой, устанавливают показатели шероховатости, такие как среднеарифметическое отклонение профиля -  $R_a$ , сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти впадин профиля в пределах базовой длины -  $R_z$ , наибольшая высота неровностей профиля -  $R_{max}$ . Контактный способ оценки равномерности поверхности является трудоемким при получении большого массива данных. Причем точность метода зависит от количества измерений. Контактные способы контроля за неоднородностью бумаги и картона не нашли широкого использования при контроле в режиме онлайн, поэтому нашли применение только в лабораториях.

Известна оптическая контролирующая система для производства сигаретной бумаги [2], согласно которой используют вертикальный луч света для контроля качества бумаги. В режиме реального времени контролируют движущееся бумажное полотно, для этого фиксируют данные о неравномерности отражения падающего света. К недостатку этого способа следует отнести невысокую надежность контроля, которая зависит от количества генерируемых источниками света полосок и детекторов, лучи света при этом имеют перпендикулярное направление.

Известен способ и устройство контроля качества бумажного полотна в процессе его производства [3], согласно которому повышают надежность контроля за качеством бумаги или картона, для этого подают дополнительно и одновременно освещение полотна снизу. По предлагаемому способу эффективно фиксируют явные отклонения в равномерности производимой бумаги и генерируют изображение только участка с дефектом. Для этих целей используют либо перпендикулярную подачу освещения, либо незначительно отклоняют угол от перпендикулярности к образцу бумаги. Способ не предназначен для оценки неравномерности формования с определением индекса.

Известны способ и устройство для анализа формования волокнистого материала с определением индекса формования [4], согласно которому равномерность оценивают оптическим путем. Свет подают перпендикулярно снизу, а в верхней части устанавливают камеру, с ее помощью генерируют изображения. Полученные снимки обрабатывают с помощью заранее подготовленной матрицы, которая классифицирует участки изображения по интенсивности проходящего света. Согласно устройству, используют разрешение 2 Мрх для 5 м полотна в ширину. Точность оценки индекса формования поверхности низ-

кая, так как камеру располагают под прямым углом к поверхности бумаги, что приводит к низкой контрастности изображения.

Известна система онлайн-определения белизны, яркости, флуоресценции и непрозрачности движущегося бумажного полотна [5], согласно которой оценивают оптические показатели бумаги на производстве, определенные общепринятым международным методом TAPPI. Для этого вал под полотном бумаги делают эталонным белым и черным цветом. В способе определения прозрачности используют подложку в виде металлического зеркала [6]. Изобретение не предназначено для оценки неоднородности оптических свойств бумаги. Согласно изобретению, свет подают, не существенно отклонив от 90° к поверхности листа, генерацию и анализ изображения с целью оценки индекса формования не проводят.

Наиболее близким к заявляемому относится способ измерения неоднородности поверхности бумаги, который реализуют прибором фирмы M/K System [7], в котором луч света подают на поверхность под углом и прием осуществляют устройством, которое тоже располагают под тем же градусом к поверхности бумаги. Подготовленные образцы, а именно бумагу или картон, освещают светом. Часть света отражают от поверхности под углом либо свет с высокой интенсивностью пропускают через образец. С помощью детектора формируют изображение проходящего или отраженного света. Индекс формования бумаги или картона рассчитывают по анализу интенсивности света, проходящего или отраженного от поверхности по отношению моды к интервалу диаграммы распределения интенсивности проходящего или отраженного света. Отраженный луч подают под одним и тем же градусом, который определяет неравномерность бумаги и картона во всем объеме материала, но этого недостаточно для оценки поверхности бумаги и картона.

Техническим результатом заявляемого способа является повышение точности измерения неоднородности поверхности бумаги и картона за счет исключения фона неравномерности бумаги и картона по всему объему путем подачи косопадающего света. Применение косопадающего света позволяет повысить качество полученного изображения, так как неровности бумаги дают тени, пропорциональные неоднородности бумажного листа.

Поставленная задача достигается тем, что способ определения неоднородности поверхности бумаги, при котором подготовленный для исследования образец листа бумаги освещают косопадающим светом под углом 20-40°, регистрируют отраженный от поверхности листа свет и получают неравномерное светотеневое изображение поверхности листа в виде теней от выступов профиля, соответствующих светлым областям на упомянутом изображении, которое затем представляют в виде матрицы, каждая ячейка которой содержит точки с разной интенсивностью света от черного до белого цветов, измеряют интенсивность света в каждой ячейке, после чего по измеренным значениям формируют кривую распределения интенсивности света по поверхности листа и определяют средний индекс формования поверхности, по которому судят о неоднородности поверхности, причем интенсивность света в каждой ячейке измеряют на лицевой стороне листа в машинном направлении с определением среднего индекса формования поверхности и в поперечном направлении с определением среднего индекса формования поверхности, затем аналогичным образом определяют неоднородность поверхности на тыльной стороне листа.

Заявляемое решение поясняется фиг. 1, на которой показана последовательность выполнения стадий оценки неоднородности поверхности бумаги.

Согласно изобретению, образцы волокнистого целлюлозосодержащего материала 1 подготавливают в лаборатории или берут с производственной линии. Стадию подготовки образцов 1 (фиг. 1) реализуют согласно существующим стандартам получения образцов в лаборатории или по техническим условиям. Затем на зафиксированный образец воздействуют косопадающим светом 2, который подают на неравномерный профиль 3 бумаги под углом 20-40°. Подачей косопадающего света 2 получают светотеневое изображение 6 в виде теней 4 и выступов 5 на профиле поверхности 3 бумаги. Выступы 5 соответствуют

светлой области на поверхности бумаги. Полученное светотеневое изображение на стадии цифровой обработки 7 разделяют на матрицу, которая состоит из ячеек 8. Каждая ячейка содержит точки с разной интенсивностью света: от 0 - черный цвет до 255 - белый цвет. С помощью цифровой программы распознавания оттенков серого цвета определяют интенсивность света в каждой ячейке матрицы 10, разделенной на пиксели. Определяют моду распределения интенсивности света в каждой ячейке матрицы 10. Далее светотеневое изображение преобразовывают в таблицу со значениями интенсивности света каждой ячейки матрицы 9. Затем по данным интенсивности света каждой ячейки строят диаграмму распределения интенсивности света 11. Индекс формования поверхности определяют отношением моды диаграммы распределения интенсивности света поверхности бумаги в процентах повторения интенсивности света, поделенной на количество интервалов 12 (фиг. 1). Для оценки поверхности лицевой стороны бумаги измерения проводят с двух противоположных сторон для машинного направления  $I_{MD\_лицевая}$ , а затем определяют средний индекс формования поверхности, и с двух противоположных сторон для поперечного направления также с определением среднего индекса формования поверхности в поперечном направлении  $I_{CD\_лицевая}$ , после чего подобным образом проводят четыре замера над тыльной стороной бумаги ( $I_{MD\_тыльная}$ ,  $I_{CD\_тыльная}$ ). По найденным индексам судят о равномерности поверхности.

Заданные свойства бумаги получают путем подготовки образца согласно международным и российским стандартам. Подготовку основного и поверхностного слоя осуществляют в экспериментальной лаборатории подготовки волокнистой суспензии и получения образцов волокнистого целлюлозосодержащего материала согласно международным и российским стандартам. Вес абсолютно сухого волокна в образце и в полуфабрикате определяют в граммах по ISO 638 (Paper, board and pulps - Determination of dry matter content - Oven-drying method), влажность образцов контролируют согласно ISO 287 в процентах (Paper and board - Determination of moisture content of a lot - Ovendrying method). Бумажную массу подготавливают при определенной концентрации согласно ISO 4119 (Pulps - Determination of stock concentration). Подготовка массы включает в себя роспуск согласно стандарту ISO 5263-1 (Pulps - Laboratory wet disintegration - Part 1: Disintegration of chemical pulps), размол согласно стандарту ISO 5264-2 (Pulps - Laboratory beating - Part 2: PFI mill method). Из подготовленной бумажной массы выполняют многослойные отливки в листоотливном аппарате согласно ISO 5269-2 (Pulps - Preparation of laboratory sheets for physical testing - Part 2: Rapid-Kothen method). Если бумага произведена в условиях предприятия, то ее подготовка соответствует техническим условиям производства.

После получения первого светотеневого изображения образец переворачивают на 180° для повторного получения изображения. По двум изображениям формируют значение индекса формования поверхности лицевой стороны в поперечном направлении. Затем образец поворачивают на 90° для получения первого светотеневого изображения лицевой стороны в продольном направлении, снова переворачивают на 180° для получения второго светотеневого изображения лицевой стороны в продольном направлении. Подобные операции производят с тыльной стороной бумаги и получают светотеневые изображения в продольном и поперечном направлениях.

Полученные светотеневые изображения на стадии цифровой обработки 7 разделяют на матрицу, которая состоит из ячеек 8. Каждая ячейка содержит точки с разной интенсивностью света: от 0 (черный цвет) до 255 (белый цвет). С помощью цифровой программы (например, программы с открытым исходным кодом ImageJ) распознавания оттенков серого цвета определяют интенсивность света в каждой ячейке матрицы 10, которая разделена на пиксели. При последующих расчетах используют моду распределения интенсивности света в каждой ячейке матрицы 10. В результате светотеневое изображение преобразовывают в таблицу со значениями интенсивности света каждой ячейки матрицы

9. Затем по данным интенсивности света каждой ячейки строят диаграмму распределения интенсивности света 11.

Индекс формования поверхности определяют отношением моды диаграммы распределения интенсивности света поверхности бумаги (в процентах повторения интенсивности света), поделенной на количество интервалов 12. Для оценки поверхности лицевой стороны бумаги измерения проводят с двух противоположных сторон для машинного направления  $I_{MD\_лицевая}$ , а затем определяют средний индекс формования поверхности, и с двух противоположных сторон для поперечного направления также с определением среднего индекса формования поверхности в поперечном направлении  $I_{CD\_лицевая}$ , после чего подобным образом проводят четыре замера над тыльной стороной бумаги  $I_{MD\_тыльная}$ ,  $I_{CD\_тыльная}$ .

Таким образом определяют неоднородность поверхности волокнистого композиционного материала, по которой прогнозируют печатно-технические свойства бумаги и картона. Способ может применяться при контроле качества поверхности бумаги и картона. Метод повышает точность оптического способа измерения неразрушающего метода контроля бумаги, а именно ее поверхности.

Варианты использования:

1. Способ контроля неоднородности поверхности офисной бумаги "Снегурочка" (фиг. 2).

Способ определения неоднородности офисной бумаги, заключающийся в подготовке образцов для исследования по технологическим условиям предприятия, производителя бумаги "Снегурочка", освещении офисной бумаги светом с последующей регистрацией отраженного от офисной бумаги света и цифровой обработкой изображения с определением индекса формования. На образец воздействуют косопадающим светом, который падает на бумагу под углом  $20^\circ$ , с получением неравномерного светотеневого изображения в виде теней от выступов на поверхности офисной бумаги, после чего изображение разделяют на матрицу, в которой исследуют каждую ячейку с определением интенсивности света, по значениям которых выстраивают кривую распределения интенсивности света с последующим определением индекса формования поверхности офисной бумаги, причем для оценки поверхности лицевой стороны офисной бумаги измерения проводят с двух противоположных сторон для машинного направления, а затем определяют средний индекс формования поверхности офисной бумаги, и с двух противоположных сторон для поперечного направления также с определением среднего индекса формования поверхности офисной бумаги в поперечном направлении, после чего подобным образом проводят четыре замера над тыльной стороной офисной бумаги.

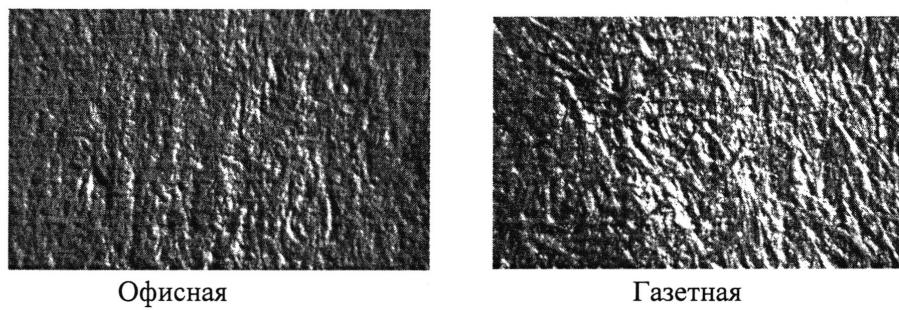
2. Способ контроля неоднородности поверхности газетной бумаги (фиг. 2).

На образец воздействуют косопадающим светом, который падает на газетную бумагу под углом  $40^\circ$ , с получением неравномерного светотеневого изображения в виде теней от выступов на поверхности газетной бумаги, после чего изображение разделяют на матрицу, в которой исследуют каждую ячейку с определением интенсивности света, по значениям которых выстраивают кривую распределения интенсивности света с последующим определением индекса формования поверхности газетной бумаги, причем для оценки поверхности лицевой стороны газетной бумаги измерения проводят с двух противоположных сторон для машинного направления, а затем определяют средний индекс формования поверхности газетной бумаги, и с двух противоположных сторон для поперечного направления также с определением среднего индекса формования поверхности газетной бумаги в поперечном направлении, после чего подобным образом проводят четыре замера над тыльной стороной газетной бумаги.

Источники информации:

1. BY 9066, 2007.
2. RU 2224994, 2004.
3. RU 2366932, 2009.
4. US 4857747, 1989.
5. US 5047652, 1991.
6. RU 2427823, 2011.

7. The M/K 3D Formation Tester Model 1200: The Most Accurate Formation Tester Available. Measure Formation Index, Floes, Basis Weight, And Surface Roughness. More Accurate Than ALL Camera Systems. Now Scan LINERBOARD Materials. Compare! [Электронный ресурс] [найдено 2024.04.22]. Найдено на [<https://mksystems.com/mk-3d-formation-analyzer/>].



Фиг. 2