

УДК 535-34, 539.1.06

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛОТНОСТИ И ЗОЛЬНОСТИ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ РАССЕЯННОГО И ПРОХОДЯЩЕГО РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Ермакович О.Л.

*Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко» Белорусского государственного университета
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Приводятся экспериментальные данные по обоснованию методики определения поверхностной плотности и зольности бумаги, картона и других листовых материалов, которая основывается на измерении интенсивности рассеянного и проходящего рентгеновского излучения.

Ключевые слова: контроль качества бумаги, рентгеновское излучение.

DETERMINATION OF THE AREAL WEIGHT AND ASH CONTENT OF PAPER SHEET USING THE INTENSITY MEASUREMENTS OF SCATTERED AND TRANSMITTED X-RAY RADIATION

Yermakovich O.

*The Research institution "Institute of Applied Physical Problems named by A. N. Sevchenko" of Belarusian state university.
Minsk, Republic of Belarus*

Abstract. The experimental data are presented in order to substantiate a technique for determining the areal weight and ash content of paper, cardboard and other sheet materials. This technique is based on the measurement of intensity of scattered and transmitted X-ray radiation.

Key words: testing of paper materials, X-ray radiation.

*Адрес для переписки: Ермакович О.Л., ул. Курчатова, 7, Минск 220045, Республика Беларусь
e-mail: ermakovichol@tut.by*

Приборы, измеряющие поверхностную плотность, являются необходимым элементом систем контроля качества при производстве бумаги, картона и других листовых материалов [1]. Обычно для этой цели используется β -излучение изотопов, по степени ослабления которого оценивается масса просвечиваемого материала. Однако возможно использование для этой цели не изотопных источников, а рентгеновского излучения [2]. Некогерентное рассеяние такого излучения происходит на электронах атомов и оказывается пропорциональным отношению атомного номера к атомному весу, что позволяет применять данное явление для измерения поверхностной массы различных листовых материалов. Диапазон энергии фотонов, при котором в основном происходит некогерентное рассеяние – от нескольких десятков кэВ до нескольких МэВ. Применение рентгеновского излучения в более низком диапазоне облегчает устройство защиты и несет меньшую опасность для персонала. Однако в низком диапазоне рентгеновского излучения существенную роль начинают играть фотоэффект и когерентное рассеяние.

В работе [2] проводилась оценка возможных диапазонов энергии рентгеновского излучения для получения точности измерения выше 1 % поверхностной плотности бумаги с различным минеральным наполнением. Оценка проводилась на основе имеющихся данных по коэффициентам взаимодействия и коэффициентам поглощения рентгеновского излучения для различных веществ [3].

В данной работе приведены результаты экспериментальной проверки возможности проведения

измерений поверхностной плотности и одновременно зольности реальных типов бумаг с точностью выше одного процента посредством измерения рассеянного и прошедшего рентгеновского излучения с помощью рентгеновского аппарата с напряжением на трубке ниже 30 кэВ.

Источником излучения являлась рентгеновская трубка БСВ-17. Для регистрации рассеянного излучения проводились измерения посредством дозиметра ДКР – АТ1103М в счетном режиме, детектором излучения в котором является ФЭУ со сцинтиллятором NaJ(Tl). Для регистрации транзитного излучения измерения проводились с помощью ионизационной камеры с бериллиевым окном LND 52016.

В качестве образцов использовались листы писчей бумаги с поверхностной плотностью 80 г/м² с процентным содержанием мела 26 %, а также листы бумаги для гофрирования с поверхностной плотностью 100 г/м² с зольностью 6 %. Для получения характеристики зависимости рассеянного и прошедшего излучения от величины поверхностной плотности листы бумаги складывались. Измерения проводились по несколько раз в различных точках образца (для устранения влияния неоднородностей), затем данные усреднялись. Параметры напряжения и тока рентгеновской трубки $U = 28$ кВ, $I = 120$ мкА. Проходящее излучение не фильтровалось, но ограничивалось отверстием диаметром 1 мм в свинцовой пластине толщиной 2 мм для избегания выхода ионизационной камеры из линейного режима. Схема установки приведена на рис. 1.

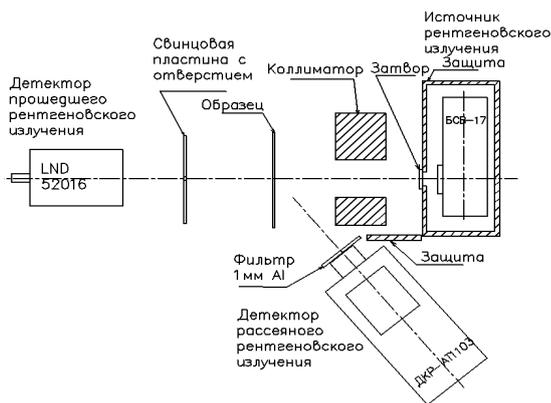


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

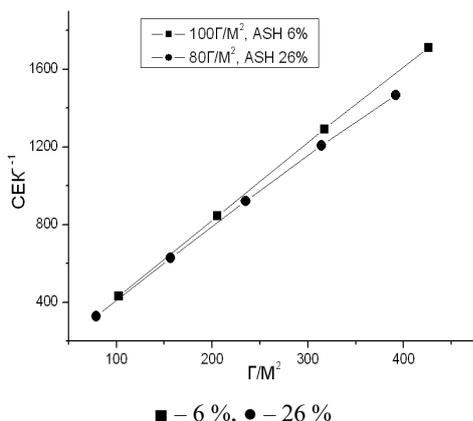


Рисунок 2 – Зависимость скорости счета (импульсы в секунду) рассеянных рентгеновских фотонов от величины поверхностной плотности для бумаг с различной зольностью по мелу

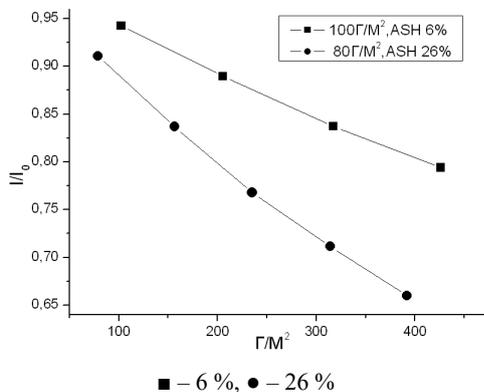


Рисунок 3 – Зависимость ослабления потока прошедшего рентгеновского излучения от величины поверхностной плотности для бумаг с различной зольностью по мелу

Рассеянное излучение проходило через алюминевый фильтр толщиной 1 мм. Дозиметр осуществлял измерения в диапазоне энергий от 20 кэВ. Полученные результаты по ослаблению интенсивности рассеянного излучения приведены на рис. 2, проходящего излучения на рис. 3.

Алгоритм вычисления поверхностной плотности с одновременным вычислением зольности следующий. По эталонным образцам методом наименьших квадратов строятся две функции:

$$M = \varphi_1(N, Z) \quad (1)$$

$$M = \varphi_2(I/I_0, Z) \quad (2)$$

где M – поверхностная плотность; N – скорость счета рассеянных рентгеновских квантов; I – интенсивность прошедшего излучения; I_0 – интенсивность не ослабленного излучения; Z – зольность. В процессе измерения определялись значения величин N и I . Подставляя эти значения в уравнения (1) и (2) для φ_1 и φ_2 , получим уравнение для зольности Z :

$$\varphi_1(N, Z) = \varphi_2(I/I_0, Z) \quad (3)$$

Определив отсюда Z из (1) или (2), можно вычислить массу M единицу площади материала.

Заключение. Таким образом, можно производить измерение поверхностной плотности бумаги и картона с помощью рентгеновского излучения с точностью выше процента, используя в качестве источника рентгеновскую трубку с напряжением на аноде меньше 30 кэВ.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства Образования Республики Беларусь в рамках ГПНИ «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении» подпрограммы «Техническая диагностика».

Литература

1. Machine Quality Control Systems. / К. Figel [et al.] // Technical Association of the Pulp & Paper: Measurement Systems and Product Variability – 2010. – Vol. 1. – 120 p.
2. Василевич, Л. Н. Методика определения массы и зольности бумажного полотна посредством рассеянного и транзитного рентгеновского излучения. / Л. Н. Василевич, О. Л. Ермакович, Г. А. Лисовский / Приборостроение–2021: материалы 14 Международной науч.–техн. конф., 17–19 ноября 2021 г., Минск, Белорус. нац. техн. ун-т / Минск: БНТУ, 2021 – С. 276–277.
3. NIST: Standard reference database 126 (Last Update: July 2004) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://physics.nist.gov/PhysRefData/XrayMassCof/f/tab3.html>.