

ОПИСАНИЕ МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТИ ВОРСА ДЛЯ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОФЛОКИРОВАНИЯ

П.Г.ШЛЯХТЕНКО

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Работа посвящена поиску связи между величиной контролируемого тока I и значением собственной удельной проводимости σ исследуемых волокон, а также экспериментальной апробации полученной зависимости.

Для этого N одинаковых волокон общей массой M с диэлектрической проницаемостью ϵ и проводимостью σ помещают на нижний плоский горизонтальный электрод, отстоящий от верхнего горизонтального криволинейного электрода [1] на расстояние H . Между электродами прикладывают постоянное напряжение U . Длина ℓ отдельного волокна, диаметр d , плотность ρ материала, масса m . Во всех случаях выполняется соотношение $H \gg \ell$.

Будем считать, что при отрыве от нижнего электрода волокно получает избыточный заряд q_1 , а при отрыве от верхнего электрода q_2 , причем:

$$\begin{aligned} q_1 &= \left(1 - e^{-\frac{t_1}{\tau}}\right), \\ q_2 &= \left(1 - e^{-\frac{t_2}{\tau}}\right), \end{aligned} \quad (1)$$

где предельный заряд на закрепленном волокне:

$$Q = \frac{\pi d^2 \epsilon_0 U}{4\chi H}, \quad (2)$$

постоянная времени зарядки

$$\tau = \epsilon_0 \frac{[1 + \chi(\epsilon - 1)]}{\sigma \chi}, \quad (3)$$

коэффициент деполяризации χ ($\ell \gg d$):

$$\chi = \frac{d^2}{4\ell^2} (\ln \frac{4\ell}{d} - 1). \quad (4)$$

Для среднего тока, протекающего через электроды при перезарядке волокон в поле плоского горизонтального конденсатора, можно записать:

$$I = \frac{N(q_1 + q_2)}{t_1 + t_2 + \Delta t_1 + \Delta t_2}, \quad (5)$$

где Δt_1 и Δt_2 – времена перелета волокна от нижнего электрода к верхнему и обратно.

Пренебрегая действием сил сопротивления среды, что правомочно при использовании в устройстве значений параметров H и U [2], легко получить:

$$\Delta t_1 = \sqrt{\frac{2mH}{q_1 E - mg}}, \quad \Delta t_2 = \sqrt{\frac{2mH}{q_2 E + mg}}, \quad (6)$$

где напряженность электрического поля $E = U/H$.

Из формул (1) после логарифмирования для длительностей пребывания волокна на нижнем и верхнем электродах до их отрыва от электрода можно записать:

$$t_1 = \tau \ln \frac{Q}{Q-q_1}, \quad t_2 = \tau \ln \frac{Q}{Q-q_2}. \quad (7)$$

В [3] показано, что для любого короткого ворса, используемого при электрофлокировании, в рабочем режиме устройства выполняются неравенства $\Delta t_1; \Delta t_2 \ll t_1; t_2$. Поэтому (5) с учетом (7) можно использовать в виде:

$$I = \frac{N(q_1+q_2)}{\tau \ln \left[\left(1 - \frac{q_1}{Q}\right) \left(1 - \frac{q_2}{Q}\right) \right]^{-1}}. \quad (8)$$

Подставляя (4) в (3), получим:

$$\tau = \frac{\epsilon_0}{\sigma} \left[\frac{4\ell^2}{d^2 (\ln \frac{4\ell}{d} - 1)} + (\epsilon - 1) \right]. \quad (9)$$

Очевидно, что для волокон с $\ell \gg d$ вторым слагаемым ($\epsilon = 2 \div 4$) в (9) можно пренебречь.

Учитывая это, а также то, что

$$N = \frac{M}{m} = \frac{4M}{\rho \pi d^2 \ell}, \quad (10)$$

и подставляя (9) и (10) в (8), получаем искомую связь удельной проводимости σ волокна с измеряемым током I :

$$\sigma = \frac{\pi \epsilon_0 \ell^3 \rho \ln \left[\left(1 - \frac{q_1}{Q}\right) \left(1 - \frac{q_2}{Q}\right) \right]^{-1}}{M(q_1+q_2) (\ln \frac{4\ell}{d} - 1)} I. \quad (11)$$

После подстановки (4) в (2) величину предельного заряда Q на волокне можно найти из формулы

$$Q = \frac{\pi \epsilon_0 \ell^2 U}{H (\ln \frac{4\ell}{d} - 1)}. \quad (12)$$

Для измерения величин зарядов q_1 и q_2 в (11) была собрана модифицированная установка по способу [4], блок-схема которой показана на рис. 1

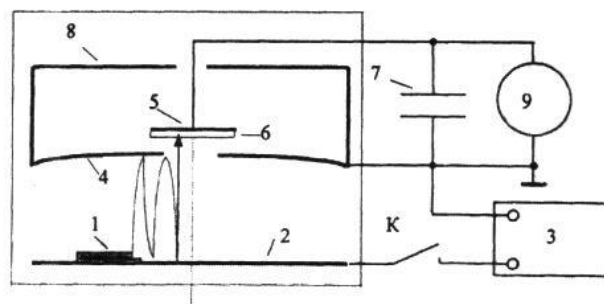


Рис. 1

Исследуемая навеска ворса 1 массой M_1 помещается на нижний плоский полированный горизонтальный алюминиевый электрод 2, на который через ключ K подается напряжение V с высоковольтного выпрямителя 3. Исследуемые волокна заряжаются на нижнем электроде, отрываются от него и движутся к верхнему вогнутому алюминиевому горизонтальному электроду 4 с отверстием и далее, перезаряжаясь на электродах 2 и 4, отклоняются при движении в направлении вертикальной оси симметрии устройства и проходят через отверстие, фиксируются коллекторным электродом 5, рабочая поверхность которого покрыта вязким не высыхающим клеем 6.

В этот момент конденсатор 7 емкостью C , соединенный с коллектором и цилиндром Фарадея 8, получает заряд q , переданный зафиксированными на коллекторе волокнами. Величина напряжения U_c на конденсаторе C измеряется электростатическим вольтметром 9 спустя время t_i , когда весь исследуемый ворс пролетит через отверстие.

Очевидно, что средний заряд, получаемый отдельным волокном на нижнем электроде q_1 , в этом случае может быть рассчитан с учетом (10) по формуле:

$$q_1 = \frac{C(U_c - U_{co})}{N} = \frac{C(U_c - U_{co}) \rho \pi d^2}{4M_1}. \quad (13)$$

При измерении среднего заряда, получаемого волокном на верхнем электроде q_2 , часть схемы, обозначенной на рис. 1 пунктиром, переворачивается и измерения ведутся аналогичным образом, а для рас-

чета величины заряда q_2 используется та же формула (13).

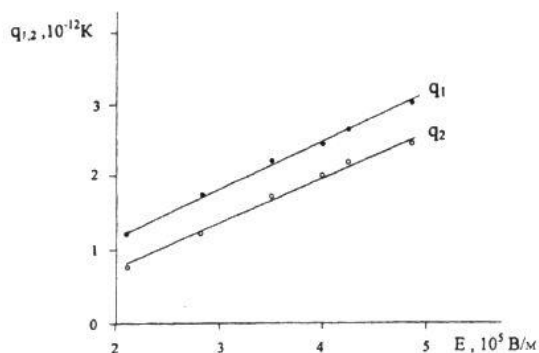


Рис. 2

На рис. 2 приведены экспериментальные зависимости величин q_1 и q_2 от значения напряженности электрического поля у соответствующего электрода E для вискозного ворса ($l = 1,2 \text{ мм}$; $d = 25 \text{ мкм}$; $\rho = 1,5 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) и значениях $H = 5 \text{ см}$; $M_1 = 10 \text{ мг}$. Видно, что эти зависимости хорошо аппроксимируются прямыми.

ВЫВОДЫ

В приближении правомочности замены цилиндрического тонкого волокна при его

зарядке на плоском электроде полуэллипсоидом вращения с конечной проводимостью получена формула, связывающая величину тока, измеряемого в предложенном ранее способе контроля качества ворса, используемого для электрофлокирования, с величиной собственной удельной проводимости волокон.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Shlyakhtenko P.G.* // *Electrical Technology* – № 2, 1996.Р. 77...83.
2. Патент РФ № 2096790 МКИ 6 G 01 R 27/00. Способ контроля параметров качества однородных частиц, используемых при нанесении покрытий в электрическом поле / П.Г.Шляхтенко, А.В.Сергеев. – Оpubл. 1997. Бюл. № 32.
3. *Шляхтенко П.Г.* // *Электронная обработка материалов*. – 1993, № 6. С. 67...71.
4. *Шляхтенко П.Г.* // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 1987, №1. С.42...47.

Рекомендована кафедрой физики. Поступила 26.03.03.