

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ОРТОТРОПНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ЛИНЕЙНО-ПРОТЯЖЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Джежора А. А., Рубаник В. В

*Витебский государственный технологический университет,  
Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь  
[ita@vitebsk.by](mailto:ita@vitebsk.by)*

Материалы текстильной и легкой промышленности обладают ортогональной анизотропией как механических, так и физических свойств. Эти свойства описываются тензорами второго ранга. Константы тензора диэлектрической проницаемости являются характеристиками материала и несут информацию необходимую для диагностики качества материалов, прогнозирования прочностных свойств.

Существующие методы измерения констант тензора диэлектрической проницаемости линейно-протяженных полимерных материалов на основе ленточных накладных измерительных конденсаторов (НИК) не эффективны. Это обусловлено тем, что рабочая емкость НИК прямо пропорциональна лишь среднегеометрическим значениям тензора диэлектрических проницаемостей  $\sqrt{\epsilon_x \cdot \epsilon_y}$ , но не  $\epsilon_x$ . Во-вторых, поле НИК неоднородно по глубине и неоднородности поля могут быть соизмеримы с неоднородностями структуры контролируемого материала, что приводит к неоднозначности результатов контроля.

Для контроля анизотропии физических свойств линейно-протяженных полимерных материалов в большей степени могут быть использованы ленточные НИК с дополнительным заземленным экраном ЭНИК (рис 1а), либо ленточные ЗСНИК, расположенные зеркально-симметрично относительно плоскости контролируемого материала (рис. 1б). Рабочие емкости предлагаемых конструкций конденсаторов прямо пропорциональны константам тензора диэлектрической проницаемости  $\epsilon_x$  в области малых толщин контролируемых образцов  $r_x > b$ .

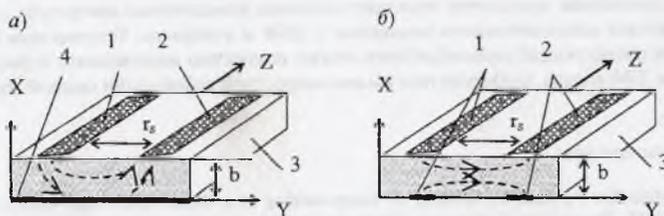


Рис. 1. а) поле ленточных ЭНИК; б) поле ленточных ЗСНИК, расположенных зеркально-симметрично относительно плоскости контролируемого материала: 1, 2 – потенциальные электроды, 3 – контролируемый материал, 4 – заземленный экран

Контроль анизотропии диэлектрической проницаемости линейно-протяженных полимерных материалов (пленок, листов, тканей, покрытий) осуществлялся на основе

проходных зеркально-симметричных конденсаторов (рис. 1, б), согласно методике [1]. Она состояла в том, что пара ленточных электродов ЗСНИК, располагалась зеркально-симметрично относительно плоскости контролируемого материала вдоль осей анизотропии. Константы тензора диэлектрической проницаемости  $\epsilon_x, \epsilon_z$  для каждого из двух направлений X, Z в плоскости линейно-протяженных материалов определялись как:

$$\epsilon_x = C_x / C_0, \quad \epsilon_z = C_z / C_0, \quad (1)$$

где  $C_0$  – рабочая емкость ЗСНИК без контролируемого материала.

Суммарная погрешность измерения константы  $\epsilon_x$  (аналогично и  $\epsilon_z$ ) в этом случае равна:

$$\delta = \Delta C_x / C_x + \Delta C_0 / C_0. \quad (2)$$

Исследования анизотропии диэлектрической проницаемости материала корд показали, что значения констант тензора диэлектрической проницаемости в плоскости материала лежат в пределах от 2,2 до 2,5. Максимальная погрешность определения констант тензора диэлектрической проницаемости не превышала 4 %.

Полярная диаграмма изменения диэлектрической проницаемости в плоскости материала в зависимости от направления линий напряженности плоскостепенного электрического поля, создаваемого ленточными проходными конденсаторами, показана на рис. 2. За направление  $0^\circ$  было выбрано направление вдоль утка. Из диаграммы видно, что значения диэлектрической проницаемости изменяются в плоскости материала, достигая максимального значения в направлении  $0^\circ$ .

Для прогнозирования прочностных свойств материалов может быть использована взаимосвязь физических и механических свойств. В качестве информационного параметра берется рабочая емкость ЗСНИК. Это связано с тем, что в области малых толщин контролируемых образцов, (межэлектродный зазор  $r_e > b$ ), рабочая емкость на единицу длины преобразователя определяется выражением:

$$C_x = \epsilon_x \cdot \epsilon_0 \cdot \pi \cdot b / (\sqrt{\epsilon_x / \epsilon_y} \cdot \ln 4 \cdot b + \pi \cdot r_e) \approx \\ = \epsilon_x \cdot \epsilon_0 \cdot \pi \cdot b / \pi r_e \quad (3)$$

Из (3) видно, что рабочая емкость прямо пропорциональна как  $\epsilon_x$  так и толщине  $b$  контролируемого образца и косвенно отражает число физических связей в сечении материала. Это является предпосылкой высокой корреляционной взаимосвязи между предельной прочностью  $P_p$ , напряжением при разрыве  $\sigma_p$ , относительным удлинением при разрыве  $\epsilon_p$  и рабочей емкостью  $C_x$  зеркально-симметричного преобразователя.

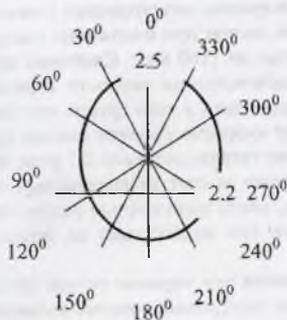


Рис. 2. Полярная диаграмма диэлектрической проницаемости для материала корд

#### Список литературы

1. Джемора А.А. Електроємкостний метод дослідження структури композиційних матеріалів / А.А. Джемора, В.В. Рубанік // Сучасні методи і прилади контролю якості та діагностики стану об'єктів: Матер. міжнарод. науко-технічної конфер. - Могилев. 2004 с. 97-98.