

УДК 62-523.2:621.3.013

**СТАТИКА ПОЛЕЙ УСТРОЙСТВА  
ОБНАРУЖЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ  
В ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТНАХ  
И ВАЛАХ ОТДЕЛОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

С.В. ЛЮБИМЦЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Одной из важных задач текстильного производства является повышение качества полуфабрикатов и готовых изделий, которое во многом определяется эффективностью технологических процессов и оборудования.

В результате многочисленных технологических операций, которым подвергается текстильный материал в процессе изготовления, возникают различные дефекты его структуры. Одним из распространенных дефектов является включение различного рода примесей в тканые и нетканые материалы, в том числе частиц металла, которые образуются в результате износа и поломок технологического оборудования [1].

Наличие металлических частиц в текстильных материалах и валах отделочного оборудования часто приводит к существенному экономическому ущербу, связанному с простоями оборудования и затратами на его ремонт, ликвидацией возникающих пожаров, снижением качества полуфабрикатов и готового текстильного продукта, заметно снижает долговечность узлов оборудования.

Актуальность решения задачи подтверждается также статистическими данными [2], собранными на предприятиях г. Иванова, а также в исследованиях Всероссийского научно-исследовательского технологического института вторичных ресурсов.

С магнитного металлоуловителя на входе одной кардочесальной машины в

среднем за одну неделю собираются металлические частицы общей массой от 30 до 150 г; на одной машине ВП-180 в условиях камвольного производства за смену ломаются до 8 пазовых игл, обломки которых достигают следующих этапов технологического процесса. Чистка игольной доски машин типа ИМ-1800 сопровождается заменой до 10% сломанных игл от их общего числа.

Разработка методов обнаружения металлических включений в текстильных материалах и валах оборудования связана с разработкой и исследованием средств их обнаружения.

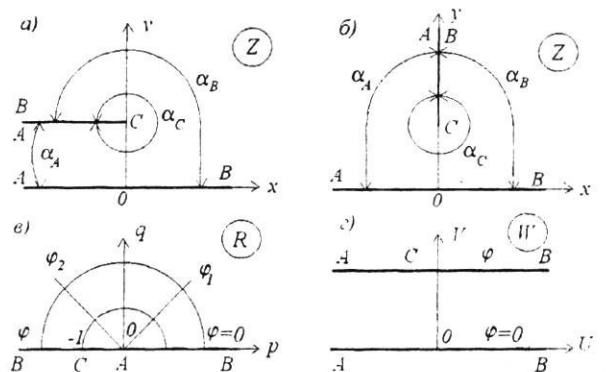


Рис. 1

Одной из задач исследования устройств обнаружения металлочастиц является исследование рабочих полей датчиков их обнаружения. Металлические частицы, попадающие в текстильное полотно, геометрически обычно ориентированы параллельно

поверхности датчика (рис. 1-а), а попадающие в валы оборудования – перпендикулярно ей (рис. 1-б). Нами рассмотрены случаи, когда конец металлочастицы совпадает с осью симметрии датчика.

Анализ рабочих полей, приведенных с использованием известных допущений к

$$Z = a \int_{R_0}^R (R - p_1)^{\gamma_1 - 1} (R - p_2)^{\gamma_2 - 1} \dots (R - p_n)^{\gamma_n - 1} dR + b, \quad (1)$$

где  $a$  и  $b$  – постоянные интегрирования;

$$\gamma_i = \frac{\alpha_i}{\pi}. \quad (2)$$

Для случая частицы, ориентированной параллельно поверхности датчика (рис. 1-а), при отображении криволинейного поля плоскости  $Z$  на верхнюю полуплоскость  $R$  имеем  $p_A = 0$ ,  $p_B = \infty$ ,  $p_C = -1$  и соответственно  $\alpha_A = 0$ ,  $\alpha_B = 3\pi/4$ ,  $\alpha_C = 2\pi$ .

Тогда интеграл (1) примет вид:

$$Z = a \int_0^R \frac{R+1}{R} dR + b, \quad (3)$$

а его решение:

$$Z = a(R + \ln R) + b. \quad (4)$$

Постоянные  $a$  и  $b$  могут быть определены из соответствия координат точки  $C$  на криволинейном поле и на верхней полуплоскости:  $Z = jh$ ,  $R = -1$ .

В связи с тем, что при переходе от  $R$  к  $Z$  луч  $AB$  не поворачивается,  $\arg a = 0$  и  $a$  является действительным числом. При этом при подстановке  $R > 0$  получаем  $Z > 0$ . Таким образом,  $\arg b = 0$  и  $b$  также является действительным числом.

Подставляя  $Z = jh$ ,  $R = -1$  в (4) и приравнявая действительные и мнимые части, получаем  $a = h/\pi$ ,  $a = b$ .

Следовательно,

$$Z = \frac{h}{\pi} (R + \ln R + 1). \quad (5)$$

двухмерной задаче, наиболее просто осуществляется методом конформных преобразований поля сложной конфигурации  $Z$  в поле верхней полуплоскости  $R$  (рис. 1-в) с использованием интеграла Кристоффеля-Шварца:

Преобразование поля верхней полуплоскости  $R$  в плоскопараллельное поле комплексной плоскости  $W$  (рис. 1-г) осуществляется при помощи известной функции

$$R = e^{\pi W/\varphi}, \quad (6)$$

где  $W = U + jV$ ;  $\varphi$  – скалярный магнитный потенциал.

Подставляя (6) в (5), переходя к относительным значениям  $Z = Z/h$  и  $W = W/\varphi$  и приравнявая действительные и мнимые части полученного уравнения, имеем:

$$X = \frac{e^{\pi U} \cos \pi V + \pi U + 1}{\pi}, \quad (7)$$

$$Y = \frac{e^{\pi U} \sin \pi V + \pi V}{\pi}. \quad (8)$$

Напряженность поля  $H = \bar{N}e^{j\varphi^H}$ , где  $\bar{N}$  – модуль вектора напряженности, а  $\varphi^H$  – его направление в комплексной плоскости  $Z$ , определяется выражением [3]:

$$H = -j \frac{\overline{dW}}{dZ}, \quad (9)$$

где  $\frac{\overline{dW}}{dZ}$  – комплекс, сопряженный комплексу  $\frac{dW}{dZ}$ .

Перейдем к относительной переменной  $H = H/H_0$ , где  $H_0 = \varphi/h$ .

Выразим  $\frac{dW}{dZ}$  в частных производных:

$$\frac{dW}{dZ} = \frac{\partial W}{\partial R} \frac{\partial R}{\partial Z}.$$

Из (3) имеем  $\frac{\partial R}{\partial Z} = \frac{\pi R}{R+1}$ , а из (6):

$$\frac{\partial W}{\partial R} = \frac{1}{R}.$$

Тогда, подставляя эти значения в (9) и выделяя модуль и направление вектора напряженности поля, получим:

$$\bar{H} = \frac{\pi}{\sqrt{e^{2\pi U} + 2e^{\pi U} + 1}}, \quad (10)$$

$$\varphi^H = \frac{e^{\pi U} \sin \pi V}{e^{\pi U} \cos \pi V + 1} - \pi. \quad (11)$$

Для случая частицы, ориентированной параллельно поверхности датчика (рис. 1-а), при отображении криволинейного поля плоскости  $Z$  на верхнюю полуплоскость  $R$  имеем:  $\alpha_A = \pi/2$ ,  $\alpha_B = \pi/2$ ,  $\alpha_C = 2\pi$  и интеграл (1) в виде:

$$Z = a \int_0^R \frac{R+1}{\sqrt{R}} dR + b. \quad (12)$$

Его решение:

$$Z = \frac{h}{\pi} \left[ \left( \frac{R\sqrt{R}}{3} + \ln R \right) + \frac{1}{3} \right]. \quad (13)$$

Тогда координаты и напряженность поля определяются:

$$X = \frac{e^{\pi U} \sqrt{e^{\pi U}} \cos \frac{3\pi V}{2} + \pi U + \frac{1}{3}}{\pi}, \quad (14)$$

$$Y = \frac{e^{\pi U} \sqrt{e^{\pi U}} \cos \frac{3\pi V}{2} + \pi V}{\pi}, \quad (15)$$

$$\bar{H} = \frac{\pi}{e^{\frac{\pi U}{2}} \sqrt{e^{2\pi U} + 2e^{\pi U} + 1}}, \quad (16)$$

$$\varphi^H = \frac{e^{\pi U} \sin \pi V}{e^{\pi U} \cos \pi V + 1} + \frac{\pi V}{2} - \pi. \quad (17)$$

## ВЫВОДЫ

1. Исследованы поля устройства обнаружения металлических частиц в текстильных полотнах и валах отделочного оборудования, в результате чего получены уравнения, связывающие координаты криволинейного рабочего поля, модуль и направление вектора напряженности с координатами плоскопараллельного поля.

2. Полученные уравнения при анализе динамических процессов обнаружения металлочастиц позволяют использовать известные плоскопараллельные решения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Расторгуев А.К., Любимцев В.В.* Теоретические основы расчета элементов текстильной автоматики: Учебное пособие. – Иваново: ИХТИ, 1985.
2. *Синицын В.И.* Разработка механизмов для обнаружения металлических частиц в нетканых материалах в процессе их обработки на текстильных машинах: Дис.... канд. техн. наук. – Кострома, КТИ, 1986.
3. *Лаврентьев М.А., Шабат Б.В.* Методы теории функций комплексного переменного. – М.: Наука, 1973.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 04.04.05.