

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МАГНИТНОГО СОСТОЯНИЯ ФЕРРОМАГНИТНОГО ДИСКА

СТРЕЛЮХИН А.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Для решения ряда практических задач магнитного метода контроля и магнитных измерений представляет интерес описание процесса перемагничивания тел конечных размеров (например, ферромагнитного диска). Описание поведения ферромагнетика в магнитном поле строгими аналитическими методами невозможно для большинства практических задач. Поэтому используются разнообразные математические модели на основе различных аппроксимаций. Среди аппроксимирующих выражений широкое распространение для описания процессов квазистатического перемагничивания тел получили выражения на основе арктангенсов.

В качестве метода расчета был выбран метод пространственных интегральных уравнений [1]. Особенностью данного метода является возможность отказаться от учета граничных условий при расчете. Метод заключается в использовании общего интегрального выражения для напряженности магнитного поля или индукции через намагниченность M элементов магнитной системы

$$\vec{H}^M(Q) = -\frac{1}{4\pi} \operatorname{grad}_Q \int_{V_M} \vec{M}(Q) \operatorname{grad}_N \left(\frac{1}{|\vec{r}_{NQ}|} \right) dV_N, \quad (1)$$

где $\vec{H}^M(Q)$ – напряженность магнитного поля, создаваемая ферромагнитным объектом; \vec{r}_{NQ} – радиус-вектор из точки источника N поля в точку наблюдения Q ; V_M – объем, занимаемый ферромагнетиком.

В настоящей работе исследовался ферромагнитный диск из стали 45, находящийся в неоднородном приложенном магнитном поле

накладного соленоида. Для описания основной кривой намагничивания использовались аппроксимирующие выражения, описанные в работах [2] и [3]:

$$M = \chi_H \frac{H_{cs}^2 H}{H^2 + H_{cs}^2} + \frac{M_s}{\pi} \frac{H^2}{H^2 + kH_{cs}^2} \left(\arctg \frac{H_{cs} + H}{H_0} - \arctg \frac{H_{cs} - H}{H_0} \right); \quad (2)$$

$$M = \frac{M_s k_{ts} (H = H_m) H_m^2 / \pi + k_1 k_3 (H_m)}{H_m^2 + k_2 H_m^{3/2} H_{cs}^{1/2} + k_1 H_{cs}^2} \times \left(\arctg \frac{H_{cs} + H}{H_0} - \arctg \frac{H_{cs} - H}{H_0} \right), \quad (3)$$

где H и M – текущее значение напряженности поля и соответствующее ей значение намагниченности; H_m – напряженность поля в вершине петли гистерезиса; χ_H , M_s , M_{rs} , H_{cs} , H_0 , α , H_0' , k_1 , k_2 , k_3 , k_{ts} – параметры, характеризующие магнитный материал.

Сравнение полученных результатов расчета с экспериментом показало, что аппроксимирующее выражение из работы [3] позволяет повысить точность компьютерного моделирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матюк В.Ф., Чурило В.Р., Стрелюхин А.В. Численное моделирование магнитного состояния ферромагнетика в неоднородном постоянном магнитном поле методом пространственных интегральных уравнений. I. Описание методики расчета // Дефектоскопия. – 2003. – № 8. – С. 71–84.
2. Мельгуй М.А. Формулы для описания нелинейных и гистерезисных свойств ферромагнетиков // Дефектоскопия. – 1987. – № 11. – С. 3–10.
3. Матюк В.Ф., Осипов А.А. Математическая модель намагничивания ферромагнетиков // Доклады НАН Беларуси. – 2004. – Т. 48. – № 5. – С. 43–45.