

В. Г. ВИТОЛ и И. М. КИРКО

АНАЛИЗ НАМАГНИЧИВАНИЯ КОНЕЧНЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ
ЦИЛИНДРОВ В ПОСТОЯННЫХ ПОЛЯХ МЕТОДОМ ТЕОРИИ
РАЗМЕРНОСТИ И ПОДОБИЯ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 19 X 1953)

Существует довольно обширная литература (1-5), описывающая результаты измерений намагничивания конечных ферромагнитных цилиндров в постоянных полях. Все вышеупомянутые авторы пользуются понятием о размагничивающем факторе N , введенным еще Рэлеем (6), и исследуют его зависимость от различных физических обстоятельств намагничивания: относительной длины цилиндра λ , его диаметра, восприимчивости κ , явления гистерезиса (7) и материала.

Анализ размерности формулы размагничивающего фактора дает:

$$[N] = \frac{[H_0]}{[J]} = \frac{1}{[\kappa]}, \quad (1)$$

где H_0 — размагничивающее поле, J — намагниченность, κ — магнитная восприимчивость.

Таким образом, вследствие того, что размерность размагничивающего фактора обратна размерности восприимчивости, неопределяющим критерием подобия намагничивания является произведение:

$$N\kappa = \text{idem}. \quad (2)$$

Определяющими критериями подобия намагничивания однородных цилиндров являются:

$$\lambda = \text{idem} \quad \text{и} \quad \frac{\mu}{\mu_0} = \text{idem} \quad (3)$$

— отношение магнитной проницаемости материала цилиндра к магнитной проницаемости окружающей среды.

Из второй теоремы подобия (8) следует, что неопределяющий критерий $N\kappa$ должен быть однозначной функцией определяющих критериев:

$$N\kappa = F\left(\lambda, \frac{\mu}{\mu_0}\right). \quad (4)$$

На рис. 1 показана эта зависимость, полученная в виде семейства прямых $\lambda = \text{const}$ из данных Дусслера (5), измерявшего цилиндры из электролитического железа.

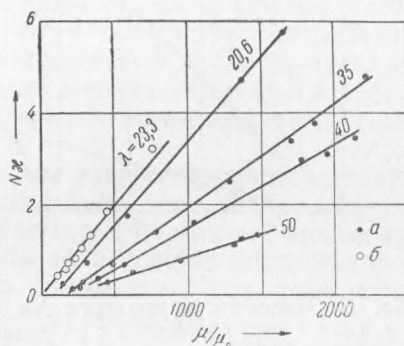


Рис. 1. Зависимость критерия $N\kappa$ от μ/μ_0 , вычисленная на основании измерений Дусслера. a — по данным Дусслера, b — по данным Януса

На рис. 2 изображена та же зависимость, полученная на основе наших измерений цилиндров из железа армко, инструментальной стали, стали А-12 и стали У-10. Все измерения проводились баллистическим способом. Значения μ брались для каждой напряженности внешнего поля цилиндра из кривой намагничивания материала. Цилиндры и тороиды для определения кривых намагничивания тщательно отжигались после изготовления. Диаметры цилиндров колебались от 10 до 25 мм.

На рис. 1 отложены результаты измерений Януса^(?), и которых вычислены значения $N\kappa$ от μ/μ_0 на различных участках петли гистерезиса. Учитывая качественный характер его экспериментов, следует

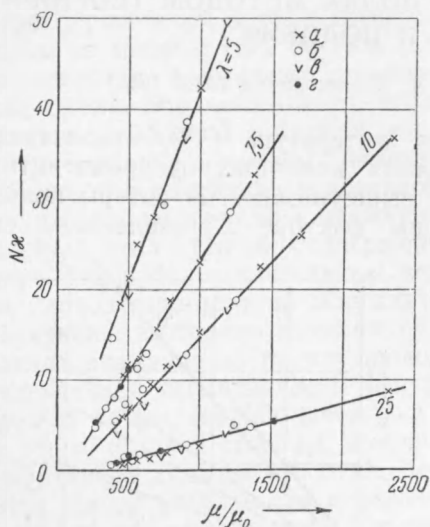


Рис. 2. Зависимость критерия $N\kappa$ от μ/μ_0 для 4 серий цилиндров с различными диаметрами и материалами. *a* — железо армко, *b* — инструментальная сталь, *v* — сталь А-12, *z* — сталь У-10

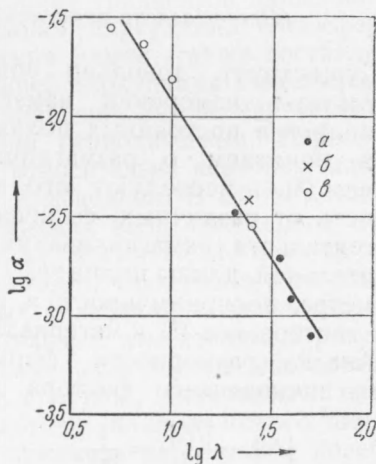


Рис. 3. Зависимость между величинами α и λ в логарифмическом масштабе. *a* — по данным Дусслера, *b* — по данным Януса, *v* — по данным нашей лаборатории

признать, что они подтверждают зависимость (4). Таким образом, при изображении явлений намагничивания конечных ферромагнитных тел следует пользоваться безразмерной величиной $N\kappa$, не зависящей ни от материала, ни от диаметра, ни от явления гистерезиса. Анализ экспериментальных данных показывает, что зависимость (4) имеет вид:

$$N\kappa = \frac{\mu}{\mu_0} \operatorname{tg} \alpha, \quad (5)$$

где α — угол наклона прямых $\lambda = \text{const}$ к оси абсцисс. Между величинами λ и углом α существует однозначная зависимость:

$$\alpha = f(\lambda). \quad (6)$$

Эта зависимость между безразмерными величинами в логарифмическом масштабе изображена на рис. 3, причем на ней хорошо укладываются все известные нам измерения.

Поступило
18 X 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. П. Будрин, Временник Гл. палаты мер и весов, 4 (16), 61 (1930).
² М. А. Чупрова, Тр. ГЭЭН, № 6, 6 (1952); ЖРХО, 58, 587 (1926).
³ Л. А. Грайценштейн, Научн. сборн. МГУ, 6, 14 (1940).
⁴ Rayleigh, Phil. Mag., 22, 175 (1886).
⁵ E. Dussler, Zs. f. Phys., 4, 86, 66 (1928).
⁶ J. Vurschmidt, Theorie des Entmagnetisierungs, 1928.
⁷ Р. И. Янус, В. И. Дрожжина, Е. Ф. Шабалина, Сборн., посвящ. 70-летию акад. А. И. Иоффе, 1950, стр. 411—416.
⁸ М. В. Кирпичев, П. К. Конаков, Математические основы теории подобия, 1949.