

Намагничивание стали. Магнитная проницаемость

Для усиления магнитного поля и придания ему определенной формы в различных электрических машинах и аппаратах широко применяют ферромагнитные материалы: железо, кобальт, никель и их сплавы — сталь и др.

Если ферромагнитный материал поместить в катушку и пропустить по ее виткам электрический ток, то под воздействием магнитного поля, созданного током, материал намагнитится. Это значит, что в материале образуется собственное магнитное поле, полученное в результате сложения магнитных полей (магнитных моментов) отдельных атомов.

Изменение силы тока в катушке приводит к изменению напряженности ее магнитного поля H , что вызывает изменение магнитной индукции B в сердечнике этой катушки.

На рис. 1 показаны графики изменения магнитной индукции в зависимости от напряженности намагничивающего магнитного поля. Такие графики называются кривыми намагничивания. Для различных материалов и их марок кривые намагничивания различны. При небольших значениях напряженности поля H магнитная индукция в материале быстро увеличивается, намагничивание происходит примерно пропорционально изменению напряженности, а затем, по мере увеличения напряженности магнитного поля, возрастание магнитной индукции материала замедляется.

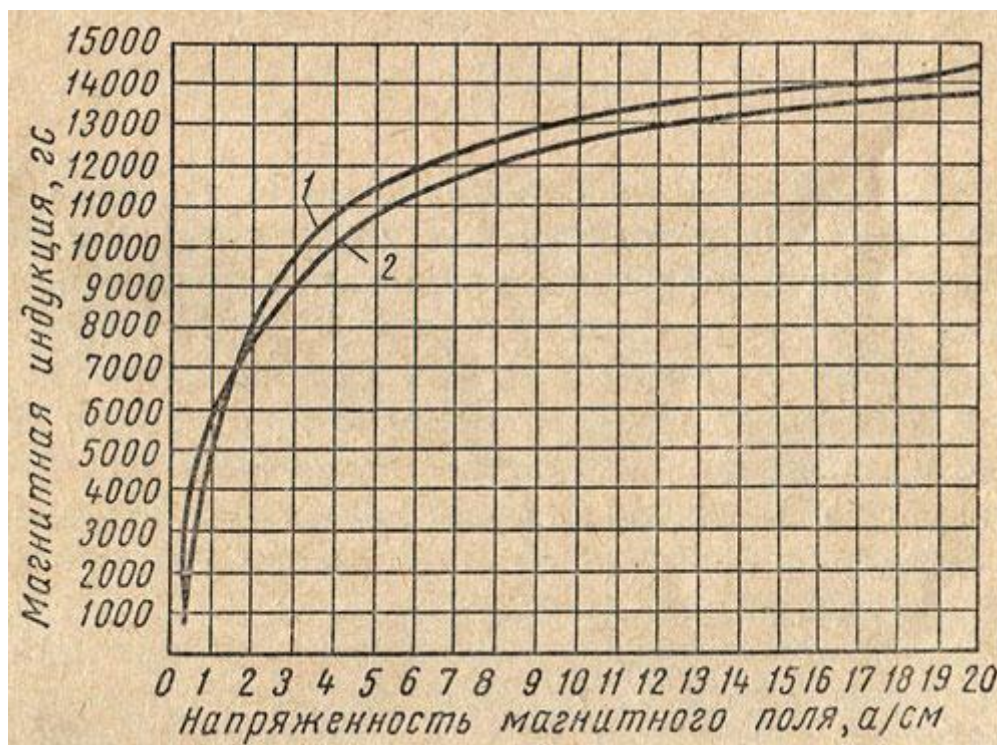


Рисунок 1

1-трансформаторная сталь; 2-легированная сталь.

Состояние материала, при котором дальнейшее увеличение напряженности магнитного поля не приводит к возрастанию его намагниченности, называется **магнитным насыщением**.

Магнитные свойства материалов характеризуются их абсолютной магнитной проницаемостью μ_a . Она определяется отношением магнитной индукции B (Магнитная индукция — векторная величина, являющаяся силовой характеристикой магнитного поля в данной точке пространства. Определяет, с какой силой магнитное поле действует на движущийся заряд. В Международной системе единиц (СИ) магнитная индукция поля измеряется в теслах (Тл), в системе СГС (сантиметр грамм секунда) — в гауссах (Гс). Магнитный поток в системе СИ измеряется в веберах.)

к напряженности магнитного поля H и измеряется в **генри/метр (гн/м)**

$$\mu_a = B/H$$

Абсолютная магнитная проницаемость вакуума $\mu_a = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ гн/м}$. Для воздуха и других неферромагнитных материалов она незначительно отличается от μ_a и при технических расчетах принимается равной $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ гн/м}$.

Так как абсолютная магнитная проницаемость для вакуума и указанных выше материалов практически одинакова, то μ_a называется *магнитной постоянной* μ_0 .

Абсолютная магнитная проницаемость μ_a ферромагнитных материалов непостоянна и во много раз превышает магнитную проницаемость вакуума.

Число, показывающее, во сколько раз абсолютная магнитная проницаемость μ_a ферромагнитного материала больше магнитной постоянной μ_0 , называется *относительной магнитной проницаемостью* или сокращенно *магнитной проницаемостью* (табл. 1).

$$\mu = \mu_a / \mu_0$$

Пример. Сталь в определенных условиях обладает абсолютной магнитной проницаемостью ($\mu_a = 0,0008792 \text{ гн/м}$.) Вычислить относительную магнитную проницаемость μ этой стали.

Р е ш е н и е . Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ гн/м}$, тогда относительная магнитная проницаемость

$$\mu = \frac{\mu_a}{\mu_0} = \frac{0.0008792}{4 * 3.14 * 10^{-7}} = \frac{879200}{1256} = 700$$

Как видно из кривых намагничивания (см. рис. 1), способность материалов намагничиваться — их магнитная проницаемость — в слабых магнитных полях велика, а затем с ростом индукции постепенно уменьшается.

Следовательно, магнитная проницаемость ферромагнитных материалов — величина изменяющаяся, зависящая от степени их намагничивания.

Т а б л и ц а 1

Наибольшая относительная магнитная проницаемость некоторых материалов

Материал	μ
Кобальт	174
Сталь Трансформаторная	7500
Никель	1120
Пермаллой С	115 000

При одной и той же напряженности магнитного поля магнитная индукция в стали больше, чем в чугуне. Это объясняется тем, что магнитная проницаемость стали больше магнитной проницаемости чугуна.

Магнитная индукция прямо пропорциональна напряженности поля H и абсолютной магнитной проницаемости μ_a намагничиваемого материала:

$$B = \mu_a H.$$

Пример. Напряженность магнитного поля катушки $H = 750 \text{ а/м}$, а абсолютная магнитная проницаемость сердечника $\mu_a = 0,0008792 \text{ гн/м}$. Определить магнитную индукцию сердечника.

Р е ш е н и е . Магнитная индукция $B = \mu_a H = 0,0008792 \cdot 750 = 0,65 \text{ тл}$. Так как $1 \text{ тл} = 10\,000 \text{ гс}$, то $0,65 \text{ тл} = 6500 \text{ гс}$.