

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

УДК 53.537

МАГНЕТИКИ

Долбик Н.Н.

Научный руководитель – Смурага Л.Н., к.т.н., доцент

Известно, что все вещества по отношению к магнитному полю называются магнетиками. Они сами намагничиваются во внешнем магнитном поле и сами его изменяют. В результате вектор магнитной индукции результирующего магнитного поля магнетика равен векторной сумме магнитной индукции внешнего поля $\vec{B}_0$, создаваемого намагничивающим током в вакууме и собственного магнитного поля магнетика $\vec{B}'$, то есть $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$ [1]. (1)

Здесь $\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\Gamma_n}{\text{м}}$ – магнитная постоянная; μ – магнитная проницаемость среды, показывающая во сколько раз магнитное поле макро токов усиливается за счет поля микротоков среды, величина безразмерная, для вакуума равна 1. $\vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H}$, $\vec{H}$ – напряженность внешнего магнитного поля.

Выделим объем магнетика в форме цилиндра и поместим во внешнее магнитное поле $\vec{B}_0$. Молекулярные токи, которые создаются в образце по правилу правого буравчика направлены по часовой стрелке. Внутренние молекулярные токи как показаны в образце компенсируются, и остаются токи, направленные по поверхности образца I' , создают внутреннее магнитное поле $\vec{B}'$ (Рис.1). Применим теорему для циркуляции вектора магнитной индукции (2) собственного поля магнетика $\vec{B}'$.

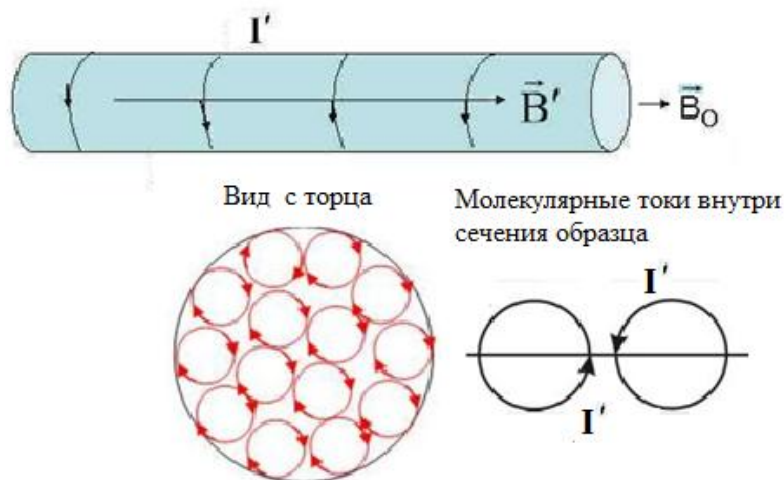


Рис.1. Молекулярные токи.

$$B'l = \mu_0 I', \quad (2)$$

где I' - сила тока молекулярного тока, l – длина рассматриваемого цилиндра.

Магнитный момент этого тока $\vec{P} = I'S$, умножим и разделим на l последнее выражение, получим

$$\vec{P} = I'S \frac{l}{l} = \frac{I'V}{l}. \quad (3)$$

Из выражения (2) находят $\frac{I'}{l} = \frac{B'}{\mu_0}$, из выражения (3) - $\frac{I'}{l} = \frac{\vec{P}}{V}$. С учетом того, что суммарный магнитный момент магнетика в единице объема есть намагниченность магнетика $\frac{\sum \vec{P}}{V} = \vec{J}_0$ и с учетом равенства левых частей последних выражений в векторной форме получим собственное магнитное поле магнетика $\vec{B}'$.

$$\vec{B}' = \mu_0 \vec{J}_0. \quad (4)$$

Из опытов следует, что намагниченность магнетика пропорциональна напряженности внешнего поля, то есть $\vec{J}_0 \sim \vec{H}$, чтобы поставить равенство, ставим коэффициент пропорциональности кси χ или

$$\vec{J}_0 = \chi \vec{H}. \quad (5)$$

Здесь кси χ – магнитная восприимчивость вещества, величина безразмерная, зависящая от рода вещества.

Выяснилось, что почти все вещества можно отнести к одной из трех больших групп относительно того, как именно они изменяют магнитную индукцию:

- диамагнетики для них $\mu < 1$, есть $const$ ($\chi < 0$). Они слабо намагничиваются в магнитном поле, ослабляя его. Примеры: медь, золото, кремний;
- парамагнетики $\mu > 1$, есть $const$ ($\chi > 0$); намагничиваются по направлению магнитного поля. Примеры: алюминий, вольфрам, кислород;
- ферромагнетики $\mu \gg 1$ - величина переменная, изменяется по зависимости на рис.2, ($\chi \gg 0$). Ферромагнетики легко намагничиваются, сохраняют остаточную намагниченность. Примеры: железо, кобальт, никель.

Продолжим преобразовывать формулу (1):

$$\mu \mu_0 \vec{H} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \chi \vec{H},$$

сократив общие множители, получим связь коэффициентов магнитной проницаемости с магнитной восприимчивостью вещества (6):

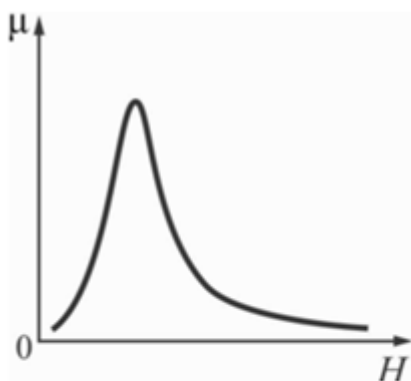


Рис.2. Зависимость магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля ферромагнетиков.

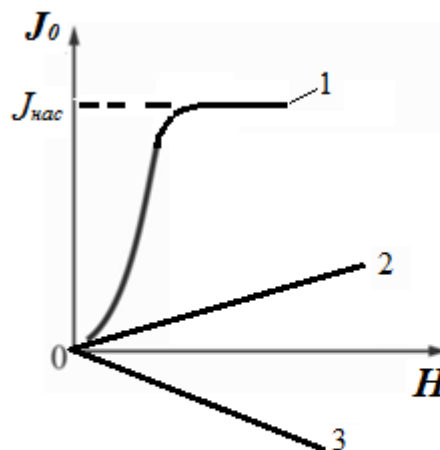


Рис.3. Зависимость кривой намагничивания от напряженности магнитного поля: 1- ферромагнетика; 2- парамагнетика; 3- диамагнетика.

$$\mu = 1 + \chi . \quad (6)$$

На основании формул (5), (6) и зависимости на рис.2, строятся кривые намагничивания для магнетиков рис.3.

Анализ формулы 6 приводит к тому, что магнитная восприимчивость для ферромагнетика повторяет ход кривой магнитной проницаемости и как следствие из формулы (5) величина намагничивания повторяет, до определенной напряженности, ход магнитной проницаемости. Ферромагнетик может достичь магнитное насыщение $J_{\text{нас}}$ (рис.3). Это когда объем ферромагнетика V постоянен, а суммарный магнитный момент $\sum \vec{P}$ достигает насыщения. Чтобы увеличить параметр намагничивания ферромагнетика, нужно увеличить его объем.

Что касается зависимостей 2 и 3, они носят линейный характер, рис.3.

Материалы данной статьи могут быть полезными для обучающихся, изучающих вопросы намагничивания магнетиков.

Литература

1. Трофимова Т.И. Физика в таблицах и формулах: учеб. пособие для студентов/ Т.И. Трофимова. – 2-е изд. – М.: Дрофа, 2004. - 432 с.