

альной энергии $U = -mH$, а также явление *электромагнитной индукции*.

В лабораторных условиях слабые (до 0,5 кЭ) и средние (до 40 кЭ) стационарные М. п. получают с помощью постоянных магнитов и электромагнитов. Сильные стационарные М. п. (до 250 кЭ) получают с помощью охлаждаемых и сверхпроводящих *соленоидов*. Поля до 1,6 МЭ получают в импульсных соленоидах, сверхсильные импульсные поля (десятки МЭ) — методом направленного взрыва (см. *Сверхсильные магнитные поля*). Для измерения характеристик М. п. используют разл. *магнитометры*. В космич. условиях М. п. достигают $10^{12} - 10^{13}$ Э (см. *Магнитные поля звёзд*).

Технич. применения М. п. лежат в основе практически всей электротехники, радиотехники и электроники. М. п. применяются в дефектоскопии, для удержания горячей плазмы в установках *управляемого термоядерного синтеза*, для каналирования пучков заряд. частиц в *ускорителях заряженных частиц*, в генераторах мощного микроволнового излучения и т. п.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Электродинамика сплошных сред, 2 изд., М., 1982; Вонсовский С. В., Магнетизм, М., 1971; Ахизер А. И., Ахизер И. А., Электромагнетизм и электромагнитные волны, М., 1985. И. А. Ахизер.

МАГНИТНОЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ — то же, что *магнитная вязкость*.

МАГНИТНОЕ РАССЕЯНИЕ НЕЙТРОНОВ — см. в ст. *Магнитная нейтронография*.

МАГНИТНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ — характеристика *магнитной цепи*; М. с. R_m равно отношению *магнитодвижущей силы* F , действующей в магн. цепи, к созданному в цепи *магнитному потоку* Φ . М. с. однородного участка магн. цепи может быть вычислено по ф-ле $R_m = l / (\mu \mu_0 S)$, где l и S — длина и поперечное сечение участка магн. цепи, μ — относит. *магнитная проницаемость* материала цепи, μ_0 — *магнитная постоянная*. В случае неоднородной магн. цепи (состоящей из однородных последовательных участков с различными l , S , μ) её М. с. равно сумме R_m однородных участков. Расчёт М. с. по приведенной ф-ле является приближенным, т. к. ф-ла не учитывает «магнитные утечки» (рассеяние магн. потока в окружающем цепь пространстве), неоднородности магн. поля в цепи, нелинейную зависимость М. с. от поля. В перем. магн. поле М. с. — комплексная величина, т. к. в этом случае μ зависит от частоты эл.-магн. колебаний. Единицей М. с. в *Международной системе единиц* служит ампер (или ампер-виток) на вебер (А/Вб), в *СГС системе единиц* — гильберт на максвелл (Гб/Мкс); $1 \text{ А/Вб} = 4\pi \cdot 10^{-9} \text{ Гб/Мкс} \approx 1,2566 \times 10^{-8} \text{ Гб/Мкс}$.

МАГНИТНОЕ СТАРЕНИЕ — изменение магн. свойств ферро- и ферромагнитных материалов во времени, происходящее самопроизвольно или под воздействием различных внеш. факторов: постоянных и переменных магн. полей, колебаний темп-ры, механич. ударов, вибраций, радиации. М. с. наиб. характерно для материалов с метастабильной *магнитной атомной структурой* и (или) *магнитной доменной структурой*. Напр., пост. магниты, находящиеся в состоянии остаточной намагниченности, могут частично размагничиваться за счёт изменения их доменной структуры. Изменения магн. свойств в результате М. с. в ряде случаев обратимы: их первонач. значения могут быть восстановлены путём соответствующего воздействия магн. поля.

М. с. включает также необратимые изменения магн. свойств, связанные с т. н. структурным старением вещества, т. е. с изменением его кристаллич. структуры, дисперсности фаз и др. элементов структуры в результате диффузии, распада твёрдого раствора, упорядочения или др. фазовых превращений. Напр., в технич. железе в размагниченом состоянии существенно уменьшается магн. проницаемость и возрастает коэрцитивная сила после его нагрева до 130 °С. Это происходит вследствие выделения в нём частиц карбидов и нитридов.

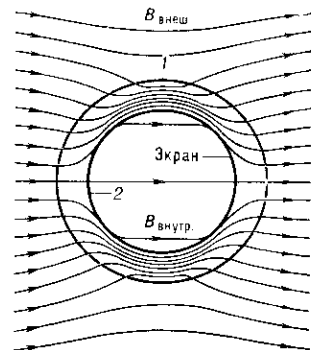
Для стабилизации магн. свойств, в частности доменной структуры, на практике применяют искусств. остаривание материала. Так, пост. магниты подвергают частичному размагничиванию перем. полем с убывающей до нуля амплитудой, циклич. воздействиям теми-ры, вибрациям. Обычно применяют тот вид воздействия, к-рому должно в основном противостоять изделие в процессе эксплуатации.

Лит.: Бозорт Р. М., Ферромагнетизм, пер. с англ., М., 1956; Дружинин В. В., Магнитные свойства электротехнической стали, 2 изд., М., 1974; Февралева И. Е., Магнитотвёрдые материалы и постоянные магниты, К., 1969; Хек К., Магнитные материалы и их техническое применение, пер. с нем., М., 1973. А. С. Ермоленко.

МАГНИТНОЕ УДЕРЖАНИЕ плазмы — удержание в ограниченном объёме высокотемпературной плазмы достаточно высокой плотности в течение длит. времени, необходимого для возможного осуществления *управляемого термоядерного синтеза* с помощью особых конфигураций (открытых и замкнутых) магн. полей. Подробнее см. *Магнитные ловушки, Открытые ловушки, Удержание плазмы*.

МАГНИТНОЕ ЭКРАНИРОВАНИЕ (магнитная защита) — защита объекта от воздействия магн. полей (постоянных и переменных).

Совр. исследования в ряде областей науки (физика, геология, палеонтология, биомагнетизм) и техники (космич. исследования, атомная энергетика, материаловедение) часто связаны с



Экранирующее действие полого цилиндра из ферромагнитного вещества с $\mu \gg 1$ (1 — внеш. поверхность цилиндра, 2 — внутр. поверхность). Остаточное магнитное поле внутри цилиндра $B_{\text{внутр}} \ll B_{\text{внеш}}$.

измерениями очень слабых магн. полей $\sim 10^{-14} - 10^{-9}$ Тл в широком частотном диапазоне. Внешние магнитные поля (например, поле Земли $\approx 5 \cdot 10^{-5}$ Тл с шумом $\approx 5 \cdot 10^{-12}$ Тл, магн. шумы от электрич. сетей и городского транспорта) создают сильные помехи для работы высокочувствит. магнитометрич. аппаратуры. Уменьшение влияния магн. полей в сильной степени определяет возможности проведения магн. измерений (см., напр., *Магнитные поля биологических объектов*). Среди методов М. э. наиболее распространены следующие.

Ферромагнитный экран — лист, цилиндр, сфера (или оболочка к.-л. иной формы) из материала с высокой *магнитной проницаемостью* μ , низкой остаточной индукцией B_r и малой *коэрцитивной силой* H_c . Принцип действия такого экрана можно проиллюстрировать на примере полого цилиндра, помещённого в однородное магн. поле (рис.). Линии индукции внеш. магн. поля $B_{\text{внеш}}$ при переходе из среды с $\mu \ll \mu_{\text{экр}}$ в материал экрана заметно сгущаются, а в полости цилиндра густота линий индукции уменьшается, т. е. поле внутри цилиндра оказывается ослабленным. Ослабление поля описывается ф-лой

$$\frac{B_{\text{внутр}}}{B_{\text{внеш}}} \approx \frac{D}{\mu_{\text{экр}} d}, \quad (1)$$

где D — диаметр цилиндра, d — толщина его стенки, $\mu_{\text{экр}}$ — магн. проницаемость материала стенки.

Для расчёта эффективности М. э. объёмов разл. конфигурации часто используют ф-лу

$$K = B_{\text{внеш}}/B_{\text{внутр}} = 0,22\mu_{\text{экр}} [1 - (1 - d/R_{\text{эф}})^3], \quad (2)$$

где $R_{\text{эф}}$ — радиус эквивалентной сферы (практически ср. значение размеров экрана в трёх взаимно перпен-