

Магнитная вязкость

Магнитная вязкость (магнитное последствие), существование временного запаздывания между изменением напряжённости внешнего магнитного поля и изменением магнитных параметров магнетика (намагниченности, магнитной восприимчивости и др.). В наиболее простых случаях изменение намагниченности в зависимости от времени t описывается формулой:

$$\Delta M(t) = M(t) - M_0 = (M_\infty - M_0)(1 - e^{-t/\tau}), \quad (1)$$

где M_0 и M_∞ – намагниченности непосредственно после изменения магнитного поля ($t=0$) и после установления нового равновесного состояния соответственно; τ – время релаксации, характеризующее скорость процесса. Значение τ зависит от механизма магнитной вязкости и может изменяться от 10^{-9} с до нескольких десятков часов в зависимости от материала (см. статью магнитная релаксация).

Различают два основных механизма магнитной вязкости: диффузионный и термофлуктуационный. В первом магнитная вязкость определяется диффузией примесных атомов или дефектов кристаллической структуры. Например, в большинстве классических экспериментов по изучению магнитной вязкости в качестве образцов использовалось железо с примесью углерода или азота. Объяснение роли примесей дано нидерландским физиком Я. Снуком, а более строгая теория построена Л. Неелем. Она базируется на предположении о преимущественной диффузии примесных атомов в те межатомные промежутки кристалла, которые определённым образом ориентированы относительно направления спонтанной намагниченности. Это создаёт локальную наведённую анизотропию, приводящую к стабилизации магнитной доменной структуры. Поэтому после изменения магнитного поля новая доменная структура устанавливается не сразу, а после диффузионного перераспределения примеси, что и является причиной магнитной вязкости.

Второй механизм магнитной вязкости более универсален и наблюдается практически во всех ферромагнетиках, особенно в области магнитных полей, сравнимых по величине с коэрцитивной силой. Термические флуктуации вызывают перемагничивание доменов, которые при изменении поля получили недостаточно энергии, чтобы сразу изменить направление намагниченности. В высококоэрцитивных сплавах, состоящих из однодоменных областей, наблюдается особенно большая магнитная вязкость. В этом случае термические флуктуации сообщают дополнительную энергию для

необратимого вращения спонтанной намагниченности тех частиц, потенциальная энергия которых во внешнем магнитном поле недостаточна для их перемагничивания.

Существуют и другие механизмы магнитной вязкости: например, в некоторых ферритах вклад в магнитную вязкость даёт перераспределение электронной плотности между ионами разной валентности. С магнитной вязкостью тесно связаны такие явления в ферромагнетиках, как магнитные потери на перемагничивание, временной спад и частотная зависимость магнитной проницаемости.

Ермоленко Александр Семёнович

Библиография:

- Вонсовский С. В. Магнетизм. – Москва : Наука, 1984. – (Проблемы науки и технического прогресса).
- Мишин Д. Д. Магнитные материалы : учебное пособие для студентов вузов. – Изд. 2-е., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1991.