

## Коэрцитивная сила

Коэрцитивная сила, коэрцитивное поле (от лат. *coercitio* – удерживание), напряжённость магнитного поля  $H_c$ , необходимого для изменения намагниченности магнитного материала от значения остаточной намагниченности до нуля и имеющего знак, противоположный предшествующему намагничивающему полю. Измеряется в единицах напряжённости магнитного поля – А/м [Си (SI)] и Э (СГС).

Коэрцитивная сила показывает степень затруднения процессов намагничивания (перемагничивания) материала и является структурно-чувствительной характеристикой; она существенно зависит от дефектов кристаллической структуры, внутренних напряжений в кристалле, наличия другой фазы и её размеров. Эти структурные особенности определяют реализацию механизмов перемагничивания, магнитного гистерезиса и величину коэрцитивной силы, которая связана с эффективностью закрепления доменной стенки и, следовательно, трудностью её отрыва от места закрепления; трудностями образования зародыша с отрицательным направлением намагниченности; трудностями вращения вектора намагниченности в однодоменной частице.

Величина коэрцитивной силы магнитных материалов изменяется в широком интервале и является основанием для их деления на магнитомягкие материалы, коэрцитивная сила которых меньше 100 А/м, и магнитотвёрдые материалы (магнитожёсткие, высококоэрцитивные, сплавы для постоянных магнитов) с коэрцитивной силой больше 4,0 кА/м.

В зависимости от того, какой параметр (намагниченность или магнитную индукцию) измеряют при изменении напряжённости магнитного поля, различают коэрцитивную силу по намагниченности  $H_{cM}$  или коэрцитивную силу по индукции  $H_{cB}$ . Поскольку  $B=4\pi M \pm H$ , то  $H_{cM}$  больше  $H_{cB}$ . В постоянных магнитах на основе соединений РЗМ  $H_{cB}$  достигает своего максимума, равного остаточной индукции  $B_r$ , а  $H_{cM}$  достигает  $4 \cdot 10^4$  Э ( $3,2 \cdot 10^3$  кА/м). Если при размагничивании приложено такое отрицательное магнитное поле, после снятия которого намагниченность точно равна нулю, то оно обозначается, как коэрцитивное поле по реманенцу  $H_{cR}$ .

Коэрцитивная сила материала зависит от его фундаментальных магнитных свойств: намагниченности насыщения  $M_s$ , константы кристаллографической магнитной анизотропии, константы магнитострикции. Для оценки потенциальных свойств материала используют условный параметр – поле

анизотропии  $H_A$ , определяемый по формуле  $H_A = 2K/M_s$ . При этом в понятие магнитной анизотропии  $K$  включается как кристаллографическая магнитная анизотропия, так и анизотропия магнитоупругой энергии и анизотропия полей рассеяния.

Измерение коэрцитивной силы применяется для неразрушающего контроля качества термической обработки многих изделий из ферромагнитных сталей и сплавов.

По аналогии с ферромагнетиками термин «коэрцитивная сила» используется также для описания свойств сегнетоэлектриков; в них коэрцитивная сила измеряется в единицах напряжённости электрического поля – В/м [СИ (SI)].

Лилеев Алексей Сергеевич

### **Библиография**

- Браун У. Ф. Микромагнетизм / пер. с англ. А. Г. Гуревича. – Москва : Наука, 1979.
- Вонсовский С. В. Магнетизм. – Москва : Наука, 1984. – (Проблемы науки и технического прогресса).
- Магнетизм и магнитные материалы : терминологический справочник / отв. ред. Ф. В. Лисовский, Л. И. Антонов. – Москва : Вагриус, 1997.
- Боровик Е. С. Лекции по магнетизму / Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Физматлит, 2005.