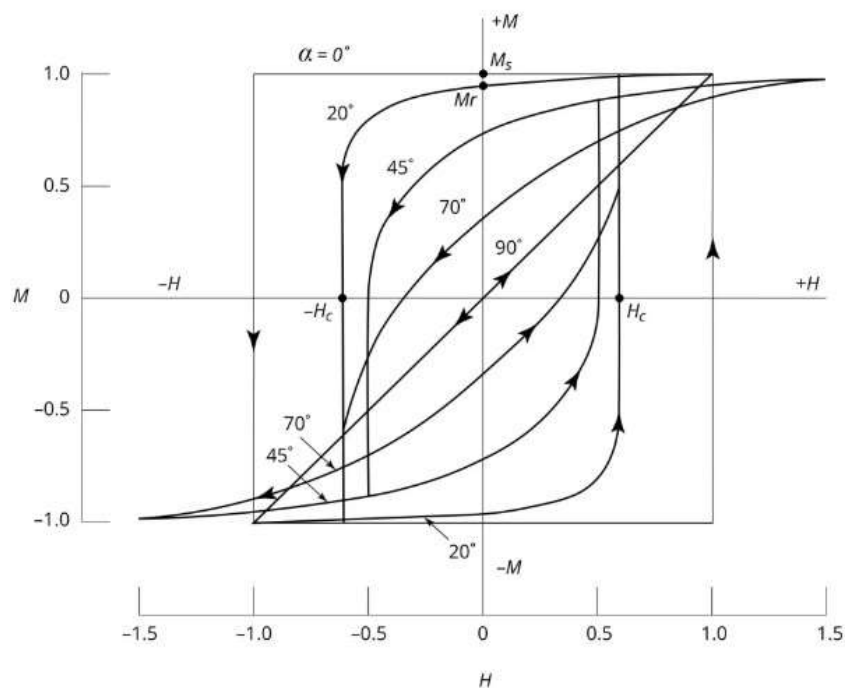


## Магнитное насыщение

Магнитное насыщение, состояние магнетика при температуре 0 К, в котором векторы намагниченности  $M$  всех магнитных подрешёток коллинеарны вектору напряжённости намагничивающего поля  $H$  и результирующий вектор намагниченности совпадает с  $H$  по направлению. Модуль вектора результирующей намагниченности в состоянии магнитного насыщения называют намагниченностью насыщения. При температурах существенно выше 0 К под магнитным насыщением обычно понимают такое состояние, в котором все имеющиеся в веществе элементарные магнитные моменты ориентированы вдоль направления поля. Магнитное насыщение является фазово-чувствительным свойством, т. е. зависит от природы вещества и его фундаментальных характеристик – кристаллической и электронной структур.

В парамагнетиках значение магнитного насыщения в соответствии с функцией Бриллюэна стремится к пределу  $M_\infty$  при  $H \rightarrow \infty$ , и при низких температурах (1–10 К) состояние, близкое к магнитному насыщению, реализуется в магнитных полях напряжённостью порядка  $10^5$ – $10^6$  А/м.

При намагничивании ферромагнетиков после завершения процессов смещения доменных границ и вращения векторов спонтанной намагниченности  $M_{sp}$  отдельных доменов к направлению  $H$  наступает техническое магнитное насыщение. Увеличение намагниченности при дальнейшем возрастании  $H$  связано с парапроцессом.



$\alpha$  – угол между вектором напряжённости магнитного поля и осью лёгкого намагничивания;  $M$  и  $H$  – нормированные намагниченность и напряжённость магнитного поля.

Рис. 1. Петли гистерезиса для однодоменной удлинённой частицы.

В поликристаллических высокоанизотропных магнетиках, например в спечённых постоянных магнитах типа  $\text{SmCo}_5$ , поворот вектора намагниченности к направлению приложенного магнитного поля происходит в полях, существенно бóльших поля анизотропии  $H_A$

Такое поведение соответствует модели Стонера – Вольфарта для перемагничивания удлинённых однодоменных частиц. Петли магнитного гистерезиса, предсказываемые этой моделью, представлены на рис. 1. Видно, что их форма зависит от угла  $\alpha$  между полем и осью лёгкого намагничивания. Расчёты показывают, что магнитное насыщение спечённого магнита  $\text{SmCo}_5$  при  $\alpha=20^\circ$  происходит в магнитном поле около  $1,6 \cdot 10^5$  кА/м ( $2 \cdot 10^3$  кЭ).

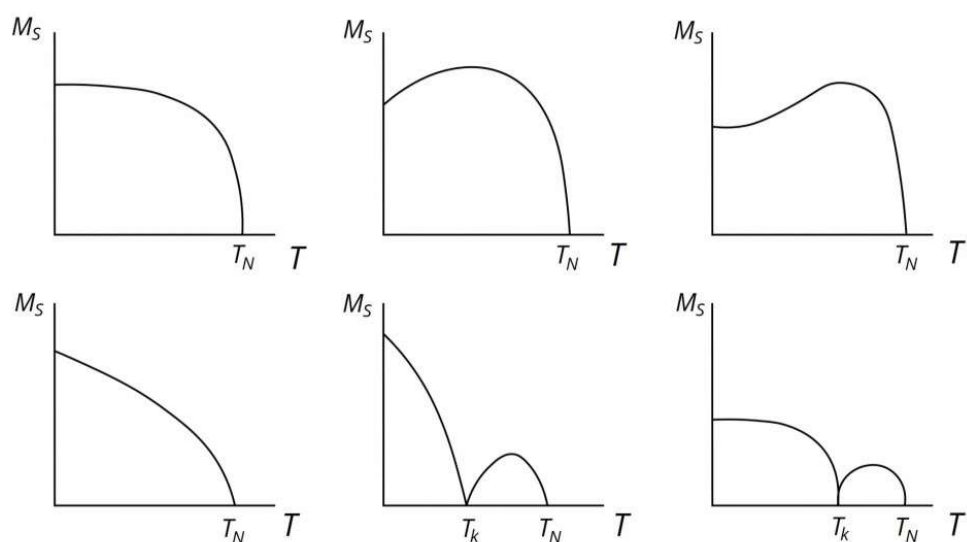


Рис. 2. Некоторые возможные температурные зависимости намагниченности насыщения ферримагнетиков.

При намагничивании многоподрешёточных коллинеарных ферримагнетиков может существовать несколько изолированных областей состояния намагниченности насыщения, которые соответствуют различной взаимной ориентации коллинеарных векторов намагниченности подрешёток (каждая подрешётка имеет своё собственное значение вектора намагниченности насыщения и его ориентацию). Абсолютное магнитное насыщение ферримагнетиков достигается в достаточно сильных магнитных полях. Наличие двух (или нескольких) подрешёток с различными намагниченностями приводит к сложным температурным зависимостям намагниченности насыщения (рис. 2); при разной направленности и различной температурной зависимости намагниченностей подрешёток при определённой температуре  $T_K$  возможна даже их компенсация.

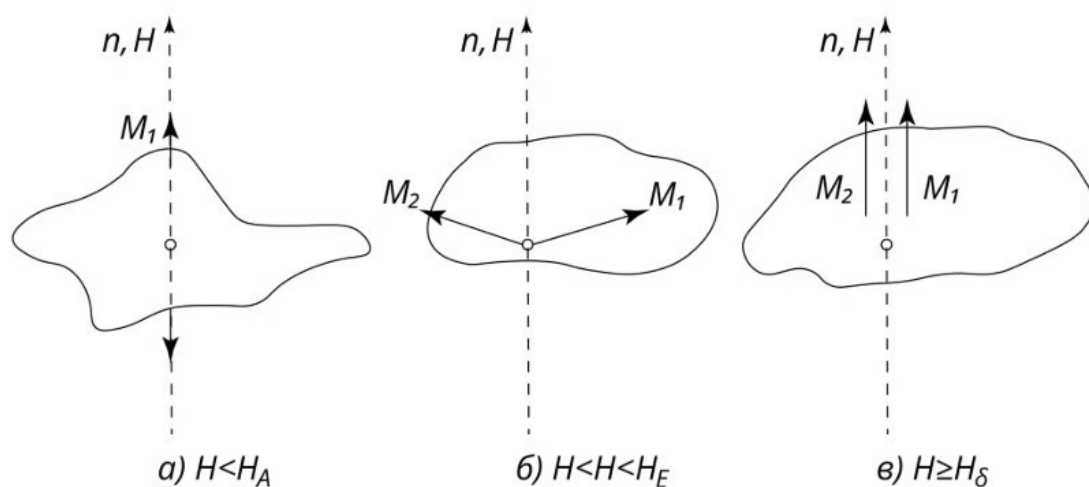


Рис. 3. Направления магнитных моментов антиферромагнетика при увеличении магнитного поля.

Магнитное насыщение антиферромагнетиков достигается тоже в сильных магнитных полях. При достижении магнитным полем критической величины  $H_{c1}$  может происходить разворот векторов намагниченности подрешёток перпендикулярно полю (спин-флоп переход), при дальнейшем увеличении поля происходит их поворот к направлению поля и полное магнитное насыщение достигается в критическом поле  $H_{c2}$ , которое называют полем спин-флип перехода (рис. 3).

Лилеев Алексей Сергеевич

#### **Библиография:**

- Stoner E. C. A mechanism of magnetic hysteresis in heterogeneous alloys / E. C. Stoner, E. P. Wohlfarth // Philosophical transactions of the Royal society of London. – 1948. – Vol. 240. – P. 599–642.
- Effect of the crystalline texture upon the properties of the permanent SmCo5 magnets / B. G. Livshits, A. S. Lileev, V. P. Menushenkov [et al.] // Physica Status Solidi. – 1980. – Vol. 60, № 1. – P. 303–307.
- Вонсовский С. В. Магнетизм. – Москва : Наука, 1984. – (Проблемы науки и технического прогресса).
- Боровик Е. С. Лекции по магнетизму / Е. С. Боровик, В. В. Еременко, А. С. Мильнер. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Физматлит, 2005.