

УДК 538.9

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ МАЛЫХ ЧАСТИЦ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ

Юров В.М.

*КарГУ им. академика Е.А.Букетова,
Караганда, Казахстан*

Получена формула, связывающая критический размер однодоменного ферромагнетика с его поверхностными натяжением и энергией. Проведено сравнение с экспериментальными данными и существующими теориями.

Ключевые слова: магнетизм, термодинамическая модель, поверхностное натяжение.

Вопросы магнетизма малых ферромагнитных частиц исследуются уже давно [1]. Важность учета размера зерен ферромагнитных минералов в геофизических исследованиях подчеркивалась в работах [4,5,8]. В настоящее время эти вопросы не потеряли актуальность.

Основным механизмом, приводящим к зависимости магнитной восприимчивости от размера частиц ферромагнетика считается переход многодоменных частиц в однодоменные. Критический размер (радиус d) однодоменной частицы, выше которого она становится двух- или многодоменной, определяется из энергетических соображений и обратно пропорциональна квадрату намагниченности насыщения J_s [1]:

$$d = \frac{C}{J_s} \sqrt{\frac{A}{N_R}} \quad (1)$$

где $C = 0,5; 1; 2$ для простой кубической, объемноцентрированной и гранецентрированной решетки, соответственно; A – параметр обменной энергии; N_R – размагничивающий фактор вдоль малой оси частицы.

Например, в случае сферической частицы железа – Fe
 $(A \approx 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ эрг} / \text{см}, J_s = 1700 \text{ Гс}),$
 $d = 0,78 \cdot 10^{-6} \text{ см}.$

В случае больших энергий анизотропии вместо (1) используется формула [5, 8]:

$$d = \frac{9w}{4\pi J_s^2} \quad (2)$$

где w – плотность поверхностной энергии доменов.

Например, в случае

$$\text{MnBi} \quad w \approx 12 \text{ эрг} / \text{см}^2, J_s = 600 \text{ Гс}$$

и из (2) находят $d = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ см}$ [1, 2].

Термодинамическая модель

Рассматривая подсистему магнитных диполей в ферромагнетике как систему невзаимодействующих частиц, погруженную в термостат, мы получили следующее выражение для магнитной восприимчивости [6]:

$$\chi = \text{const} \cdot \frac{N}{G^0} \quad (3)$$

где N – число магнитных диполей, G^0 – термодинамический потенциал Гиббса ферромагнетика.

Изменение радиуса зерна ферромагнетика приводит к изменению давления P на межфазной границе, описываемое уравнением Кельвина [3]:

$$\frac{P}{P_0} = \exp\left(\frac{2\sigma\vartheta}{rRT}\right) \quad (4)$$

где r – радиус зерна; s - межфазное поверхностное натяжение; ϑ - молярный объем; P_0 – давление над плоской поверхностью.

Поскольку $G^0 = H-TS+VP$, то вдали от точки Кюри из соотношений (3) и (4) следует

$$ж = \text{const} \cdot \exp\left(-\frac{2\sigma\vartheta}{rRT}\right) \quad (5)$$

Разлагая экспоненту в ряд и ограничиваясь первыми двумя членами, получим:

$$ж = \text{const} \cdot \left(1 - \frac{d}{r}\right) \quad (6)$$

$$d = \frac{2\sigma\vartheta}{RT} \quad (7)$$

Экспериментальные результаты

Удельная намагниченность магнетитов исследовалась нами на вибрационном магнитометре. Размер зерна магнетита определялся на микроскопе МИМ-8. Результаты показаны на рисунке 1. В координатах

$$\frac{\alpha}{\alpha_0} \sim 1/r$$

экспериментальная кривая спрямляется в соответствии с (6), давая значение $d = 0,36$ мкм.

Обсуждение результатов

Для гематита и ряда других ферромагнетиков аналогичные рисунку 1 результаты были получены ранее в работах [4,5,8]. В частности, для гематита получена величина $d = 150$ мкм.

Для магнетита $\vartheta = 44.5$ см³/моль, и из соотношения (7) для поверхностного натяжения s получаем: $s = 10.07 \times 10^3$ эрг/см², для гематита - $s = 6.2 \times 10^6$ эрг/см².

Расчет плотности поверхностной энергии для магнетита по формуле (2) ($J_s = 4,9 \times 10^5$ А/м) дает $w = 10,1 \times 10^3$ эрг/см², что совпадает с полученной нами величиной s . Для гематита ($J_s = 2 \times 10^3$ А/м) формула (2) дает $w = 0,8 \times 10^6$ эрг/см², что почти на порядок меньше s . Это обусловлено слабой магнитной анизотропией гематита и, следовательно, некорректностью использования соотношения (2).

В общем случае поверхностное натяжение s и плотность поверхностной энергии w не совпадают. Это различие было впервые подчеркнуто еще Гиббсом. Впоследствии Шаттльвортом и Херингом было получено уравнение, связывающее эти две величины (см. в [2]):

$$\sigma = \omega + \Omega \left(\frac{\partial \omega}{\partial \Omega} \right)_T \quad (8)$$

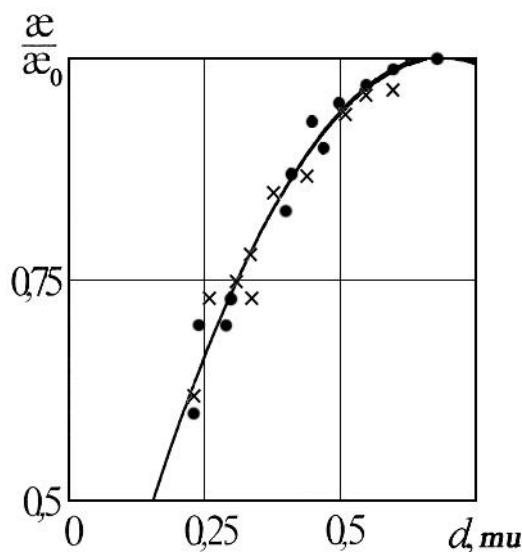


Рис. 1. Зависимость относительной магнитной восприимчивости от диаметра зерна магнетита

где Ω - площадь поверхности твердого тела.

Для частиц сферической формы $\Omega = 4\pi r^2$ и с учетом соотношения (2) имеем из (8):

$$\sigma = \omega + \frac{4\pi}{9} J_s^2 \cdot d = \omega + \delta\omega \quad (9)$$

Для магнетита $\delta\omega \approx 10$ эрг/см² и практически не вносит вклада в $\omega \sim 10^4$ эрг/см², поэтому в этом случае мы и получили совпадение s и w .

Экспериментальное определение поверхностного натяжения твердого тела представляет собой значительные трудности. С достаточной точностью ее определение проведено только для ряда чистых металлов вблизи точки плавления [2].

Сделаем еще одну оценку. Для Fe в работе [7] экспериментально получено $s = 204$ эрг/см², и (7) дает для критического радиуса $d = 0.12 \times 10^{-6}$ см, что по порядку величины (см. выше) совпадает с результатом формулы (1). Различие обусловлено, возможно, погрешностью при расчете параметра обменной энергии A .

Суммируя результаты проведенных выше расчетов, можно сделать вывод о возможности использования соотношений (6) и (7) для определения поверхностного натяжения магнитных материалов по экспериментальным зависимостям $\alpha = \alpha(r)$ [9]. Используя (6), можно вычислить и поверхностную энергию.

Заключение

Поверхностные натяжение и энергия играют определяющую роль в физике спекания, в процессах адсорбции и ряде других, заметно влияющих на магнитные свойства материалов. Расчетам этих величин всегда уделялось большое внимание, начиная с начала 20-го века [1, 2]. Однако количественное согласие экспериментов и теории оказывалось неудовлетворительным. Это было связано и с отсутствием

надежных экспериментальных методов определения величин s и w . Возможно, что представленная выше модель и использование соотношений (6) и (7) позволит продвинуться в этом направлении. Отметим также, что для сильномагнитных веществ s и w практически совпадают, для слабомагнитных – различие между этими величинами может быть значительным..

Настоящая публикация сделана в рамках подпроекта, финансируемого в рамках СКГ, поддерживаемого Всемирным Банком и Правительством Республики Казахстан. Контракт №7212/08/02/5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вонсовский В.С. Магнетизм. М.: Наука, 1971. 1032 с.
2. Нагата Т. Магнетизм горных пород. М.: Мир, 1965. 345 с.
3. Шолпо Л.Е. Использование магнетизма горных пород для решения геологических задач. Л.: Недра, 1977. 182 с.
4. Кудрявцева Г.П. Ферримагнетизм природных оксидов. М.: Недра, 1988. 232 с.
5. Портнов В.С., Юров В.М. Связь магнитной восприимчивости магнетитовых руд с термодинамическими параметрами и содержанием железа // Известия ВУЗов, Горный журнал, Екатеринбург, 2004, № 6. С.122-126.
6. Грег С., Синг К. Адсорбция. Удельная поверхность. Пористость. М.: Мир, 1984. 306 с.
7. Гохштейн А.Я. Поверхностное натяжение твердых тел и адсорбция. М.: Наука, 1976. 256 с.
8. Скрипов В.П., Каверда В.П. /В кн.: Проблемы кристаллографии. М.: Наука, 1987. С.232-246.
9. Юров В.М., Портнов В.С., Пузеева М.П. Способ измерения поверхностного натяжения магнитных материалов // Патент РК №58158, Астана, 2009.

MAGNETIC SUSCEPTIBILITY SMALL PARTICLES OF FERROMAGNETS

Jurov V.M.

*The Karaganda state university,**Karaganda, Kazakhstan*

The formula connecting the critical size one-domain of ferromagnet with his superficial tension and energy is received. Comparison with experimental data and existing theories is lead.

Key words: magnetism, thermodynamic model, a superficial tension.

УДК 81'33

**СРЕДСТВА ВЫРАЖЕНИЯ ПОБУДИТЕЛЬНОСТИ В АНГЛИЙСКОМ
ЯЗЫКЕ В СВЕТЕ СЕМАНТИКИ И ПРАГМАТИКИ**

Фомичева Е.В.

*Поволжская государственная социально-гуманитарная академия
(быв. Самарский государственный педагогический университет),
Самара, Россия*

Настоящая статья посвящена анализу средств выражения побудительности в английском языке. Автор статьи исследует строение функционально-семантического поля категории побудительности, включающее в себя различные семантические оттенки. Овладение разнообразными средствами выражения побудительности является важнейшим фактором успешного процесса коммуникации.

Ключевые слова: средства выражения побудительности, императивные предложения, строение функционально-семантического поля, семантика, прагматика.

На протяжении долгого времени изучению категории побудительности уделялось относительно мало внимания, несмотря на то, что побудительные предложения составляют значительную часть речевой продукции человека и с их помощью регулируется общественно-производственная деятельность в обществе. Отсутствие интереса лингвистов к данной категории, прежде всего, связано с тем, что вплоть до 70-80-х годов XX века наибольшей популярностью в лингвистике пользовались теории, в которых язык моделировался как система, относительно независимая от говорящего человека. Ученых, прежде всего, интересовало формальное устройство языка, а не проблемы использования языка человеком. Именно поэтому, лингвистов не привлекало изучение побудительных предложений из-за их относительно простого устройства.

Однако, со второй половины XX века, происходит изменение ведущих теоретических концепций и установок. Основное внимание начинает уделяться правилам, которые необходимо соблюдать в процессе речевого общения. Таким образом,

центральное место в современных концепциях занимает язык в использовании человеком, то есть речевая деятельность, которая рассматривается как важнейшая часть жизнедеятельности человека.

Исследования семантической стороны языка расширили эмпирическую базу и привлекли внимание исследователей к побудительным предложениям, которые по своим семантико-прагматическим свойствам очень тесно связаны с коммуникативной ситуацией, так как от условий и разнообразных характеристик коммуникативного акта зависит адекватная интерпретация повелительного предложения.

В настоящее время категория побудительности активно изучается не только в лингвистике, но и в логике.

Категория побудительности обладает чрезвычайно богатым арсеналом выразительных средств. Средствами языка можно выразить все оттенки эмоционально-побудительных значений – от самых мягких, просительных, некатегоричных, вежливых до самых резких, грубых, настойчивых [5]. На наш взгляд, всё это многообразие выразительных средств может