

УДК 537.84

*И. Абу-Алджараш, С. Махмуд, Н. А. Юсуф, Дж. Попплевелл***О КОНЦЕНТРАЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ЧАСТИЦ КОБАЛЬТА, ДИСПЕРГИРОВАННЫХ В РТУТИ***

Большая, чем у ферритов, намагниченность насыщения ферромагнитных металлов, высокие электро- и теплопроводность, а также высокие точки кипения металлических носителей обуславливают преимущества металлических магнитных жидкостей по сравнению с непроводящими [1, 2]. Однако относительно сильные ван-дер-ваальсовы и магнитостатические взаимодействия притяжения могут вызвать агломерацию и диффузионный рост магнитных частиц. Предыдущие исследования [3, 4] показали, что добавление олова и галлия в количествах, достаточных для образования монослойного покрытия на магнитных частицах, подавляет рост частиц и тем самым повышает устойчивость магнитной жидкости. Долгосрочная устойчивость частичек железа, диспергированных в ртути, была достигнута добавлением определенных количеств олова и натрия [5]. Однако установлено, что чрезмерная толщина покрытия уменьшает магнитный момент магнитных частиц [3].

В настоящей работе исследована концентрационная зависимость намагниченности частиц кобальта, диспергированных в ртути, с оловянным покрытием и без него при комнатной температуре. Анализируется влияние взаимодействий и покрытия на магнитные свойства этих систем.

Образцы приготавливались электроосаждением; 5 г CoCl_2 диспергировались в 50 мл дистиллированной воды и помещались в электролитический цилиндрический сосуд диаметром 3 см. Анодом являлась платиновая пластинка размером $1,5 \times 1$ см, катодом — диск нержавеющей стали. На катоде помещалось 10 г ртути; плотность тока осаждения ≈ 15 мА/см². Для получения однородного образца во время осаждения ртуть механически перемешивалась. Температура электролита поддерживалась на уровне 20°C водяным охлаждением сосуда.

Во время приготовления образцов с покрытием олово добавлялось в ртуть в количестве, достаточном для образования монослойного покрытия на частицах Со. Количество олова рассчитано по формуле, полученной в [6]. Для получения разбавленных проб 1:1, 1:2, 1:5, 1:10, 1:20 и 1:40 к частям исходного образца добавлялось необходимое количество ртути (второе число в отношении представляет собой относительное количество ртути, добавленное к исходному). Намагниченность измерялась вибрационным магнитометром.

На рис. 1а представлены зависимости намагниченности образцов без покрытия при комнатной температуре от поля. Намагниченность насыщения M_s при разбавлении систематически уменьшается. Наши результаты показали, что M_s для разбавленных образцов (1:5 и 1:10) изменяется почти линейно с концентрацией. Для концентрированных образцов линейность не соблюдается; M_s имеет более высокие значения.

* On the concentration dependence of the magnetic properties of cobalt particles dispersed in mercury / J. Abu-Aljarayesh, S. Mahmood, N. A. Yusuf (Yarmouk University, Irbid, Jordan), J. Popplewell (University College of North Wales, Bangor, Gwynedd, UK).

Перевод с английского Р. Я. Озолса под редакцией Ю. А. Бирзвалка.
Доклад, представленный на 5-ю Международную конференцию по магнитным жидкостям (Рига, сентябрь 1989 г.).

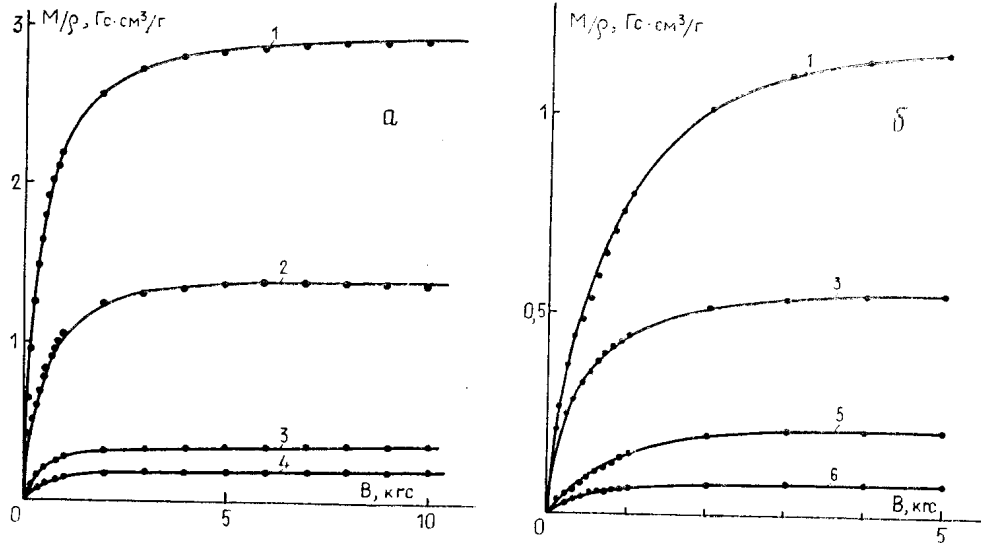


Рис. 1. Зависимости намагниченности M при комнатной температуре от магнитного поля для образцов без покрытия (а) и с покрытием (б) при концентрации 1:1 (1); 1:2 (2); 1:5 (3); 1:10 (4); 1:20 (5); 1:40 (6).

На рис. 1б показаны зависимости намагниченности образцов с покрытием частиц оловом; концентрационная зависимость M_s оказывается почти линейной.

Относительная намагниченность $M_* = M/M_s$ для образцов без покрытия (рис. 2) ниже полей насыщения уменьшается с ростом концентрации. Насыщение при более высоких концентрациях достигается в более сильном поле. Для образцов с покрытием кривые относительной намагниченности при различных концентрациях перекрываются.

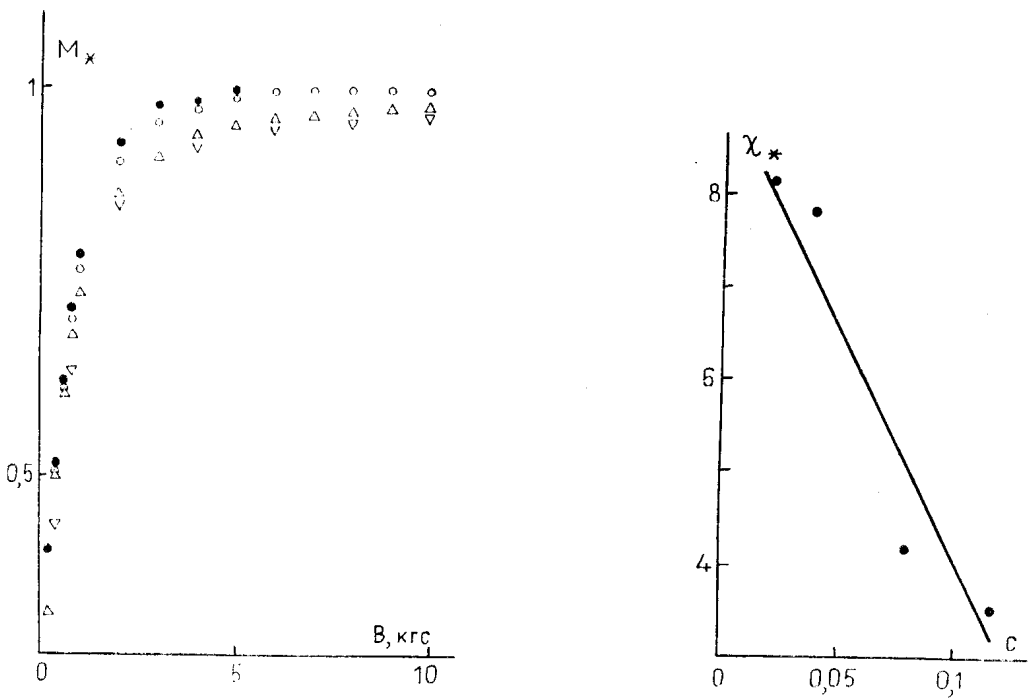


Рис. 2. Зависимости относительной намагниченности $M_* = M/M_s$ от поля при концентрациях 1:0 (∇); 1:1 (Δ); 1:2 (○); 1:10 (●).

Рис. 3. Зависимость относительной восприимчивости χ_* от концентрации $c = \varphi/\varphi_0$ для образцов без покрытия.

Зависимость от концентрации $c = \varphi/\varphi_0$ (φ — объемная доля дисперсной фазы) относительной восприимчивости при низких значениях поля $\chi_* = dM_*/dH$, построенная по данным рис. 2, представлена на рис. 3. За базисную была принята концентрация исходного образца (1:10), объемная доля дисперсных частиц в котором $\varphi_0 = 0,033$. Видно, что χ_* линейно уменьшается с ростом c . Этот результат согласуется с теоретическими и экспериментальными оценками [7, 8].

Наши данные намагниченности насыщения, относительной намагниченности и относительной восприимчивости свидетельствуют о росте сил взаимодействия с повышением концентрации в образцах без покрытия. Линейность зависимости $M_s(c)$ для образцов с покрытием указывает на то, что сила взаимодействия в данных системах изменяется незначительно. Это, возможно, связано с относительной долей покрытия, более высокой для концентрированных образцов, чем для разбавленных. Таким образом, характерная для роста c тенденция повышения взаимодействия и, следовательно, намагниченности, подавляется более высоким содержанием покрытия. Этот вывод согласуется с данными работы [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлюмис М. И. Магнитные жидкости // Успехи физ. наук. — 1975. — Т. 112, № 3. — С. 427...458.
2. Charles S. W., Popplewell J. Ferromagnetic liquids // Ferromagnetic Materials. Vol. 2. — Amsterdam, 1980. — P. 509...599.
3. Keeling L., Charles S. W., Popplewell J. The prevention of diffusional growth of cobalt particles in mercury // J. Phys. — 1984. — Vol. F14, N 12. — P. 3093...3100.
4. Luborsky F. E., Opie J. D. Adsorption of metals on iron particles in mercury // J. Appl. Phys. — 1963. — Vol. 34, N 4. — P. 1317...1318.
5. Charles S. W., Popplewell J. The preparation and properties of a stable magnetic ferrofluid // Thermomechanics of Magnetic Fluids. — London, 1978. — P. 27...44.
6. Luborsky F. E. Adsorption of tin on iron and cobalt particles in mercury // J. Appl. Phys. — 1962. — Vol. 33, N 7. — P. 2385...2390.
7. Holmes M., O'Grady K., Chantrell R. W., Bradbury A. The effect of particle interactions on initial susceptibility of a ferrofluid // IEEE Trans. Magn. — 1988. — Vol. 24, N 2, pt. 2. — P. 1659...1661.
8. Chantrell R. W., Bradbury A., Popplewell J., Charles S. W. Particle cluster configuration in magnetic fluids // J. Phys. — 1980. — Vol. 13D, N 7. — P. L119...L122.

Поступила в редакцию 18.01.90 (02.10.89)