

Е. В. ШТОЛЬЦ и Я. С. ШУР

АНИЗОТРОПИЯ МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ В ПОРОШКОВЫХ ОБРАЗЦАХ ИЗ СПЛАВА MnV

(Представлено академиком И. К. Кикоиным 15_1 1954)

1. До настоящего времени не удалось полностью объяснить физическую природу явлений, обуславливающих высокие значения коэрцитивной силы, наблюдаемые у некоторых ферромагнитных сплавов (высококоэрцитивных). На основании исследования различных физических свойств магнитно-анизотропных высококоэрцитивных сплавов было высказано предположение о том, что появление высокой коэрцитивной силы связано с возникновением однодоменной магнитной структуры⁽¹⁾. Однако для установления правильности этого предположения необходима такая постановка опыта, при которой имелась бы возможность сознательно регулировать размер ферромагнитных образований, ориентацию намагниченности доменов и степень магнитной анизотропии. При решении поставленной задачи важное значение могут иметь данные о магнитных свойствах образцов из порошков различной дисперсности, обладающих высокими значениями константы кристаллографической анизотропии, резко изменяющейся с температурой. Одним из наиболее пригодных материалов для данных целей является магнитно-одноосный сплав марганец—висмут, у которого константа анизотропии достигает рекордно высоких значений при комнатной температуре и при ее понижении катастрофически падает⁽²⁾.

Настоящая работа посвящена исследованию магнитных свойств магнитно-анизотропных порошковых образцов из сплава марганец—висмут.

2. Излучению были подвергнуты порошки сплавов марганец—висмут, полученного путем спекания марганца и висмута при температуре 550° . Концентрация ферромагнитной фазы MnV в этом сплаве равна 30 объемн. %, остальное — свободный марганец и висмут. Этот сплав обладает намагниченностью насыщения ($4\pi I_s$), равной 2400 гаусс, и коэрцитивной силой $H_c = 80$ эрст. Порошки сплава получались путем механического дробления с последующим разделением на фракции по крупности частиц. Средний диаметр d порошинок отдельных фракций варьировал от 1,2 мм до 3 μ .

Магнитная структура в образцах создавалась тем, что порошки заданной крупности, тщательно перемешанные с бакелитовым лаком, помещались при их просушке между полюсами электромагнита. Исследованию подвергались три типа образцов, прошедших просушку в различных условиях: а) образец помещался в магнитное поле, направленное вдоль оси образца (продольная текстура); б) на образец не накладывалось магнитного поля (не текстурован); в) ось образца перпендикулярна магнитному полю (поперечная текстура). Измерения магнитных свойств проводились баллистическим методом сброса при двух температурах: -195 и $+20^\circ$.

3. Основные результаты измерения представлены на рис. 1—3 и в табл. 1.

Из кривых рис. 1, на котором приведены размагничивающие ветви петель гистерезиса, снятые с нетекстурованных образцов с различным средним размером порошинок (от 250 до 3 μ), видно, что существует резкая зависимость коэрцитивной силы H_c и относительной остаточной намагниченности I_r/I_s от крупности частиц порошка. А именно, уменьшение размера частиц порошка вызывает рост H_c и I_r/I_s ; особенно сильное возрастание H_c и I_r/I_s наблюдается при переходе к тонким порошкам.

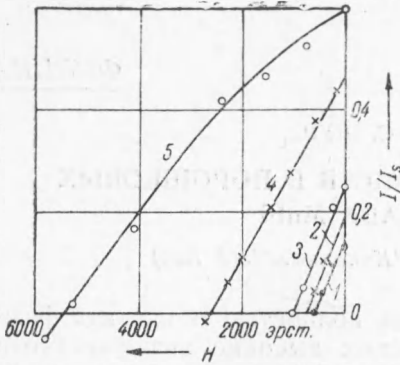


Рис. 1. Размагничивающие ветви петель гистерезиса нетекстурованных образцов из порошка различных размеров: 1— $d = 250 \mu$, 2— $d = 90 \mu$, 3— $d = 63 \mu$, 4— 7μ , 5— 3μ .

образца площадь петли меньше и, соответственно, меньше значения H_c и I_r/I_s . Наименьшая площадь петли гистерезиса наблюдается у поперечно-текстурованного образца, обладающего вместе с тем наименьшим значением H_c и I_r/I_s .

На рис. 2 представлены петли гистерезиса, снятые с различным образом текстурованных образцов, изготовленных из порошка со средним размером частиц, равным 3 μ . Как видно из кривых рис. 2, петля гистерезиса продольно-текстурованного образца имеет наибольшую площадь, при этом I_r/I_s близко к единице и $H_c = 9000$ эрст. У нетекстурованного

Таблица 1

Зависимость от размеров частиц порошинок величины коэрцитивной силы H_c и относительной остаточной намагниченности I_r/I_s у различным образом магнитно-текстурованных порошковых образцов

d порошинок в μ	Текстура*	20°		-195°		d порошинок в μ	Текстура*	20°		-195°	
		H_c эрст.	I_r/I_s	H_c эрст.	I_r/I_s			H_c эрст.	I_r/I_s	H_c эрст.	I_r/I_s
3		9000	0,93	150	0,09	63		1000	0,30	120	0,07
	0	5600	0,61	145	0,09		0	950	0,24	100	0,07
	⊥	1600	0,15	130	0,09		⊥	850	0,21	85	—
5		5200	0,92	150	0,09	90		700	0,24	110	0,07
	0	3100	0,48	125	0,08		0	700	0,19	100	0,07
	⊥	1700	0,14	100	—		⊥	700	0,14	90	0,07
7		3500	0,90	150	0,09	250		500	0,17	110	0,07
	0	2500	0,46	130	0,09		0	500	0,13	80	0,07
	⊥	2000	0,26	115	0,08		⊥	500	0,10	70	0,06

* || — продольная текстура, 0 — не текстурован, ⊥ — поперечная текстура.

В табл. 1 и рис. 3 приведены результаты исследования влияния магнитной текстуры на значения I_r/I_s и H_c образцов, изготовленных из порошков различной крупности частиц. Как видно из рис. 3, при уменьшении размеров частиц вплоть до 10 μ H_c образцов возрастает незначительно и анизотропия H_c , обнаруживаемая при сравнении образцов различным образом текстурованных, также невелика. При раз-

мере частиц меньше 10μ H_c продольно-текстурованных образцов резко возрастает от 3500 до 9000 эрст. при переходе от образца, состоящего из частиц с $d = 7 \mu$, к образцу из частиц с $d = 3 \mu$. У нетекстурованных образцов при аналогичном уменьшении размеров частиц наблюдается меньший рост H_c , а именно, от 2500 до 5600 эрст.

Эта же зависимость у поперечно-текстурованных образцов имеет другой вид, а именно, при уменьшении среднего размера порошка от 7 до 3μ H_c не только не возрастает, но, наоборот, уменьшается от 2000 до

1600 эрст. Зависимость $\frac{I_r}{I_s}(d)$ имеет такой же характер, как и зависимость $H_c(d)$, т. е. с уменьшением размера порошка I_r/I_s продольно-текстурованных образцов возрастает больше, чем у нетекстурованных, а на кривой $\frac{I_r}{I_s}(d)$ поперечно-тек-

стурованных образцов наблюдается максимум при размерах частиц $10-20 \mu$.

Из данных, приведенных в табл. 1, видно, что при температуре жидкого азота ранее описанные образцы имеют низкие значения H_c и I_r/I_s и, кроме того, при этой температуре слабо проявляется влияние на магнитные свойства как размера частиц, так и искусственно созданной анизотропии в образцах.

4. Наблюдаемые закономерности могут быть объяснены, если принять, что по мере раздробления порошка происходят изменения в магнитной структуре порошинок, вызванные приближением частиц к таким размерам, при которых может существовать лишь однодоменная структура. Естественно предположить, что наблюдаемое возрастание коэрцитивной силы при переходе к частицам меньшим, чем $10^{-3} - 10^{-4}$ см, вызвано появлением переходной магнитной структуры, при которой в пределах отдельной частицы имеется не-

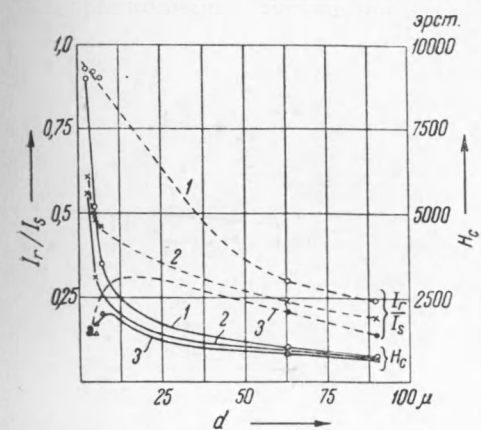


Рис. 3. Зависимость коэрцитивной силы и относительной остаточной намагниченности от размера частиц порошка для образцов, различным образом магнитно-текстурованных. 1 — продольная текстура, 2 — отсутствие текстуры, 3 — поперечная текстура

большое число доменов. В таких мелких частицах все большую роль играют процессы вращения, в однодоменных частицах имеет место только чистый процесс вращения. Низкие значения остаточной намагниченности, наблюдаемые в образцах из крупных частиц, повидимому, вызваны действием внутреннего размагничивающего поля образца, состоящего из ферромагнитного сплава MnV и свободных марганца и висмута. Однако по мере роста H_c с уменьшением размера частиц ослабевает

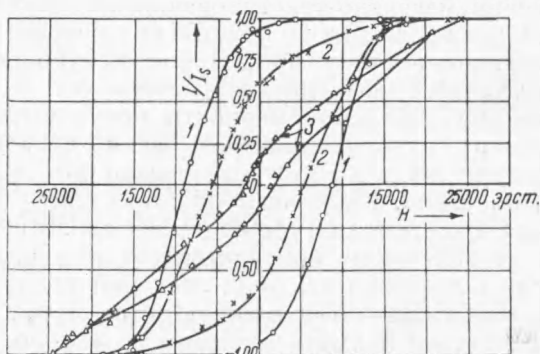


Рис. 2. Петли гистерезиса различным образом магнитно-текстурованных образцов из порошка размером 3μ . 1 — продольная текстура, 2 — отсутствие текстуры, 3 — поперечная текстура

влияние этого поля, что и приводит к росту остаточной намагниченности. Предположение о преобладании процесса вращения при перемагничивании образцов из тонкого порошка подтверждается также видом петель гистерезиса, снятых с образцов различным образом магнитно-текстурованных (рис. 2). Как было показано ранее ⁽¹⁾ при изучении магнитно-текстурованного сплава магнито, на образцах которого также наблюдалось увеличение коэрцитивной силы и остаточной намагниченности у продольно-текстурованных образцов и уменьшение названных магнитных характеристик в образцах поперечно-текстурованных, эти закономерности могут быть объяснены преобладанием в сплаве однодоменной магнитной текстуры. Наблюдаемое при температуре жидкого азота исчезновение анизотропии магнитных свойств у образцов, различным образом текстурованных, объясняется тем, что при этой температуре константа анизотропии весьма мала по сравнению с ее значением при комнатной температуре ⁽²⁾. Отсюда видно, что для получения высоких значений H_c необходимо не только создать в материале однодоменную структуру, что исключает процесс смещения, но и иметь материал, у которого резко выражена анизотропия магнитных свойств.

Институт физики металлов
Уральского филиала Академии наук СССР

Поступило
4 XII 1953

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. А. Шубина, Я. С. Шур, ЖТФ, 19, 88 (1949); В. И. Дрожжина, М. Г. Лужинская, Я. С. Шур, ЖТФ, 19, 95 (1949); Д. А. Штуркин, Я. С. Шур, ЖТФ, 19, 235 (1949); 20, 1393 (1950). ² С. Guillaud, Cahiers de Physique, 1943, p. 15.