



МАГНИТОТВЁРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Авторы: А. С. Лилеев, М. М. Надеев, А. М. Тишин

МАГНИТОТВЁРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ (высококоэрцитивные материалы), материалы с коэрцитивной силой по индукции H_{CB} не менее 4 кА/м. Осн. параметрами М. м., характеризующими их свойства, являются H_{CB} , коэрцитивная сила по намагниченности H_{CM} , остаточная индукция B_r и макс. энергетическое произведение $(BH)_{\max}$, область рабочих температур, темп-ра Кюри T_C , а также температурные коэффициенты α обратимых изменений величин B_r , H_{CB} , H_{CM} и т. д. В табл. представлены осн. параметры некоторых магнитотвёрдых материалов.

В разл. М. м. природа высоких значений коэрцитивной силы H_c определяется одним из трёх осн. механизмов задержки процессов перемагничивания в магнетиках: необратимым вращением вектора спонтанной намагниченности M_s ; задержкой образования и/или роста зародышей перемагничивания (зародышей магнитной фазы с иным направлением M_s); закреплением доменных стенок на разл. локальных неоднородностях и структурных несовершенствах кристаллов. Поскольку любое намагниченное состояние является метастабильным, кристаллическая и вслед за ней электронная структура М. м. формируются таким образом, чтобы увеличить время релаксации в размагниченное состояние.

Осн. типы М. м.: литые, спечённые и композиционные. Литые сплавы на основе железа, никеля и алюминия, а также железа, никеля, алюминия и кобальта, легированные медью, титаном, ниобием, промышленно выпускаются с 1930-х гг. Эти сплавы могут быть изотропными и анизотропными. Изотропные литые М. м. имеют более низкие (в 2–3 раза) значения осн. магнитных параметров, но они и более дешёвы, чем анизотропные. Такие сплавы обрабатываются шлифовкой или электроэрозионной резкой. К их преимуществам относятся: высокая однородность

свойств по объёму, высокая температурная стабильность, способность работать при высоких темп-рах (до 450 °С), высокая радиац. стойкость. Эти материалы используются в магнитных системах измерит. приборов, сейсмодатчиках, прецизионных электродвигателях и в воен. технике.

Основные параметры некоторых магнитотвёрдых материалов									
Тип материала	Марка материала	Состав, % по массе	B_r , Тл	H_{CB} , кА/м	H_{qm} , кА/м	$(BH)_{\max}$, кДж/м ³	$\alpha(H_{CB})$, %/°С	T_c , °С	Плотность, г/см ³
Литой	ЮНДКТ5 (тиконал)	7%Al, 14%Ni, 35%Co, 3,5%Cu, 5%Ti, 0,8%Nb, остальное Fe	1,1	120	–	88	–0,01	860	7,5
Спечённый	КС37	38,5%Sm, остальное Co	0,77	540	1300	110	–0,045	730	8,2
	НмБ 320/120	30%Nd, (0–20)%Co, (1–2)%B, (0–25)%Dy, Pr, Tb, остальное Fe	1,35	940	>1200	360	–0,12	593	7,6
	28БА190 (бариевый феррит)	BaO·6Fe2O ₃	0,39	185	190	28	–0,2	450	5,1

Спечённые М. м. изготавливают путём прессования порошков (частицы до 2–3 мкм) с последующим спеканием. Различают следующие типы спечённых М. м.: ферритовые М. м., материалы типа SmCo₅ и Sm₂Co₁₇ и М. м. на основе сплава неодим – железо – бор. Осн. достоинствами спечённых М. м. являются: наличие отработанных технологий для их массового произ-ва, существенно более высокие характеристики магнитных свойств, чем у М. м. др. типов. М. м. этой группы, имея общую керамич. технологию изготовления, существенно различаются между собой по магнитным параметрам и

стоимости. Ферритовые М. м. могут быть изотропными и анизотропными; они самые дешёвые и распространённые. Кроме низкой стоимости к их достоинствам относятся более высокие значения H_c , чем у литых М. м. Осн. их недостаток – сильная зависимость магнитных свойств от темп-ры, поэтому при темп-ре св. 100 °С они не применяются. М. м. типа Sm–Co разработаны в кон. 1960-х гг. К их достоинствам относятся высокие магнитные свойства (уступает только Fe–Nd–В), высокая температурная стабильность, позволяющая использовать их при темп-ре до 350 °С и высокая коррозионная стойкость. М. м. типа Fe–Nd–В разработаны в сер. 1980-х гг. Их преимущества: самые высокие значения $(BH)_{\text{макс}}$ (до 360 кДж/м³) и более низкая по сравнению с Sm–Co стоимость. Вместе с этим данные М. м. имеют сильную зависимость свойств от темп-ры (применяют до 180 °С), низкую коррозионную стойкость и, как правило, требуют нанесения защитных покрытий (Zn, Ni и т. п.). Особенно эта проблема значима при их использовании в среде углеводородов (нефть, бензин).

К композиционным М. м. относятся полимерные постоянные магниты, или магнитопласты. В нач. 21 в. интенсивно разрабатываются обменно-связанные, наноструктурированные и др. магнитотвёрдые материалы.

М. м. применяются для произ-ва постоянных магнитов, записи магнитной информации и т. д. М. м. являются источниками постоянных магнитных полей, используемых в разл. аппаратуре в электро- и радиотехнике, автоматике, приборостроении, электронике. Каждый автомобиль, компьютер, мобильный телефон имеет несколько (совр. автомобили – неск. десятков) устройств, в состав которых входит постоянный магнит. Ветрогенератор мощностью 50 МВт содержит ок. 2 т постоянных магнитов состава Fe–Nd–В.

Литература

Лит.: Преображенский А. А., Бишард Е. Г. Магнитные материалы и элементы. 3-е изд. М., 1986.