

Лит.: Преображенский А. А., Бишард Е. Г., Магнитные материалы и элементы, 3 изд., М., 1986; Прецизионные сплавы. Справочник, под ред. Б. В. Молодцова, 2 изд., М., 1983; Золотухин И. В., Физические свойства аморфных металлических материалов, М., 1986.

А. Ф. Прокошин, В. В. Соснин.

МАГНИТНО-ТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ—ферромагнитные материалы, обладающие высокой коэрцитивной силой $H_c \sim 10^3 - 10^6$ А/м (1 А/м = $1,26 \cdot 10^{-2}$ Э). М.-т. м. с $H_c \sim 10^4 - 10^6$ А/м применяются для магнитов постоянных, с $H_c \sim 10^3 - 10^4$ А/м для гистерезисных двигателей и магн. записи. М.-т. м. характеризуются кривой размагничивания, определяющей значения H_c и остаточной индукции B_r , и максимальным значением произведения $(BH)_{\max}$ для кривой размагничивания (т. е. энергетическим произведением).

В разл. М.-т. м. природа высоких значений H_c определяется одним из трёх осн. механизмов задержки процессов перемещения в ферромагнетиках: необратимым вращением намагниченности M_s магн. доменов; задержкой образования и (или) роста зародышей перемещения (зародышей магн. фазы с иным M_s); закреплением доменных стенок на разл. неоднородностях и структурных несовершенствах кристалла.

турными дефектами. Наиб. значения H_c в таких материалах достигаются в состояниях с размерами структурных неоднородностей, соизмеримыми с толщиной доменных стенок.

По преобладающему технологич. признаку, обеспечивающему получение высокой H_c , М.-т. м. можно разделить на след. группы.

1. Стали, закаливаемые на мартенсит (см. Мартенситное превращение). Они обладают сравнительно невысокой H_c и применяются редко.

2. Недеформируемые литые сплавы типа алии, аликко, обладающие широким диапазоном значений магн. характеристик и являющиеся самыми распространенными материалами для постоянных магнитов. В СССР для них приняты обозначения ЮНД, ЮНДК, ЮНДКТ. Высококоэрцитивное состояние в этих сплавах обусловлено распадом пересыщенного твердого раствора и образованием однодоменных частиц. Некоторые из них подвергают термомагн. обработке для получения высоких значений B_r . Наиб. эффект достигается при термомагн. обработке сплавов со столбчатой кристаллич. текстурой, получаемой направленной кристаллизацией.

Основные Магнитно-твёрдые материалы

Материал	Состав, %	Магнитные свойства						Примечание
		H_c		B_r		$(BH)_{\max}$		
		Э	кА/м	Гс	Тл	10^6 Гс·Э	кДж/м ³	
Алии (ЮНД4)	15,5Al; 25Ni; 4Cu; ост. Fe	500	40,0	5000	0,5	0,9	7,2	— Термомагн. обработка (ТМО)
Аликко (ЮНДК24)	9Al; 14Ni; 24Co; 4Cu; 0,3Ti; ост. Fe	550	44,0	12 300	1,23	4,0	32	
Аликко (ЮНДК25БА)	9Al; 15Ni; 25Co; 4Cu; 0,8Nb; ост. Fe	775	62	12 800	1,28	6,6	52,8	ТМО, столбчатая текстура
Тиконал (ЮНДК35Т5БА)	7,6Al; 14Ni; 35Co; 3,5Cu; 5Ti; 0,8Nb; ост. Fe	1560	125	11 200	1,12	12,0	96	То же
Викаллой 2	52Co; 13V; ост. Fe	370—470	29,6—37,6	9000—9500	0,9—0,95	1,0—1,75	8—14	—
Кунифе 2	50Cu; 20Ni; 2,5Co; ост. Fe	260	20,8	7300	0,73	0,35—0,40	2,8—3,2	Анизотропный
Кунико 2	35Cu; 24Ni; 41Co	450	36,0	5300	0,53	0,5	4,0	—
Pt—Co	76Pt; 24Co	4800	384	6400	6,4	9,2	73,6	—
Fe—Co—Cr	63Fe; 25Cr; 12Co	630	50	14 500	1,45	7,7	61	Анизотропный
Mn—Al—C	70Mn; 29,5Al; 0,5C	2700	216	6100	0,61	7,0	56	То же
Бариевый феррит	BaO·6Fe ₂ O ₃	1450	116	4080	4,08	3	24	»
Sm—Co	SmCo ₅	9500	760	9800	9,8	24	190	»
Sm—Co—Fe—Cu—Zr	Sm(Co, Fe, Cu, Zr) ₅	10 000	800	12 000	1,2	33	260	»
Nd—Fe—В—Co—Al	Nd ₁₅ Fe _{22,5} В _{5,5} Co _{1,5} Al ₁	11 000	880	13 200	13,2	41	324	»

Так, перемещение путём необратимого вращения намагниченности M_s характерно для измельчённых материалов, состоящих из однодоменных частиц (см. Однодоменные частицы). Коэрцитивная сила таких частиц может приближаться к значению поля анизотропии материала (см. Магнитная анизотропия). Однодоменные частицы могут возникнуть и в массивном образце, напр. при распаде пересыщенных твёрдых растворов.

Высокими значениями H_c обладают и более крупные частицы вещества с равновесной многодоменной структурой, если их кристаллич. структура достаточно совершенна. В таких частицах, если они находятся в состоянии намагниченности насыщения, возникновение зародышей перемещения затруднено и осуществляется лишь в больших отрицательных магн. полях, к-рые и определяют в данном случае величину H_c . Этот механизм присущ частицам веществ с большой энергией магн. анизотропии.

Коэрцитивная сила, обусловленная в основном задержкой смещения доменных стенок, характерна для структурно несовершенных материалов: сплавов в неоднородных состояниях, реализующихся в процессе разл. фазовых превращений; материалов, насыщенных струк-

3. Деформируемые сплавы типа викаллой, кунифе, кунико, сплавы Fe—Co—Cr, Mn—Al—C, а также сплавы на основе благородных металлов: Pt—Co, Pd—Fe, Pt—Fe. Эти сплавы обычно подвергают пластич. деформации в сочетании со структурным старением или упорядочением.

4. М.-т. м., получаемые прессованием порошков с их последующей термообработкой. Различают: металллокерамические, металлопластические М.-т. м., оксидные магниты. Металлокерамич. М.-т. м. получают из металлч. порошков прессованием без связующего материала или спеканием при высокой темп-ре. К металллокерамич. М.-т. м. относятся наиб. эффективные (энергоёмкие) совр. пост. магниты на основе редкоземельных соединений (напр., Sm—Со-магниты, магниты из сплава Nd—Fe—В). Металлопластич. М.-т. м. получают прессованием порошков вместе с изолирующей связкой, полимеризующейся при невысокой темп-ре. Оксидные магниты — бариевый, стронциевый, кобальтовый ферриты. Магн. свойства важнейших М.-т. м. приведены в таблице.

Лит.: Вольфарт Э., Магнитно-твёрдые материалы, пер. с англ., М.—Л., 1963; Преображенский А. А.,