

ВЛИЯНИЕ ВЗРЫВНОЙ ОБРАБОТКИ НА СВОЙСТВА ФЕРРИТОВ С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЕТЛЕЙ ГИСТЕРЕЗИСА

Э. С. Атрощенко, В. А. Дурнин, Н. П. Кузнецов, Э. Г. Яковлев
(Пенза)

Современный технический прогресс тесно связан с созданием и широким применением ферритов. При этом ферритовые изделия должны строго соответствовать требуемым электромагнитным свойствам, прочности, геометрической форме и размерам. Выход годных изделий должен быть максимальным для любой выбранной технологической схемы изготовления.

Однако изготовление ферритовых изделий с заданными электромагнитными и другими свойствами представляет собой сложную задачу, так как магнитный материал воспроизводится с трудом при неизменном технологическом оборудовании, одинаковых режимах термообработки и применении сырья из одного источника [1–3]. На воспроизводимость параметров ферритовых изделий влияют примеси и различная активность исходных окислов [1, 2].

В основу настоящих исследований положено изучение взрывной обработки порошка для ферритов марок 0,12ВТ, 5ВТ, 7ВТ после предварительного обжига смеси окислов, когда прошла частичная или полная «ферритизация».

Принципиальная схема взрывной обработки порошковых материалов приведена на рис. 1. Взрывное нагружение осуществлялось накладным зарядом БЖВ с насыпной плотностью 0,85 г/см³ и с различной удельной энергией, под которой понималась теплота взрыва, приходящаяся на 1 см² площади прессовки [4]. Удельная теплота взрыва 3,7 кДж/см² соответствует высоте заряда 10 мм. После взрывной обработки ампула 3 (см. рис. 1), разрезалась и из нее извлекался порошок, который после помола шел на изготовление ферритовых сердечников.

Сравнительные данные гранулометрического состава частиц ферритов-порошков 5ВТ, 7ВТ показали, что взрывная обработка влияет следующим образом: воздействие взрыва с удельной энергией до 14,8 кДж/см² приводит к увеличению размеров частиц; воздействие же заряда ВВ с удельной энергией выше 14,8 кДж/см² приводит к дроблению частиц с увеличением их удельной поверхности. Степень измельчения порошков в процессе воздействия взрывной ударной волны зависит от параметров взрыва и физико-механических свойств частиц исходного порошка. Однако детальный теоретический расчет по дроблению частиц в настоящее время провести не представляется возможным из-за его сложности [5].

В ходе исследований проводилось изучение тонкой структуры ферритов-порошков по дифрактограммам, полученным на установке «Дрон-1» в железном излучении; фазовый состав определялся в камере РКД на аппаратуре УРС-55 в хромовом излучении. Расшифровка полученных дебаеграмм осуществлялась путем расчета межплоскостных расстояний, а также проведением индицирования линий шпинели по общепринятой методике [6].

Анализ полученных данных показал, что фазовый состав ферритов марки 0,12ВТ и 7ВТ представляет собой окислы типа M_2O_3 и M_3O_4 . При исследовании влияния взрывной обработки на кристаллическую структуру у окисла M_3O_4 типа шпинели (основная фаза) обнаружено увеличение микрискажений II и III рода с увеличением удельной энергии заряда, а также изменение параметра a кристаллической решетки шпинели для ферритов марки 0,12ВТ при удельной энергии более 14,8 кДж/см². Наиболее чувствительной характеристикой к режиму обработки взрывом оказалась интенсивность линий, характеризующая микрискажения III рода.

Таким образом, проведенные исследования показывают наличие значительной активации феррита-порошка после взрывной обработки, что должно способствовать увеличению скорости диффузионных процессов при спекании.

В таблице и на рис. 2 приведены сравнительные данные электромагнитных

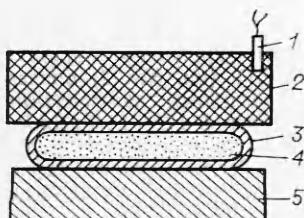


Рис. 1. Принципиальная схема взрывной обработки порошков.

1 — электродетонатор; 2 — заряд ВВ; 3 — оболочка ампулы; 4 — феррит-порошок; 5 — основание.

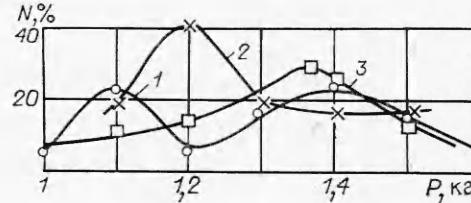


Рис. 2. Гистограмма распределения прочности феррита 0,12 ВТ.

N — число случаев разрушения ферритовых сердечников; P — разрушающая сила на расстояние; 1 — исходное состояние; 2, 3 — после обработки взрывом с удельной энергией 14,8 и 25,9 кДж/см соответственно.

Сравнительные данные по влиянию взрывной обработки и режима спекания на статические (магнитные) параметры ферритов 0,12ВТ, 5ВТ, 7ВТ

Марка феррита	Удельная энергия взрыва, кДж/см	Режим спекания		Статические (магнитные) параметры					Выход годных, %
		$t, ^\circ\text{C}$	$\tau, \text{ч}$	$B_m, \text{Гс}$	$B_r, \text{Гс}$	$\frac{B_r}{B_m}$	$H_c, \text{Э}$	$\frac{H_t}{H_c}$	
012ВТ	0	1180		1950	1670	0,855	0,415	0,440	—
		1230		2250	1970	0,875	0,181	0,860	—
		1280	6	3245	1990	0,866	0,158	0,758	—
		1330		2225	2025	0,901	0,142	0,825	—
		1380		2230	1975	0,885	0,141	0,768	—
	7,4	1180		2065	1780	0,861	0,485	0,390	—
		1230		2355	2160	0,917	0,196	0,840	—
		1280	6	2320	2130	0,918	0,155	0,780	—
		1330		2320	2120	0,930	0,152	0,848	—
		1380		2225	2125	0,955	0,145	0,83	—
5ВТ	25,9	1180		2200	1815	0,835	0,487	0,570	—
		1230		2340	2090	0,843	0,184	0,837	—
		1280	6	2325	2105	0,905	0,152	0,760	—
		1330		2200	2000	0,909	0,132	0,832	—
		1380		2350	2180	0,927	0,134	0,835	—
	0 7,4 14,8 20,4 25,9	0		2230	—	—	5,16	0,80	67
		7,4		2215	—	—	5,18	0,82	60
		14,8	950	2300	—	—	5,25	0,83	70
		20,4		2400	—	—	5,35	0,83	78
		25,9		2340	—	—	5,15	0,82	76
7ВТ	0 7,4 14,8 20,4 25,9	0	915	—	1900	—	6,70	0,72	32
		7,4	950	—	2460	—	6,70	0,80	30
		14,8	915	0,5	2315	—	7,02	0,76	34
		20,4	930	—	2540	—	6,93	0,79	47
		25,9	920	—	2415	—	6,87	0,78	36

П р и м е ч а н и е. t — температура спекания, τ — время спекания, B_m — максимальная индукция, B_r — остаточная индукция, B_r/B_m — коэффициент прямоугольности, H_c — коэрцитивная сила, H_t — поле трогания, H_t/H_c — коэффициент квадратности.

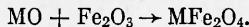
прочностных, геометрических параметров и выход годных ферритовых сердечников марки 0,12ВТ, 5ВТ, 7ВТ, изготовленных из ферритов-порошков, прошедших и не прошедших обработку.

Анализ данных по статическим (магнитным) параметрам ферритовых сердечников марки 0,12ВТ, 5ВТ, 7ВТ показывает, что сердечники, изготовленные из ферритов-порошков, прошедших взрывную обработку, имеют лучшие магнитные параметры по сравнению с исходными. Проведенные дериватографические исследования показали, что ферриты с улучшенными параметрами получаются при температуре спекания на 50—150°С ниже, чем ферриты, не прошедшие взрывную обработку. Кроме того, наряду с улучшением магнитных параметров взрывная обработка ферритов-порошков позволяет увеличивать выход годных изделий на 10—15%.

Анализ данных по исследованию взрывной обработки ферритов-порошков на прочностные свойства ферритовых сердечников марки 0,12ВТ (см. рис. 2) показал, что наибольшая прочность имеет место у ферритовых сердечников, изготовленных из порошка, прошедшего взрывную обработку с удельной энергией 14,8—25,9 кДж/см². Кроме того, следует отметить, что сердечники, изготовленные из исходного порошка, имеют двухмодальное распределение прочности (см. рис. 2, 1). Ферритовые сердечники, изготовленные из порошка, прошедшего взрывную обработку с указанной удельной энергией, имеют одномодальное распределение (см. рис. 2, 2, 3).

Улучшение электромагнитных и прочностных свойств ферритовых сердечников, изготовленных из ферритов-порошков, прошедших взрывную обработку, по-видимому, можно объяснить высокой степенью дефектности, что способствует установлению оптимального равновесия между ионами металла и кислорода [1, 2]. Это подтверждается проведенными дериватографическими и рентгеноструктурным методами анализа. Поэтому в процессе спекания изделий легко протекают процессы образования прочной механической связи между частицами и «ферритизация», кото-

рая обычно идет по следующей схеме:



Причем эти процессы протекают интенсивно в более узком температурном интервале.

В заключение следует отметить, что вопросы, связанные с кинетикой спекания порошков после их взрывной обработки и идущих для изготовления ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса, требуют дальнейших исследований.

Поступила в редакцию 6/III 1981

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. И. Рабкин, С. А. Соскин, Б. Ш. Эпштейн. Ферриты. Л.: Энергия, 1968.
2. Г. И. Журавлев. Химия и технология ферритов. Л.: Химия, 1970.
3. Ю. Д. Третьяков, И. Н. Олейников, В. А. Гранин. Физико-химические основы термической обработки ферритов. М.: Изд-во МГУ, 1973.
4. Э. С. Атрошенко, В. А. Косович и др. Физика и химия обработки материалов, 1974, 1.
5. А. В. Крупинин, В. Я. Соловьев и др. Деформация металлов взрывом. М.: Металлургия, 1975.
6. С. С. Горелик и др. Гентгенографический и электронографический анализ металлов. М.: Металлургиздат, 1971.

УДК 536.46 : 533.6

О ЛИНЕЙНОЙ ДЛИННОВОЛНОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЛАМИНАРНОГО ФРОНТА ПЛАМЕНИ ПРИ ЕГО РАСПРОСТРАНЕНИИ ОТ ЗАКРЫТОГО КОНЦА ТРУБЫ

А. С. Плешанов

(Москва)

Экспериментальные данные (см., например, [1]) свидетельствуют, что процесс распространения пламени от закрытого конца трубы менее устойчив, чем тот же процесс от открытого конца. Отвлекаясь от начальной стадии формирования пламени, считая диаметр трубы и ее длину значительно большими, чем расстояние, пройденное сформировавшимся пламенем, рассмотрим модельную линейную длинноволновую ситуацию, когда на фронт пламени могут действовать только акустические возмущения со стороны продуктов сгорания. Линейное приближение предполагает малость амплитуды возмущения фронта ζ по отношению к длине волны возмущения Λ . Длинноволновое приближение означает малость тепловой ширины фронта по отношению к Λ , так что фронт можно трактовать как гидродинамический разрыв Ландау [2].

В отличие от обычных задач теории устойчивости гидродинамических разрывов, где начальные условия несущественны и зависимости всех возмущений от времени t совпадают с зависимостью $\zeta(t)$, здесь эти зависимости определяются в результате решения краевой задачи и задачи Коши. В системе координат, связанной с невозмущенным фронтом, свежая смесь движется со скоростью u_1 вдоль оси x (слева направо), а продукты сгорания — со скоростью u_2 ; при этом координаты фронта и закрытого конца соответственно: $x = 0$ и $x = u_2 t$.

Пусть x — координата фронта возмущения вдоль поперечной координаты y по закону $\zeta = f(t) e^{i k y}$, где $f(t)$ — амплитуда, определяемая из граничных условий: $k = 2\pi/\Lambda$ — волновое число; штрих относится к возмущению. Из уравнений гидродинамики следуют для акустических возмущений уравнения Лапласа [2] $\Delta p_\alpha = 0$ и для вихревых — условия вмороженности $(\partial_t + u_\alpha \partial_x) R'_\alpha = 0$, где p — давление; R — ротор скорости; ∂_t, ∂_x — символы частного дифференцирования по t и x ; индекс $\alpha = 1, 2$ относится соответственно к свежей смеси и продуктам сгорания. Общие решения этих уравнений для u'_α имеют вид

$$u'_\alpha = [g_{\alpha+}(t) e^{i k x} + g_{\alpha-}(t) e^{-i k x} + h_\alpha(t - x/u_\alpha)] e^{i k y}, \quad (1)$$

где $g_{\alpha\pm}$ и h_α — амплитуды соответственно акустических и вихревых возмущений. Из условия затухания возмущений при $x \rightarrow -\infty$ получим $g_{1-} = 0$; предполагая отсутствие вихревых возмущений в свежей смеси, имеем $h_1 = 0$. Из условия $u'_2 \times (x = u_2 t) = 0$ получим

$$g_{2+} e^{i k u_2 t} + g_{2-} e^{-i k u_2 t} = 0, \quad h_2(0) = 0, \quad (2)$$