

УДК 538.21 : 539

© 1991

ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ И РАЗМЕРА ЗЕРНА НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА НИКЕЛЬ-ЦИНКОВОГО ФЕРРИТА

М. П. Богданович

Исследовано влияние пористости и размера зерна на магнитные свойства феррита состава $Ni_{0.35}Zn_{0.65}Fe_2O_4$.

Установлена независимость начальной магнитной проницаемости беспористого образца от размера зерна. Ожидается высокая добротность (150, $f=0.1$ МГц) в беспористых поликристаллических образцах. Наблюдается резкая зависимость коэрцитивной силы от дисперсности пор при равной суммарной пористости. Образцы получались из ферритового порошка с размером зерен 0.02 мм и 0.04 мм путем спекания из них колец при 1150 °С в течение различного времени.

В одной из первых работ [1] исследовалось влияние пористости на величину начальной магнитной проницаемости никелевого и никель-цинкового феррита. В ней пористость в образцах регулировалась путем изменения температуры спекания. При этом одновременно менялись пористость и размер зерна, не позволяя выявить отдельно влияние каждого фактора на начальную магнитную проницаемость. Были и другие работы [2-5], в которых рассматривалось влияние пор на магнитные параметры ферритов различного класса.

В настоящей работе исследуется влияние пористости на начальную проницаемость, добротность и параметры петли гистерезиса никель-цинкового феррита марки 600НН ($Ni_{0.35}Zn_{0.65}Fe_2O_4$). При этом средняя величина зерна в процессе спекания сохранялась постоянной. Это достигалось тем, что спекание проводилось при сравнительно низкой температуре (1150 °С), когда вторичная рекристаллизация еще не происходит. Были взяты две партии порошков ферритов со средним размером зерен 0.02 и 0.04 мм. Из них прессовались кольца наружным диаметром 23 мм, внутренним 17 мм и высотой 4—5 мм под давлением $2.5 \cdot 10^8$ Па, а затем спекались различное время на воздухе при температуре 1150 °С.

На рис. 1 изображены зависимости начальной магнитной проницаемости (кривые 1, 2) и добротности ($f=0.1$ МГц; кривые 3, 4) от пористости образцов. Для одной и той же пористости значение начальной магнитной проницаемости при более крупном размере зерна выше (кривая 2), чем при более мелком (кривая 1). При постоянной пористости в крупнозернистом образце число пор меньше, чем в мелкозернистом, но они больше

Магнитные параметры никель-цинкового феррита марки 600НН

Ферриты	$T_{сп}, ^\circ C$	$B_m, Tл$	$B_r, Tл$	$H_c, \frac{A}{M}$	$\rho, Ом \cdot м$	μ_H	$(f = 0.1 \text{ МГц})$
Без пор (наст. раб.)	1150	0.29	0.16	30	10^9	810	510
Промышленные	1200—1250	0.28	0.12	40	$10^2—10^3$	500—800	30—70

по размеру. Экстраполяция этих кривых показывает, что они сходятся при $p=0$ и $p=35\%$, при этом $\mu_H(0)=800 \div 810$, $\mu_H(35)=0$. Это говорит о том, что начальная магнитная проницаемость беспористых образцов

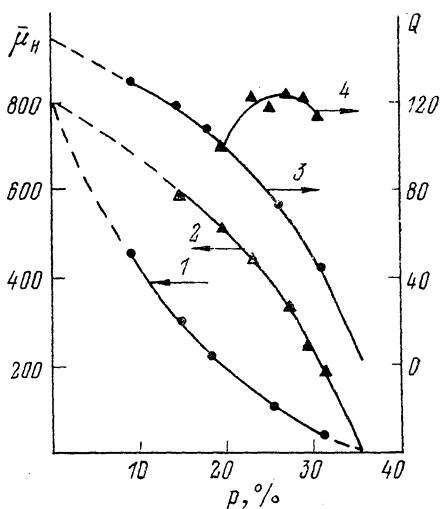


Рис. 1. Зависимости начальной магнитной проницаемости (1, 2) и добротности (3, 4) от пористости феррита $Ni_{0.35}Zn_{0.65}Fe_2O_4$. Размер зерна 0.02 (1, 3) и 0.04 мм (2, 4).

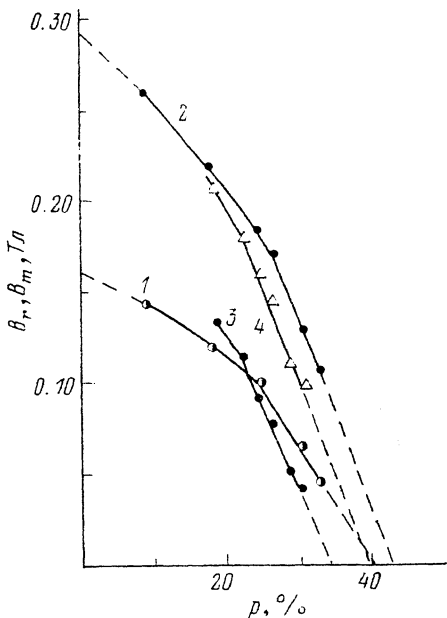


Рис. 2. Зависимости остаточной магнитной индукции (1, 3) и максимальной магнитной индукции (2, 4) петли гистерезиса феррита $Ni_{0.35}Zn_{0.65}Fe_2O_4$ от пористости. Размер зерна 0.02 (1, 2) и 0.04 мм (3, 4).

не зависит от размера зерна, а размагничивающее поле на границах зерен в образце без пор равно нулю. При пористости более 35% наступает такое состояние, что применяемое магнитное поле не намагничивает образцы, так как внутреннее поле размагничивания компенсирует внешнее поле.

Экстраполяция зависимости добротности образцов с размером зерен 0.02 мм к значению при $p=0$ (кривая 3) дает $Q=150$ ($f=0.1$ МГц), в то время как для крупнозернистых $Q(p)$ максимальна при $p=25\%$ и равна 130 (кривая 4).

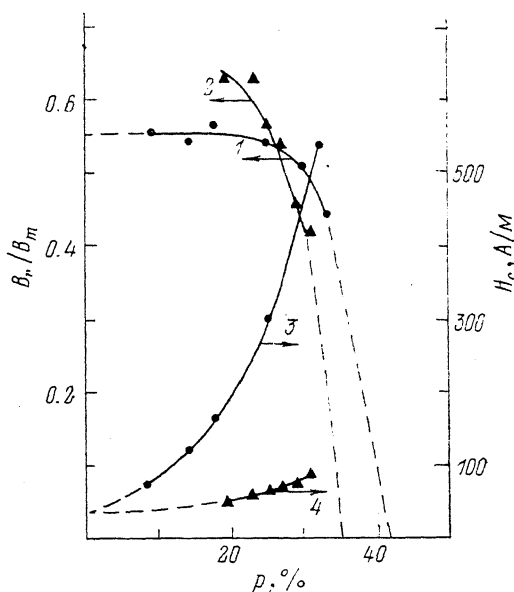


Рис. 3. Зависимости коэффициента прямоугольности петли гистерезиса (1, 2) и коэрцитивной силы (3, 4) феррита $Ni_{0.35}Zn_{0.65}Fe_2O_4$ от пористости. Размер зерна 0.02 (1, 3) и 0.04 мм (2, 4).

На рис. 2 изображены зависимости остаточных B_r (1, 3) и максимальных B_m (2, 4) магнитных индукций петли гистерезиса образцов со средним размером зерен 0.02 (1, 2) и 0.04 мм (3, 4) от пористости. Зависимости

1, 2 B_r и B_m веерообразно расходятся при уменьшении пористости. Экстраполяция их дает значения $B_m(0)=0.29$ и $B_r(0)=0.16$ Тл при $p=0$. Коэффициент прямоугольности петли гистерезиса для образцов со средним размером зерна 0.02 мм достигает максимального значения $B_r/B_m=0.55$ (рис. 3, кривая 1) и остается постоянным при пористости $p=0-25\%$. Зависимости B_r , B_m (кривые 3, 4, рис. 2) и зависимости B_r/B_m (рис. 3) нельзя экстраполировать из-за недостаточности данных вследствие трудности получения малой пористости у образцов с размером зерен 0.04 мм при температуре спекания 1150 °С.

На рис. 3 изображены зависимости коэрцитивной силы H_c от пористости ферритов с размером зерен 0.02 мм (3) и 0.04 мм (4). Экстраполяция этих кривых к значению H_c при $p=0$ дает одно и то же значение H_c , равное 30 А/м. Эти кривые дают характерную зависимость коэрцитивной силы от пористости при различной ее дисперсности.

Интересно сравнить значения магнитных параметров ферритов марки 600НН нулевой пористости и спеченных при 1150 °С с параметрами промышленных ферритов, получаемых при температурах спекания 1200—1250 °С [6] (см. таблицу). Из этой таблицы видно, что беспористые образцы, спеченные при 1150 °С, обладают по сравнению с промышленными рядом достоинств: высокими добротностью, электросопротивлением и начальной магнитной проницаемостью.

Основными результатами данной работы следует считать установление 1) зависимостей магнитных параметров феррита от пористости и размера зерна, 2) независимости начальной магнитной проницаемости беспористого образца от размера зерна, 3) высокой добротности в беспористых образцах, 4) резкой зависимости коэрцитивной силы от дисперсности пор при равной суммарной пористости.

Список литературы

- [1] Brown F., Gravel Ch. L. // Phys. Rev. 1955. V. 97. P. 55—59.
- [2] Economos G. // J. Amer. Ceram. Soc. 1955. V. 38. N 9. P. 335—339.
- [3] Гуревич А. Г., Гублер И. Е., Сафьянтьевский А. П. // ФТТ. 1959. Т. 1. № 12 С. 1662—1665.
- [4] Rikukawa H. // IEEE Trans. Magn. 1982. V. 18. N 6. P. 1535—1537.
- [5] Postupolski T., Wisniewska A. // IEEE Trans. Magn. 1978. V. 14. N 5. P. 536—538.
- [6] Преображенский А. А. Магнитные материалы и элементы. М., 1976. 336 с.

Витебский государственный
педагогический институт им. С. М. Кирова

Поступило в Редакцию
27 мая 1991 г.