

П. П. А н а н ь е в (Москва, НИ «ЦИГТ»). **Математическая модель взаимодействия многодоменных ферромагнитных частиц с переменным магнитным полем.**

Исследование механизма взаимодействия многодоменных ферромагнитных частиц с переменным магнитным полем имеет важное значение при решении научно-практических задач магнитно-импульсного разупрочнения горных пород, содержащих магнитные минералы, являющиеся по своей природе ферримагнетиками многодоменной структуры.

В работе [1] показано, что эффект интенсивной раскачки однодоменной частицы относительно направления действия синусоидального магнитного поля обусловлен возникновением параметрического резонанса, а колебательная система «домен–поле» обладает периодически изменяющимся коэффициентом жесткости.

Величина крутящего момента, возникающего в результате действия поля на многодоменную частицу, определяется как сумма крутящих моментов, действующих на каждый i -й домен:

$$M_{\dot{\alpha}_i} = \int_{-\Delta}^{+\Delta} W n M_{\ddot{\alpha}_i} \left(\frac{H_0}{H_A} \sin \omega t, \alpha_{\dot{\alpha}_i} + \alpha_i \right) d\alpha_i,$$

где $M_{\ddot{\alpha}_i}$ — крутящий момент, действующий на i -й домен, расположенный под углом α_i к оси частицы, возникающий под действием синусоидального магнитного поля с амплитудой H_0 и круговой частотой ω , $\alpha_{\dot{\alpha}_i}$ — угол расположения частицы относительно направления действия внешнего поля, H_A — поле анизотропии, зависящее от кристаллографической анизотропии и формы доменов, Δ — максимальный угол разориентации доменов относительно оси частицы, $W = W(\alpha_i)$ — плотность вероятности нахождения домена под углом α_i относительно оси частицы, n — количество доменов в составе частицы.

В линейном приближении величина крутящего момента при воздействии синусоидально изменяющегося поля может быть представлена в виде

$$M_{\dot{\alpha}_i}^{\ddot{e}} = \lim_{\alpha_{\dot{\alpha}_i} \rightarrow 0} \frac{\partial M}{\partial \alpha_{\dot{\alpha}_i}} = \alpha \tilde{N}_{\dot{\alpha}_i} \left(\frac{H_0}{H_A} \sin \omega t, \Delta \right),$$

где $C_{\dot{\alpha}_i}$ — величина коэффициента жесткости линеаризованной системы «частица–поле», зависящей от угла разориентации доменов Δ и являющейся периодической функцией.

Уравнение колебаний многодоменной частицы в синусоидальном магнитном поле представляет собой уравнение Хилла

$$\frac{d\alpha_{\dot{\alpha}_i}}{dt^2} + \alpha_{\dot{\alpha}_i} \omega_0^2 (\sin \omega t) = 0,$$

где ω_0 — величина собственной круговой частоты системы «частица–поле», определяемая отношением жесткости системы $C_{\dot{\alpha}_i}$ к моменту инерции частицы и являющаяся периодической функцией.

Нахождение значений характеристического показателя для данного уравнения позволяет определить границы неустойчивости системы, т. е. области параметрического резонанса, с учетом величин амплитуды и частоты внешнего магнитного поля и таких структурных характеристик частицы, как величина поля анизотропии и максимальный угол разориентации доменов. Известно [2], что достаточным условием возникновения параметрического резонанса является кратность величины собственной частоты значениям частоты внешнего поля.

Математическая модель взаимодействия многодоменных частиц с переменным магнитным полем может лечь в основу расчета динамических нагрузок, возникающих при импульсном электромагнитном разупрочнении горных пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буравлев Л. Т., Ананьев П. П., Коренюк В. В. Исследование процесса микрообработки давлением ферромагнитных порошков. — Труды МВТУ им. Н. Э. Баумана, 1983, № 383, с. 92–98.
2. Хаяси Т. Нелинейные колебания в физических системах. М.: Мир, 1968, 432 с.