

ГИСТЕРЕЗИС МАГНИТОСТРИКЦИИ В ВРАЩАЮЩИХСЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Л. В. Киренский, А. Я. Власов, Н. И. Втюрин

С помощью высокочувствительного анизометра исследованы потери на гистерезис намагниченности в вращающихся полях на вальцованном поликристаллическом никелевом образце.

Обнаружено новое явление вращательного гистерезиса магнитострикции.

Гистерезисные явления в ферромагнетиках заключаются в неоднозначности их магнитных характеристик при определенных значениях напряженности внешнего магнитного поля, упругих напряжений, углов между вектором поля и кристаллографическими осями, а также температуры. Таким образом, некоторая магнитная характеристика

$$A' = f(H, \sigma, h_1, h_2, h_3, T),$$

где $f(H, \sigma, h_1, h_2, h_3, T)$ — неоднозначная функция напряженности поля H , упругих напряжений σ , косинусов углов h_1, h_2 и h_3 — вектора поля с кристаллографическими осями и температуры T .

В соответствии с этим различают:

а) обычные гистерезисные явления, возникающие при циклическом изменении напряженности намагничивающего поля. Магнитные величины оказываются зависящими от магнитной „предыстории“ образца;

б) магнитоупругие гистерезисные явления, возникающие при циклическом изменении упругих напряжений. Магнитные величины оказываются зависящими от „предыстории“ деформации образца;

в) температурные гистерезисные явления, возникающие при циклическом изменении температуры. Магнитные величины оказываются зависящими от температурной „предыстории“ образца;

г) вращательные гистерезисные явления, возникающие при циклическом изменении направления вектора поля относительно кристаллографических осей в прямом и обратном направлениях; например, при вращении поля относительно образца по и против часовой стрелки.

Обычные и магнитоупругие гистерезисные явления изучены довольно обстоятельно. Наличие же температурных гистерезисных явлений было обнаружено сравнительно недавно [1, 2], и экспериментальных данных, позволяющих сделать теоретические выводы, пока еще недостаточно.

Из гистерезисных явлений последнего типа достаточно хорошо изучен вращательный гистерезис намагниченности. В последних работах [3—5] установлено, что потери на гистерезис во вращающихся магнитных полях в области слабых полей и полей средней интенсивности

полностью описываются теорией Н. С. Акулова [6], а именно: потери на гистерезис с увеличением напряженности внешнего магнитного поля растут до определенного предела, после чего начинают убывать до нуля.

Вращательный гистерезис других магнитных величин (магнитоотрицки, гальваномагнитный эффект и др.), насколько известно, вообще не исследовался ни экспериментально, ни теоретически.

В данной работе предпринято экспериментальное исследование по обнаружению и выяснению основных черт вращательного гистерезиса магнитоотрицки.

Измерения были проведены на вальцованном поликристаллическом никелевом диске толщиной 1,02 мм и диаметром 14,20 мм. Степень обжатия диска составляла 54,7%. Образец был подвергнут трехчасовому отжигу в вакууме при температуре 1000°C и медленно охлажден в магнитной защите.

Магнитоотрицционные изменения размеров образца фиксировались с помощью проволоочного датчика, наклеенного на образец в направлении вальцовки.

Одновременно с измерением вращательного гистерезиса магнитоотрицки производилось измерение величины потерь на вращательный гистерезис намагниченности.

Измерение механических моментов, действующих в магнитном поле на образец, производилось посредством анизометра, чувствительность которого была доведена до 4 э·мм⁻¹.

Магнитное поле создавалось с помощью электромагнита, который мог вращаться относительно образца от 0 до 360° в прямом и обратном направлениях.

Регистрация изменения механических моментов и магнитоотрицки производилась на фотопленке в цилиндрической фотокамере, барабан которой вращался синхронно с электромагнитом. Особое внимание было обращено на устранение возможного люфта в связанном вращении электромагнита и записывающей части фотокамеры и на исключение влияния токов Фуко.

Измерения проведены при температуре 20°C, в интервале полей от 100 до 4850 э.

На рис. 1 в качестве примера представлена фотозапись кривых изменения механических моментов (А) и магнитоотрицки (В) никеля при прямом и обратном вращении магнитного поля напряженностью 4850 э.

Потери на гистерезис намагниченности за один цикл при перемагничивании во вращающихся магнитных полях, согласно выражению $Q_n = \oint M d\Phi$, были вычислены по площадям между кривыми моментов.

Результаты вычислений (рис. 2) показывают, что потери на гистерезис с увеличением напряженности внешнего магнитного поля растут до максимального значения при 1500 э, после чего уменьшаются, однако полностью не исчезают, и даже в полях 3500 и более эрстед имеют тенденцию к росту, чего не наблюдается у монокристаллов железа [4] и никеля [5].

Из магнитограммы (рис. 1) видно, что наряду с вращательным гистерезисом намагниченности, как и предполагалось, существует вращательный гистерезис магнитоотрицки (кривые В).

Анализ магнитограмм магнитоотрицки показывает, что как магнитоотрицки, так и максимальный вращательный гистерезис магни-

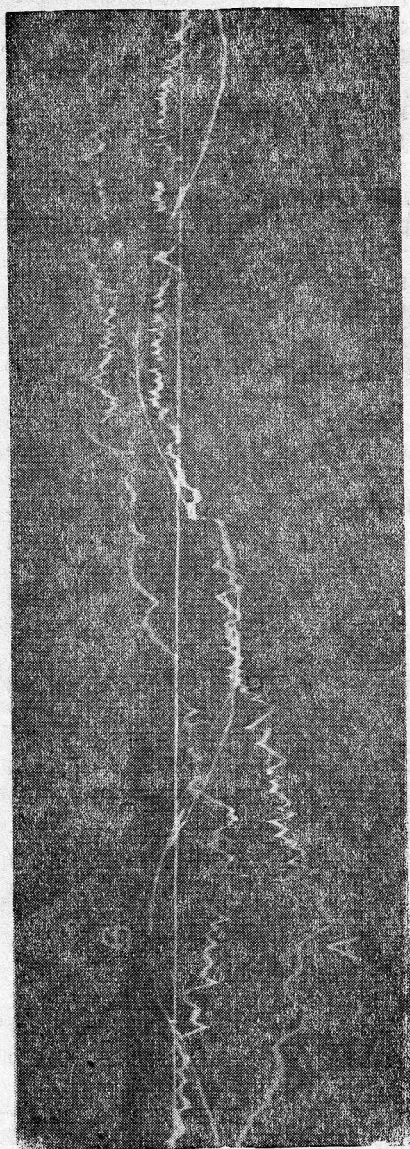


Рис. 1. Кривые механических моментов (А) и магнитострикции (В) никеля при прямом и обратном вращении магнитного поля напряженностью 4850 э.

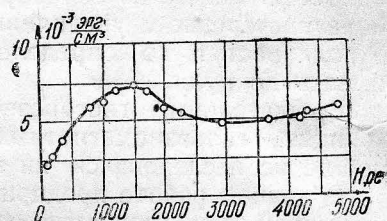


Рис. 2. Потери на гистерезис намагниченности во вращающихся магнитных полях для вальцованного поликристалла никеля при температуре 20°C.

тострикции в интервале полей от 0 до 1000 эрстед резко возрастают и при дальнейшем увеличении поля постепенно стремятся к соответствующим некоторым максимальным значениям (рис. 3).

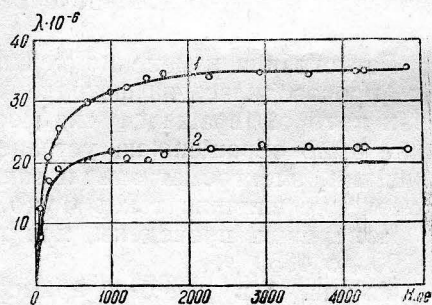


Рис. 3. Магнитострикция (1) и гистерезис магнитострикции (2) никеля во вращающихся магнитных полях при температуре 20°C.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Киренский Л. В., Ивлев В. Ф. ДАН СССР, 166, 419, 1956. [2] Киренский Л. В., Власов А. Я. Изв. АН СССР, сер. физич., 6, 673, 1952. [3] Баскаков А. А., Брюхатов Н. Л. ЖЭТФ, 9, 984, 1939. [4] Сарапкин П. С. Изв. АН СССР, сер. физич., 6, 688, 1952. [5] Втюрин Н. И. Изв. АН СССР, сер. физич., 6, 690, 1952. [6] Акулов Н. С. Уч. зап. МГУ, 2, 137, 1934 и Ферромагнетизм, Гостехиздат, М.—Л., 1939.

Институт физики
Сиб. отделения АН СССР,
Красноярский педагогический институт

Поступила в редакцию
20 марта 1958 г.