

М. В. ДЕХТЯР

**О ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЕТЛЕ МАГНИТНОГО ГИСТЕРЕЗИСА
ФЕРРОМАГНЕТИКА, ДЕФОРМИРОВАННОГО В ИНТЕРВАЛЕ
ТЕМПЕРАТУР РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ**

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 30 IX 1949)

В поликристаллических ферромагнетиках и в монокристаллах процесс перемагничивания совершается малыми скачками. Лишь в очень немногих случаях представляется возможность искусственно создать условия для возникновения больших скачков Баркгаузена. Последние достигают максимальных размеров в ферромагнетиках, обладающих прямоугольной петлей гистерезиса (¹⁻⁵). Такую петлю удастся получить на железоникелевых сплавах при помощи односторонних напряжений*. Что касается безникелевых сплавов железа, то на них прямоугольная петля не получалась ни односторонней деформацией, ни другими средствами.

В настоящей работе показано, что, воздействуя внешней растягивающей силой на процесс формирования кристаллов в период рекристаллизации, можно создать условия, необходимые для того, чтобы ферромагнетик приобрел петлю гистерезиса прямоугольной формы.

В выполненных нами опытах стальная углеродистая проволока (0,65% С) диаметром 0,3 мм подвергалась растяжению вблизи нижнего порога интервала температур рекристаллизации**. После 30-минутной выдержки в таком состоянии проволока разгружалась и затем быстро охлаждалась. На рис. 1 показаны половинки петель гистерезиса, соответствующие необработанному образцу и образцам, растянутым нагрузкой 40 кГ/мм² при температурах 500, 450, 300° и быстро охлажденным в разгруженном состоянии. Петли снимались с помощью астатического магнитометра.

Как видно из рис. 1, прямоугольная петля получается после обработки, проведенной при 500°, т. е. вблизи нижней границы интервала температур рекристаллизации***. Здесь следует отметить, что прямоугольная или близкая к ней по форме петля гистерезиса не получается ни после быстрого или медленного охлаждения растянутого, ни после медленного охлаждения разгруженного образца, а также если указанную нами обработку выполнить при температурах, немного превосходящих 500° (550—600°); последнее, повидимому, связано с отрицательным действием собирательной рекристаллизации.

* В некоторых случаях скручиванием (¹) или обработкой в магнитном поле (³).

** Рекристаллизация кристаллов феррита становится заметной в интервале 500—600°.

*** Следует отметить, что для проволоки, не подвергавшейся указанной обработке, при растяжении под нагрузкой ниже предела упругости петля гистерезиса не только не приближается к прямоугольной, а становится еще более полой.

На рис. 2 показано влияние величины растягивающей нагрузки (13,2; 26,4; 39,8 кг/мм²) для трех образцов, рекристаллизованных при одной и той же температуре 500°. Петля приобретает прямоугольную форму лишь после обработки при нагрузках, близких (при данной температуре) к пределу текучести 40 кг/мм², при больших нагрузках начиналось быстрое течение материала и наступал разрыв образца.

В ранее опубликованных работах по исследованию влияния термо-механической обработки на магнитные свойства не подчеркивалась осо-

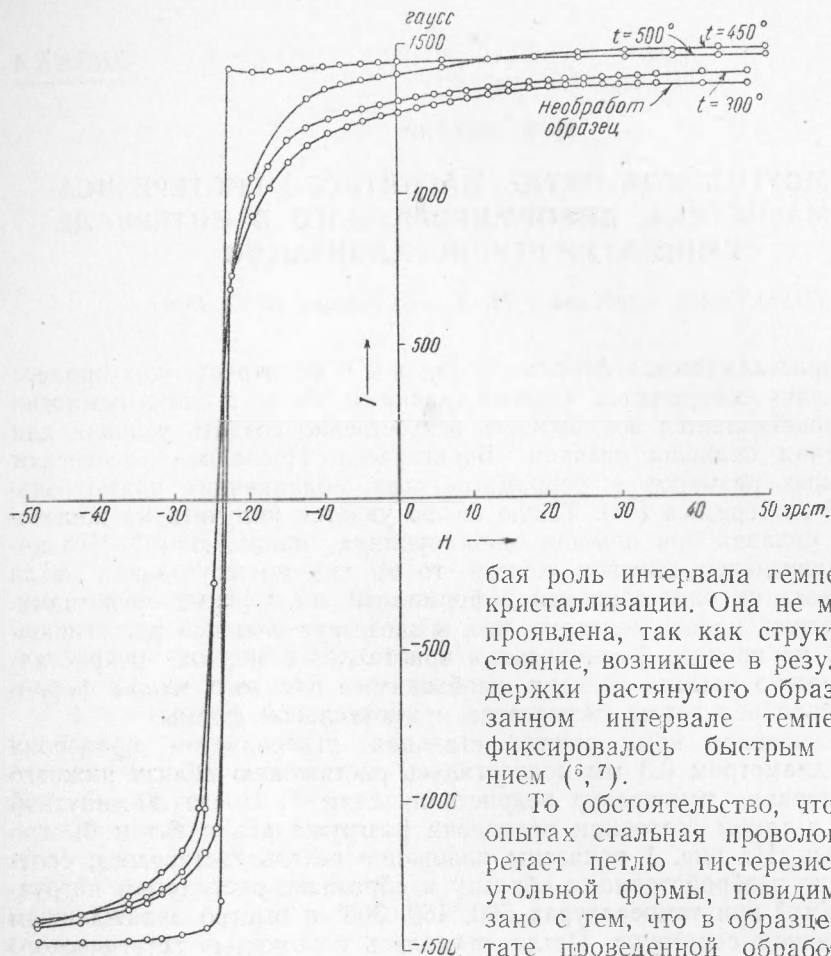


Рис. 1

бая роль интервала температур рекристаллизации. Она не могла быть проявлена, так как структурное состояние, возникшее в результате выдержки растянутого образца в указанном интервале температур, не фиксировалось быстрым охлаждением (6, 7).

То обстоятельство, что в наших опытах стальная проволока приобретает петлю гистерезиса прямоугольной формы, повидимому, связано с тем, что в образце в результате проведенной обработки могла возникнуть преимущественная ориентация спинов. Чтобы убедиться в этом и выяснить, совпадает ли она с осью исследуемой проволоки, мы воспользовались методом исследования начального распределения областей самопроизвольного намагничивания, разработанного и испытанного ранее на монокристаллах (8) и поликристаллах (9). Если в исследуемом нами образце спины уже ориентированы вдоль его оси, то размагничивание под нагрузкой (ниже предела упругости) не должно изменить их начальное распределение*, а следо-

* Ранее было показано, что нарушение начального распределения спинов в монокристаллах и поликристаллических ферромагнетиках, вызванное операцией размагничивания образца под нагрузкой (ниже предела упругости), всегда изменяет магнитную восприимчивость, измеренную на разгруженном образце. Последнее не наблюдается, если новое распределение спинов, сохранившееся вследствие магнито-упругого гистерезиса после разгрузки, намеренно разрушено обычным размагничиванием разгруженного образца (9, 10).

вательно, и магнитную восприимчивость χ , измеренную после разгрузки образца.

Опыт, результаты которого представлены на рис. 3, показывает, что в действительности χ в слабых полях в несколько раз возрастает, если проволока предварительно намагничена под нагрузкой. Следовательно, если в образце, обладающем прямоугольной петлей гистерезиса, существует преимущественная ориентация спинов, то она не совпадает

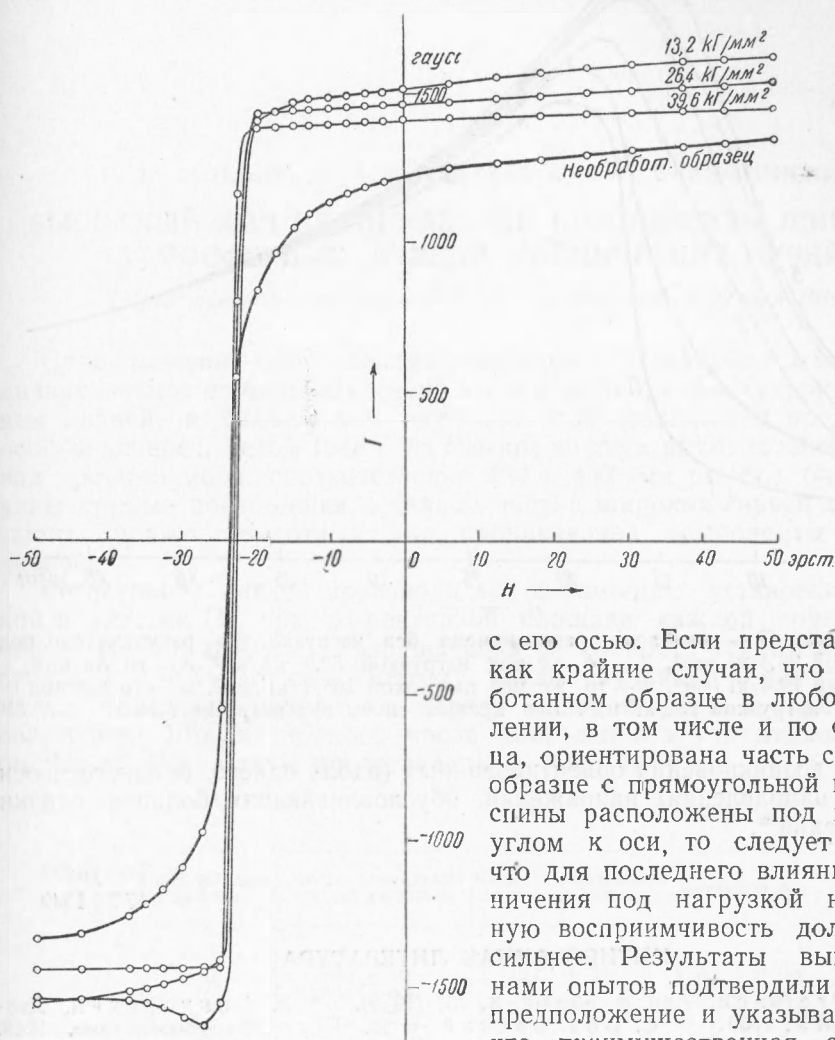


Рис. 2

с его осью. Если представить себе, как крайние случаи, что в необработанном образце в любом направлении, в том числе и по оси образца, ориентирована часть спинов, а в образце с прямоугольной петлей гистерезиса все спины расположены под некоторым углом к оси, то следует ожидать, что для последнего влияние намагничивания под нагрузкой на магнитную восприимчивость должно быть сильнее. Результаты выполненных нами опытов подтвердили сделанное предположение и указывают на то, что преимущественная ориентация спинов в ферромагнетике с прямоугольной петлей гистерезиса * существует и не совпадает с осью образца **.

Учитывая, что и на монокристаллах прямоугольная петля гистерезиса наблюдается весьма редко, наличие резко выраженной текстуры кристаллитов не может служить объяснением возникновения подобной петли в поликристаллическом ферромагнетике.

* Приобретенной образцом в результате рекристаллизации в растянутом состоянии и последующего быстрого охлаждения.

** Большие скачки намагничивания, связанные с преимущественной ориентацией спинов под углом к оси образца, возникают, например, при скручивании Fe—Ni-сплавов.

Исследуемая проволока после проведенной нами обработки приобретает остаточное удлинение. Эта наблюдаемая в нашем опыте макроскопическая однородная остаточная деформация, повидимому, является

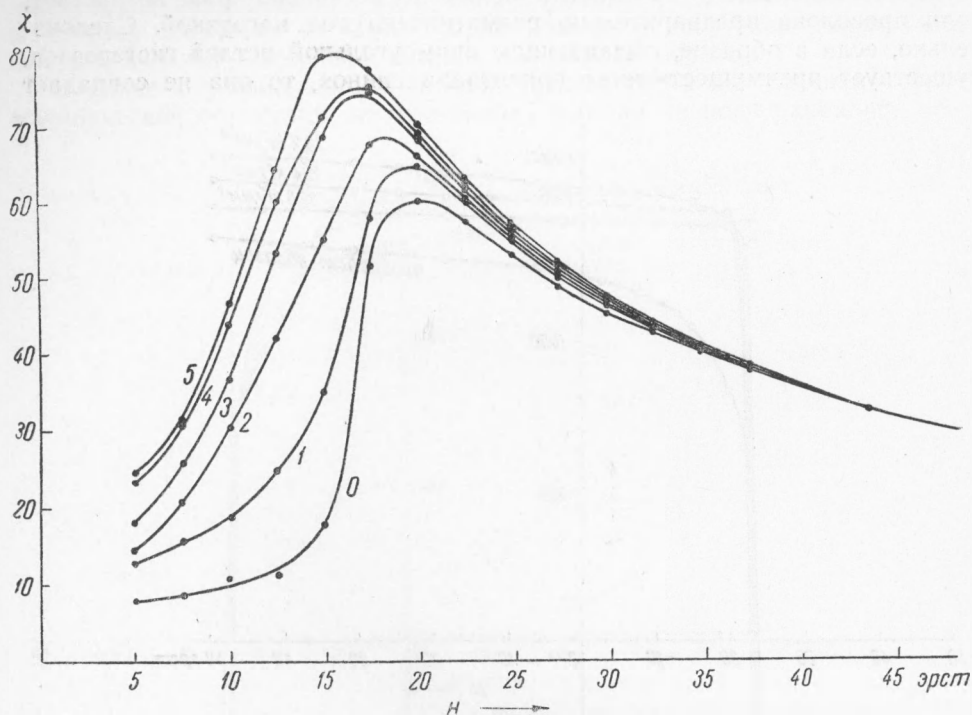


Рис. 3. Кривая 0 — проволока размагничена без нагрузки, 1 — размагничено под нагрузкой $26,4 \text{ кг/мм}^2$, 2 — то же под нагрузкой $52,9 \text{ кг/мм}^2$, 3 — то же под нагрузкой $79,4 \text{ кг/мм}^2$, 4 — то же под нагрузкой $105,6 \text{ кг/мм}^2$, 5 — то же под нагрузкой 132 кг/мм^2 . Все кривые сняты при нагрузке $F = 0$

причиной возникновения ориентированных (вдоль одного, близкого к оси образца, направления) напряжений, обуславливающих большие скачки намагничения*.

Поступило
17 IX 1949

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ F. Preisach, Ann. d. Physik, 3, 737 (1929). ² Е. Кондорский, Диссертация, МГУ, 1939. ³ С. Вонсовский и Я. Шур, Ферромагнетизм, 1948. ⁴ В. Аркадьев, Электромагнитные процессы в металлах, ч. I, 1934. ⁵ В. Меськин, Ферромагнитные сплавы, 1937. ⁶ Nishina, Sci. Rep. Tohoku Univ., 28, 225 (1939). ⁷ Я. С. Шур и А. С. Хохлов, ЖЭТФ, 10, 1113 (1940). ⁸ М. Дехтяр, ЖЭТФ, 9, 4, 438 (1939); ЖЭТФ, 8, 10—11, 1124 (1938). ⁹ М. Дехтяр и Г. Райская, ЖЭТФ, 17, 10, 911 (1947). ¹⁰ М. Дехтяр. Изв. АН СССР, сер. физ., 11, № 6, 623 (1947).

* В области температур рекристаллизации соседние зерна и границы между ними не препятствуют пластической деформации кристаллитов, так что при растяжении могла оказаться в действии одна и та же, общая для большого числа зерен, система плоскостей скольжения. Изгиб такой параллельной системы плоскостей скольжения может быть причиной появления ориентированных напряжений, обуславливающих большие скачки намагничения.