

Я. С. ШУР, Н. А. БАРАНОВА и В. А. ЗАЙКОВА

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ МАГНИТНЫЙ ГИСТЕРЕЗИС В ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНЫХ СПЛАВАХ

(Представлено академиком М. А. Леонтовичем 3 X 1951)

1. Сопоставление различных физических свойств высококоэрцитивных сплавов показывает, что в этих сплавах, несомненно, существует особого вида магнитная структура, главной особенностью которой является магнитная обособленность областей спонтанной намагниченности — однодоменность. Вследствие такой структуры в этом классе ферромагнетиков особым образом протекают процессы технического намагничивания⁽¹⁾, а именно, намагничивание и перемагничивание происходят в основном путем вращения намагниченности доменов. Этим самым предполагается, что при этих процессах либо полностью исключается участие процессов смещения границ, либо их роль незначительна.

Для дальнейшего уточнения изложенных представлений о магнитной структуре высококоэрцитивных сплавов существенным является изучение на них таких магнитных явлений, которые в обычных ферромагнетиках объясняются одними процессами смещения границ. К классу таких явлений может быть отнесено явление температурного магнитного гистерезиса, обнаруженное и детально изученное на ряде мягких магнитных материалов⁽²⁾.

Как известно, этот вид гистерезиса проявляется в том, что при циклическом изменении температуры ферромагнетика, помещенного в слабое постоянное магнитное поле, его намагниченность изменяется необратимо. Было показано, что в мягких магнитных материалах температурный магнитный гистерезис вызван необратимыми процессами смещения.

В настоящей работе исследовалось явление температурного гистерезиса на образцах высококоэрцитивного сплава альнико, в котором специальной обработкой создавалось различное магнитно-текстурированное состояние.

2. Исследуемые образцы сплава альнико (51% Fe, 24% Co, 14% Ni, 8% Al, 3% Cu) имели цилиндрическую форму (длина 48 мм, диаметр 2,7 мм) и проходили следующую обработку: а) нагрев до 1300° и охлаждение с критической скоростью в присутствии магнитного поля, ориентированного вдоль или поперек оси образца; б) отпуск при 600° в течение нескольких часов. Такая обработка обеспечивает получение в образце наиболее резко выраженного магнитно-текстурированного состояния. После этих обработок образец, прошедший охлаждение в продольном поле, имел коэрцитивную силу, равную 550 эрст., а в поперечном поле 250 эрст.

Измерения температурного магнитного гистерезиса производились в астатическом вертикальном магнетометре при изменении температуры в

интервале от -195 до 550° в присутствии постоянного магнитного поля различной величины (до 360 эрст.). Предварительными измерениями при применяемых температурах нагрева никаких структурных изменений, вызывающих необратимые изменения магнитных свойств, не было обнаружено.

3. Результаты проведенных в данной работе измерений представлены на рис. 1—3. На рис. 1 приведены результаты измерений температурного магнитного гистерезиса на образце сплава альнико, прошедшем термомагнитную обработку в продольном магнитном поле, при циклическом изменении температуры от -195 до 550° и возврате вновь к -195° в присутствии постоянного поля H_n , величина которого варьировалась от 3 до 360 эрст.

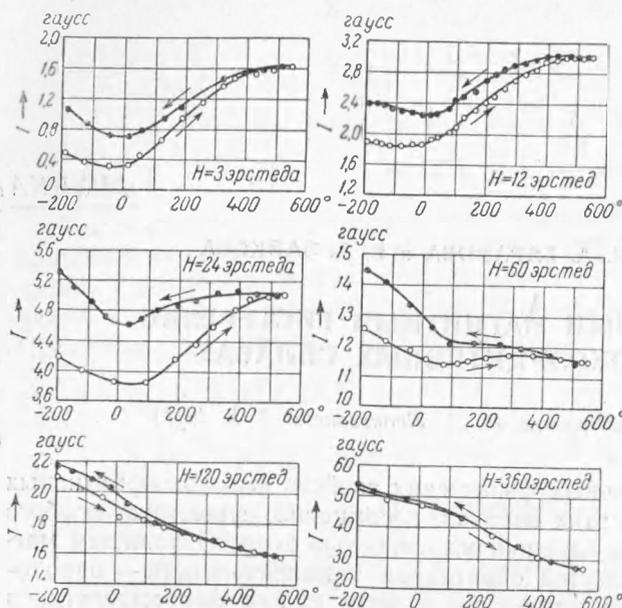


Рис. 1

Из этих кривых видно, что в сравнительно слабых полях (3 эрст.) наблюдается весьма значительный температурный магнитный гистерезис. Относительная величина этого гистерезиса по мере возрастания поля H_n монотонно убывает. При достижении поля $H_n = 360$ эрст. этот гистерезис практически исчезает.

На кривых рис. 2 приведены результаты измерений температурного магнитного гистерезиса на образце, прошедшем термомагнитную обработку в поперечном магнитном поле, полученные в тех же условиях, что и при измерениях предыдущего образца. Из кривых рис. 2 следует, что при сравнительно небольших значениях поля H_n (3 эрст.) температурный магнитный гистерезис вообще не наблюдается. При больших значениях H_n он появляется, но по абсолютной величине этот гистерезис значительно меньше, чем наблюдаемый на образце, прошедшем термообработку в продольном поле. При достижении поля $H_n = 120$ эрст. гистерезис практически исчезает.

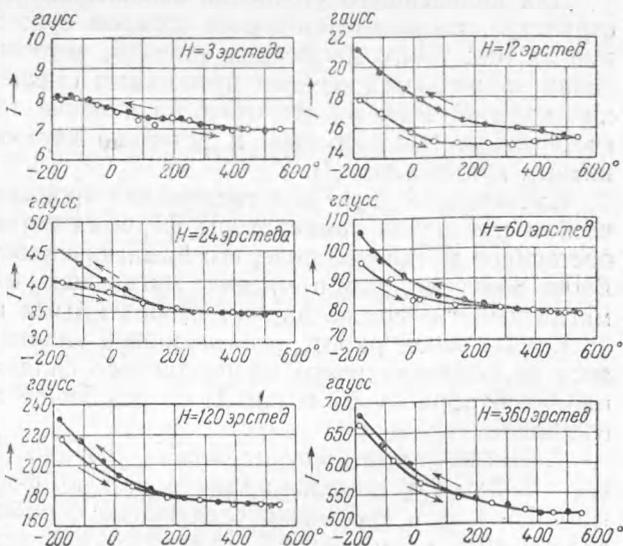


Рис. 2

На кривых рис. 3 показано относительное изменение намагниченно-

сти образца после прохождения температурного цикла в зависимости от величины поля H_n . I_0 и I_1 обозначают, соответственно, исходную величину намагниченности и ее значение после окончания температурного цикла. Кривые 1 и 2 относятся, соответственно, к образцам, прошедшим термомагнитную обработку в продольном и поперечном магнитных полях. Из этих кривых следует, что характер изменения температурного магнитного гистерезиса в зависимости от поля H_n определяется характером магнитной текстурованности образцов сплава альнико.

4. Полученные результаты естественным образом можно объяснить, если принять, что в сплаве альнико даже в высококоэрцитивном состоянии нет полной однодоменности — в некотором объеме материала существуют комплексы из небольшого числа доменов. Благодаря термомагнитной обработке в этих комплексах, так же как и в изолированных доменах, создается преимущественная ориентация намагниченности доменов. Следует отметить, что эта преимущественная ориентация не связана с большим значением коэрцитивной силы, а вызвана только термомагнитной обработкой и может возникать в образцах сплава альнико с низкой коэрцитивной силой, но прошедших термомагнитную обработку (3).

В исследуемых нами образцах термомагнитная обработка приводит к тому, что намагниченность доменов, в том числе и доменов, образующих комплексы, будет ориентирована вдоль того направления в образце, вдоль которого действовало магнитное поле при термомагнитной обработке. Вследствие этого в образце, охлажденном в продольном магнитном поле, при включении поля в комплексах доменов будут протекать 180° смещения границ, которые и обуславливают возникновение температурного магнитного гистерезиса.

В то же время в образце, охлажденном в поперечном поле, при включении поля H_n даже в комплексах доменов в основном намагниченность будет лишь поворачиваться в направлении поля; только в тех доменах, где намагниченность не ориентирована в образце строго перпендикулярно направлению измерения, будут протекать процессы смещения. Именно поэтому следует ожидать, что температурный магнитный гистерезис должен иметь место в образцах сплава альнико, прошедших термомагнитную обработку, и наиболее резко проявляется в образце, охлажденном в продольном магнитном поле.

Следует отметить, что в работе Н. Булгакова и Е. Кондорского, посвященной изучению магнитной вязкости в высококоэрцитивных сплавах, также сделано предположение о частичном осуществлении процессов технического намагничивания в этих сплавах путем процессов смещения. При этом также было обнаружено, что в сплаве альнико, прошедшем термомагнитную обработку, участие процессов смещения значительно ярче проявляется в образце, охлажденном в продольном магнитном поле (4).

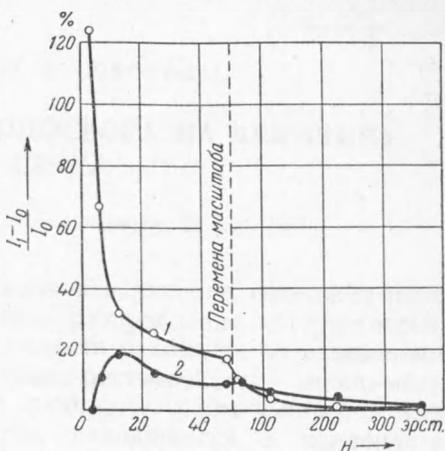


Рис. 3

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ Л. А. Шубина и Я. С. Шур, ЖТФ, 19, 88 (1949); В. И. Дрожжина, М. Г. Лужинская и Я. С. Шур, ЖТФ, 19, 95 (1949); Д. А. Штуркин и Я. С. Шур, ЖТФ, 19, 235 (1949); 20, 1393 (1950); Я. С. Шур и Н. А. Баранова, ДАН, 74, 225 (1950). ² Я. С. Шур и В. И. Дрожжина, ЖЭТФ, 17, 607 (1947); Я. С. Шур и Н. А. Баранова, ЖЭТФ, 20, 183 (1950). ³ E. A. Nesbitt and H. J. Williams, Phys. Rev., 80, 112 (1950). ⁴ Н. Булгаков и Е. Кондорский, ДАН, 69, 325 (1949).

