

Я. ШУР

ТЕРМООБРАБОТКА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ ВЫСОКОКОЭРЦИТИВНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 3 III 1940)

1. Как известно, основной задачей улучшения высококоэрцитивных сплавов типа Мишима (железо-никель-алюминий) является повышение их остаточной индукции, ибо по коэрцитивной силе эти сплавы достигли необходимой для практики величины. Это и побудило нас к постановке экспериментов, целью которых является повышение остаточной индукции и максимальной магнитной энергии в железо-никель-алюминиевых сплавах методом термообработки этих сплавов в магнитном поле*.

Многочисленные опыты показали, что в результате термообработки в магнитном поле магнито-мягких материалов (трансформаторная сталь и др.) в них возникает текстура областей спонтанного намагничения⁽²⁾, приводящая к понижению коэрцитивной силы и возрастанию остаточной индукции**. В высококоэрцитивных сплавах типа Мишима H_c по всей вероятности в основном определяется резко неоднородными или большими по абсолютной величине внутренними напряжениями. В результате термообработки в «сильном» магнитном поле⁽²⁾ (т. е. в поле, при котором для всех температур ферромагнетик доводится почти до насыщения) возникает однородная деформация материала, которая аддитивно складывается с существующими деформациями в этом направлении. При этом все действие этой деформации приводит к повышению среднего значения внутренних напряжений вдоль того напряжения, вдоль которого было ориентировано внешнее магнитное поле во время термообработки. Однако характер и распределение неоднородных напряжений при этом не должны существенно изменяться. Благодаря этому действие термообработки в магнитном поле в этих сплавах ограничивается в основном созданием текстуры областей спонтанного намагничения, что должно приводить

* Необходимо также отметить возможность повышения остаточной индукции созданием в этих сплавах текстуры. Так, недавно Мюллеру⁽¹⁾ удалось в Fe—Ni—Cu-сплаве, имеющем при обычных условиях (изотропное расположение кристаллов) $B_r=0,5$ Vs, после создания резко выраженной текстуры достигнуть $B_r=0,94$ Vs. Повидимому, следует ожидать, что и в сплавах типа Мишима созданием благоприятной текстуры можно также значительно повысить в них B_r .

** Так, например, по измерениям Шубиной, проведенным в нашей лаборатории в трансформаторной стали, предварительно обезуглероженной высокотемпературным отжигом в атмосфере чистого водорода, термообработка в магнитном поле приводит к возрастанию остаточной индукции с 5 500 до 5 900 гауссов (т. е. возрастание на 7%), с другой стороны, коэрцитивная сила уменьшилась с 0,26 до 0,23 эрстед.

к возрастанию остаточной индукции, а на величину коэрцитивной силы практически не влияет*.

2. Исследованию подвергались образцы сплава примерно следующего состава: 25—28% Ni, 11—13% Al, остальное железо. Образцы изготовлялись цилиндрической формы длиной 40 мм и диаметром 5 мм путем вытачивания из готовых слитков, полученных в литом состоянии.

Съемка размагничивающей ветви петли гистерезиса производилась в следующей последовательности. Вначале образец нагревался в течение 30 мин. при температуре 1200° и затем закаливался в воде. После обработки образец становился магнито-мягким, имея $H_c \approx 10$ эрстед, что в дальнейшем являлось для нас исходным магнитным состоянием. После этого образец помещался в кварцевую трубку, которая откачивалась до высокого вакуума, и помещался в печь, вмонтированную в центре соленоида. Образец выдерживался в печи при температуре 650° в течение одного часа и затем вместе с кварцевой трубкой погружался в воду. В результате этого мы получали значительный рост коэрцитивной силы и остаточной индукции.

Далее образец вторично подвергался отжигу при 1200° в течение 30 мин. с последующей закалкой в воде. Благодаря этому образец возвращался в исходное магнито-мягкое состояние. Образец снова подвергался отпуску при 650° в течение 1 часа, но при этом создавалось в соленоиде магнитное поле порядка 1000 эрстед. Последующая закалка образца производилась также в магнитном поле. Полученные теперь магнитные свойства сравнивались со свойствами образца после такой обработки только при отсутствии магнитного поля. Из этого сравнения определялось влияние, оказываемое охлаждением в магнитном поле.

Термообработка в магнитном поле почти не влияет на величину коэрцитивной силы, но в то же время заметно увеличивает остаточную индукцию и величину максимальной энергии. При этом остаточная индукция возрастает в результате указанной обработки на 18%, а максимальная магнитная энергия на 30%.

Настоящие опыты не преследовали цели получения максимальных магнитных свойств, а лишь ставили своей задачей определить влияние термообработки в магнитном поле на размагничивающую ветвь петли гистерезиса. Однако улучшение магнитных свойств, благодаря термообработке в магнитном поле, может быть произведено также и при такой обработке магнито-твердых материалов, которая обычно (без наложения внешнего магнитного поля) приводит к созданию в образце данного химического состава максимальных магнитных свойств, причем термообработка в магнитном поле может оказать свое обычное улучшающее действие, т. е. приведет к росту остаточной индукции и максимальной магнитной энергии. Поэтому данная обработка может иметь значение для техники и должна быть подробно изучена в производственных условиях.

Лаборатория магнитных явлений
Уральского филиала Академии Наук СССР

Поступило
13 III 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ H. Müller, ZS. Elektrochem., 45, 674 (1939). ² Я. С. Шур, ДАН, XXIII, 455 (1939) ³ D. Oliver a. J. Shedden, Nature, 142, 209 (1938).

* В опубликованном предварительном сообщении Оливера и Шеддена (³) указывается на возрастание остаточной индукции и максимальной магнитной энергии в железо-никель-алюминий-кобальтовом сплаве (сплав «альнико») в результате охлаждения в магнитном поле.