

**ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ НА ДОМЕННУЮ СТРУКТУРУ  
ОКОЛО ВКЛЮЧЕНИЙ***Л. В. Киренский, М. К. Савченко*

Методом порошковых фигур изучалось влияние напряжений на „шлейфы“, образующиеся около включений. Результаты опыта соответствуют современным теоретическим представлениям.

Структуры около пустот и включений (так называемые шлейфы) наблюдались многими исследователями [1,2] и дали хорошее подтверждение соображениям Кондорского [3] и Нееля [4], которые наличие такого типа структур предсказали еще до появления опытных данных. Представляет также интерес поведение этих шлейфов при наложении напряжений, которые наряду с магнитным полем являются одним из основных факторов, определяющих доменную структуру ферромагнетика. Такого рода опытных данных в литературе нет. В настоящей работе под действием напряжений методом порошковых фигур [5] наблюдались два типа шлейфов, образующихся 1) около включений, находящихся на границе между двумя ферромагнитными областями, и 2) около включений, находящихся внутри одной ферромагнитной области.

**ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Образцы для наблюдений порошковых фигур вырезались из листов трансформаторной стали ( $4\% \text{ Si}$ ) и имели вид полосок длиной 40, шириной 5 и толщиной 0,3 мм. Для устранения внутренних напряжений они отжигались в вакууме и перед наблюдением фигур электролитически полировались. Размер зерен в образцах был около 1,5 мм в диаметре, причем для наблюдений выбирались зерна, поверхность которых совпадала с плоскостью типа (100). Растяжение производилось механизмом, в котором один конец образца закреплялся неподвижно, а другой зажимался на салазках, которые могли плавно перемещаться от мотора, увеличивая или уменьшая натяжение.

В качестве включений, около которых образовывались шлейфы, служили неоднородности электрополировки, так называемые питтинги. Эти питтинги под микроскопом видны как черные круглые пятна на белом фоне полированной поверхности. Шлейфы образовывались не около всех, а только около небольшой части включений. Для их образования нужны, по-видимому, соответствующие размеры включений — как диаметра, так и глубины залегания. Фотографирование порошковых фигур производилось микроскопом МИМ-5.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА**

При свободном от напряжений образце около большого включения, находившегося внутри одного из плоскопараллельных доменов

(рис. 1), никаких замыкающих доменов не было. Граница между плоско-параллельными доменами не проходила через это включение. Если образец растягивать, то границы между доменами испытывают параллельные перемещения, и таким путем граница может быть „подведена“ под включение. На рис. 1 *а* растяжением  $\sigma = 8 \text{ кг/мм}^2$  граница, ближайшая к включению, была подведена к этому включению, при этом

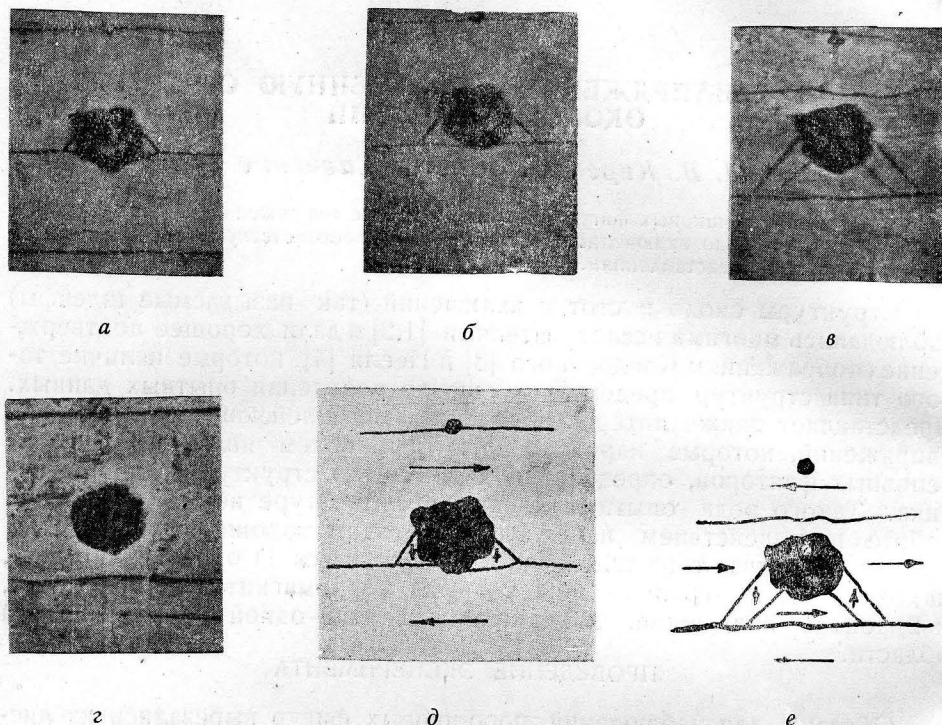


Рис. 1. Шлейфы при снятии нагрузки от 8 (*а*) до 3  $\text{кг/мм}^2$  (*г*) и распределение намагниченностей. Направление растяжения горизонтальное.

около него появились небольшие призматические замыкающие области. С увеличением  $\sigma$  эти области исчезли совсем, что свидетельствует о том, что намагниченность в этих областях была направлена перпендикулярно растяжению. Рис. 1 *а*, *б*, *в*, *г*, показывают изменение вида областей при снятии нагрузки, а схемы *д* и *е* — распределение векторов  $I_s$  для случаев *б* и *в* соответственно. Одни и те же границы на рисунках отмечены одинаковыми цифрами. При уменьшении нагрузки призматические области увеличиваются. В случае *в* эти области уже не являются призматическими: основная граница ниже включения, стремясь стать в исходное положение, которое она занимала до наложения напряжений, тянет за собой шлейфы. Сама граница имеет вид уже не прямой линии, а искривленной. Искривлена также и приближена к включению и верхняя граница. При уменьшении нагрузки до 3  $\text{кг/мм}^2$  нижняя граница отрывается от шлейфов и становится в положение, примерно занимаемое ею до растяжения. То же самое происходит с верхней границей, причем обе границы опять становятся прямыми. Оновременно с отрывом границы от шлейфов происходит исчезновение последних.

Шлейфы около включения, расположенного внутри однородно намагниченной области, и их поведение при растяжении показаны на

рис. 2. Как видно из приведенных фотографий, при наложении напряжений ветви шлейфов уменьшаются по величине, а при некотором  $\sigma$  появляются ветви (иглы) в направлении растяжения. Какого-либо

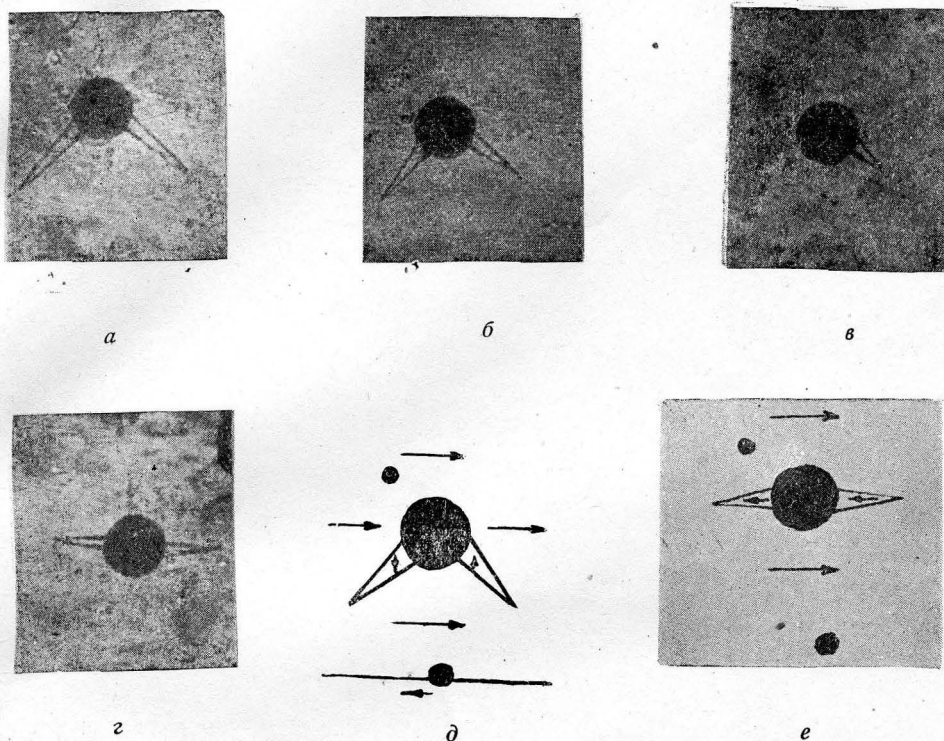


Рис. 2. Шлейфы при растяжении от нуля *a* до  $18 \text{ кг/мм}^2$  *г*, *д* и *е* — распределение  $I_s$  для случаев *a* и *г*. Направление растяжения горизонтальное.

дальнейшего изменения с этими иглами при увеличении напряжения не наблюдается. Из такого поведения шлейфов можно заключить, что они намагничены так, как показано на схемах рис. 2.

Справа от включения на рис. 2 видна полоса с несколько другим по сравнению со всей областью распределением магнитной суспензии. По-видимому, на краях включения присутствуют еще довольно сильные магнитные заряды, которые могут изменить направление намагниченности некоторого объема кристалла на обратное по сравнению со всей областью. Такое предположение кажется правдоподобным, так как соседняя основная область по отношению к области, в которой находилось включение, имела такое же распределение суспензии, как и полоса около включения. В соседних же основных областях намагниченности направлены антипараллельно.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] H. I. Williams, W. Shockley. Phys. Rev., **75**, 178, 1949. [2] B. Elschner. Ann. Phys. **11**, 45, 1952; **13**, 290, 1953. [3] Е. И. Кондорский. ЖЭТФ, **7**, 1117, 1937; ДАН СССР, **63**, 507, 1948. [4] L. Neel. Caries de Phys., **25**, 21, 1944. [5] Акулов Н. С. и Дехтяр М. Ann. Phys., **15**, 750, 1932; Bitter F. Phys. Rev., **3**, 1903, 1931.

Красноярский пединститут

Поступила в редакцию  
21 января 1958 г.