

В. П. МАКАРОВ, Б. В. МОЛОТИЛОВ

ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА КРИСТАЛЛОВ СПЛАВОВ Fe + Si
И Fe + Al, ОГРАНИЧЕННЫХ ПЛОСКОСТЬЮ (111),
С ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ АНИЗОТРОПИЕЙ

(Представлено академиком Г. В. Курдюмовым 10 VII 1973)

Классические магнитооптический и порошковый методы исследования структуры ферромагнитных доменов в кристаллах многоосных ферромагнетиков, ограниченных плоскостями, не содержащими осей легкого намагничивания, не дают сведений о распределении намагниченности в основном объеме материала. Применение рентгенопографических методов позволили авторам расшифровать доменную структуру кристаллов сплава Fe+3,2% Si, ограниченных плоскостью (112), и показать связь замыкающих доменных комплексов с доменной структурой в объеме кристалла (¹).

В настоящей работе приводятся результаты рентгенопографического исследования доменной структуры кристаллов (111) сплавов Fe+3,2% Si и Fe +8% Al.

Дифракционное изображение доменной структуры кристаллов толщиной 0,24 мм (см. рис. 1 а, б) представляет собой чередующиеся черно-белые полосы, которые идут в направлении $[11\bar{2}]$, $[\bar{1}21]$ и $[211]$.

Рефлексы 110 и $\bar{1}10$, приведенные на рис. 1 а и б соответственно, отражают основные особенности дифракционного изображения доменов в кристаллах (111) сплавов Fe+Si и Fe+Al:

1) контраст полос $[121]$ и $[211]$ изменяется на противоположный при съемке топограмм в рефлексах hkl и $\bar{h}\bar{k}\bar{l}$. Например, полосы L и P , черные на рис. 1а, становятся светлыми на рис. 1б;

2) ширина изображения полос $[\bar{1}21]$ и $[211]$ увеличивается при повороте кристалла вокруг вектора дифракции \bar{h} на угол $\pm\alpha \approx 5^\circ - 20^\circ$;

3) контраст полос $\langle 1\bar{2}1 \rangle$ одинаков на топограммах, полученных в симметричных рефлексах $\{1\bar{1}0\}$ таких, что $\langle 1\bar{2}1 \rangle \{1\bar{1}0\} = 3$; например, контраст полос $[211]$ одинаков на топограммах $\bar{1}10$ и 101 ;

4) дифракционное изображение полос $\langle 1\bar{2}1 \rangle$ отсутствует на топограммах, снятых в симметричных рефлексах $\{1\bar{1}0\}$ таких, что $\langle 1\bar{2}1 \rangle \{1\bar{1}0\} = 0$; например, на рис. 1а и б отсутствует дифракционное изображение доменных границ M и N , направление которых совпадает с $[11\bar{2}]$, однако, и это важно, дифракционное изображение объемов кристалла, заключенных между границами M и N , имеет вид чередующихся черно-белых полос, контраст которых на топограммах hkl и $\bar{h}\bar{k}\bar{l}$ дополнительный (ср. рис. 1а и б).

Особенности дифракционного изображения рассматриваемого доменного комплекса представляется возможным объяснить в рамках теории Пеннинга и Полдера (^{2, 3}) если предположить, что в основном объеме кристалла имеется три типа 90° -соседств, границы которых лежат в плоскостях:

$(1\bar{1}0)$ — магнитные фазы $I_s \pm [100]$ и $I_s \pm [010]$, здесь I_s — вектор намагниченности;

$(10\bar{1})$ — магнитные фазы $I_s \pm [100]$ и $I_s \pm [001]$;

$(01\bar{1})$ — магнитные фазы $I_s \pm [010]$ и $I_s \pm [001]$.

Понижение магнитостатической энергии осуществляется системой замыкающих доменов, намагниченных под углом $\pm\pi/2$ к намагниченности

соседних доменов в объеме кристалла, разделенных 90° -блоховской стенкой; например, если основные домены имеют магнитные фазы $I_s \pm [010]$ и $I_s \pm [100]$, то замыкающие домены намагничены в направлении $\pm [001]$.

Ранее предложенные расшифровки (⁴) доменных структур кристаллов (111) кремнистого железа предполагают понижение магнитостатической энергии системой поверхностных доменов, намагниченных вдоль двух осей легкого намагничивания, составляющих угол $\pm \pi/2$ к намагниченности домена в объеме кристалла. Однако такая модель доменной структуры не позволяет объяснить ряда существенных деталей ее дифракционного изображения.

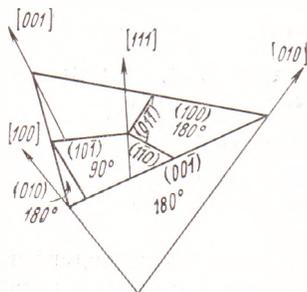


Рис. 2. Возможные комбинации 90° - и 180° -соседств в объеме кристаллов (111) Fe+Si и Fe+Al

Как правило, основной объем кристаллов (111) толщиной менее 0,1 мм разбит на домены со 180° -соседством. Понижение магнитостатической энергии, как и в случае кристалла толщиной 0,24 мм, происходит системой замыкающих доменов, намагниченных под углом $\pm \pi/2$ к I_s основных доменов. На рис. 1в и г представлены топограммы рефлексов 110 и 011 , полученные с кристалла толщиной 0,08 мм.

«Динамическое» изображение формируется благодаря изгибу отражающих плоскостей, пересекающих объемы кристалла, занятые основными и замыкающими доменами (³). Анализ дифракционного изображения доменов позволяет предположить, что в области S (см. рис. 1в) 180° -граница в объеме кристалла ($I_s \pm [001]$) лежит в плоскости (100). Замыкающие домены в этой области намагничены в направлении $\pm [100]$. В области D 180° -граница основного объема кристалла лежит в плоскости (010) ($I_s \pm [001]$), а замыкающие домены имеют $I_s \pm [010]$. Комбинации 90° - и 180° -соседств в объеме кристаллов (111) сплавов Fe+Si и Fe+Al с положительной анизотропией представлены на рис. 2. В частных случаях могут быть реализованы только некоторые из магнитных фаз, представленных на рис. 2.

Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии
им. И. П. Бардина
Москва

Поступило
4 VII 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. П. Макаров, Б. В. Мологиллов, ДАН, т. 197, № 3, 571 (1971). ² P. Penning, D. Polder, Phil. Res. Rep., v. 16, 419 (1961). ³ В. П. Макаров, Б. В. Мологиллов, В сборн. Прецизионные сплавы, № 1, М., 1972, стр. 110. ⁴ M. Labrune, M. Kleman, J. Phys., v. 34, 1, 79 (1973). ⁵ H. Barth, Zs. Naturforsch., v. 13A, 680 (1957). ⁶ A. R. Lang, Acta crystallogr., v. 12, 249 (1959).

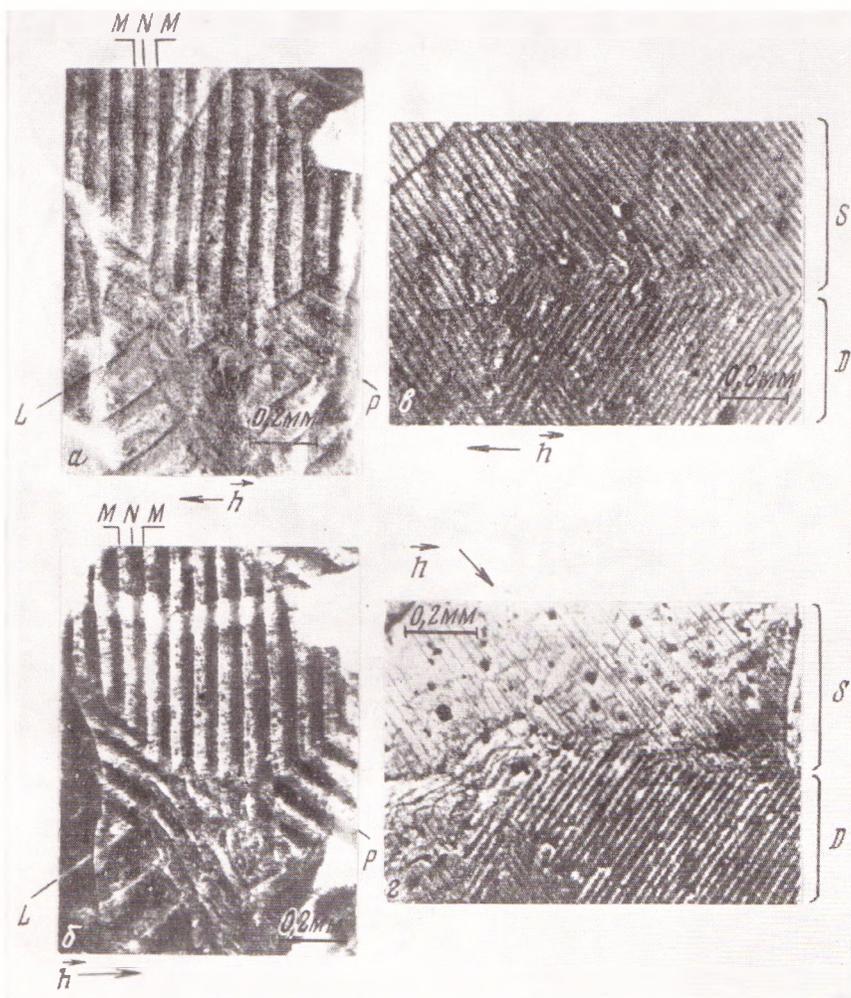


Рис. 1. Дифракционное изображение доменной структуры кристалла сплава Fe+ +8,0% Al, ограниченного плоскостью (111). СоK α -излучение. а, б — толщина кристалла 0,24 мм, метод параллельного пучка (⁵). в, г — толщина кристалла 0,08 мм; метод Ланга (⁶). а, в — рефлекс 110, б — рефлекс 110, г — рефлекс 011