

УДК 548.7

И. П. АНТИПИН, Л. В. КИРЕНСКИЙ и М. К. САВЧЕНКО

## ДОМЕННАЯ СТРУКТУРА КРИСТАЛЛОВ НИКЕЛЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЯХ

В никеле ввиду большой величины магнитоотрицательности и малой константы анизотропии при переходе от малых нагрузок к большим должна иметь место существенная перестройка доменной структуры, а существование 71- и 109-градусных составов доменов должно определять своеобразный характер этой перестройки. Выяснению этого вопроса и посвящена данная работа.

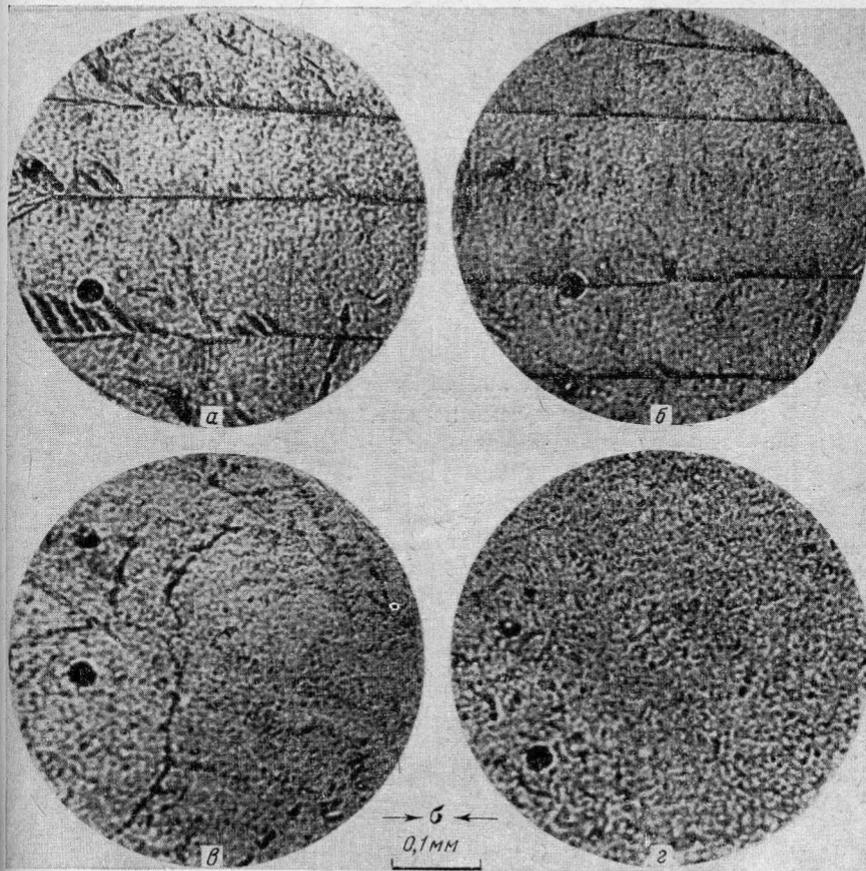


Рис. 1. Порошковые фигуры на плоскости (211) кристалла никеля при одностороннем сжатии.

Направление сжатия показано стрелками. а — 0; б — 0,2 кг/мм<sup>2</sup>; в — 1,5 кг/мм<sup>2</sup>; г — 0 (после снятия нагрузки)

Наблюдение доменов производилось порошковым методом. Исследуемые образцы вырезались из листов электролитического никеля в виде небольших параллелепипедов, в которых путем рекристаллизации выращивались зерна диаметром до 0,1 мм. Для наблюдений выбирались кристаллиты, поверхность которых была близка к совпадала с плоскостями типа (211) и (110). Последние определялись по признакам, описанным в работе [1]. Во всех случаях образцы подвергались одностороннему сжатию.

Наблюдения на плоскости (211). Поверхность (211) содержит одно направление этого намагничивания. Доменная структура ограничена этими поверхностями

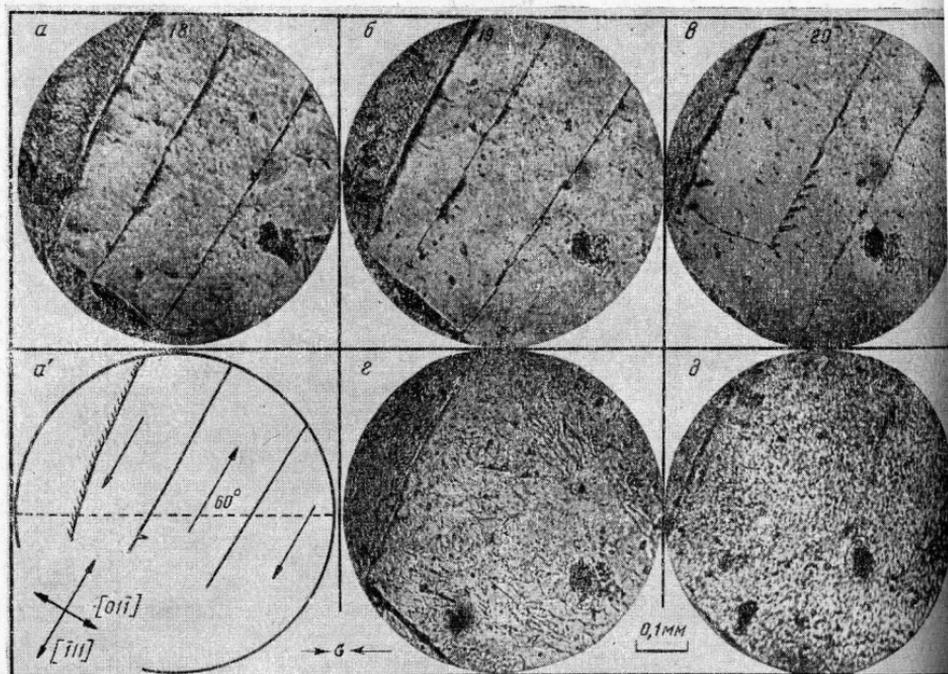


Рис. 2. Порошковые фигуры на плоскости (211) при большом угле между напряжениями и осью легкого намагничивания

а — 0; б — 0,1 кГ/мм<sup>2</sup>; в — 0,4 кГ/мм<sup>2</sup>; г — 1,0 кГ/мм<sup>2</sup>; д — 0

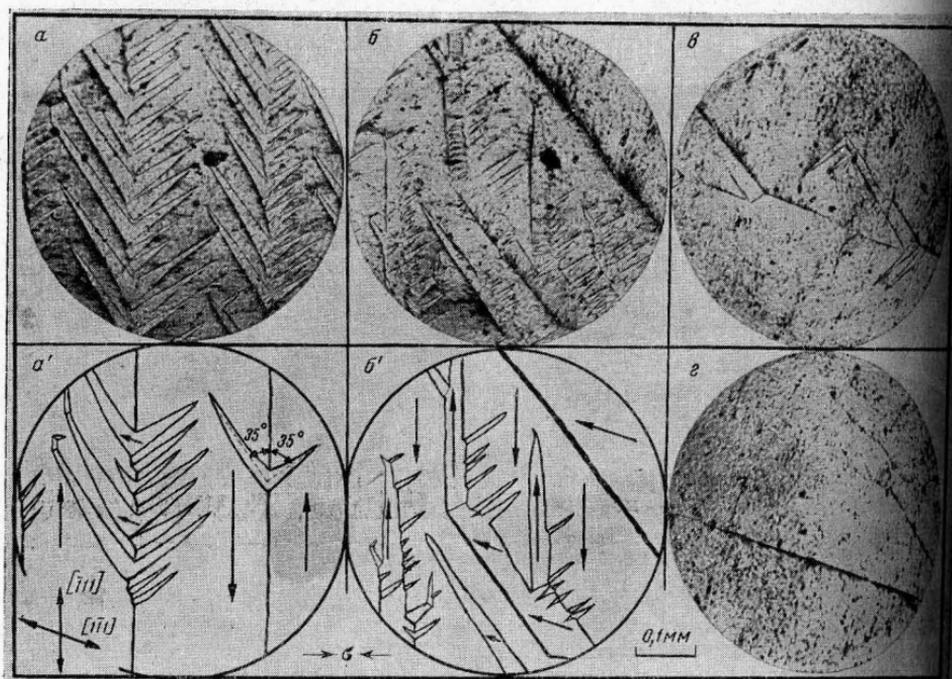


Рис. 3. Перестройка доменной структуры в соответствии с осью легчайшего намагничивания, выделяемой напряжениями

а — 0; б — 0,5 кГ/мм<sup>2</sup>; в — 0,9 кГ/мм<sup>2</sup>; г — 1,1 кГ/мм<sup>2</sup>

кристалла состоит из плоско-параллельных доменов, намагниченных вдоль легкой и разделенных границами Блоха 180-градусного типа. Наиболее интересными фочками зрения напряжений являются случаи, когда нагрузка прилагается параллельно или перпендикулярно оси легкого намагничивания. Так как у никеля магнострикция по всем направлениям отрицательна, то в первом случае не должно наблюдаться перестройки доменов, во втором она должна установиться в соответствии с направлением нагрузки. Оба этих случая показаны на рис. 1 и 2.

Рис. 1, а соответствует состоянию образца без нагрузки. Кроме основных доменов, намагниченность которых горизонтальна, наблюдаются поверхностные домены, свидетельствующие о небольшом отклонении плоскости (211) от поверхности

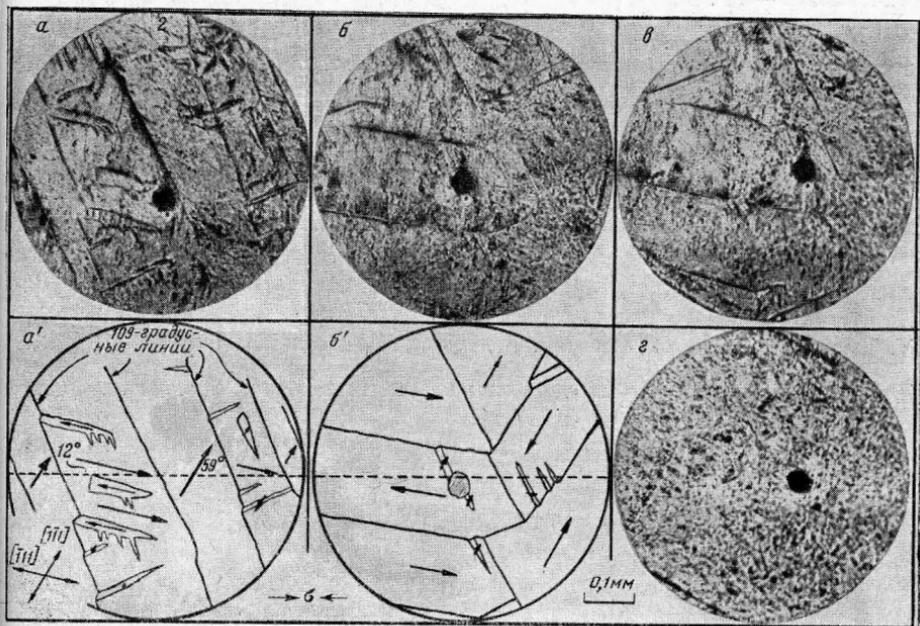


Рис. 4. Изменение 109-градусных соседств доменов под влиянием сжатия

а — 0; б — 0,4 кг/мм<sup>2</sup>; в — 0,8 кг/мм<sup>2</sup>; г — 0 (после доведения нагрузки до 1,6 кг/мм<sup>2</sup>)

образца. При наложении нагрузки вначале исчезают эти поверхностные домены, что вызвано поворотом намагниченности в плоскость образца. Основные 180-градусные границы становятся более прямыми и испытывают параллельные перемещения. Перемещения границ могут свидетельствовать о неравномерном распределении напряжений в образце, так как границы стремятся располагаться в местах с наименьшими  $\sigma$ . При дальнейшем увеличении нагрузки правильные порошковые узлы начинают разрушаться, а при  $\sigma = 1,5$  кг/мм<sup>2</sup> (рис. 1, в) это разрушение наблюдается почти на всей поверхности. Отсутствие правильных фигур свидетельствует об отсутствии какой-либо регулярной доменной структуры. Разрушенная напряжением первоначальная структура после снятия нагрузки не восстанавливается (рис. 1, г).

Сжатие под большим углом к оси легкого намагничивания показано на рис. 2. Намагниченность доменов невыгодно направлена относительно  $\sigma$ , и под действием напряжений она, казалось бы, должна выстроиться вдоль других осей легкого намагничивания типа [111], идущих под углом к поверхности кристалла, или установиться в направлении напряжений. Однако происходит лишь разрушение доменной структуры.

**Наблюдения на плоскости (110).** Плоскость (110) содержит два направления легкого намагничивания, расположенные под углами 71 или 109° друг к другу, поэтому могут иметь место 71-, 109- и 180-градусные соседства доменов. На рис. 3 представлены 180-градусные соседства, ориентированные перпендикулярно линии сжатия. Помимо основных доменов, видны «елочки», свидетельствующие о неболь-

шом наклоне плоскости (110) к поверхности кристалла. Распределение намагниченности в доменах показано на схемах. Доменная структура устанавливается вдоль оси [111], которая в этом случае становится осью легчайшего намагничивания. Уже при малых нагрузках растут отдельные ветви «елочек», намагниченность в которых выгодно ориентирована по отношению к  $\sigma$ . Таким образом, возникают крупные домены 71-градусного соседства (рис. 3, б). С ростом нагрузки области с невыгодно ориентированной намагниченностью уменьшаются, в них происходит поворот намагниченности к легчайшей оси. Одновременно идет поворот 71-градусных границ к этому же направлению. Перестройка заканчивается при установлении намагниченности во всех областях вдоль оси легчайшего намагничивания, и 71-градусные границы превращаются в 180-градусные. Полное вращение границы равно  $35^\circ$ , а намагниченности —  $71^\circ$ .

Процесс перестройки 109-градусных соседств в 180-градусные показан на рис. 4. Перестройка происходит аналогично описанной выше. При более высоких нагрузках правильная доменная структура разрушается и при снятии напряжений не восстанавливается.

**Заключение.** Доменная структура в кристаллах никеля очень чувствительна к механическим напряжениям. Отличительным свойством изменений доменной структуры является ее необратимость. Даже после действия очень малых нагрузок, не превышающих сотых долей  $\text{кг/мм}^2$ , доменная структура не возвращается в исходное состояние. Необратимость можно объяснить, по-видимому, тем, что даже при очень малых нагрузках в никеле имеют место пластические деформации, которые могут быть и не замечены обычными методами их регистрации.

### Литература

1. M. Yamamoto, T. Iwata. Sci. Repts Res. Inst. Tôhoku Univ, A5, 433, 1953; A8, 293, 1956.
2. Л. В. Киренский, М. К. Савченко. Изв. высш. учеб. заведений. Физика, 1, 35; 1, 39, 1958.

Институт физики  
СО АН СССР

Поступила в редакцию  
17.VII.1963