

НАБЛЮДЕНИЕ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИЗОГНУТОГО КРИСТАЛЛА МЕТОДОМ ОТРАЖАТЕЛЬНОЙ РЕНТГЕНОВСКОЙ МИКРОСКОПИИ

И. Б. Старый, А. А. Ханонкин

(Одесса)

Потеря устойчивости поверхностного слоя монокристаллов в виде грубых «складок», расположенных приблизительно перпендикулярно действующим направлениям скольжения, наблюдалась, например, в [1, 2]. Ниже предложен способ определения размеров складок в двух измерениях, использующий косую съемку в методе отражательной рентгеновской микроскопии изогнутых кристаллов [3].

Объектом для исследования служили алюминиевые кристаллы — анализаторы рентгеновского спектрографа Капицы — Иоганна, изогнутые в кристаллодержателе между двумя цилиндрическими поверхностями. При изгибе прямоугольной пластины некоторый слой со стороны ее вогнутой поверхности испытывает деформацию сжатия и при определенных условиях может потерять устойчивость [4]. Известно, что в случае изгиба монокристаллической пластинки в кристаллодержателе рентгеновского спектрографа происходит механическая полигонизация ее кристаллической структуры [5].

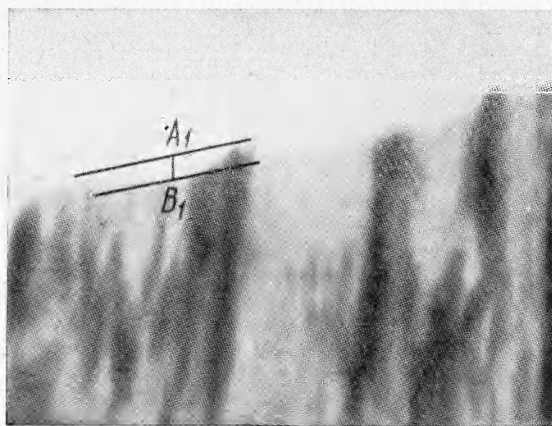
В описываемом эксперименте полигонизация сопровождалась одновременно потерей устойчивости поверхностного слоя: соседние полигональные блоки ориентировались один относительно другого так, что огибающая их всех воображаемая поверхность имеет вид волны.

Профиль этой поверхности можно выявить в отраженных лучах только при помощи косой съемки, по форме соответствующей границе получаемого изображения (фиг. 1)

На фиг. 2 в сечении показана схема эксперимента. Здесь рассмотрены соседние выпуклость и вогнутость на волнообразной поверхности; AD — образующая цилиндрической поверхности кристалла в вершине выпуклости, BC — в глубине вогнутости. Проекция нормалей к этим образующим в точках A , B , C и D показаны пунктиром. Проекция луча PB , падающего в точку B , образует с нормалью BN угол α . Проекция отраженного из точки B луча BB_1 касается прямоугольного окошечка в кристаллодержателе, сечение которого заштриховано, в точке S . Через точку S должна проходить проекция любого луча, ограничивающего отраженный пучок, в том числе — луча AA_1 , отраженного из точки A , лежащей на расстоянии BE относительно образующей BC в сечении.

Пересечение проекций отраженных из точек A и B лучей в точке S приводит к тому, что на рентгеновской пленке A_1D_1 получается увеличенное изображение отрезка AB в виде отрезка A_1B_1 . Условия ограничения пучка рентгеновских лучей краем окошечка Q таковы, что проекции лучей, падающих в точки D и C , сливаются, а отраженные из этих точек лучи в проекции параллельны. Поэтому можно полагать, что проекция отрезка CD на пленке не увеличена. Это видно по конфигурации нижней границы изображения на фиг. 1, величина искривлений которой не превышает размеров нерезкости границы изображения.

Если кристалл перемещать относительно окошечка кристаллодержателя или выполнить окошечко в виде нескольких параллельных щелей, то можно получать сведения о форме огибающей системы блоков в различных частях отражающей поверхности кристалла. В случае параллельных щелей на снимке при потере устойчивости получается несколько рефлексов, верхние границы которых имеют вид волны. За счет поглощения рентгеновских лучей на краях окошечка S и Q создается нерезкость границы изображения для рассматриваемой кривой.



Фиг. 1. Увеличенное в рентгеновских лучах изображение вогнутой поверхности монокристалла алюминия. Из-за косой съемки верхняя граница изображения соответствует рельефу блочной поверхности кристалла. (О переходе от A_1B_1 к глубине гофра см. ниже.)

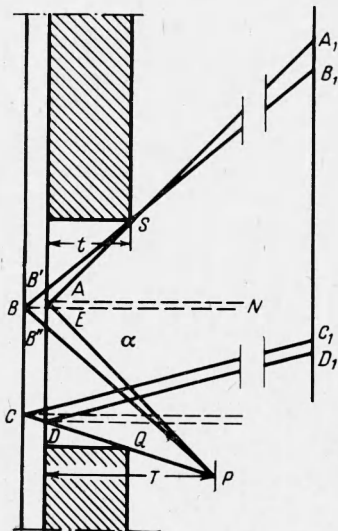
Следует отметить, что длина полуволны гофра, измеренная по рентгеновскому снимку, находится в строгом соответствии с теорией [4]. Стравливание поверхности алюминия также подтвердило данные указанной теории о слое, претерпевшем потерю устойчивости. Высота гофра h определялась по измерению величины A_1B_1 на снимке, а также путем использования экспериментальных данных относительно SB_1 , SB , T и t (как видно из фиг. 2, эти величины задаются в эксперименте). Учитывая, что $\Delta B''BE = \Delta B'BE$ и $\Delta PB''A \sim \Delta SB'A$, можно записать, что высота гофра h , равная отрезку BE , выражается формулой

$$h = \frac{b}{2 \operatorname{tg} \alpha} \left(1 + \frac{T}{t} \right) \quad \left(b = A_1B_1 \frac{SB'}{SB_1} = AB' \right)$$

Подсчитанная [по этой формуле величина h в эксперименте не превышала 0.2 мм.

Ввиду отсутствия теоретических данных о высоте гофра не представлялось возможным сопоставить экспериментальные результаты с теорией.

Особенность цилиндрической оптики применяемой рентгено-оптической схемы существенно повышает чувствительность косої съемки при выявлении рельефа, образуемого совокупностью кристаллических блоков.



Фиг. 2. Проекция рентгенооптической схемы на плоскость сечения, проведенного через центр фокального круга и ось изгиба кристалла — анализатора спектрографа Капицы — Иоганна

Увеличенное изображение вогнутой кристаллической поверхности, получаемое методом отражательной рентгеновской микроскопии изогнутых кристаллов, является трансформированным. Коэффициент анаморфозы такого изображения меньше единицы, так что получаемое увеличение вдоль исследуемой пограничной линии изображения меньше, чем поперек ее. Поэтому косої съемка с изогнутого кристалла обладает большей чувствительностью к искривлениям рельефа, определяемым по границе изображения, чем косої съемка при микрорентгенографии плоских кристаллов.

В заключение авторы благодарят Л. Б. Эрлиха за постоянный интерес к работе и дискуссию.

Поступила 30 IX 1965

ЛИТЕРАТУРА

1. McLean D. Creep processes in coarse-grained Aluminium. J. Inst. Metals, 1952, vol. 80, p. 507—519, 9.
2. Cottrell A. H., Aytakin V. The Flow of Zinc under constant stress. J. Inst. Metals, 1950, vol. 77, p. 389—422.
3. Гогоберидзе Д. Б. Рентгеновская микроскопия. БСЭ, т. 36, 1955, стр. 368—369.
4. Нудельман Я. Л., Эрлих Л. Б. Волнообразования на поверхности некоторых деталей машин. Докл. АН СССР, 1952, т. 85, № 5.
5. Вайнштейн Э. Е., Гогоберидзе Д. Б., Флерова М. Н. Рентгено-спекроскопическое изучение изгиба кристаллов слюды с помощью спектрографа Иоганна. Ж. эксперим. и теор. физ., 1940, т. 10, № 3, стр. 350.