

ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕЛЬЕФА ИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ

Э. Ф. ЗАЗЯН, Ю. В. КОВАЛЕВ, А. А. ХАНОНКИН

Предложен простой оптический метод исследования поверхности естественного скола циклически деформированного ионного монокристалла. Метод основан на трансформировании оптического изображения цилиндрического зеркала. Получены экспериментальные результаты, подтверждающие возникновение складчатого рельефа на поверхности циклически деформированных кристаллов каменной соли и бромистого калия.

В работах [1—3] содержатся экспериментальные данные и теория возникновения складчатого рельефа на поверхности циклически деформированных материалов. В настоящей работе для исследования деформационного рельефа были выбраны ионные кристаллы. Выбор объекта вызван отсутствием в литературе данных о возможности возникновения складчатого рельефа на поверхности хрупких материалов. Кроме того, естественный скол ионного кристалла является удобным для получения рефлексов видимого света, излучаемого точечным источником. При этом оказалось целесообразным использовать оптику трансформированных изображений при самоувеличении изогнутого кристалла [4].

Методика эксперимента заключалась в том, чтобы получить на описанном в [5] изгибающем устройстве рефлексы от изогнутых кристаллов в фокусе зеркала, перед фокусом и за фокусом. На рис. 1 представлен набор 28 рефлексограмм, 14 из которых были получены между поверхностью кристалла и его фокусом, а остальные — за фокусом кристалла. В качестве кристаллической пластинки, дававшей рефлекс, использовалась пластинка монокристалла каменной соли, изогнутая до радиуса 200 мм. Фокусное расстояние при косом освещении кристалла (вогнутого зеркала) получалось равным 70 мм, а рефлексы представляли собой сечения отраженного пучка, перпендикулярные к его оси и пересекающие пучок через каждые 5 мм.

Рассмотрим детально полученную картину. У поверхности кристалла рефлекс по своей площади получился в натуральную величину отражающей поверхности кристалла. На нем просматриваются дефекты скола. При приближении к фокусу кристалла картина становится менее четкой, а фокус приобретает форму гантели. Можно полагать, что кристалл изогнулся не по цилиндрической, а скорее по седлообразной поверхности, о чем свидетельствует «гантель» в фокусе кристалла. За фокусом размытие изображения усиливается. Однако нельзя сказать, что картина за фокусом становится просто бесформенной. Наоборот, на всех рефлексограммах обнаруживается четкий контур, который на самом большом расстоянии приближается к прямоугольнику. Другими словами, на большом расстоянии мы получаем трансформированное и увеличенное изображение отражающей поверхности кристалла. Поскольку описанный эксперимент был повторен, по крайней мере, 10 раз и получены аналогичные результаты, можно счи-

тять экспериментально установленным эффект трансформирования при использовании точечного источника видимого света, в отличие от аналогичных работ [4, 6] в рентгеновском излучении.

Сравним теперь рефлексограммы перед фокусом и за фокусом кристалла. Рефлексограмма у самой поверхности кристалла, как мы уже указывали, дает четкую картину поверхности кристалла в отраженном свете. Однако некоторые детали на такой «барретограмме» оказываются непонят-

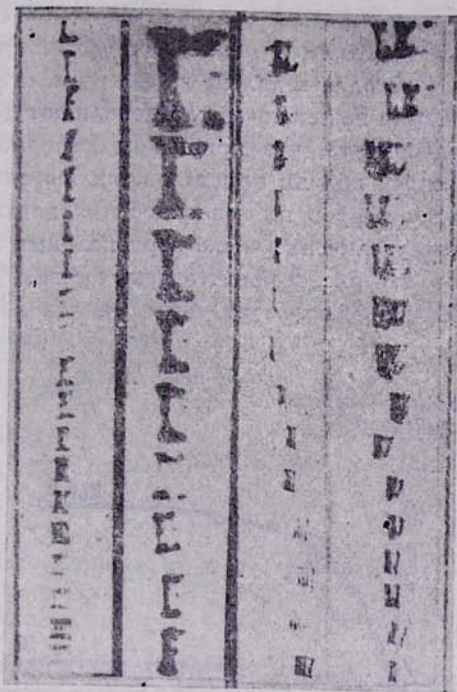


Рис. 1.

Рис. 2.

Рис. 1. Оптические рефлексограммы, полученные от однократно-изогнутого монокристалла $NaCl$ методом трансформирования изображения: 14-ая слева соответствует фокусу цилиндрического зеркала (уменьшено в 6 раз).

Рис. 2. Картина оптического самоувеличения, полученная от изогнутого монокристалла $NaCl$ (после 0,5 цикла и после 5 циклов нагружения) на различных расстояниях перед фокусом и за фокусом.

ными. Действительно, когда речь идет о барретограмме, получаемой в рентгеновском излучении, то белые пятна характеризуют в ней дезориентацию в соседних областях кристаллов и, в конечном счете, являются изображением кристалла, не удовлетворяющим условию Вульфа—Брэгга. Здесь же в области видимого света нет условий, ограничивающих закон отражения света. Здесь, казалось бы, должна работать на отражение вся поверхность кристалла. Однако белые пятна на рефлексах все же имеются. Их природа становится понятной, если проанализировать рефлексограммы на большом расстоянии. А последние являются размытыми не столько в результате

дефокусировки, сколько из-за неоднородности изгиба отражающей поверхности монокристалла. Отдельные участки поверхности кристалла имеют микрокривизну, сильно отличающуюся от кривизны кристалла в целом. Какова же конкретно эта неоднородность, показывают рефлексы в фокусе (гантель) и рефлексы, полученные на большом расстоянии за фокусом. В частности, самые далекие рефлексы имеют в центре большую белую область, которая получилась в результате седлообразного изгиба монокристалла. Образование «седла» может быть связано с концентрацией напряжений у отверстий [5] в передней стальной пластине (отверстием в пластине является окошко). Таким образом, рефлексы, сфотографированные у самой поверхности кристалла и далеко за фокусом, с точки зрения получаемой от них информации не исключают, а дополняют друг друга.

Существенно подчеркнуть, что признаком деформационного рельефа на рефлексах, полученных вблизи кристалла, являются вертикальные полосы, адекватные числу гофров на поверхности кристалла [1—3]. Обращает на себя внимание увеличение числа вертикальных полос по мере увеличения числа циклов. На рис. 3 представлена кривая, изображающая зависимость числа поперечных полос от числа циклов для кристаллов бромистого калия.

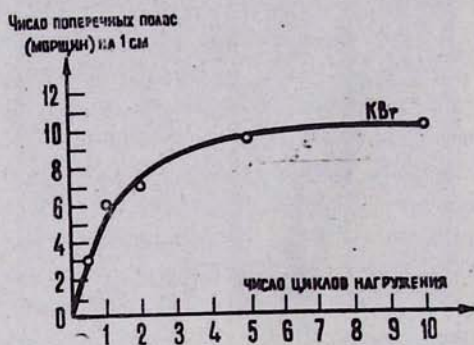


Рис. 3. Зависимость числа поперечных полос (морщин) от числа циклов нагружения деформации изгиба для кристаллов бромистого калия.

Если учесть, что при косом освещении кристалла легко обнаруживаются гофры на поверхности кристалла, то светлые вертикальные полосы можно трактовать как участки трансформированного изображения, соответствующие выпуклостям гофра. Число «морщин» на поверхности ионного кристалла можно поставить в соответствие с числом волн, образованных в результате потери устойчивости поверхностного слоя ионного кристалла [2].

На рис. 2 показан характер рефлексов, полученных на различных расстояниях от одного и того же образца каменной соли после полуцикла и после пяти циклов. С целью получения достоверных сведений мы сравнивали рефлексы, полученные на различных расстояниях от кристалла (строго говоря, можно было бы ограничиться гораздо меньшим числом расстояний от кристалла). Тем не менее, сравнивая рефлексограммы после полуцикла и пяти циклов, можно заключить следующее.

1. Циклическая деформация, несомненно, приводит к резкой дефокусировке фокальной линии. Действительно, судя по рефлексограммам, полученным после полуцикла, девятая рефлексограмма характеризует фокальную линию кристалла, однако девятая рефлексограмма после пяти циклов не является фокусом кристалла. Скорее таковым является 4-ая рефлексограмма, полученная после пяти циклов. Таким образом, циклическая деформация изменяет фокусное расстояние кристалла. Ведь все рефлексограммы были получены при строго фиксированных параметрах перемещения опор изгибающего устройства. Стальные пластины, сжимающие кристалл, в каждом цикле деформации имели радиус изгиба 200 мм, при котором происходила фотосъемка. Между тем явление потери устойчивости, приводящее к изменению фокусного расстояния зеркала, в кристалле проявляется настолько сильно, что жесткости стальных пластин не хватило бы, чтобы его предотвратить.

2. Если обратить внимание на рефлекс, полученные у поверхности кристалла, то видно, что число гофров после пяти циклов увеличилось.

Таким образом, разработанный оптический метод исследования оказался эффективным для изучения деформационного рельефа циклически деформированного ионного кристалла.

Ереванский политехнический
институт

Одесский государственный
университет

Поступила 30.V.1975

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Г. Лозинский. Строение и свойства металлов и сплавов при высоких температурах, Металлургиздат, 1963.
2. Л. Б. Эрлих. Циклическая прочность металлов, Изд. АН СССР, М., 1962.
3. Л. Б. Эрлих. ФММ, 9, 57 (1960).
4. А. А. Ханонкин. Тезисы докладов шестой научной конференции по проблеме прочности и пластичности металлов и сплавов, Л., 1969, стр. 163.
5. Г. К. Андрижиевский, Л. М. Моисеев, А. А. Ханонкин. Заводская лаборатория, № 9, 1151 (1970).
6. А. А. Ханонкин, Л. М. Моисеев. Тезисы докладов шестой научной конференции по проблеме прочности и пластичности металлов и сплавов, Л., 1969, стр. 36.

ԻՈՆԱՅԻՆ ԲՅՈՒՐԵՂՆԵՐԻ ԴԵՖՈՐՄԱՑԻՈՆ ՌԵԼԵՖԻ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ ՕՊՏԻԿԱԿԱՆ ԵՂԱՆԱԿՈՎ

Զ. Ֆ. ՋԱԶՅԱՆ, ՅՈՒ. Վ. ԿՈՎԱԼԵՎ. Ա. Ա. ԽԱՆՈՆԿԻՆ

Ստացված են փորձնական տվյալներ, որոնք վկայում են ցիկլիկ դեֆորմացիայի ենթարկված իոնային բյուրեղի վրա ծալքերի առաջացման և նրանց թվի աճման մասին:

THE OPTICAL METHOD OF INVESTIGATION OF DEFORMATION RELIEF OF IONIC CRYSTALS

Z. P. ZAZYAN, Y. V. KOVALEV, A. A. KHANONKIN

The experimental data are obtained which witness the formation and the increase of the number of layers on the surface of an ion crystal subjected to cyclic