Доклады Академии наук СССР
1955. Том 104, № 3

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ

В. И. СТАРЦЕВ и В. М. КОСЕВИЧ

О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ДВОЙНИКОВ В ВИСМУТЕ, ЦИНКЕ И СУРЬМЕ

(Представлено академиком В. Г. Курдюмовым 27 V 1955)

В данной работе было проведено исследование взаимодействия двойников, принадлежащих к различным системам, при их пересечении друг с другом. Исследование проводилось при комнатных температурах на монокристаллах висмута, цинка и сурьмы в различных условиях нагружения (изгиб, сосредоточенная нагрузка и т. д.). При этом оказалось, что характер взаимодействия определяется в первую очередь свойствами металла и в меньшей степени зависит от способа деформирования.

Обнаружены и исследованы следующие случаи взаимодействия двойников.

I. Под действием нагрузки в монокристалле вначале создается двойниковая прослойка одного направления, размеры которой увеличиваются с ростом нагрузки. При некотором значении нагрузки происходит двойникование в новом направлении. Пока двойники не касаются друг друга, развитие их происходит обычным образом ([1]). При соприкосновении нового двойника со старым распространение нового двойника прекращается, несмотря на увеличение нагрузки. Когда нагрузка станет достаточно большой, распространение нового двойника может возобновиться. При этом он может вызвать в старом двойнике вторичный двойник (на рис. 1 обозначено: *1* — новый двойник, *2* — вторичный двойник). В месте выхода вторичного двойника при дальнейшем увеличении нагрузки возникает следующая первичная двойниковая прослойка *a*.

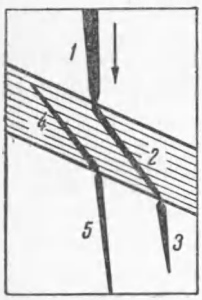


Рис. 1. Общая схема взаимодействия двойников двух различных направлений. Заштрихована двойниковая прослойка, возникшая первой. Стрелкой указано направление распространения новой двойниковой прослойки

Такая схема проникновения одного двойника сквозь другой без разрыва чаще всего осуществляется в сурьме (рис. 2 *A*, участок *a*). В месте пересечения двойников происходит их заклинивание, и если до пересечения двойник был упругим, то потом он проявляет упругие свойства только вне пересечения ([2]). Обнаружить упругие свойства у вторичного двойника нам не удалось. При увеличении нагрузки происходит обычное расширение двойников, причем вторичный двойник расширяется медленнее. Заклинивание двойников указывает на значительные искажения кристаллической решетки в месте их пересечения.

Проникновение одного двойника сквозь другой и дальнейшее его распространение в сурьме наблюдается при достаточно большой нагрузке. В висмуте такое проникновение встречается реже, в цинке совсем редко. В висмуте оно встречается тогда, когда старая двойниковая прослойка не шире 0,03 мм или, как и в цинке, в специальных случаях нагружения, например при изгибе в плоскости, параллельной старой двойниковой прослойке.

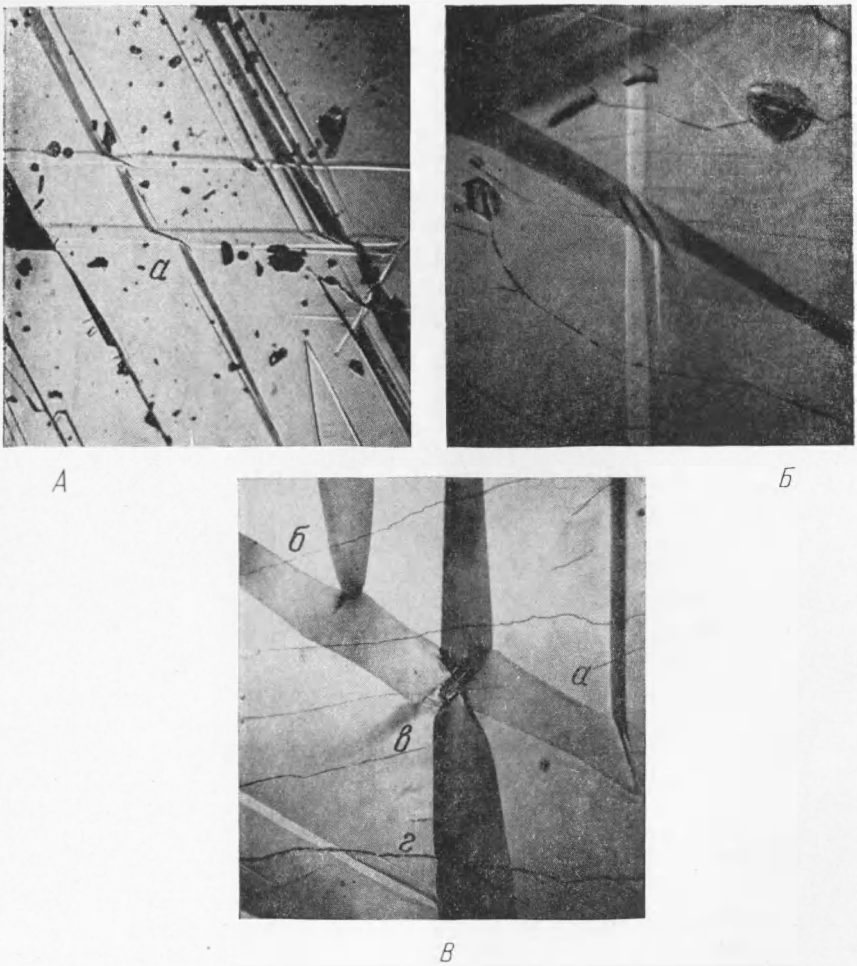


Рис. 2. Микрофотографии плоскостей спайности монокристаллов с вызванными двойниками. *А* — сурьма, *Б* — висмут, *В* — цинк

В цинке новый двойник, встретив старый, часто способен вызвать в нем только вторичный двойник (рис. 2 *В*, участок *а*), не распространяясь дальше даже при значительном увеличении нагрузки, которое приводит только к расширению первичного двойника и резко отстающему от него расширению вторичного. Еще чаще в цинке новый двойник, встретив старый, вообще прекращает распространение, даже не вызвав вторичного (рис. 2 *В*, участок *б*). В этом случае вторичный двойник не вызывается никаким увеличением нагрузки.

В цинке часто наблюдается разрывное проникновение нового двойника сквозь старый. При этом новый двойник, коснувшись старого, сначала прекращает свое распространение, а затем, при повышенной нагрузке, вызывает новый двойник с противоположной стороны старого двойника, в месте, лежащем на продолжении первичного двойника (рис. 1, участок *1* и *5*). При значительном увеличении нагрузки могут возникнуть вторичные двойники *2* и *4*. Их возникновение тем затруднительнее, чем шире старая двойниковая прослойка.

В висмуте чаще всего возникают все типы двойников, изображенные на рис. 1 (см. рис. 2 *Б*). Последовательнось их возникновения различна и зависит, вероятно, от распределения напряжений при соприкосновении двойников. В цинке взаимодействие по полной схеме не было обнаружено. В сурьме такое взаимодействие встречается, однако без возникновения вторичного двойника *4*.

Описанные явления можно объяснить следующим образом: так как при комнатных температурах в висмуте и особенно в сурьме скольжение не происходит или происходит очень слабо, двойниковая прослойка в этих металлах имеет мало искаженную кристаллическую решетку. В совокупности с основным кристаллом она может рассматриваться как закономерное кристаллическое образование, имеющее на границе регулярное сопряжение ([3]), что подтверждается наличием упругого двойникования сурьмы и упругого изменения поперечных размеров двойников в висмуте ([2]). Весьма вероятно, что закономерностью этого кристаллического образования и обусловливается та легкость, с которой новые двойники в сурьме и висмуте проникают сквозь старые при помощи вторичных двойников.

В цинке систему основной кристалл — двойниковая прослойка нельзя считать кристаллическим образованием с незначительными искажениями из-за высокой пластичности цинка и легкости возникновения скольжения в нем, что нарушает закономерность перестройки решетки при двойниковании. В результате пограничные области возле двойника должны быть сильно упрочненными, и новый двойник, встретив на своем пути старый, может прекратить свое распространение. Образование прерывистых двойников в цинке можно объяснить тем, что старый двойник не проходит через всю глубину кристалла. Тогда двойник *5* (рис. 1) представляет обычное продолжение двойника *1*, обошедшего снизу старый двойник.

II. Второй случай взаимодействия состоит в том, что два пересекающихся двойника одновременно увеличиваются. В этом случае в цинке взаимное пересечение почти не препятствует расширению каждого двойника в отдельности. В месте пересечения двойники, расширяясь, четко отделяются друг от друга, создавая сложный кристаллический комплекс (рис. 2, *В*, участок *в*). В висмуте взаимное пересечение двойников препятствует в большей степени их дальнейшему расширению. В сурьме взаимное пересечение оказывает резкое влияние на последующее развитие двойников. В месте пересечения они остаются очень узкими, а расширяются только на некотором расстоянии от него.

Объяснить это можно тем, что в цинке вследствие его высокой пластичности, возможна перестройка, не отличающаяся строгой закономерностью. В висмуте и сурьме слабое проявление пластичности препятствует произвольному развитию двойника, и место пересечения, таким образом, оказывает сильное заклинивающее действие.

В сурьме и висмуте двойникование обычно заканчивается раскалыванием по плоскости спайности. Трещины, возникающие перед расколом, могут вести себя упругим образом, т. е. залечиваться после снятия нагрузки. Залечивание происходит до такой степени, что наблюдение в микроскоп не позволяет уловить следов трещины. Заметим, что упругое развитие трещин по плоскости спайности уже наблюдалось в каменной соли и слюде (4).

Харьковский институт
механизации сельского хозяйства

Поступило
18 III 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] И. А. Гиндин, В. И. Старцов, ЖЭТФ, 20, 738 (1950). [2] В. И. Старцев, В. М. Косевич, ДАН, 101, 861 (1955). [3] Л. С. Палатник, Тр. физ. отд. физ.-матем. фак. Харьковск. гос. унив., 4, 183 (1953). [4] I. W. Obreimoff, Proc. Roy. Soc. London, 127 (A), 290 (1930).