

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Б. М. РОВИНСКИЙ и Н. Д. ГАМБАШИДЗЕ

**ПЕРИОДИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫДЕЛЕНИЙ
В МЕДНО-БЕРИЛЛИЕВОМ СПЛАВЕ ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО
СТАРЕНИЯ**

(Представлено академиком Е. А. Чудаковым 27 XI 1950)

Выделение новых образований из пересыщенных твердых растворов ряда металлов при естественном или искусственном старении происходит обычно вдоль определенных кристаллографических направлений или по границам зерен основной фазы. В начальной стадии, как показали весьма деликатные рентгенографические исследования, в пересыщенном растворе происходит выделение тонких двухмерных образований. Впоследствии эти выделения коагулируют и тогда они обнаруживаются электронно-микроскопическим или микроскопическим путем.

В настоящем сообщении приводятся данные о периодическом распределении резко коагулированных выделений в кристаллитах основной фазы. Подобное распределение выделений, повидимому, ранее никем не наблюдалось.

1. Сплав меди с 2 вес. % бериллия, приготовленный из чистых металлов, отожженный после сплавления и проковки при температуре 600°, хранился около 15 лет. Из этого сплава была изготовлена тонкая пластиночка, доведенная путем шлифовки и полировки до толщины 0,07 мм. Пластиночка, плотно прижатая к эмульсии мелкозернистой фотографической пластиинки и завернутая в черную бумагу, просвечивалась монохроматическим пучком рентгеновских лучей от молибденового анода.

На экспонированных таким путем и специальным способом проявленных рентгенограммах при просмотре их под микроскопом с увеличением 60—120 была замечена периодичность в характере структуры.

При увеличении 60 на микрорентгенограммах выявились квадратная сетка на светлом фоне. При уменьшении экспозиции в узлах сетки выявились лишь темные точки на светлом фоне, расположенные в строго периодическом порядке на расстоянии около 0,014 мм друг от друга.

Микрорентгенограмма ($\times 120$), представленная на рис. 1 (см. вклейку к стр. 376), отчетливо показывает характер распределения точек и сочленение областей с различной ориентировкой сеток. Судя по размерам и по структуре, эти области представляют собой отдельные кристаллиты.

На микрорентгенограмме ($\times 60$), представленной на рис. 2, ориентировка кристаллитов является иной: плоскость (100) не совпадает с направлением пучка лучей в просвечиваемом образце и, поэтому на микрорентгенограмме выявились штрихованные поля.

Из этого же сплава был затем изготовлен шлиф. После травления концентрированной азотной кислотой на нем проявились крупные зерна

размером до 1 мм. При исследовании шлифа металломикроскопом в нем была обнаружена едва заметная периодичность в структуре кристаллитов. Периодичность эта при микроскопическом исследовании структуры травления с боковым освещением (освещением, приближающимся по характеру к темнопольному) при увеличении 60—120 оказалась весьма отчетливой.

На рис. 3 приводится микрофотограмма ($\times 120$), демонстрирующая строго периодический порядок распределения светлых точек на темном фоне в центрах квадратов размером также около 0,014 мм. Такой характер распределения светлых точек на темном фоне обнаруживался нами, однако, лишь в кристаллитах, ориентированных определенным образом, вероятно, плоскостью (100) параллельно поверхности шлифа. Кристаллиты с другой ориентировкой дают иную структуру травления.

На рис. 4 мы приводим микрофотографию ($\times 60$) с резко выраженным штрихованным полями.

2. Исследовавшийся образец с периодической структурой был помещен нами в вакуумную печь, выдержан в ней в продолжение 5 час. при температуре 600° и закален. После этой обработки микроструктура образца оказалась однородной и мелкозернистой. Затем образец был подвергнут искусенному старению — выдержке в печи при 350° в продолжение 10 час. — и вновь исследован металлографическим путем. При этом были обнаружены выделения, крайне неравномерно распределенные в поле и по границам зерен, размеры которых не превосходили $0,1—0,2$ мм.

3. Приведенные микрорентгенограммы и микрофотографии с достаточной отчетливостью, нам кажется, демонстрируют периодический характер распределения выпавшей в кристаллитах новой фазы. В исходной α -фазе — пересыщенном твердом растворе берилля в меди — в результате длительного естественного старения произошло выделение γ -фазы — соединения CuBe — и коагуляция этих выделений вдоль кристаллографических плоскостей.

Так как γ -фаза является мало поглощающей рентгеновские лучи по сравнению с α -фазой, то темные точки и штрихи свидетельствуют о концентрации ее по границам областей, имеющих форму кубов размером около 0,014 мм. Ребра последних, нормальные к поверхности просвечиваемой пластиночки, особенно отчетливо выявились на микрорентгенограммах в виде точек или штрихов.

Аналогичным образом зоны концентрации выпадений выявились на микрофотографиях вследствие неоднородности травления.

4. Периодическое распределение выпадений могло возникнуть следующим образом.

Исходные кристаллиты пересыщенного твердого раствора берилля в меди были уже первоначально после термической обработки достаточно крупными и несовершенными. Такие кристаллиты представляются нам сложенными из однородных по размерам и взаимно несколько повернутых блоков. Кристаллическая решетка в области сочленения этих блоков является, вероятно, достаточно сильноискаженной. Поэтому выделения концентрировались по границам блоков кубической формы, окружая их равномерным слоем. В результате длительного старения и интенсивности диффузионных процессов в несовершенных кристаллитах слой выделений оказался достаточно заметным.

Таким образом, фаза выделения сыграла роль фиксатора первоначально возникшей довольно грубой мозаичной структуры кристаллитов.

При недостаточной длительности процесса естественного старения выделения не успевают вырасти до заметной толщины, и поэтому периодический характер их распределения и мозаичное строение кристаллитов.

тов пересыщенных растворов могут оставаться незамеченными. Возможно, однако, что решающую роль в обнаружении периодического характера распределения выделений сыграла использованная нами методика исследования.

При искусственном старении диффузионные процессы протекают, возможно, иным образом, и поэтому в подобных сплавах не возникает периодического распределения выделений и мозаичная структура оказывается незафиксированной или имеет иной характер.

Институт машиноведения
Академии наук СССР

Поступило
10 XI 1960

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМИСТОРОВ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕМЕНТОВ НЕЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ

(Принятое к рецензии А. Н. Бондарев 20 XI 1960)

В различных областях техники широко применяются нелинейные электрические сопротивления типа термисторов. К этой категории относятся сопротивления, нелинейность которых обусловлена теплом, выделяющимся при прохождении тока. Различные нелинейные сопротивления характеризуются, в первую очередь, своей температурной характеристикой, которая для значительного числа термисторов может быть представлена аналитическим выражением

$$U = Kt^\alpha,$$

где K — коэффициент нелинейности, α — показатель нелинейности.

Различают термисторы с отрицательным показателем нелинейности (полупроводники) и термисторы с положительным показателем нелинейности. К числу нелинейных элементов с положительным коэффициентом нелинейности относится также и лампа Нандельванде с вольфрамовой нитью.

В литературе имеются данные о показателе нелинейности для некоторых типов термисторов [1]. Эти данные, характеризующие значительный разброс в величине показателя нелинейности даже для термисторов одной и той же серии, не дают, однако, усещения о том, как же показатель нелинейности может быть получен в этом «худшем» случае.

В лаборатории химической физики АН УзбАССР были исследованы различные нелинейные элементы (теристоры и термисторы) с током 10 мА и 100 мА приложением их к магистральным трубопроводам сечением 100 мм в результате квадратичной зависимости между напряжением и током.

На основании полученных некоторыми авторами данных, относящихся к одному из типов исследований нелинейных сопротивлений, а именно к термисторам с линейной зависимостью, можно сделать предположение, что в стекле нелинейных элементов попытка воспроизвести подобные формулы нет никакой возможности, так как α для них не может быть равен единице [2].

На числах различных металлов (вольфрам, золото, меди, никель, платина) вольфрамовые лампы нелинейны и термисторы, которые они, тоже нелинейны, но в стекле они измеряют квадратичную зависимость тока от напряжения. Тогда скажем, что измеренные