

УДК 548.735:669.872

## ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ В БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ СПЛАВАХ СИСТЕМЫ ИНДИЙ – КАДМИЙ

ВАН ЦЗИНЦЗЕ, В.Г. ШЕПЕЛЕВИЧ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Минск, Беларусь

Сплавы индия находят применение в электронике и электротехнике, в авиационной и автотракторной промышленности, в машиностроении и медицине. Из-за немалой стоимости индия целесообразно использовать для изготовления его полуфабрикатов энерго- и ресурсосберегающие технологии, к которым относится и высокоскоростная кристаллизация. В связи с этим в данной работе представлены результаты исследования структуры и механических свойств быстрозатвердевших фольг сплавов системы индий – кадмий, содержащих от 1 до 5 ат. % Cd.

Быстрозатвердевшие фольги сплавов получены кристаллизацией капли расплава, инжестируемой на внутреннюю полированную поверхность быстровращающегося медного цилиндра. Для исследования использовались фольги толщиной 40...80 мкм. Скорость охлаждения расплава составляла  $\sim 5 \cdot 10^5$  К/с. Рентгеноструктурные исследования выполнены на дифрактометре ДРОН – 3. Межплоскостное расстояние  $d_{101}$  определялось по положению дифракционной линии 606. Полюсные плотности дифракционных отражений рассчитывались по методу Харисса. Растровый электронный микроскоп LEO 1455 фирмы «Карл Цейс» использовался для исследования морфологии поверхности и микроструктуры сплавов. Микротвердость фольг измеряли на приборе ПМТ – 3 с использованием нагрузки 2,0 г. Время выдержки индентора под нагрузкой 60 с.

Быстрозатвердевшие сплавы, содержащие 1...4 ат. % Cd, являются однофазными. Относительное различие концентраций кадмия в различных участках фольги сплава In – 4 ат. % Cd не превышает 10 %, что находится в пределах погрешности ее измерения. Наблюдаемое распределение кадмия в индии указывает на отсутствие его вытеснения из твердой фазы в жидкость в процессе перемещения фронта кристаллизации. Таким образом, образование твердого раствора кадмия в индии при высокоскоростной кристаллизации со скоростью  $5 \cdot 10^5$  К/с происходит с «захватом» кадмия. В твердых растворах системы индий – кадмий наблюдается уменьшение межплоскостного расстояния  $d_{101}$  с увеличением концентрации кадмия, что обусловлено различием металлических радиусов кадмия индия.

Быстрозатвердевший сплав In – 4,5 ат. % Cd является двухфазным. На дифрактограмме наблюдаются дифракционные рефлексы кубической фазы (200, 220, 331) и тетрагональной фазы (101, 200, 211, 202). На границах зерен, выходящих на поверхность фольги, наблюдаются выступы плоскопараллельных пластин, что свидетельствует о сдвиговом механизме

перестройки кристаллической решетки при фазовом превращении. В процессе охлаждения фольги происходит мартенситное превращение, которое не завершается полностью. Остаточной фазой является кубическая фаза.

Легирование индия кадмием (в области образования твердых растворов) оказывает незначительное влияние на зеренную структуру быстрозатвердевших фольг. Так, средний размер зерна в фольге сплава In – 4 ат. % Cd составляет 59 мкм, а величина удельной поверхности межзеренных границ – 70 мкм<sup>-1</sup>. Доля зерен, в которых наблюдаются субзеренные границы, не превышает 15 %.

Быстрозатвердевшие фольги сплавов индия являются текстурированными. В табл. 1 приведены значения полюсных плотностей дифракционных линий индия и сплава In – 4 ат. % Cd.

Табл. 1. Значения полюсных плотностей дифракционных линий

Материал	Дифракционные линии							
	002	110	112	200	103	211	202	213
In	0,7	0,6	0,7	0,8	0,4	0,7	3,5	0,6
In-1 ат.%Cd	0,1	0,0	0,9	0,8	9,1	0,1	5,0	1,0
In-4 ат.%Cd	0,6	0,7	0,7	1,0	0,5	0,2	3,7	0,6

Наибольшим значением полюсной плотности характеризуется линия 202, что указывает на формирование текстуры (101) в фольге. Около 50 % объема фольги ориентировано плоскостью (101) параллельно ее внешней поверхности. По мере перемещения фронта кристаллизации от поверхности, контактирующей поверхности с кристаллизатором, к противоположной поверхности текстура (101) ослабевает. Формирование текстуры в быстрозатвердевших фольгах индия и его сплавов с кадмием обусловлено тем, что расстояние между плоскостями (101) является наибольшим. Это обеспечивает наибольшую скорость роста тех зерен, у которых указанные плоскости совпадают с межфазной границей кристалл-жидкость и перпендикулярны направлению теплоотвода.

Микротвердость быстрозатвердевших фольг сплавов индия с кадмием увеличивается с ростом концентрации легирующего элемента, что свидетельствует о действии твердорастворного механизма упрочнения. Различие размеров и валентностей атомов индия и кадмия приводит к упругому и электрическому взаимодействию движущих дислокаций с нарушениями периодичности кристаллической решетки, которые тормозят движение дислокаций в матрице.