

МИКРОСТРУКТУРА БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ ТРОЙНОЙ ЭВТЕТИКИ СИСТЕМЫ Sn – Bi – Pb

Гусакова О.В.¹, Шепелевич В.Г.²

¹Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова

Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет

Минск, Республика Беларусь

Эвтектика системы Sn – Bi – Pb, а также сплавы Розе и Ньютона, относящиеся к этой же системе и имеющие температуру плавления близкую к 90 °С, используются в качестве припоев. Качество пайки в значительной мере зависит от микроструктуры припоев [1]. В последние два десятилетия ведутся исследования по получению припоев методом высокоскоростного затвердевания [2], при котором жидкая фаза охлаждается со скоростью не менее 10⁵ К/с и затвердевает в виде фольг толщиной в несколько десятков микрон. Припои в виде фольг удобны при пайке тонкостенных изделий, экономны в расходе и позволяют автоматизировать процесс пайки. Быстрозатвердевшие фольги отличаются структурой и свойствами от массивных образцов, получаемых при малых и средних скоростях охлаждения. В связи с этим исследование микроструктуры быстрозатвердевшей эвтектики является актуальным.

Сплав тройной эвтектики 16 мас. % Sn – 52 мас. % Bi – 32 мас. % Pb получался из компонент, чистота которых была не хуже 99,99 %. Для изготовления фольг использовалась средняя часть слитка предварительно сплавленного в кварцевой ампуле. Капля расплава инжестировалась на внутреннюю полированную поверхность быстровращающегося медного цилиндра. При кристаллизации получались фольги длиной до 10 см и шириной до 1 см. При исследовании использовались фольги толщиной 40...70 мкм. Скорость охлаждения жидкой фазы для них составляла ≈ 10⁵ К/с [3]. Микроструктура наблюдалась с помощью РЭМ LEO 1445 VP в отраженных электронах. Расчет параметров микроструктуры осуществлялся методом металлографического анализа. Текстура фольг исследовалась рентгеноструктурным анализом с помощью обратных полюсных фигур. Полюсные плотности дифракционных линий рассчитывались методом Харриса [4].

Рентгеноструктурные исследования показали, что фольги имеют трехфазную структуру. В отличие от квазиравновесной кристаллизации тройной эвтектики при которой формируется структура, состоящая из фаз Sn, Pb и Bi [5], в быстрозатвердевших фольгах кроме олова присутствуют фаза висмута и ε-фаза, которую образуют свинец и висмут. Эта фаза устойчива при

температуре ниже 184 °С, имеет переменный состав и гексагональную структуру [6].

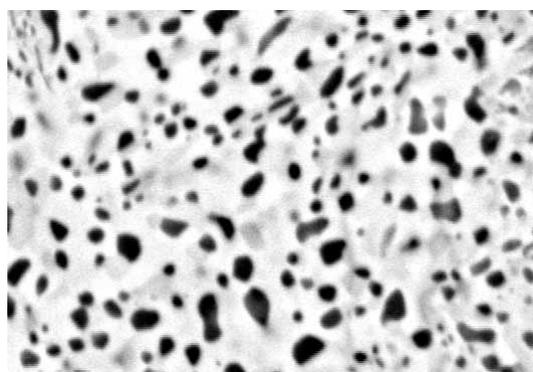
Результаты исследования текстуры фольг приведены в таблице 1. У стороны фольги, прилегающей к кристаллизатору (А) наблюдается повышенная полюсная плотность плоскости (100) Sn, а также плоскостей (10 $\bar{1}$ 2) Bi и (10 $\bar{1}$ 1) ε-фазы. Полюсная плотность указанных плоскостей у свободно затвердевающей стороны (В) понижается. Аналогичные результаты наблюдались при сверхбыстром затвердевании фольг висмута и олова [7-8].

Таблица 1 – Значения полюсных плотностей дифракционных линий олова, висмута и ε-фазы

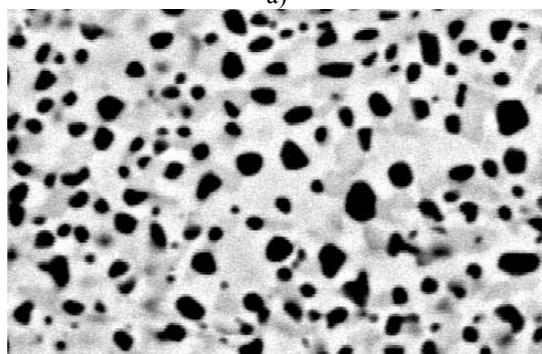
Дифракционные линии	Поверхность фольги	
	А	В
Фаза висмута		
10 $\bar{1}$ 2	2,9	1,6
10 $\bar{1}$ 4	1,3	1,2
11 $\bar{2}$ 0	0,3	1,2
20 $\bar{2}$ 0	0,7	0,7
20 $\bar{2}$ 2	0,7	0,8
21 $\bar{3}$ 0	0,5	0,7
21 $\bar{3}$ 2	0,6	0,7
0009	1,0	1,1
Фаза олова		
200	2,9	1,4
101	0,7	1,1
220	0,7	1,0
211	0,4	0,6
301	0,5	0,7
112	0,8	1,2
ε-фаза		
10 $\bar{1}$ 0	3,1	2,5
0002	0,6	0,5
11 $\bar{2}$ 0	1,6	1,5
10 $\bar{1}$ 2	0,5	0,6
11 $\bar{2}$ 0	0,3	0,3
10 $\bar{1}$ 3	0,5	0,6
11 $\bar{2}$ 2	0,6	0,8
20 $\bar{2}$ 1	0,8	1,2

Фотография микроструктуры поверхности фольги, контактирующей с кристаллизатором (А) и свободно затвердевающей поверхности (В)

приведены на рисунке 1. На обеих поверхностях фольги четко выделяются черные области, которые, как показал рентгеноструктурный микроанализ, соответствуют олову.



а)



б)

а – сторона прилегающая к кристаллизатору,
б – свободно затвердевающая сторона.

Рисунок 1 – Микроструктура фольг сплава Sn – Bi – Pb

Выделения олова распределены однородно, имеют в основном округлую форму, некоторые из них обладают огранкой. Включения олова окружены светлыми и темно серыми выделениями, что указывает на существование ещё двух фаз: серая – Bi, светлая – ϵ -фаза. Объемная доля олова, в слое, прилегающем к поверхности A (V_A) фольги равна 0,12, в слое, прилегающем к поверхности B $V_B = 0,24$. Среднее значение хорд, находящихся на сечениях частиц олова $d_A = 0,27$ мкм, $d_B = 0,46$ мкм, а также удельная поверхность межфазных границ олова с матрицей $S_A = 1,7$ мкм⁻¹ и $S_B = 2,3$ мкм⁻¹. Величина удельной поверхности фазы в сплаве зависит от её объема, размера и формы частиц. В исследуемых быстрозатвердевших фольгах тройной эвтектики Sn – Bi – Pb определяющим фактором является объемная доля олова.

Распределение хорд случайных секущих на сечениях частиц олова по размерным группам на обеих поверхностях фольги приведено на рисунке 2. Наибольшая доля хорд приходится на минимальную размерную группу для обеих поверхностей фольги.

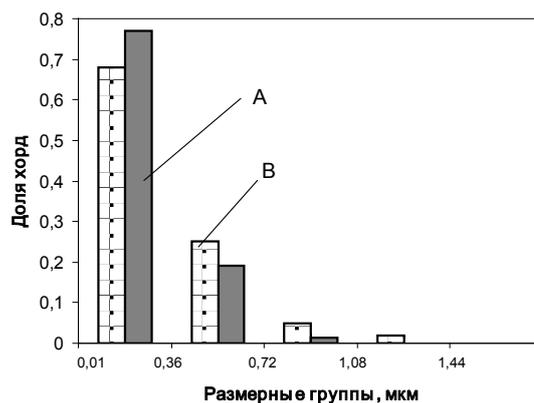


Рисунок 2 – Распределение хорд случайных секущих на сечениях частиц олова по размерным группам на сторонах поверхностей A и B

Неоднородность микроструктуры фольг по толщине обусловлена различными температурными режимами, при которых протекает затвердевание. По мере кристаллизации глубокое начальное переохлаждение (~100 °С), которое достигается в расплаве, снимается за счет выделения скрытой теплоты кристаллизации.

Таким образом, быстрозатвердевшие фольги имеют дисперсную многофазную структуру, микрокристаллическую зерненную структуры и текстуру (100) олова, (10 $\bar{1}$ 2) Bi и (10 $\bar{1}$ 1) ϵ -фазы.

1. Лашко С.В. Пайка металлов. М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
2. Васильев В.А., Митин Б.С., Пашков И.Н., Серов М.М., Скуридин А.А. Лукин А.А., Яковлев В.Б. Высокоскоростное затвердевание расплавов (теория, технология и материалы). М.: «СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ», 1998. – 400 с
3. Мирошниченко И.С., Закалка из жидкого состояния М.: Metallurgy, 1982. – 168 с.
4. Русаков А.А. Рентгенография металлов. М., Атомиздат. 1977. – 480 с.
5. Захаров М.В. Диаграммы состояния двойных и тройных металлических систем М.: Metallurgy, 1990. – 240 с.
6. Хансен М, Андерко К. Структуры двойных сплавов М.НТИЛЧЦМ. 1962. – 1488 с.
7. Шепелевич В.Г. Структура и свойства тонких фольг висмута и его сплавов с сурьмой //Изв. АН. Неорганические материалы. 1988.Т.24. №4. С.542–545
8. Гусакова О.В., Шепелевич В.Г. Зеренная структура и текстура быстрозатвердевших фольг олова и его сплавов //Поверхность. Рентгеновские синхротронные и нейтронные исследования. 2011. №10. С.102–107.