

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ РАСПЛАВА НА МИКРОСТРУКТУРУ СПЛАВА Bi – 33 мас. % Sn – 15 мас. % Cd

Шепелевич В.Г., Гусакова О.В.

Белорусский государственный университет,
Минск, Беларусь

Производство припоев характеризуется постоянным ростом, обусловленным активным применением пайки в машиностроении, энергетике, автомобилестроении и др. Припой получают разными методами, что оказывает влияние на их структуру и свойства. В последние десятилетия успешно получают припои методом высокоскоростного затвердевания [1]. Высокоскоростное затвердевание относится к энерго- и ресурсосберегающим технологиям, что важно при получении сплавов, в состав которых входят дорогостоящие компоненты. В данном сообщении представлены результаты исследования микроструктуры быстрозатвердевших фольг сплава Bi – 33 мас. % Sn – 15 мас. % Cd.

Сплавна, содержащий 48 мас. % Bi, 33 мас. % Sn и 15 мас. % Cd, получен сплавлением компонентов в кварцевой ампуле. Расплав заливался в графитовую изложницу, где кристаллизовался в виде слитка, имеющего форму параллелепипеда с длиной сторон 120, 5 и 2,5 мм. Средняя скорость охлаждения расплава при этом $\approx 10^2$ К/с. Быстрозатвердевшие фольги получены расплавлением кусочка слитка ($\approx 0,2$ г) и инжектированием его на внутреннюю полированную поверхность вращающегося медного цилиндра. Расплав растекался тонким слоем и закристаллизовывался в виде фольги толщиной 30 – 80 мкм. Скорость охлаждения расплава достигала $5 \cdot 10^5$ К/с [2]. Также исследовался массивный сплав затвердевающий в печи при медленном охлаждении со скоростью 10^{-2} К/с.

Исследование структуры сплавов проведено с помощью растровой электронной микроскопии на приборе LEO 1455 VP фирмы «Карл Цейс», рентгеновского дифрактометра ДРОН-3. Расчет параметров микроструктуры проводился методом случайных секущих [3]. Текстура фольг изучалась методом обратных полюсных фигур. Полюсные плотности дифракционных линий рассчитывались по методу Харриса [4].

Изображения микроструктуры сплава Bi – 33 мас. % Sn – 15 мас. % Cd, полученного при скоростях охлаждения расплава 10^{-2} , 10^2 и $5 \cdot 10^5$ К/с, приведены на рисунке 1.

При охлаждении массивного сплава со скоростью 10^{-2} К/с образуется грубая структура, состоящая из фаз(твердых растворов) основных компонентов: Bi, Sn и Cd. Вначале кристаллизуется кадмий в виде крупных пластин (на рисунке 1 сечения пластин кадмия имеют черный цвет).

Диаметр пластин кадмия достигает 1 мм, а их толщина – 30 мкм. Между пластинами кадмия формируются выделения олова и висмута, имеющие на изображении их сечений серую и светлую окраску. Размер сечений выделений висмута находится в пределах от 0,5 до 80 мкм. Также наблюдаются области, состоящие из дисперсных частиц висмута размером от 0,5 до 3 мкм и кадмия размером ≈ 1 мкм окруженные оловом. Слиток сплава, полученный при скорости охлаждения 10^2 К/с, содержит меньшее количество пластин кадмия и имеет дисперсные выделения висмута и олова. Выделения висмута и олова однородны по форме и размеру.

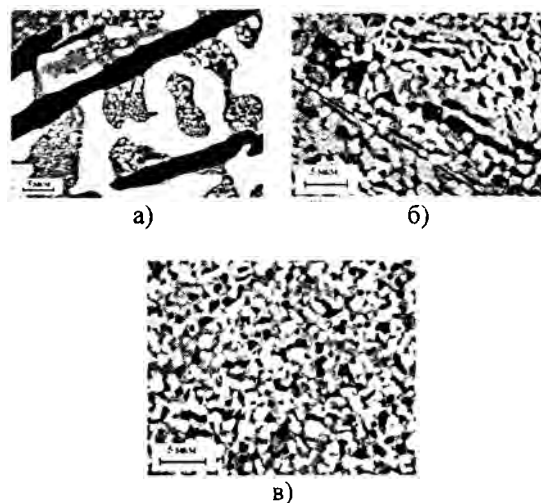


Рисунок 1 – Микроструктура сплава Bi – 33 мас. % Sn – 15 мас. % Cd, полученного при скоростях охлаждения жидкой фазы 10^{-2} (а), 10^2 (б) и $5 \cdot 10^5$ (в) К/с

Микроструктура быстрозатвердевших фольг, полученных при скорости охлаждения $5 \cdot 10^5$ К/с, более дисперсна и однородна, чем микроструктура массивных образцов. Значения объемных долей фаз в слое А, который прилегает к стороне фольги, контактирующей с кристаллизатором, в слое В, прилегающем к свободной поверхности фольги, и в слое С, расположенном в центральной области фольги, приведены в таблице 1.

Отклонение объемных долей каждой из фаз от их среднего значения по объему фольги отличается не более чем на 10 %. Это свидетельствует о макроскопическом однородном распределении фаз висмута, олова и кадмия в быстрозатвердевшей фольге.

Таблица 1 – Объемные доли фаз Bi, Sn и Cd

| Слой фольги | Объемные доли фаз | | |
|-------------|-------------------|----------|----------|
| | V_{Bi} | V_{Sn} | V_{Cd} |
| A | 0,54 | 0,25 | 0,21 |
| B | 0,54 | 0,28 | 0,18 |
| C | 0,57 | 0,24 | 0,19 |
| Ср. знач. | 0,55 | 0,26 | 0,19 |

Средние значения хорд случайных секущих, попадающих на сечения фаз, представлены в таблице 2. В слое C данный параметр имеет более высокое значение, чем в слоях вблизи поверхности фольги. Различие его значения в слое C и в слоях A и B достигает 20 %.

Таблица 2 – Среднее значение хорд секущих, попадающих на сечения фаз Bi, Sn и Cd

| Слой фольги | Средние значения хорд, мкм | | |
|-------------|----------------------------|----------|----------|
| | d_{Bi} | d_{Sn} | d_{Cd} |
| A | 0,94 | 0,55 | 0,43 |
| B | 1,15 | 0,62 | 0,50 |
| C | 0,87 | 0,52 | 0,46 |
| Ср. знач. | 0,99 | 0,26 | 0,46 |

Изучено распределения хорд случайных секущих, попадающих на сечения фаз висмута, олова и кадмия, по размерным группам. Максимальная доля хорд, находящихся на сечениях висмута, приходится на размерную группу от 0,45 до 0,90 мкм, а для хорд на сечениях олова и кадмия – от 0 до 0,45 мкм.

Быстрозатвердевшие фольги сплава характеризуются преимущественной ориентацией зерен. Рассчитаны значения полюсных плотностей дифракционных линий висмута, олова и кадмия. Максимальные значения полюсных плотностей принадлежит дифракционным линиям $10\bar{1}2$ висмута, 200 олова и 0002 кадмия. Таким образом, при высокоскоростной кристаллизации формируются текстуры $(10\bar{1}2)$ висмута, (100) олова и (0001) кадмия. Доля объема фаз с выше указанными ориентациями, у которых соответствующие кристаллографические плоскости рас-

полагаются параллельно поверхности фольги, составляют 75 % для висмута, 78 % для олова и 63 % для кадмия. Следует отметить, что аналогичные текстуры формируются в фольгах, изготовленных из используемых компонентов сплавов на их основе [6 – 8], что обусловлено преимущественным ростом кристаллитов с указанными ориентировками в направлении теплоотвода.

1. Пашков, И.Н. Разработка процессов получения и применения сплавов припоев в дисперсном состоянии с микрокристаллической или аморфной структурой / И.Н. Пашков, М.В. Пикунов, С.А. Таволжанский, А.И. Пашков // *Металлург.* 2010, № 6. С. 43 – 45.
2. Гусакова, О.В. Быстрозатвердевшие сплавы олова / О.В. Гусакова, В.Г. Шепелевич – Минск: РИВШ, 2012. – 150 с.
3. Салтыков, С.А. Стереометрическая металлография / С.А. Салтыков – М.: Металлургия, 1976. – 272 с.
4. Русаков, А.А. Рентгенография металлов / А.А. Русаков – Атомиздат, 1977. – 480 с.
5. Таран, Ю.М. Структура эвтектических сплавов / Ю.М. Таран, В.И. Мазур, – М.: Металлургия, 1978. – 312 с.
6. Шепелевич, В.Г. Взаимосвязь структуры и физических свойств сплавов висмут – сурьма / В.Г. Шепелевич, Э.Е. Гречанников – Мозырь: УО МГПУ им. И.П. Шамякина, 2007. – 128 с.
7. Гусакова, О.В. Зеренная структура и текстура быстрозатвердевших фольг олова, полученных при различных скоростях охлаждения / О.В. Гусакова, В.Г. Шепелевич // *Материалы, технологии, инструменты.* 2010. Т. 15, № 2. С. 54 – 57.
8. Шепелевич, В.Г. Структура и микротвердость быстрозатвердевших фольг сплава Bi – 50 ат. % Sn / В.Г. Шепелевич, О.В. Гусакова // *Материалы, технологии, инструменты.* 2012. Т. 17, № 4. С. 35 – 38.

УДК 538.9: 669.6

СТРУКТУРА И ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ СПЛАВОВ Sn-Cu

Шепелевич В.Г., Ковалёнок А.О.

Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

При разработке бессвинцовых припоев на основе олова в качестве легирующих элементов используются металлы с высокой температурой плавления (медь, серебро, хром, никель и др.), которые незначительно растворяются в олове и образуют с ним металлургические фазы [1-3]. В связи с этим актуальными являются исследова-

ния структуры сплавов олово–медь, полученных методом сверхбыстрой закалки из расплава.

Сплав Sn–4,0 мас. % Cu получен раствором меди в жидком олове в вакуумированных кварцевых ампулах при температуре 800°C в течение 24 ч, последующей гомонизацией при 400°C в течение 3 суток и охлаждением ампулы