

МИКРОСТРУКТУРА БЫСТРООХЛАЖДЕННЫХ ИЗ РАСПЛАВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ ОЛОВО – СВИНЕЦ

¹Белорусский государственный университет

²Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка

³Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова БГУ

⁴Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь. olnikbel@yandex.ru

Быстроохлажденные сплавы системы Sn – Pb имеют дисперсную структуру, состоящую из свинца и олова. В фольгах формируется текстура (111) свинца и (100) олова.

Сплавы системы олово – свинец с различной концентрацией компонентов широко используются в различных отраслях промышленности. На их основе изготавливаются легкоплавкие припои, подшипниковые сплавы, сплавы для кабельных оболочек и др. [1]. В последние десятилетия активно развиваются нетрадиционные технологии получения материалов, к которым относится и высокоскоростное затвердевание, при котором скорость охлаждения расплава достигает 10^5 К/с и выше [2]. Высокоскоростное затвердевание относится к ресурсо- и энергосберегающим технологиям и позволяет получать фольги толщиной в несколько десятков микрон. Однако их структура значительно отличается от структуры образцов, получаемых при малых и средних скоростях охлаждения. В связи с этим в данной работе представлены результаты исследования микроструктуры быстроохлажденных сплавов системы олово – свинец.

Сплавы системы олово – свинец получены сплавлением компонентов в кварцевой ампуле. Изготовлены сплавы следующих составов: Pb, Pb-5 ат.%Sn, Pb-10 ат.%Sn, Pb-15 ат.%Sn, Pb-20 ат.%Sn, Pb-30 ат.%Sn, Pb-40 ат.%Sn, Pb-51 ат.%Sn, Pb-62 ат.%Sn, Pb-67 ат.%Sn, Pb-73 ат.%Sn, Pb-77 ат.%Sn, Pb-80 ат.%Sn, Pb-85 ат.%Sn, Pb-90 ат.%Sn, Pb-96 ат.%Sn, Pb-98 ат.%Sn, Sn. Капля расплава массой ~0,2 г инжестировалась на внутреннюю отполированную поверхность быстровращающегося медного цилиндра и затвердевала в виде фольги длиной около 10 см, шириной – 1 см и толщиной от 30 до 80 мкм. Скорость охлаждения расплава в таких условиях составляет не менее 10^5 К/с. Микроструктура фольг исследована с помощью растрового электронного микроскопа LEO 1455 VP фирмы «Карл Цейс». Рентгеноспектральный микроанализ проводился с использованием энергодисперсного SiLi-полупроводникового детектора фирмы «Rontec». Рентгеноструктурные исследования выполнялись на дифрактометре ДРОН-3 с использованием медного излучения. При описании текстуры фольг с помощью обратных полюсных фигур полюсные плотности p дифракционных линий (111, 200, 220, 311, 331 и 420 свинца и 200, 101, 220, 211, 301, 112 олова) рассчитывались по методу Харриса [3]. Для определения объемной доли фаз и удельной поверхности межфазной границы метод случайных секущих [4].

Изображение микроструктуры, полученное растровым электронным микроскопом, поверхностного слоя, прилегающего к кристаллизатору, быстроохлажденных фольг сплавов системы олово – свинец представлены на рисунке 1. Рентгеноспектральным микроанализом установлено, что белым областям соответствуют выделения свинца, а черным – олова.

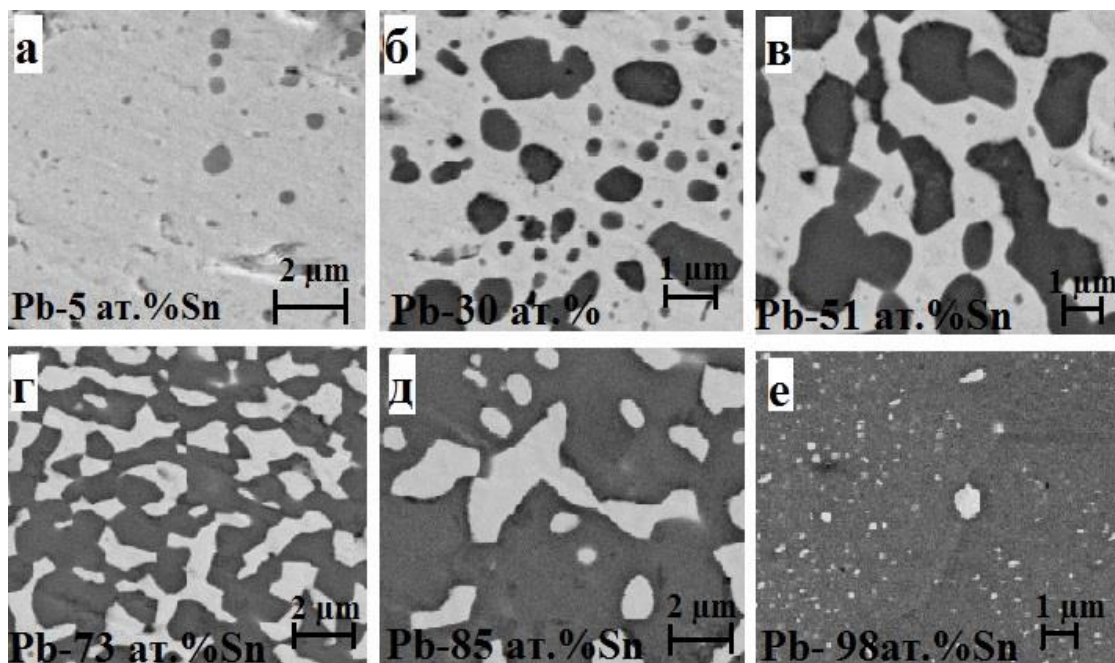


Рисунок 1 – Микроструктура быстроотвердевших фольг состава Pb-5 ат.% Sn (а), Pb-30 ат.% Sn (б), Pb-51 ат.% Sn (в), Sn Pb-73 ат.% Sn (г), Pb-85 ат.% Sn (д), Pb-98 ат.% Sn (е)

С увеличением концентрации свинца в сплавах происходит монотонное изменение объемных долей свинца и олова. Длины хорд случайных секущих, расположенных на сечениях выделений свинца в сплавах, содержащих 1 – 20 ат. % Pb, или на выделениях олова в сплавах, содержащих 0,4 – 20 ат. % Sn, не превышает 5 мкм (рисунок 2).

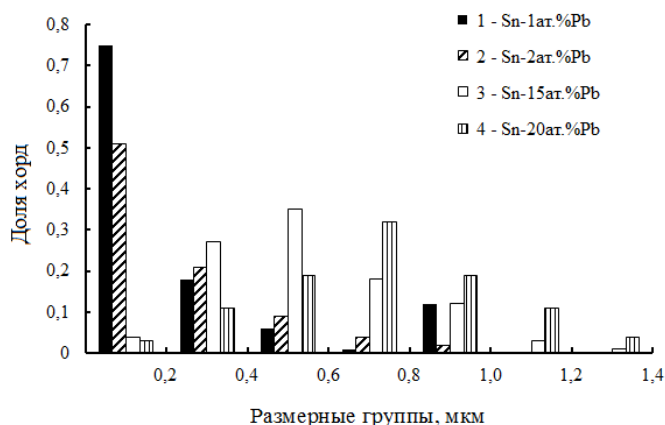


Рисунок 2 – Распределение доли хорд случайных секущих, расположенных на сечениях выделений свинца в сплавах, содержащих 1(1), 2 (2), 15 (3) и 20 (4) ат. % Pb

Зависимость удельной поверхности межфазных границ быстроохлажденных фольг от состава представлено на рисунке 3. Увеличение концентрации свинца или концентрации олова в исследуемых сплавах вызывает рост удельной поверхности S межфазной границы. В интервале концентрации свинца от 30 до 80 ат. % изменение S , находится в пределах погрешности ее измерения (рисунок 3). Образование дисперсной структуры в быстроохлажденных фольгах обусловлено возникновением значительного переохлаждения расплава, что вызывает увеличение скорости зародышеобразования обеих фаз.

Исследования быстроохлажденных фольг с помощью рентгеноструктурного анализа показали, что в них формируется текстура (111) свинца и (100) олова. Зависимости полюсной плотности дифракционных линий 111 свинца и 200 олова от состава представлены на рисун-

ке. 4. Для составов, близких к эвтектическому, текстура обеих фаз ослабевает по сравнению с текстурой компонентов.

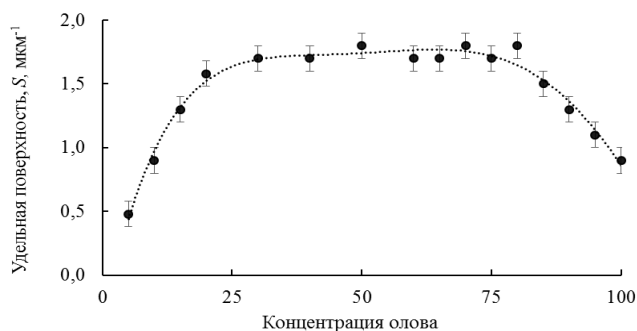


Рисунок 3 – Зависимость удельной поверхности быстроохлажденных сплавов системы олово – свинец от состава

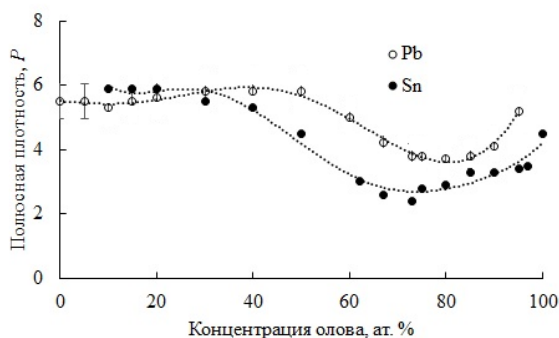


Рисунок 4 – Зависимость полюсных плотностей дифракционных линий 111 свинца и 200 олова от состава быстроохлажденных фольг

Формирование текстуры в быстроохлажденных фольгах олова, свинца и их сплавов объясняется в рамках теории необратимых процессов. Из-за значительного переохлаждения расплав находится в состоянии со значительным избытком энтальпии. Согласно принципу максимальной скорости работы сил диссипации, переход расплава в равновесное состояние идет таким путем, чтобы скорость понижения энтальпии в процессе кристаллизации должна быть максимальной. Поэтому направление кристаллизации, совпадающее с направлением теплоотвода, должно быть перпендикулярным наиболее плотноупакованным плоскостям, перемещающимися с наибольшей скоростью. Такими плоскостями в свинце являются плоскости $\{111\}$, а в олове плоскости (100) и (011).

Таким образом, в быстроохлажденных фольгах сплавов системы олово – свинец формируется дисперсная структура и текстура (111) свинца и (100) олова.

Список литературы

1. Мальцев, М.В. Металлография цветных промышленных металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1970. 364 с.
2. Шепелевич, В.Г. Быстрозатвердевшие легкоплавкие сплавы. Минск: БГУ, 2015. 192 с.
3. Русаков, А.А. Металлография металлов. М.: Атомиздат, 1977. 400 с.
4. Салтыков, С.А. Стереометрическая металлография. М.: Металлургия, 1976. 272 с.