

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ В СПЛАВАХ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОЛОВО-ЦИНК, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ИЗ РАСПЛАВА

Зерница Д.А.

(к. ф.-м. н., преподаватель кафедры инженерно-педагогического образования УО «Мозырский государственный педагогический университет им. И.П. Шамякина», г. Мозырь, Республика Беларусь)

Аннотация: В работе приведены результаты исследования структуры быстрозатвердевшего эвтектического сплава Sn-8,8 мас. % Zn. Выявлено наличие дисперсных сфероподобных выделений фаз Zn на фоне матричной фазы Sn. Установлено формирование структуры по механизму спинодального распада жидкого раствора.

Ключевые слова: сверхбыстрое затвердевание, олово-цинк, эвтектика, спинодальный распад, структура.

Введение

В последние десятилетия активно развиваются технологии получения материалов в неравновесных условиях, свойства которых существенно отличаются от свойств материалов, полученных традиционными технологиями, например, литьём. Применение метода сверхбыстрой закалки из расплава, при котором скорость охлаждения u , согласно расчётам И. В. Салли [1-2], может достигать 10^7 К/с, а величина переохлаждения, согласно формуле

$$\Delta T_{\text{пер}} = (\lg u)^3 \quad 1$$

равна 100 °С, приводит к формированию сверхдисперсных структур, обладающих рядом уникальных свойств. Исследование проводилось на сплавах бинарной системы Sn-Zn, которые могут быть использованы в качестве припоев и покрытий плат перед лакированием.

Результаты и обсуждение

Структура быстрозатвердевшего сплава в исходном состоянии приведена на рис. 1. Выявлено наличие дисперсных тёмных частиц цинка преимущественно равноосной формы. Переохлаждение жидкости при сверхвысоком охлаждении составляет 100 °С, следовательно, температура расплава ниже эвтектической, согласно диаграмме состояния. Жидкость в таком случае является не только переохлаждённой, но и пересыщенной.

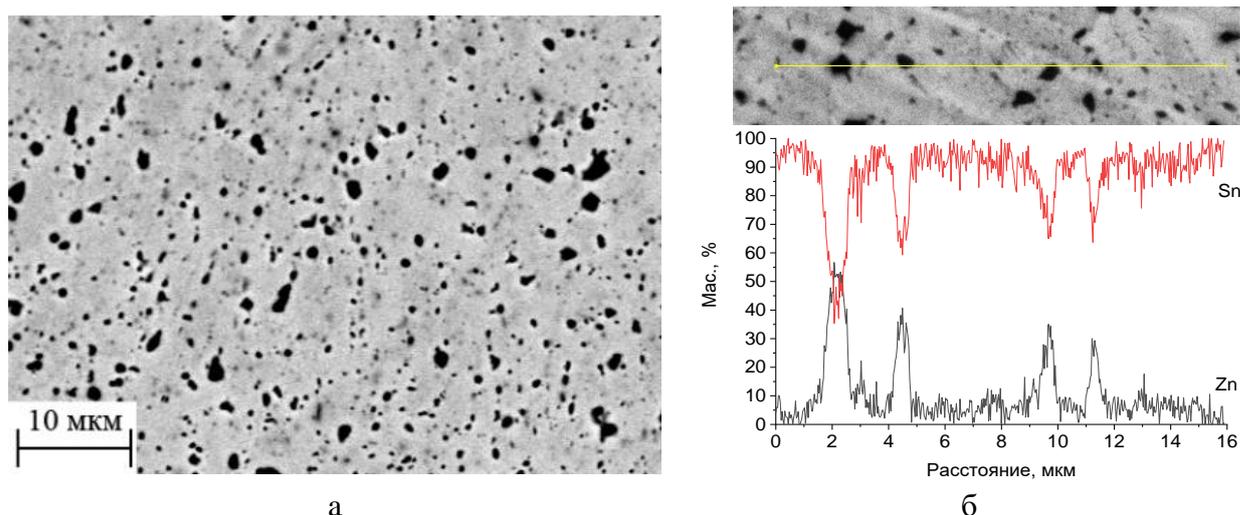


Рис 1. Быстрозатвердевший сплав Sn-8,8 мас. % Zn: а – поперечное сечение; б – распределение компонентов фаз при сканировании электронного пучка

Исследуя параметры кристаллической решётки олова, выявлен рост параметра a с увеличением концентрации цинка, и ростом физического уширения β в эвтектических концентрациях. Поскольку для сплавов Sn-Zn эвтектических концентраций зависимость свободной энергии F от концентрации c отрицательна, согласно отношению

$$\frac{d^2F}{dc^2} < 0,$$

2

то на кривой зависимости F от концентрации c возникает колокообразная выпуклость, приводящая к общей нестабильности α -фазы с последующим расслоением из неё двух фаз $\alpha_1 + \alpha_2$ [3]. В зоне ниже спинодали α -фаза является неустойчивой к распаду. В таком случае происходит спиноподальный распад, для которого характерно отсутствие термодинамического барьера.

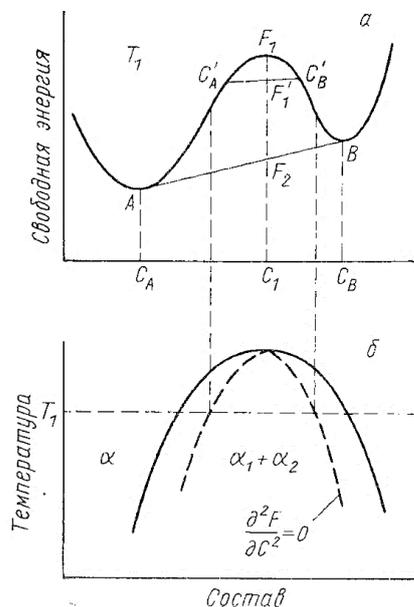


Рис 2. Соотношение между температурой T_1 , свободной энергией F и составом c при спиноподальном распаде: а – зависимость свободной энергии F бинарного сплава при температуре T_1 ; б – биноподаль расслоения твёрдого раствора и спиноподальная кривая расслоения раство

Распад пересыщенного жидкого раствора по спиноподальному механизму происходит в результате большого количества малых флуктуаций, на фоне которых образуется два пересыщенных раствора на основе олова и цинка, обладающих пониженным значением свободной энергии F . В результате распада образуется пересыщенный твёрдый раствор и дисперсные выделения цинка, что подтверждается изменением параметров кристаллической решётки олова. Так, параметр a при выдержке сплава в течение 30 часов увеличился с 0,5823 до 0,5826 нм, что подтверждает выход цинка из пересыщенного олова.

Заклучение

Таким образом, в быстрозатвердевших эвтектических сплавах Sn-8,8 мас. % Zn формируется дисперсная структура. Кристаллизация сплавов начинается с сильного переохлаждения и пересыщения жидкости оловом и цинком, с последующим образованием неравновесной эвтектики в процессе расслоения жидкости, и формированием пересыщенных твёрдых растворов олова и цинка.

Литература

1. Салли И. В. Кристаллизация при сверхвысоких скоростях охлаждения / И. В. Салли. – Киев: Навукова думка, 1972. – 136 с.
2. Мартин Д. Стабильность микроструктуры металлических систем / Д. Мартин, Р. Доэрти. – М.: Атомиздат, 1978. – 280 с.
3. Shepelevich V. G. The Formation of the Structure of the Alloys of the Tin-Zinc System upon High-Speed Solidification / V. G. Shepelevich, D. A. Zernitsa // Inorganic Materials: Applied Research. – 2021. – Vol. 12, № 4. – P. 1094–1099.