

УДК 539.2; 669.(2–8)

## СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ФОРМИРОВАНИЕ ТЕКСТУРЫ В БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГАХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ ОЛОВО-ЦИНК

Зерница Д.А.<sup>1</sup>, Шепелевич В.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Мозырский государственный педагогический университет им. И.П. Шамякина

Мозырь, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет

Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** В работе исследуются быстрозатвердевшие сплавы системы Sn-40 мас. % Zn. Показано, что структура на поверхностных слоях фольги неодинакова вследствие различия скоростей образования зародышей. На поверхности, прилегающей к кристаллизатору, наблюдается дисперсная структура с выделениями цинка, распределенными в матрице олова. Противоположная сторона фольги характеризуется более крупными выделениями цинка, с преобладающей дендритной структурой. Текстура олова в поверхностном слое фольги отсутствует. Установлено, что в области концентраций 40 мас. % Zn наблюдается текстура зерен цинка ( $10 \bar{1} 0$ ).

**Ключевые слова:** олово-цинк, сверхбыстрое затвердевание, зерно, текстура.

## STRUCTURAL FEATURES AND TEXTURE FORMATION IN RAPIDLY SOLIDIFIED ALLOYS OF THE TIN-ZINC SYSTEM

Zernitsa D.<sup>1</sup>, Shepelevich V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mozyr State Pedagogical University named after I.P. Shamyakin

Mozyr, Belarus

<sup>2</sup>Belarusian State University

Minsk, Belarus

**Abstract.** In this work we study the rapidly solidified alloys of the Sn-40 wt. % Zn. It is shown that the structure on the surface layers of the foil is not the same due to the unequal rate of nucleation. On the surface adjacent to the crystallizer, there is a dispersed structure with zinc precipitates distributed in the tin matrix. The opposite side of the foil is characterized by larger zinc precipitates, with a predominant dendritic structure. There is no tin texture in the surface layer of the foil. It was found that in the concentration range of 40 wt. % Zn, a zinc texture of ( $10 \bar{1} 0$ ) is observed.

**Key words:** tin-zinc, rapidly solidification, grain, texture.

Адрес для переписки: Зерница Д.А., ул. Студенческая, 28, г. Мозырь 247760, Республика Беларусь

e-mail: dzernitsa@mail.ru

Шепелевич В.Г., пр. Независимости, 4, г. Минск 220030, Республика Беларусь

e-mail: shepelevich@bsu.by

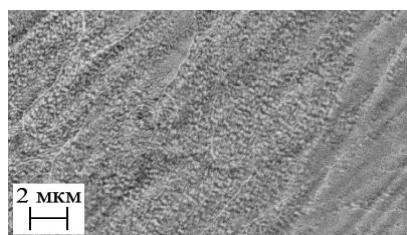
Сплавы на основе олова относятся к легкоплавким материалам. Для изготовления припоев предлагается использовать сплавы на основе олова, дополнительно легированные цинком [1], полученные традиционными методами. Однако при получении расплавов при малых и средних скоростях охлаждения в процессе кристаллизации происходит формирование нежелательной дендритной структуры, существенно ухудшающей эксплуатационные характеристики [2]. В последние десятилетия активно ведутся разработки по синтезу сплавов системы «олово-цинк» методом сверхбыстрой кристаллизации из расплава, при которой удается избежать образования дендритов, устранить микросегрегации, уменьшить структурные параметры сплавов. В связи с этим целью настоящей работы является исследование быстрозатвердевших фольг сплавов Sn-40 мас. % Zn.

Двойные сплавы Sn-Zn получались методом сплавления исходных компонентов в кварцевой

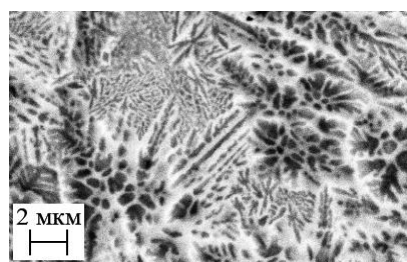
ампуле, с дальнейшей заливкой в графитовые изложницы. Далее вырезались образцы массой до 0,2 г, расплавлялись и инжестрировались на полированную поверхность вращающегося медного цилиндра. Скорость охлаждения при этом, как показал расчет [4], составляла не менее  $10^5$  К/с. В результате получались фольги толщиной до 80 мкм, из которых со средней части вырезались образцы для проведения дальнейших исследований. Микроструктура быстрозатвердевших фольг исследовалась с помощью растрового электронного микроскопа LEO 1455 VP (Carl Zeiss, Германия), имеющего приставки для проведения рентгеноспектрального микроанализа и фазового анализа «HKL Channel5» (Oxford Instruments, Великобритания). Определение параметров кристаллической решетки и текстуры проводилось на дифрактометре Rigaku Ultima IV с медным анодом. Текстура быстрозатвердевших фольг сплавов изучалась с помощью обратных полюсных фигур. Полюсная плотность  $\rho_{hkl}$  ди-

фракционных линий  $hkl$  олова и цинка рассчитывалась по методу Харриса.

На рис. 1 представлены микрофотографии поверхностей  $A$  (а) и  $B$  (б), охлаждаемых со стороны медной подложки и противоположной соответственно. Показано, что поверхность  $A$  гладкая и блестящая, не содержит пор и раковин. Напротив, со стороны поверхности  $B$  наблюдается бугристая структура, поверхность неровная, матовая. С помощью рентгеновского спектрального микроанализа при распределении  $Sn$  и  $Zn$  вдоль линии сканирования было установлено, что темные участки на изображениях соответствуют выделениям цинка, а более светлый фон является оловянной матрицей. Противоположная сторона фольги характеризуется дендритоподобными выделениями цинка размером, превышающим 1,5 мкм. Такая структура характерна при малых скоростях кристаллизации, когда первичные кристаллы  $Zn$  растут в виде скелетообразных выделений, вытянутых вдоль направления перемещения фронта кристаллизации.



а



б

Рисунок 1 – Микрофотографии поверхностей быстрозатвердевшей фольги со стороны а)  $A$  и б)  $B$  сплава Sn-40 мас. % Zn после 60 ч выдержки при комнатной температуре

В слое вблизи поверхности  $A$  скорость зародышеобразования максимальная. Следовательно, при кристаллизации этого слоя выделяется теплота, которая приводит к уменьшению переохлаждения до нескольких градусов.

Это приводит к тому, что последующие слои закристаллизовавшейся фольги имеют скорость зародышеобразования ниже, и размер зародышей увеличивается, что приводит к формированию более крупной структуры (рис. 1, б).

Приведенная на рисунке 2 фотография прямой полюсной фигуры быстрозатвердевшего сплава Sn-40 мас. % Zn поверхности  $A$  показывает, что текстуры олова на поверхностном слое быстрозатвердевшей фольги не наблюдается. Отсутствие текстуры подтверждается также результатами рассчитанных полюсных плотностей  $p_{hkl}$  дифракционных линий олова. Следует отметить, что по рассчитанным полюсным плотностям дифракционных линий цинка установлено преобладание текстуры  $(10\bar{1}0)$ . Несмотря на формирование текстуры  $(0001)$  в областях концентраций цинка 80 мас. % и выше, в сплавах меньшими составами имеется тенденция к потере этой текстуры. Следовательно, благодаря легирующему элементу скорость роста зерен с ориентировкой  $(0001)$  затормаживается, и на смену приходит текстура  $(10\bar{1}0)$ .

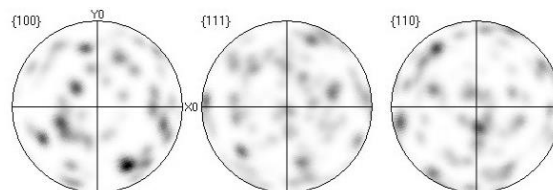


Рисунок 2 – Прямые полюсные фигуры для фазы твердого раствора на основе олова

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования в рамках гранта по НИР (№ госрегистрации 20211069).

#### Литература

1. Microstructural development of hypoeutectic Zn–(10–40) wt % Sn solder alloys and impacts of interphase spacing and macrosegregation pattern on hardness / L.R.S. Washington [et al.] // Journal of Alloys and compounds, 2015. – Vol. 647. – P. 989–996.
2. Saleh, A. A. A comparative experimental study of hypoeutectic Sn–Zn solder alloys / A. A. Saleh // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). – 2018. – Vol. 9, iss. 6. – P. 909–915.
3. Mevlü, Ş. The effect of the solidification rate on the physical properties of the Sn–Zn eutectic alloy / Ş. Mevlü, F. Karakurt // Physica B: Physics of Condensed Matter. – 2018. – P. 48–54.
4. Салли, И. В. Кристаллизация при сверхбольших скоростях охлаждения / И. В. Салли. – Киев : Наукова думка, 1972. – 136 с.