

Д. А. ЗЕРНИЦА<sup>1</sup>, В. Г. ШЕПЕЛЕВИЧ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>УО МГПУ им. И. П. Шамякина (г. Мозырь, Беларусь)

<sup>2</sup>БГУ (г. Минск, Беларусь)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕКСТУРЫ И МИКРОТВЁРДОСТИ В БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГАХ ЭВТЕКТИЧЕСКИХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Sn-Zn, ЛЕГИРОВАННЫХ СУРЬМОЙ

Сплавы, полученные нетрадиционными способами, к которым относится высокоскоростное затвердевание [1], обладают свойствами, которые обуславливают применение этих материалов в промышленности. Высокие скорости получения сплавов (от  $10^5$  К/с) позволяют достичь более однородного распределения компонентов, повысить предел растворимости и добиться измельчения зёрновой структуры, что значительно улучшает свойства материалов, однако формирует неравновесную структуру, которая с течением времени претерпевает структурные и фазовые изменения при определенных температурах: образуются и зарождаются новые фазы, происходит перемещение межфазных границ [2]. Сплавы на основе олова и цинка представляют широкий научный интерес и находят применение в различных отраслях промышленности в качестве припоев, а легирование данной системы позволяет существенно повысить эксплуатационные свойства [3–6]. В связи с этим большое внимание уделяется исследованию цинковых сплавов, что определяет актуальность исследования.

В работе представлены результаты исследования текстуры и микротвёрдости эвтектического сплава Sn-Zn, легированного сурьмой с разными концентрациями  $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}} - x$  мас. % Sb ( $x = 1 - 4$ ). Фольги получали высокоскоростным затвердеванием, проводилось инжектирование капли расплава массой  $\approx 0,2$  г на внутреннюю полированную медную поверхность быстровращающегося цилиндра. Исследование текстуры фольг проводилось с помощью рентгенографического анализа (дифрактометр Rigaku Ultima IV). Для определения индексов дифракционных отражений  $hkl$  от исследуемых образцов фольг использовалась база данных ICDD: International Centre of Diffraction Data (порошковая база данных PDF2 или PDF4). Текстура фольг изучалась методом обработки полюсных фигур дифракционных линий, полюсные плотности дифракционных линий  $P_{hkl}$  рассчитывалась по методу Харриса [7]. Отжиг фольг проводился в сушильном шкафу. Микротвёрдость снималась на приборе ПМТ-3 при нагрузке 20 г, погрешность измерений не превышала 5 %.

На рентгенограмме (рисунок 1) наблюдались дифракционные линии олова (200, 101, 211 и др.) и цинка (0002,  $10\bar{1}0$ ,  $10\bar{1}1$ ,  $10\bar{1}2$  и др.), т. е. быстрозатвердевший сплав состоит из твёрдых растворов олова и цинка [8].

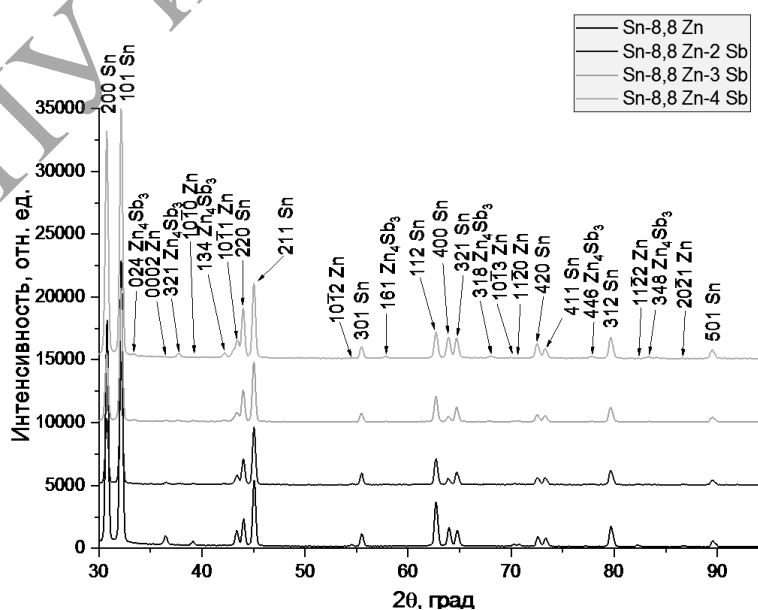


Рисунок 1. – Рентгенограммы быстрозатвердевших фольг сплава  $(\text{Sn-Zn})_{\text{эвт}} - x$  мас. % Sb ( $x = 1 - 4$ )

Помимо вышеназванных дифракционных линий, с помощью карточек обнаружены линии, принадлежащие фазе частиц антимонида цинка ( $Zn_4Sb_3$ ,  $Zn_3Sb_2$ ). Наличие малоинтенсивных дифракционных линий цинка связано с небольшой концентрацией компонента в расплаве. Рентгеновское излучение падало на поверхность фольги, контактирующую с кристаллизатором. Изменение концентрации сурьмы в расплаве не влияет на интенсивность той или иной дифракционной линии олова или цинка. При высокоскоростной кристаллизации чистых компонентов в фольгах также образовывалась текстура олова (100) и текстура цинка (0001) вследствие плотной упаковки соответствующих кристаллографических плоскостей и направлению теплового потока [9].

На рисунке 2 представлен график зависимости микротвёрдости фольг от концентрации сурьмы. Увеличение концентрации сурьмы в сплаве повышает микротвёрдость.

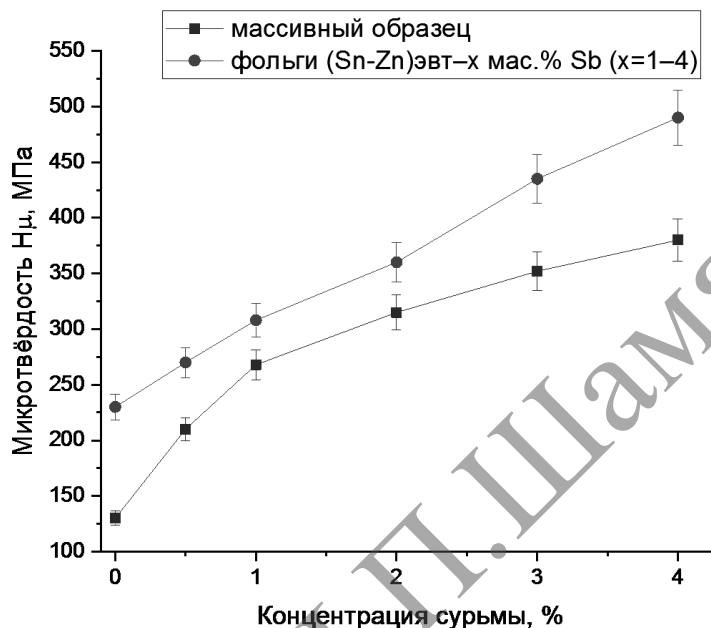


Рисунок 2. – Зависимость микротвёрдости  $H_{\mu}$  от концентрации массивных образцов и быстрозатвердевших фольг сплава  $(Sn-Zn)_{эвт} - x \text{ мас. \% Sb } (x = 1 - 4)$

Таким образом, дополнительное легирование эвтектического сплава  $(Sn-Zn)_{эвт}$  сурьмой, температура плавления которой значительно выше температуры плавления эвтектики, появление новых фаз ( $Zn_4Sb_3$ ,  $Zn_3Sb_2$ ) приводит к уменьшению переохлаждения расплава, а также способствует образованию и росту зародышей олова и цинка с другой ориентацией. Изменение текстуры цинка при кристаллизации является следствием влияния этих зародышей в сплаве  $(Sn-Zn)_{эвт} - 4 \text{ мас. \% Sb}$ . Микротвёрдость с увеличением концентрации сурьмы растёт, и в фольгах она более высокая по сравнению с массивными образцами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев, В. А. Высокоскоростное затвердевание расплава (теория, технология и материалы) / В. А. Васильев, Б. С. Митин, И. Н. Пашков ; под ред. Б. С. Митина. – М. : Интермет инжиниринг, 1998. – 400 с.
2. Лозенко, В. В. Зёрненная и субзёрненная структура быстрозатвердевших фольг цинка и его бинарных сплавов с Cd, Sn и Sb / В. В. Лозенко, В. Г. Шепелевич // Неорганические материалы. – 2007. – Т. 43, № 1. – С. 22–26.
3. El-Basaty, A. B. Influence of small addition of antimony (Sb) on thermal behavior, microstructural and tensile properties of Sn-9.0Zn-0.5Al Pb-free solder alloy / A. B. El-Basaty, A. M. Deghady, E. A. Eid // Mater. Sci. Eng. – 2017. – Vol. 701. – P. 245–253.
4. Interfacial Properties of Zn–Sn Alloys as High Temperature Lead-Free Solder on Cu Substrate / Jae-Ean Lee [et al.] // Materials Transactions. – 2005. – Vol. 46, № 11. – P. 2413–2418.
5. Electrochemical and wetting behavior of as-cast Sn–Zn–Sb lead free solder alloys / Srba A. Mladenović [et al.] // Hemijska industrija. – 2013. – 67 (3). – P. 477–484.
6. Şahin, M. The effect of the solidification rate on the physical properties of the Sn-Zn eutectic alloy / M. Şahin, F. Karakurt // Physica B: Physics of Condensed Matter. – 2018. – Vol. 545. – P. 48–54.
7. Русаков, А. А. Рентгенография металлов / А. А. Русаков. – М. : Атомиздат, 1977. – 488 с.
8. Шепелевич, В. Г. Структура быстрозатвердевшей фольги эвтектического сплава Sn – 8,8 мас. % Zn / В. Г. Шепелевич, Д. А. Зерница // Журн. Белорус. гос. ун-та. Физика. – 2020. – № 1. – С. 67–72.
9. Лозенко, В. В. Зёрненная и субзёрненная структура быстрозатвердевших фольг цинка и его бинарных сплавов с Cd, Sn и Sb / В. В. Лозенко, В. Г. Шепелевич // Неорганические материалы. – 2007. – Т. 43, № 1. – С. 22–26.