

УДК. 669.6-8

СТАБИЛЬНОСТЬ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Sn-Zn ПРИ ОТЖИГЕ

Зерница Д.А.¹, Шепелевич В.Г.²¹Мозырский государственный университет имени И.П. Шамякина
Мозырь, Республика Беларусь²Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

Оловянно-цинковые сплавы находят широкое применение в промышленности: машиностроении, металлургии, приборостроении, и т.д. Особый интерес к ним был вызван в связи с ограничением свинца из-за его высокой токсичности. В последние десятилетия активно развиваются ресурсо- и энергосберегающие технологии, к которым относится высокоскоростное затвердевание, приводящее к формированию структур, которые невозможно получить с помощью традиционных технологий синтеза. При высокоскоростной кристаллизации возможно измельчение структурных составляющих, формирование текстуры и образование неравновесных фаз [1, 2].

Быстрозатвердевшие сплавы могут быть получены в виде тонких фольг толщиной не более 100 микрон, что позволяет расширить область применения припоев, автоматизировать процесс пайки изделий. В связи с этим в настоящей работе представлены результаты исследования стабильности быстрозатвердевших фольг сплавов Zn-x мас. % Sn (x=10; 20) при выдержке в нормальных условиях, а также при проведении изохронного отжига.

Фольги исследуемых сплавов, содержащих 10 и 20 мас. % Sn, получены путём инжектирования капли расплава на внутреннюю поверхность кристаллизатора, вращающегося с частотой 25 об/с (скорость охлаждения была не менее $5 \cdot 10^5$ K/c) [3]. Толщина фольг была в пределах 50–90 мкм. Исследование микроструктуры проводилось с помощью растрового электронного микроскопа LEO 1455 VP, имеющего приставки для проведения рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) и фазового анализа HKL EBSD Premium System Channel 5. Исследование текстуры фольг проводилось с помощью рентгенографического анализа (дифрактометр Rigaku Ultima IV с медным анодом). Для записи дифрактограммы исследуемые образцы подвергались съёмке со скоростью 2 °/мин. Параметр кристаллической решётки *c* цинка определялся по положению дифракционной линии 0004 ($2\theta \approx 77^\circ$). Микротвёрдость измерялась с помощью прибора ПМТ-3 с нагрузкой 20 г и временем индентирования 20 г (относительная погрешность измерения составляла не более 4 %). Изохронный отжиг исследуемых фольг проводился от комнатной температуры до температуры плавления с интерва-

лом 20 °C и выдержкой 20 мин для каждой температуры.

Проведённые исследования показали, что в исследуемых сплавах наблюдалась микрокристаллическая структура и чётко выраженная текстура (0001) цинка и (100) олова (рисунок 1, 2), что наблюдалось ранее в фольгах чистых компонентов [4]. Образование наблюдаемых текстур олова и цинка в фольге обуславливается преимущественным ростом кристаллитов, у которых плотноупакованные плоскости (100) Sn и (0001) Zn перпендикулярны направлению теплоотвода.

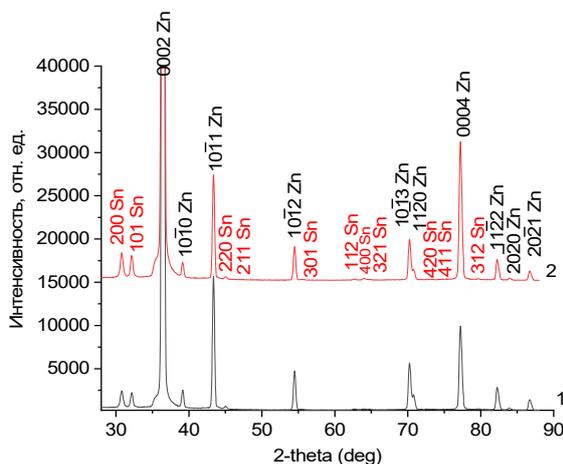


Рисунок 1 – Рентгенограммы быстрозатвердевших сплавов: 1 – Zn-10 мас. % Sn; 2 – Zn-20 мас. % Sn

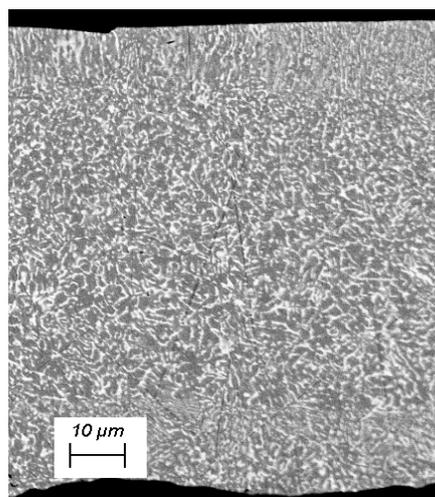


Рисунок 2 – Поперечное сечение фольги сплава Zn-20 мас. % Sn

Средняя хорда на сечениях олова d_{Sn} для фольги с содержанием цинка 80 мас. % равна 0,47 мкм, тогда как для фольги Sn-90 мас. % Zn она равна 0,55 мкм. Удельная поверхность межфазных границ $S_{МФГ}$ для первого сплава составляет 2,50 мкм⁻¹, а для сплава Sn-90 мас. % Zn – 1,23 мкм⁻¹. Образование дисперсных однородно распределённых частиц олова обусловлено значительным переохлаждением жидкой фазы, которая при этом пересыщена обоими компонентами [5].

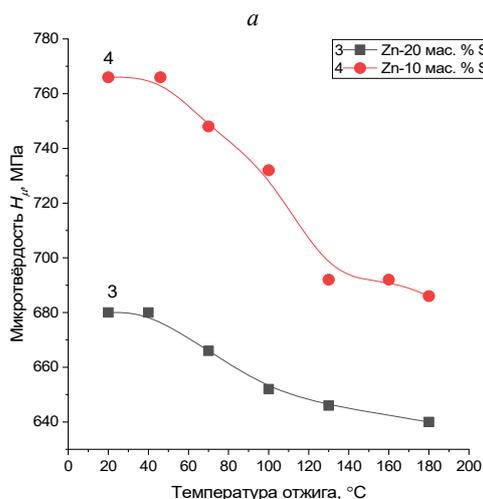
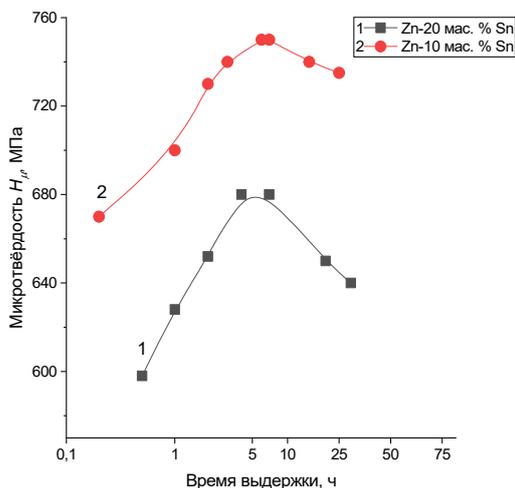


Рисунок 3 – Изменение микротвёрдости фольг сплавов системы Sn-Zn при: а – выдержке при комнатной температуре; б – при изохронном отжиге

Быстрозатвердевшие фольги с целью исследования стабильности были подвергнуты выдержке при комнатной температуре (рисунок 3, а). Кривые изменения микротвёрдости H_{μ} при комнатной температуре показывают линейный характер увеличения микротвёрдости в течение первых 10 часов после получения фольг, что связано с активным протеканием диффузионных процессов в исследуемых быстрозатвердевших сплавах. Вследствие высоких скоростей охлаждения при затвердевании из жидкого расплава про-

исходит захват легирующих элементов, и образуется пересыщенный твёрдый раствор, который вследствие низких $T_{плавл}$ исследуемых сплавов вызывает протекание процесса диффузии в структуре фольг, что способствует распаду пересыщенных твёрдых растворов. Увеличение микротвёрдости при комнатной температуре вызвано распадом пересыщенного твёрдого раствора, при котором из твёрдого раствора цинка выделяются дисперсные частицы олова. Дальнейшее их объединение препятствует движению дислокаций, и приводит к снижению микротвёрдости [6].

Для изучения влияния высоких температур на поведение быстрозатвердевших фольг проводился изохронный отжиг. Отжиг фольг при 160 °C в течение 90 минут вызывает увеличение средней хорды на сечениях олова d_{Sn} , а удельная поверхность межфазных границ уменьшается. Изохронный отжиг фольг (рисунок 3, б) до 50 °C практически не оказывает влияния на микротвёрдость. При нагреве вышеуказанных температур до 180 °C происходит уменьшение микротвёрдости, что связано с продолжающимся процессом коалесценции частиц олова, который начинался при комнатной температуре после 10 часов выдержки.

Таким образом, быстрозатвердевшие сплавы на основе цинка Zn-х мас. % Sn ($x = 10; 20$) имеют микрокристаллическую структуру, в которой наблюдается текстура (0001) цинка и (100) олова. При комнатной температуре микротвёрдость изменяется. Нестабильность быстрозатвердевших фольг вызвана образованием пересыщенного твёрдого раствора. Его распад способствует увеличению доли дисперсных частиц олова, которые с течением времени образуют сегрегации из более крупных выделений олова, а дисперсные включения переходят в твёрдый раствор цинка после завершения этапа активного распада. Отжиг способствует более активному протеканию процесса коалесценции, и микротвёрдость уменьшается.

Литература

1. Шепелевич В.Г. Быстрозатвердевшие легкоплавкие сплавы. – Минск: БГУ, 2015. – 192 с.
2. Suganuma K., Kim K. S. Sn-Zn low temperature solder // J Mater Sci: Mater Electron. – 2007. – № 18. – P. 121–127.
3. Мирошниченко И.С. Закалка из жидкого состояния. – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.
4. Shepelevich V.G. Structure and properties of rapidly solidified Sn-Zn foils / V.G. Shepelevich, O.V. Gusakova // Inorganic Materials. – 2008. – V. 44. – I. 5. – P. 485–489.
5. Соколовская Е.М. Металлохимия / Е.М. Соколовская, Л.С. Гузей. – Москва: Изд-во МГУ, 1986. – 263 с.
6. Miyazawa Y., Ariga T. Influences of Aging Treatment on Microstructure and Hardness of Sn-(Ag, Bi, Zn) Eutectic Solder Alloys // Materials transactions 42(5). – P. 776–782.