

УДК 669.2/8:539.2

СТАБИЛЬНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В БЕССВИНЦОВЫХ ОЛОВЯННО-ЦИНКОВЫХ СПЛАВАХ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ИЗ РАСПЛАВА

Д. А. ЗЕРНИЦА

Мозырский государственный педагогический университет имени И. П. Шамякина
Мозырь, Беларусь

Введение. Ограничение на использование токсичных элементов (свинца, кадмия, и др.) в электротехнических устройствах привело к началу исследований материалов, не содержащих вредные вещества. Большинство работ направлено на исследования сплавов на основе олова, легированном цинком, ввиду схожести по своим свойствам к системе Pb-Sn. В большинстве работ изучаются сплавы Sn-Zn, полученные традиционным металлургическим методом – литьём. Известно, что в процессе кристаллизации протекают сложные физико-химические процессы, влияющие как на качество полученных структур, так и на свойства сплава [1, 2]. Традиционные методы литья приводят к возникновению микропористости, кристаллизационным трещинам, неоднородности, что на сегодняшний день значительно проявляется в технологиях пайки электронных плат. Технология получения сплавов высокоскоростным методом охлаждения устраняет эти недостатки, что и определяет актуальность работы. Целью работы является исследование механических свойств быстрозатвердевших фольг сплавов Sn-Zn в исходном состоянии и при отжиге.

Основная часть. В работе исследуются механические свойства быстрозатвердевших сплавов Sn-Zn в исходном состоянии и при термической обработке. Сплавы получались согласно методике, приведённой нами ранее [3]. Известно, что сплавы, полученные методом сверхбыстрой кристаллизации из расплава, имеют неустойчивую, термодинамически нестабильную структуру. Такое состояние вызвано рядом факторов: внутренние напряжения, возникающие в процессе кристаллизации; формирование мелкозёрненной структуры; возникновение вакансий с областями растяжения и сжатия. Все перечисленные выше факторы приводят к нестабильности структуры для фольг чистых компонентов и сплавов.

На графике (рис. 1, а) приведена зависимость микротвёрдости от времени выдержки для бинарных быстрозатвердевших фольг сплавов Sn-Zn. Как следует из графика, в первые 5...7 ч после изготовления микротвёрдость H_{μ} увеличивается, достигает экстремума, и затем уменьшается. Упрочнение связано с процессом распада пересыщенных твёрдых растворов на основе олова или цинка, и образованием большого количества скоплений кластеров олова (или цинка) вследствие сильного пересыщения. Затем скопления кластерных областей превращаются в фазовые выделения, что приводит к снижению микротвёрдости H_{μ} . Распад пересыщенных твёрдых растворов подтверждается изменением параметров кристаллических решёток твёрдых растворов исследуемых фольг [4].

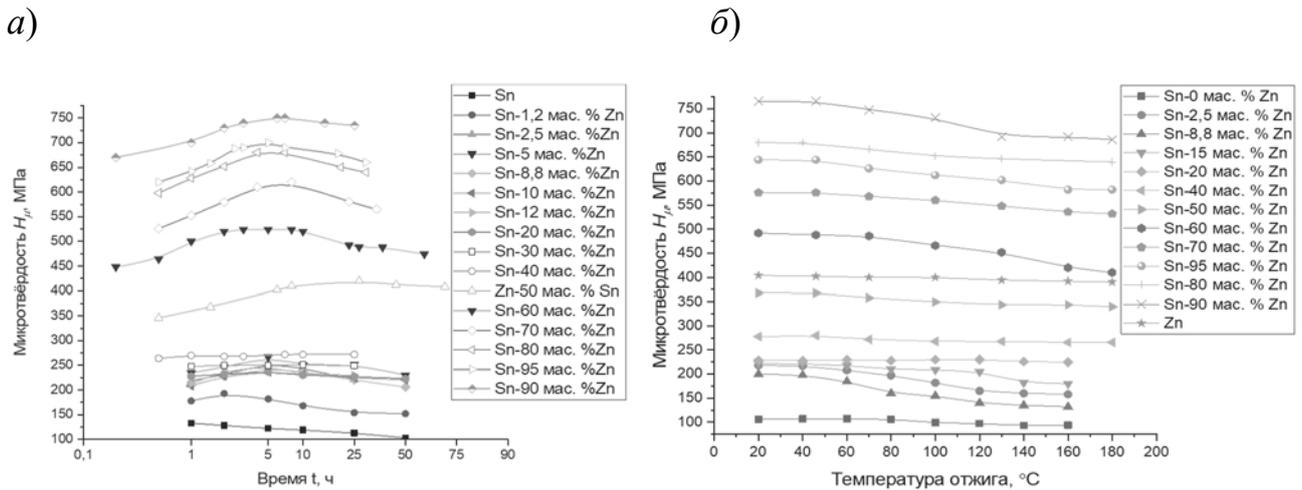


Рис. 1. Зависимость микротвёрдости в быстрозатвердевших сплавах Sn-Zn: *a* – от времени выдержки; *б* – от температуры отжига

Несмотря на протекание распада пересыщенного твёрдого раствора и выделение из него кластеров с последующим образованием фаз, диффузионные процессы при изохронном отжиге продолжают. На рис. 1, *б* представлены графики зависимости микротвёрдости от температуры изохронного отжига. Для большинства сплавов, как видно из рис. 2, при температурах не ниже 60 °С уменьшение микротвёрдости достигает 30 %. Следовательно, повышение температуры приводит к дальнейшему протеканию процессов диффузии. В ходе термической обработки продолжается процесс совершенствования искажённых зёрнистых границ, приводящий к локальному облегчению деформаций зёрен фаз и в целом к снижению микротвёрдости. Дисперсные выделения фаз при отжиге растворяются, а более крупные растут, что также приводит к уменьшению H_{μ} .

Заключение. Таким образом, быстрозатвердевшие сплавы системы Sn-Zn находятся в неустойчивом состоянии, и при выдержке при комнатной температуре микротвёрдость увеличивается вследствие выделения кластеров. Последующее снижение H_{μ} вызвано образованием выделений фаз и снижением закалочных напряжений в фольге. Термообработка отжигом дополнительно способствует протеканию диффузионных процессов, и приводит к разупрочнению структуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Мирошниченко, И. С.** Закалка из жидкого состояния / И. С. Мирошниченко. – Москва: Металлургия, 1982. – 168 с.
2. **Kamal, M.** Effect of rapid solidification on structure and properties of some lead-free solder alloys / M. Kamal, E. S. Gouda // *Materials and Manufacturing Processes*. – 2006. – Vol. 21, iss. 8. – P. 736–740.
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.
4. **Зерница, Д. А.** Structure formation and peculiarities of crystallization of lead-free tin-zinc alloys obtained by rapid solidification / Д. А. Зерница, В. Г. Шепелевич // *Журнал Белорус. гос. ун-та. Физика*. – 2022. – №. 3 – С. 48–55.