

дость фольги меньше микротвердости массивных образцов. Однако благодаря диффузионным процессам происходит улучшение структуры границ зерен. Доля зернограничного проскальзывания в общей величине деформации уменьшается, что и является причиной увеличения микротвердости фольг в процессе выдержки при комнатной температуре.

Испытания фольг растяжением проведены через 1 сутки после изготовления фольги. На кривой растяжения сначала наблюдается увеличение напряжения с ростом деформации (до $\varepsilon_1 = 4\%$), а затем его уменьшение. Максимальное напряжение $\sigma_{\max} = 8,6$ МПа. Достигаемое макси-

мальное удлинение $\varepsilon_{\max} = 100\%$. Кривая растяжения зависит от времени выдержки фольги при комнатной температуре с момента ее изготовления. С увеличением времени выдержки фольги до 60 суток происходит увеличение σ_{\max} до 16 МПа и уменьшение ε_{\max} до 43%.

Литература

1. Шепелевич В.Г. Быстрозатвердевшие легкоплавкие сплавы. – Минск : БГУ, 2015. – 192 с.
2. Русаков А.А. Рентгенография металлов. – М.: Атомиздат, 1977. – 480 с.
3. Салтыков С.А. Стереология в металловедении. – М. : Металлургия, 1976. – 272 с.

УДК 669.(6-8):539.2

ВРЕМЕННАЯ И ТЕМПЕРАТУРНАЯ СТАБИЛЬНОСТИ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ СПЛАВА Sn-Zn-Bi-In

Гусакова О.В.¹, Шепелевич В.Г.², Гусакова С.В.²

¹Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова БГУ,
Минск, Республика Беларусь

²Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

Эвтектические сплавы широко применяются в различных отраслях промышленности, в частности в электронной промышленности для пайки. Миниатюризация изделий электронной промышленности приводит к необходимости изготовления материалов припоев в виде дисперсных порошков, тонких проволок, фольг [1]. Перспективным методом изготовления припоев в виде фольг является сверхбыстрая закалка из расплава (СБЗР). Припой, полученные этим методом имеют ряд преимуществ, по сравнению с массивными. Использование фольг позволяет уменьшить расход материала, осуществлять пайку тонких изделий. Высокая химическая однородность материала обеспечивает сужение температурного интервала плавления и кристаллизации и уменьшение времени нагрева для получения гомогенного расплава, что снижает деструктивное влияние высокой температуры на элементы пайки [2]. Однако для низкоплавких эвтектических сплавов микроструктура и свойства зависят не только от условий, при которых протекает затвердевание, но и от времени выдержки при комнатной температуре после изготовления. Для легкоплавких эвтектических сплавов при нормальных условиях гомологическая температура имеет значение около 0,7. В этом случае интенсивно протекают диффузия и структурно-фазовые превращения. В связи с этим исследования изменения микроструктуры быстрозатвердевших фольг эвтектических сплавов Sn – Zn – Bi – In в процессе старения являются актуальными.

Фольги сплава получались при затвердевании слоя расплава, растекшегося по внутренней поверхности вращающегося медного кристаллизатора. При толщине исследованной фольги 50-60 мкм

скорость охлаждения расплава $\approx 10^5$ К/с. Исследовалась микроструктура поверхностей фольги через 30 минут, 5 и 25 часов, а также поперечного сечения фольги при старении в течение 50, 100 и 700 часов и после изохронного отжига при 60 и 100 градусах в течение 20 минут. На рисунке 1 приведена микроструктура поверхности фольги, прилегающей к кристаллизатору (А) и свободно затвердевающей поверхности (В) фольг после выдержки при комнатной температуре.

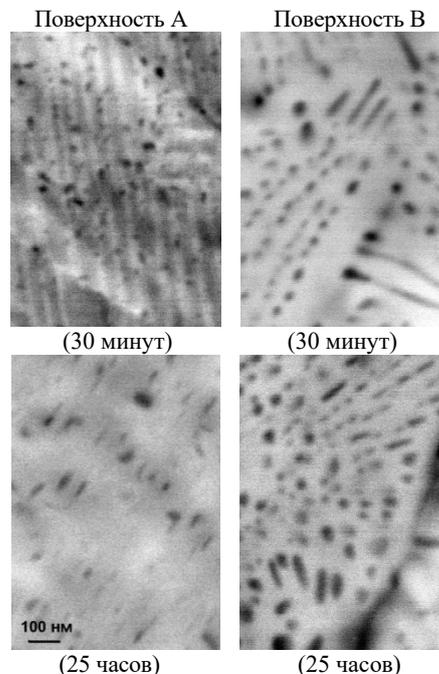


Рисунок 1 – Микроструктура поверхностей быстрозатвердевшей фольги сплава Sn – 8,0 мас. % Zn – 3,0мас. % Bi – 4,0 мас.% In

С помощью рентгеноспектрального микроанализа и рентгеноструктурных исследований установлено, что темные включения соответствуют фазе цинка. Впервые выявленной особенностью микроструктуры фольг сплава Sn–8мас.%Zn–3,0мас.%Bi–4,0мас.%In является образование в тонком приповерхностном слое поверхности А модулированной структуры. Наблюдаемые светлые и темные полосы шириной 40–50 нм могут быть образованы слоями твердого раствора на основе олова с разной степенью пересыщения цинком. Аналогичные слои на поверхности В (рис.16) быстро распадаются на отдельные частицы. На поверхности А распад слоев на отдельные вытянутые частицы происходит в течение 24 часов.

Изменение микроструктуры при отжиге изучались при исследовании поперечных сечений фольг. На рисунке 2 приведены микроструктуры в поперечном сечении фольги при старении и изохронном отжиге.

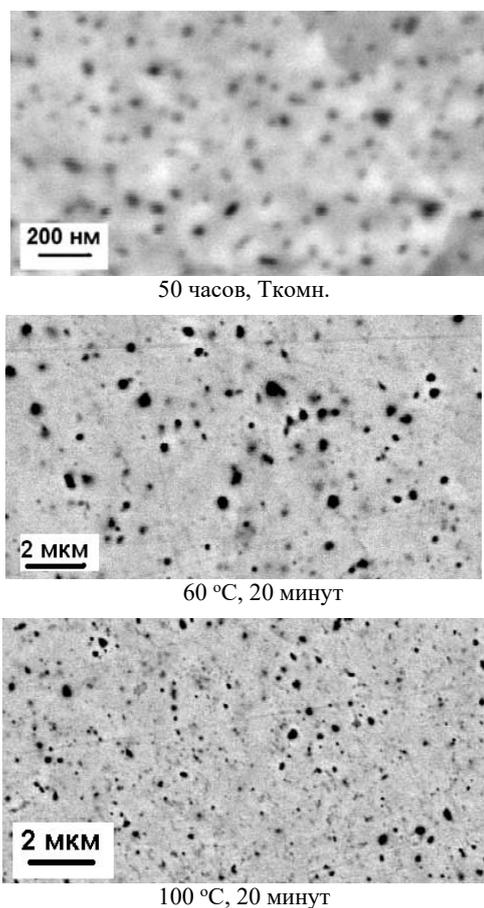


Рисунок 2 – Микроструктура фольги сплава Sn – 8,0 мас.% Zn – 3,0мас.% Bi – 4,0мас.% In при изохронном отжиге

Зависимость среднего размера частиц цинка от времени выдержки при комнатной температуре приведена на рисунке 3. Наиболее интенсивно увеличение среднего размера частиц Zn

при комнатной температуре протекает в течение нескольких часов после изготовления. Это обусловлено тем, что рост частиц происходит как за счет растворения мелких включений и присоединением атомов к более крупным включениям, так и за счет распада пересыщенного твердого раствора цинка в олове.

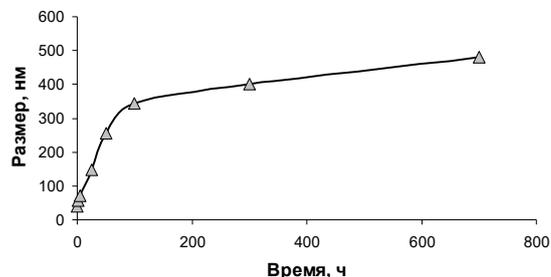


Рисунок 3 – Зависимость среднего размера частиц цинка от времени выдержки при комнатной температуре

При изохронном отжиге наблюдается увеличение размера включений цинка и их сфероидизация, что обусловлено стремлением системы к минимуму поверхностной энергии. На рисунке 4 представлено распределение частиц по размерным группам при изохронном отжиге при 50 °C и 80 °C в течение 20 минут.

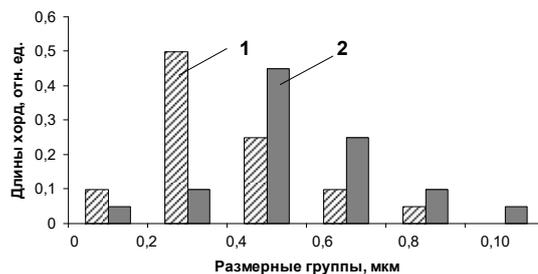


Рисунок 4 – Гистограмма распределения длин хорд цинка в фольге сплава Sn–8мас.%Zn–3,0мас.%Bi–4,0мас.%In по размерным группам: 1 – отжиг при 60°C в течение 20 мин, 2 – отжиг при 100°C в течение 20 мин

Таким образом, быстрозатвердевшие фольги сплава Sn–8мас.%Zn–3,0мас.%Bi–4,0мас.%In затвердевают с образованием твердого раствора на основе олова пересыщенного висмутом, индием и цинком.

В результате распада твердого раствора выделяются только включения цинка, размеры которых увеличиваются при старении и отжиге за счет стремления системы к уменьшению поверхностной энергии.

Литература

1. Лашко С.В. Пайка материалов. – М. : Машиностроение, 1988. – 379 с.
2. Гусакова О.В., Шепелевич В.Г. Быстрозатвердевшие сплавы олова. – Минск : РИВШ, 2012. – 150 с.