

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ТЕХНОЛОГИЯМ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
КОНЦЕРН "БЕЛНЕФТЕХИМ"

АССОЦИАЦИЯ ТЕХНОЛОГОВ-МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ УКРАИНЫ
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ
УПРОЧНЕНИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ "РЕМДЕТАЛЬ"
БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЖЕШУВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ЖИТОМИРСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЛИГОРСКИЙ ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЯ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

ТЕМАТИЧЕСКИЙ СБОРНИК

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ СВИНЕЦ – СУРЬМА

О.Н. Шахрай, В.Г. Шепелевич

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Свинец обладает рядом ценнейших свойств, обеспечивающих применение его в самых различных областях промышленности, в первую очередь в машиностроении, электротехнике и электронике. Широкое применение получили сплавы на основе свинца, в частности припои. В настоящее время разработано новое направление в получении припоев с благоприятным сочетанием различных свойств – сверхбыстрая закалка из расплава, при которой удается получить не только мелкодисперсную структуру, но и сделать ее более однородной.

Цель работы – исследование структуры и свойств быстрозатвердевших фольг свинца и его сплавов с сурьмой.

Быстрозатвердевшие фольги системы Pb – Sb получены при затвердевании капли расплава, инжесктированной на внутреннюю полированную поверхность быстровращающегося медного цилиндра. Рентгеноструктурные исследования проводились на дифрактометре ДРОН-2. Текстура фольг исследована методом обратных полусных фигур, полусная плотность $\rho_{\text{пл}}$ дифракционных линий 111, 200, 220, 311, 331 и 420 рассчитана по методу Харриса. Значения микронапряжений и размеров блоков определяли методом аппроксимаций по физическому уширению дифракционных линий 222 и 333. Микротвердость измерена на приборе ПМТ-3. Относительная ошибка измерения микротвердости составляет 4%.

Быстрозатвердевшие фольги свинца имеют микрокристаллическую структуру. Если в массивном образце чистого свинца размер зерна достигает 80 мкм, то в фольге не превышает десяти микрон. При этом легирование свинца сурьмой приводит к уменьшению среднего размера зерна.

В таблице приведены значения полусных плотностей дифракционных линий быстрозатвердевших фольг системы Pb – Sb. Наибольшим значением полусной плотности характеризуется дифракционная линия 111. На долю данной ориентировки приходится 75 – 90 % объема фольги. Легирование свинца сурьмой способствует усилению текстуры (111).

При затвердевании в неравновесных условиях текстура определяется теми зернами, у которых при плоском фронте кристаллизации межфазная граница "кристалл – жидкость" совпадает с плоскостями, перемещающимися с наибольшей скоростью. Такими плоскостями являются плоскости {111}. Вследствие этого при быстром затвердевании предпочтителен рост тех зерен, у которых плоскости {111} перпендикулярны направлению теплоотвода, формируя

тем самым текстуру (111) в быстрозатвердевших фольгах свинца и его сплавов с сурьмой.

Полюсные плотности дифракционных линий быстрозатвердевших фольг сплавов системы Pb – Sb

Материал	Дифракционная линия					
	111	200	220	311	331	420
Pb	4,4	0,9	0,1	0,3	0,1	0,2
Pb – 5 ат. % Sb	5,6	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0
Pb – 10 ат. % Sb	5,4	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0
Pb – 15 ат. % Sb	4,9	0,7	0,1	0,3	0,0	0,0
Pb – 20 ат. % Sb	5,0	0,8	0,1	0,1	0,0	0,0

До 10 ат. % Sb наблюдается возрастание физического уширения дифракционной линии 333, а после 10 ат. % Sb – уменьшение. Наибольшее значение физического уширения наблюдается в фольге Pb – 10 ат. % Sb, на дифрактограмме которой обнаружены дифракционные линии мелкодисперсных частиц сурьмы, вызывающих микронапряжения второго рода. Физическое уширение зависит от размеров блоков и микронапряжений. Учитывая, что размеры блоков велики (несколько десятых долей микрона), то физическое уширение дифракционных линий определяется лишь микронапряжениями. Их величина, как показал расчет, составляет $(3 - 4) \cdot 10^{-4}$.

Микротвердость исследуемых сплавов монотонно зависит от концентрации сурьмы. При этом микротвердость фольг меньше микротвердости массивных сплавов того же состава, за исключением интервала концентраций сурьмы от 17 до 23 ат. %. Меньшее значение микротвердости фольг чистого свинца, чем массивных образцов, объясняется уменьшением среднего размера зерна. В металлах границы зерен при температурах $T \approx 0,5 T_m$ и выше (T_m – температура плавления по шкале Кельвина) являются разупрочненными зонами и возможно зернограницное проскальзывание. В пределах до 15 ат. % Sb наблюдается увеличение микротвердости как для фольг (в 3,4 раза), так и для массивных образцов (в 3,1 раза), которое целесообразно связать с образованием твердого раствора на основе свинца и мелкодисперсных частиц второй фазы (твердого раствора на основе сурьмы), что согласуется с наблюдаемым увеличением величины физического уширения в данном интервале концентрации сурьмы. Известно, что состав эвтектического сплава – Pb – 18 ат. % Sb. В связи с тем, что фольги получены в неравновесных условиях, эвтектические значения концентраций могут сдвигаться. Можно предположить, что для фольг квазиэвтектика формируется при 25 ат. % Sb. При концентрации сурьмы, равной 25 ат. % и выше, микротвердость всех исследуемых сплавов возрастает. В этом интервале концентраций первичной фазой является сурьма, которая имеет более высокое значение микротвердости, что и обуславливает ее рост.

Быстрозатвердевшие фольги свинца и его сплавов с сурьмой находятся в неустойчивом состоянии. Отжиг фольг свинца при температуре 240 °C в тече-

ние 1 часа приводит к увеличению среднего размера зерна до 12 мкм, что объясняется процессами рекристаллизации.

Изменение структуры фольг при отжиге вызывает изменение микротвердости. В фольгах чистого свинца наблюдается увеличение микротвердости, что объясняется протеканием рекристаллизационных процессов, вызывающих рост среднего размера зерен. Падение микротвердости в фольгах Pb – 10 ат. % Sb связано с исчезновением микронапряжений. В фольгах Pb – 40 ат. % Sb обнаружено незначительное уменьшение микротвердости, которое можно связать с распадом пересыщенного твердого раствора на основе сурьмы.

Таким образом, быстрозатвердевшие фольги свинца и его сплавов с сурьмой имеют микрокристаллическую структуру и текстуру (111). Микротвердость фольг определяется концентрацией легирующего элемента и зеренной структурой.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ