

ЛИТЕРАТУРА

1. Пекарчик, С.Е. Создание параметрических чертежей в T-FLEX CAD/ Е.С. Пекарчик // Сборник трудов первой Международной научно-технической конференции «Современные методы проектирования, расчет, конструирование и технология изготовления» г. Минск. 11-13 декабря 2002 г.

2. Киселев, О.М. Автоматизация проектирования ленточных конвейеров с подвесной лентой на основе параметризации / О.М. Киселев // Сборник трудов первой Международной научно-технической конференции «Современные методы проектирования, расчет, конструирование и технология изготовления» г. Минск. 11-13 декабря 2002 г.

3. Горбацевич, А.Ф. Методические указания по выполнению курсовых проектов по курсу «Проектирование станочных приспособлений» для студентов заочной формы обучения специальности 0577 «Машиностроение» / А.Ф. Горбацевич. – Минск, 1985.

УДК 539.25:669.6

Гусакова О.В.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ IN-SITU ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГАХ СПЛАВОВ ОЛОВА

МГЭУ, г. Минск

Научный руководитель: Шепелевич В.Г.

Установлено, что микроструктура фольг двойных сплавов на основе олова формируется в результате распада пересыщенного твердого раствора по механизмам непрерывного и прерывистого распадов. Проведены подробные исследования in-situ на основе которых рассчитаны основные характеристики распада. Полученные ре-

зультаты позволяют наглядно продемонстрировать структурные изменения в процессе распада пресыщенных твердых растворов, что вполне может быть использовано при чтении курсов затрагивающих вопросы фазовых переходов в твердых телах.

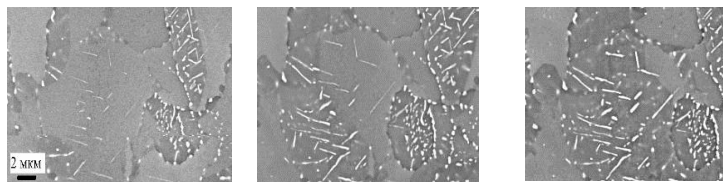
Физическое материаловедение относится к одним из наиболее важных и распространенных курсов физики преподаваемых в технических вузах. Изучение физики твердого тела, структурных превращений и связи структурно фазового состояния со свойствами материала является основой фундаментальной подготовки инженеров разных специальностей. Поэтому при изложении курсов физики твердого тела актуальным является использование новых научных результатов, полученных с помощью современного сложного исследовательского оборудования.

В данной работе изложены результаты исследования сплавов на основе олова с Bi и Cd, полученных методом сверхбыстрой закалки из расплава. Сплавы составов Sn – 8 ат. % Bi, Sn – 4 ат. % Cd, Sn – 8 ат. % Cd в виде фольг толщиной 30–100 мкм получались при выливании расплава на внутреннюю поверхность вращающегося медного диска. Оценки скорости охлаждения расплава и переохлаждения, достигаемого до начала затвердевания, приведены в [1]. Показано, что скорость охлаждения расплава составляет 10^5 – 10^6 К/с, а достигаемое переохлаждение находится в пределах 119–130 К. При таких переохлаждениях скорость движения границы твердое тело-расплав может превышать диффузионную скорость примеси в расплаве, что обеспечивает бездиффузионную кристаллизацию. В результате образуются метастабильные пересыщенные твердые растворы, что подтверждено многими авторами с помощью рентгеноструктурных исследований и измерения параметра решетки [2, 3]. Однако до последнего времени не было ни одной работы, посвященной установлению механизмов распада этих метастабильных фаз.

Поэтому были проведены специальные исследования, в которых проводилось наблюдение *in-situ* за поверхностью быстрозатвердевших фольг сплавов олова сразу после их изготовления, а также гомогенизированных и закаленных на воздух фольг. Микроструктура фольг изучалась с помощью растровой электронной микроскопии (LEO 1455 VP) при этом наблюдения велись в отраженных электронах.

Первоначальные наблюдения, производящиеся через 5–10 минут после приготовления фольги, показали, что на стороне фольги, прилегающей к кристаллизатору, выделения отсутствуют для фольг всех составов, что свидетельствует об образовании пересыщенного твердого раствора на основе олова. Установлено, что распад твердого раствора протекает при образовании пластинчатых выделений на границе зерна и их последующем удлинении одновременно с перемещающейся высокоугловой границей. Такой процесс роста колонии ламелей типичен для прерывистого механизма распада [2]. Одновременно с прерывистым распадом протекает распад по непрерывному механизму, в результате которого появляются узкопластинчатые включения висмута или кадмия, располагающиеся под углами 60 или 90 градусов соответственно. Их форма и упорядоченное расположение вызвано корреляцией их кристаллических решеток с решеткой матрицы. Если высокоугловая граница достигает пластинчатых включений то ее дальнейшее продвижение сопровождается утолщением последних. На рисунке 1 приведены микрофотографии поверхности быстрозатвердевшей фольги Sn – 8 ат. % Вi сделанные через различные промежутки времени после изготовления.

Наличие большого количества таких микрофотографий позволило создать слайд-шоу, позволяющее наглядно продемонстрировать изменение микроструктуры фольг в процессе распада пересыщенного твердого раствора.



10 мин

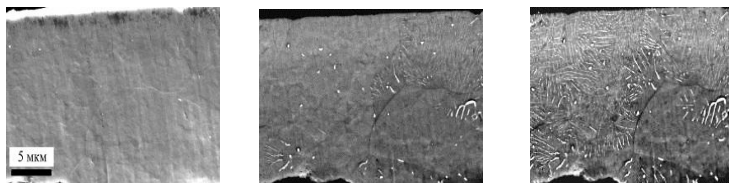
25 мин

50 мин

Рисунок 1 – Микроструктура поверхности быстрозатвердевшей фольги сплава Sn – 8 ат. % Bi при наблюдении через различные промежутки времени после изготовления

Также были проведены исследования быстрозатвердевших фольг после гомогенизации и закалки на воздухе. На рисунке 2 представлены результаты наблюдения за поперечным срезом закаленной фольги. Результаты свидетельствуют о том, что процесс прерывистого распада пересыщенного твердого раствора закаленных на воздухе фольг протекает по механизму, сходному с механизмом распада, наблюдаемым в быстрозатвердевших фольгах. Отличие состоит в том, что при закалке на воздухе протекает исключительно процесс прерывистого распада и начинается он через некоторое время после начала наблюдения.

Проведенные наблюдения *in-situ* за процессом движения границы распада в быстрозатвердевших фольгах и фольгах закаленных на воздухе, позволили непосредственно определить скорость ее перемещения при комнатной температуре. Скорость движения границы прерывистого распада в фольгах, закаленных на воздухе, заметно не отличается от скорости движения границы распада в быстрозатвердевших фольгах для одного и того же состава образцов и для сплава Sn – 8 ат. % Bi имеет значение в пределах $(1-4) \cdot 10^{-9}$ м/с. Также были определены истинное межламельное расстояние и толщина ламелей которые составляют 0,4 мкм и 10 нм соответственно.



10 мин 60 мин 120 мин
 Рисунок 2 – Микроструктура поперечного сечения фольги сплава Sn – 8 ат. % Bi через различные промежутки времени после закалки на воздух

Таким образом, полученные результаты исследований in-situ позволяют наглядно продемонстрировать структурные изменения в процессе распада пересыщенных твердых растворов на основе олова, а также провести оценку основных параметров этого процесса, что вполне может быть использовано при чтении курсов затрагивающих вопросы фазовых переходов в твердых телах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусакова, О.В. Зеренная структура и текстура быстрозатвердевших фольг олова, полученных при различных режимах сверхбыстрого охлаждения / О.В. Гусакова, В.Г. Шепелевич // Материалы, технологии, инструменты. – 2010. – Т. 15. – № 2. – С. 54–57.
2. Лариков, Л.Н. Ячеистый распад пересыщенных твердых растворов / Л.Н. Лариков, О.А. Шматко. – Киев.: Наукова думка, 1976. – 179 с.
3. Хансен, М. Структуры двойных сплавов / М. Хансен, К. Андерко. – М.: Рос. научн.-техн. изд. литерат. по черн. и цветн. металлургии, 1962. – 456 с.