

В то время как жидкая фаза сплава, содержащего 1,2 ат. % Pb, является либо двухфазной, либо однофазной, в зависимости от температуры расплава.

На рисунке 3 представлены результаты измерения микротвердости фольг при изохронном отжиге. На начальном участке для всех образцов наблюдается увеличение микротвердости, с максимумом, достигаемым при температуре отжига порядка 150°C. Это увеличение можно объяснить выделением из образованного в результате сверхбыстрой закалки пересыщенного твердого раствора мелкодисперсных упрочняющих частиц свинца. Далее наблюдается некоторое уменьшение микротвердости с ее последующим ростом. Минимум микротвердости для всех образцов достигается при температурах порядка 200°C.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физическое металловедение. Под ред. Канна Р.У., Хаазена П. – М.: Металлургия, 1987. – Т.2. - С.624. 2. W. T. Kim, D. L. Zhang and B. Cantor Microstructure of rapidly solidified aluminum-based immiscible alloys //Materials Science and Engineering – A134 – 1991 – p. 1133-1138.

УДК (620.17+620.18):669.5

Лозенко В. В., Шепелевич В. Г.

СТРУКТУРА И МИКРОТВЁРДОСТЬ БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ СПЛАВОВ ЦИНК – КАДМИЙ

*Белорусский государственный университет,
Минск, Беларусь*

В последние десятилетия значительное внимание уделяется получению фольг различных материалов сверхбыстрой закалкой из жидкой фазы. При скоростях охлаждения выше 10^5 К/с удаётся достичь однородности распределения компонентов в сплаве после затвердевания, что улучшает его механические свойства. Сверхбыстрая закалка из расплава позволяет повысить взаимную растворимость легирующих компонентов и получить материалы в виде фольг с более мелкозернистой микроструктурой [1], что существенным образом влияет на формирование структуры и физические свойства получаемых материалов.

Несмотря на широкое применение сплавов, богатых цинком, в качестве литейных, антифрикционных, деформируемых сплавов [2], совсем немного известно о влиянии быстрой закалки на структуру и, следовательно, свойства сплавов на основе цинка [3, 4]. В связи с этим в данной работе представлены

результаты исследования структуры, микротвердости и стабильности быстрозатвердевших фольг сплавов системы Zn – Cd, содержащих до 8 ат.% Cd.

Исследуемые в работе фольги получались сверхбыстрой закалкой из жидкой фазы путем выброса капли расплава на внутреннюю полированную поверхность быстровращающегося медного цилиндра. Скорость охлаждения расплава, как показал расчет [5], была порядка 10^6 К/с. Толщина фольг составляла 30...80 мкм.

Исследование поверхностной структуры фольг и их поперечного сечения проводилось на растровом электронном микроскопе LEO 1455 VP. Рентгеноструктурный анализ проводился на дифрактометре ДРОН-3 в монохроматизированном медном излучении. Текстура фольг изучалась методом “обратных” полюсных фигур. Полюсные плотности дифракционных линий 0002, $10\bar{1}0$, $10\bar{1}1$, $10\bar{1}2$, $10\bar{1}3$, $11\bar{2}0$, $11\bar{2}2$ и $20\bar{2}1$ рассчитывались по методу Харриса [6]. Микротвердость фольг H_μ по Виккерсу исследовалась с помощью микротвердомера ПМТ-3. Прилагаемая нагрузка составляла 20 г, время выдержки – 15 секунд. Изохронный отжиг исследуемых фольг проводился последовательно в температурном интервале 20 – 260 °С с интервалом в 20 °С и выдержкой 20 мин для каждой температуры. Погрешность измерения H_μ составляла не более 5 %.

Исследования морфологии сплава Zn – 4 ат.% Cd показали, что быстрозатвердевшие фольги имеют микрокристаллическую структуру, а также выявили включения второй фазы, как со стороны прилегающей к кристаллизатору А, так и с противоположной стороны Б, выделяющиеся более светлыми пятнами на фоне темного твердого раствора. Изучения поперечного среза фольг показали наличие выделений на границах и в объеме зерен, которые декорируют границы, очерчивающие области размером 0,5–1 мкм. Их целесообразно связать с

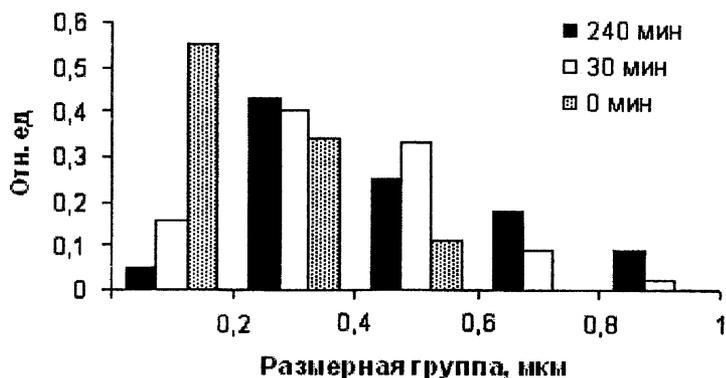


Рис. 1. Распределение частиц кадмия по размерным группам в Zn – 4 ат.% Cd на стороне фольги А, отожженной при 120 °С

Включения кадмия имеют равноосную форму. Их распределение по размерным

блоками зерна. Частицы второй фазы, как показали исследования распределений компонентов в фольгах, соответствуют кадмию. На участках фольг сторон А и Б сплава Zn – 4 ат.% Cd, свободных от выделений второй фазы, концентрация кадмия меньше заданной и равняется 3,3 и 2,4 ат.% соответственно, что обусловлено выделением легирующего элемента из пересыщенного твердого раствора.

группам приведено на рис. 1. Как видно, максимальная доля частиц (более 50 %) принадлежит размерной группе 0 – 0,2 мкм, и с увеличением размера выделений она уменьшается. Средний диаметр частиц кадмия, измеренный для сплава Zn – 4 ат.% Cd, составляет 0,2 мкм.

С увеличением концентрации легирующего элемента размер включений увеличивается. На участках фольг сплава Zn – 8 ат.% Cd, свободных от выделений второй фазы, концентрация кадмия составляет около 6 ат.%. Максимальная доля частиц приходится уже на размерную группу 0,8 – 1 мкм. А средний размер включений составляет 0,7 мкм. Таким образом, быстрозатвердевшие фольги сплавов системы цинк – кадмий состоят из пересыщенного твердого раствора на основе цинка и мелкодисперсных частиц кадмия.

В таблице приведены значения полюсных плотностей дифракционных линий для быстрозатвердевших фольг сплавов системы Zn – Cd. Наибольшее значение полюсной плотности принадлежит дифракционной линии 0002. Это свидетельствует о формировании текстуры (0001) в фольгах. На долю данной ориентировки приходится около 80 % объема фольги. Следует отметить, что текстура такого типа наблюдалась и для чистого цинка [7].

Полюсные плотности дифракционных линий
быстрозатвердевших фольг сплавов Zn – Cd

| Дифракционные линии | Легирующий элемент, ат.% | | | |
|---------------------|--------------------------|-------|-------|-------|
| | 1% Cd | 2% Cd | 4% Cd | 6% Cd |
| 0002 | 6,7 | 6,6 | 6,5 | 6,2 |
| $10\bar{1}0$ | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| $10\bar{1}1$ | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 1,1 |
| $10\bar{1}2$ | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| $10\bar{1}3$ | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| $11\bar{2}0$ | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| $11\bar{2}2$ | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| $20\bar{2}1$ | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |

Измерения микротвердости проводились как для массивных образцов, так и для фольг исследуемой системы. Микротвердость образцов H_μ зависит от концентрации легирующего элемента, как показано на рис. 2. Ее значение с ростом концентрации кадмия сначала увеличивается, а затем уменьшается. Максимальное значение H_μ для массивных образцов и быстрозатвердевших фольг наблюдается при 1 и 2 ат.% Cd соответственно. Упрочнение цинка кадмием вызвано образованием твердого раствора и мелкодисперсных частиц второй фазы. Смещение максимума в зависимости микротвердости от состава и более высокое ее значение для фольг сплавов, содержащих 2 – 8 ат.% Cd, обу-

словлены образованием пересыщенного твердого раствора на основе цинка. При низком содержании легирующего компонента значения микротвердости массивных образцов превышают соответствующие значения для фольг. Наблюдаемое явление объясняется разупрочняющим эффектом межзеренных границ в фольгах чистого цинка [7], действие которого, как видно из рис. 2, сохраняется и в сплавах, содержащих до 1 ат.% Cd.

Быстрозатвердевшие фольги исследуемых сплавов находятся в неустойчивом состоянии, что подтверждается изменением их структуры и микротвердости при термической обработке.

Распределение частиц твердого раствора на основе Cd по размерным группам в фольгах Zn – 4 ат.% Cd, отожженных при температуре 120 °C в течение 30 и 240 мин, представлены на рис. 1. С увеличением времени отжига происходит рост крупных частиц второй фазы за счет растворения мелкодисперсных частиц. Наибольшая доля частиц приходится на размерную группу 0,2 – 0,4 мкм. В результате отжига средний размер выделившихся частиц кадмия увеличивается: после 30 мин отжига он равен 0,4 мкм, после 240 мин – 0,5 мкм.

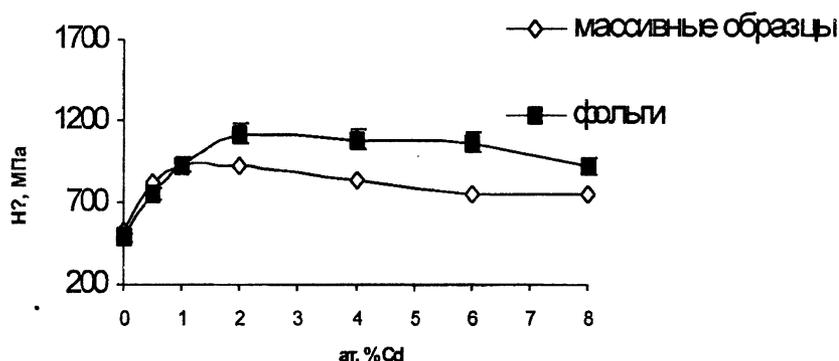


Рис. 2. Зависимость микротвёрдости H_{μ} фольг на основе цинка от концентрации легирующего компонента

Кривые изменения микротвердости при изохронном отжиге для всех сплавов подобны (рис. 3). Отжиг фольг до температуры 60 °C не оказывает влияния на микротвёрдость. При нагреве выше указанной температуры происходит уменьшение H_{μ} , что связано с распадом пересыщенного твердого раствора и укрупнением частиц второй фазы. При температурах отжига выше 160 °C значения микротвердости достигают насыщения для фольг всех исследуемых сплавов.

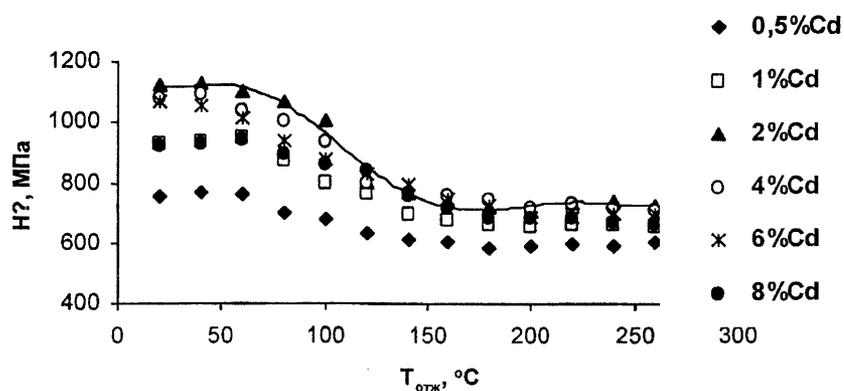


Рис.3. Изменение H_{μ} фольг сплавов системы Zn–Cd при изохронном отжиге

Таким образом, быстрозатвердевшие фольги системы Zn–Cd имеют микроструктурную структуру. Мелкодисперсные выделения кадмия находятся на поверхности и внутри фольг, располагаясь в объеме и на границах зерен. Включения кадмия укрупняются с увеличением концентрации легирующего элемента и с увеличением времени отжига. В фольгах всех сплавов изучаемой системы Zn – Cd формируется текстура (0001). Легирование цинка кадмием до 2 ат.% приводит к упрочнению фольг, а их отжиг в интервале температур 60 – 160 °C вызывает уменьшение микротвердости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физическое металловедение / Под ред. Р.У. Кана и П. Хаазена. - М.: Металлургия, 1987.-Т. 2. – 621 с.
2. Мальцев М.В. Металлография промышленных цветных металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1970. – 364 с.
3. Lin Z., Youshi W., Zhina X. Effects of quenching rate on microstructure of a rapidly solidified Zn-5wt%Al alloy // J. Mater. Sci. Let. – 1999. – V.18. – P. 1969–1972.
4. Митин Б.С., Фролов В. Д. и др. Влияние материала диска-кристаллизатора на упругие свойства металлокомпозиата, полученного экстракцией расплава // Физика и химия обработки материалов. – 1996. – №2. – С. 98-102.
5. Мирошниченко И.С. Закалка из жидкого состояния. – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.
6. Вассерман Г., Гревен И. Текстуры металлических материалов. – М.: Металлургия, 1969. – 654 с.
7. Лозенко В.В., Шепелевич В.Г. Отжиг быстрозатвердевших фольг цинка // Быстрозакаленные материалы и покрытия: Доклады 3- й Всероссийской научно-технической конференции. – 2004. – С. 14-17.