

УДК:669.715

**А. В. Косинская, Ж. Д. Богатырева, Е. А. Набока**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, г. Киев

**ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ АЛЮМОЦИРКОНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

Диаграмма состояния системы Al-Zr относится к перитектическому типу. В области богатой алюминием, при температуре 660,5°C происходит перитектическая реакция, при которой жидкость, содержащая 0,11% Zr взаимодействует с соединением  $ZrAl_3$  и образует алюминиевый твердый раствор. В этой части рассматриваемой системы установлено существование только двух фаз: алюминид циркония и твердого раствора циркония в алюминии. [1]

Добавки циркония оказывают положительное влияние на свойства различных алюминиевых сплавов. Способствуют повышению прочностных показателей, снижению склонности к коррозии под напряжением, воздействуют на жаропрочность. [1-3]. Но основным достоинством этого элемента является его способность измельчать зерно алюминия.[4]. Между цирконием и атомами алюминия возникают прочные связи, как в жидком, так и твердом растворах. Следствием связей в жидком состоянии является уменьшение критического размера центров кристаллизации, увеличение их числа и в результате измельчение литой структуры. [3,4]. Хотя разница межатомных расстояний для  $ZrAl_3$  и алюминия составляет всего 7-8% [4], но неблагоприятное их структурное сходство затрудняет пристройку атомов алюминия и снижает вероятность зарождения его зерен на этих частицах. Только при наличии большого количества зародышевых центров (в случае повышения концентрации легирующего) отмечается более эффективное измельчение. [5,6] Поэтому в целях модифицирования цирконий не нашел широкого использования в промышленном масштабе. [1].

Повышенный интерес современности к термически стабильным материалам, сочетающим высокую электропроводность и достаточную прочность после нагрева свыше 250°C, вызывают необходимость изучения низколегированных сплавов алюминия с цирконием, являющихся наиболее перспективными для решения этой задачи. Для этой цели была выбрана алюмоциркониевая система в области концентраций доперитектической, перитектической и заперитектической частей диаграммы ее состояния.

Заданные составы выплавляли из алюминия технической чистоты (А6) и циркониевой лигатуры, содержащей 3,35%мас. циркония. Выплавку осуществляли в печи электросопротивления в графитовых тиглях. После расплавления, стабилизации температуры, выдержки при 860°С металл заливали в графитовую форму при температуре 18-22°С. Отливки остывали вместе с формой и имели массу 0,11- 0,13кг, диаметр 25мм и высоту – 50мм. Содержание циркония в полученных сплавах определяли методами спектрального, микрорентгеноспектрального и рентгенофлуоресцентного анализов. Выплавленные сплавы содержали (масс.% Zr): №1-0,037-0,042; №2-0,11-0,094; №3-0,22-0,26.

Металлографическими исследованиями было установлено, что структура всех полученных образцов складывается образованиями  $\alpha$ -твердого раствора алюминия и включениями алюминида циркония  $ZrAl_3$ . У сплавов доперитектического состава она зернистая, у перитектического и заперитектического – микрокристаллическая. Присутствующие включения алюминида циркония имеют различную форму кристаллов. Большинство- это изометричные кристаллические образования серого цвета, правильной формы и размером от 5х5 до 50х50мкм. Присутствуют также светлые, вытянутые, иглообразной формы кристаллы, так называемые «прутковые» образования фазы  $ZrAl_3$  [7,8], размерами от 5х50 и 5х200мкм до (20...50)х (1200....1400)мкм. С увеличением содержания циркония в сплаве количество их возрастает. В соответствии с литературными данными это стабильная фаза  $ZrAl_3$  с тетрагональной решеткой  $DO_{23}$  [1,2], в отличие от изометричных метастабильных кристаллов алюминида, имеющих кубическую  $L1_2$  решетку [7,8].

Кристаллические образования  $\alpha$ -твердого раствора алюминия также имеют различные размеры. По мере увеличения доли вводимого циркония их величина возрастает. В доперитектическом сплаве она составляет от 50х50 до 100х150мкм, а в заперитектическом – от 75х75 до 200х200мкм. При этом снижается их микротвердость с 16,6 до 13,1кг/мм<sup>2</sup>.

Происходящие структурные изменения в исследованных сплавах очевидно связаны с количественным влиянием вводимого циркония. При кристаллизации заперитектических составов преимущественную роль играет образование интерметаллидной фазы. Появление ее в сплаве приводит к резкому снижению содержания циркония в твердом растворе алюминия и соответственно к понижению показателей его микротвердости и увеличению размеров .

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что в бинарных алюмоциркониевых сплавах в области малых содержаний циркония, возможно од-

новременное формирование стабильных и метастабильных кристаллов интерметаллидной фазы  $ZrAl_3$ . Изыскание технологических приемов, которые обеспечивали бы кристаллизацию только стабильной фазы позволит создавать жаропрочные и композиционные материалы с новым комплексом свойств, в которых включения такого вида являются полезными структурными составляющими.

### Список литературы

1. *Мондольфо Л. Ф.* Структура и свойства алюминиевых сплавов. – Металлургия, 1979. – 640 с.
2. *Металловедение алюминиевых сплавов / Под ред. С. Т. Кишкина.* – Наука, 1985. – С. 190-196.
3. *Елагин В. И.* Металловедение легких сплавов. – Наука, 1965. – С. 54-60.
4. *Мальцев М. В.* Модифицирование структуры металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1964. – 214 с.
5. *Бондарев Б. И., Напалков В. И., Тарарышкин В. И.* Модифицирование алюминиевых деформируемых сплавов. – М: Металлургия, 1979. – 224с.
6. *Дриц М. Е., Каданер Э. С., Кузьмина И. И.* // Изв. АН СССР. Металлы. – 1968. – №1. – С. 170-175.
7. *Левин Л. И., Золоторевский В. С., Захаров В. В., Курбатова А. В.* // Изв. вузов Цветная металлургия. – 1975. – № 5. – С.129-133.
8. *Алюминиевые сплавы. Металловедение алюминия и его сплавов. Справочное руководство.* – М: Металлургия, 1971. – 352 с.