УДК 669.296

У.А.АЙМАТОВ
аспирант кафедры металлургии цветных металлов

СИНТЕЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ РЕДКИМИ И ПЕРЕХОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

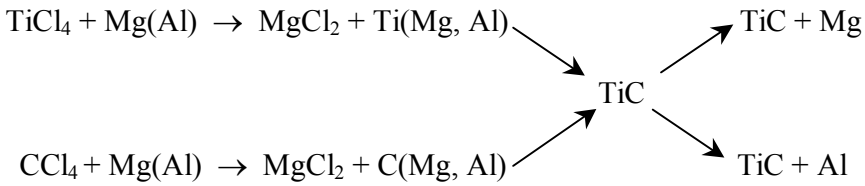
Введение карбида титана в алюминиевые сплавы значительно повышает их прочностные характеристики. Исследован синтез алюминиевых сплавов, содержащих карбид титана, путем восстановления смеси $TiCl_4$ – CCl_4 сплавом Al-Mg. Рассмотрено одновременное введение карбидов титана и интерметаллидов скандия в алюминиевые сплавы.

Introduction carbide the titanium in aluminium an alloy considerably raises them strength characteristics. Synthesis of the aluminium alloys containing carbide the titanium, by restoration of mix $TiCl_4$ – CCl_4 is investigated by alloy Al-Mg. Simultaneous introduction carbides the titan and intermetallics scandium in aluminium alloys is considered.

При введении карбида титана в литые алюминиевые сплавы значительно повышаются их прочностные характеристики [2, 4]. Алюминиевые сплавы, упрочненные дисперсными частицами карбида кремния или углерода, получают путем подачи исходных порошков карбида кремния и углерода на поверхность активатора, вращающегося в расплавленной ванне алюминиевого сплава [3]. Известен способ получения алюминиевого сплава [1], при введении порошковых компонентов оксикарбонитридов титана в расплавленные металлы методом плазменной инжекции с помощью плазматрона.

Однако при синтезе легированных сплавов необходимо предварительное получение дорогостоящих дисперсных порошковых компонентов и дополнительная операция обработки порошков в аттриторах или вибромельницах. Данные операции способствуют значительному окислению и загрязнению их конструкционным материалом перемешивающего устройства. В конечном итоге синтезируются алюминиевые сплавы, содержащие относительно крупные и окисленные упрочняющие частицы, что снижает технологические характеристики изделия.

Исследован процесс получения алюминиевых сплавов при непосредственном взаимодействии исходных реагентов в момент их образования в расплаве матрицы. Протекающие процессы в общем виде описываются следующими реакциями:



Для выбора рациональных составов исходных реагентов и оптимизации процесса синтеза проанализированы физико-химические и прикладные основы получения алюминиевых сплавов. Термодинамический анализ протекающих процессов свидетель-

ствует о большой вероятности образования карбида титана, нитрида и карбонитрида титана. Менее вероятно образование интерметаллидов титана при магнийтермическом восстановлении хлоридов.

Кинетические характеристики гетерогенных процессов в системе тугоплавкие металлы-хлориды и щелочные металлы определяются термической стабильностью исходных и конечных соединений. В случае магнийтермического восстановления тетрахлорида углерода, а также его смеси с хлоридом титана в интервале температур 830-1000 °С процесс восстановления протекает в диффузионном режиме. При взаимодействии хлоридов с магнием при температурах выше 1000 °С в системе реализуется кинетический режим, что связано с практически полным разложением тетрахлорида углерода и образованием дисперсного углерода вне зоны реакции; это обстоятельство приводит к синтезу нестехиометрического карбида титана (ориентировочного состава $TiC_{0,6}$).

Процесс получения сплавов осуществляли путем подачи смеси хлоридов титана и углерода на поверхность перемешиваемых сплавов магния и алюминия. В исходный сплав вводили дополнительное количество магния для восстановления хлоридов титана и углерода. Температуру процесса поддерживали на уровне 800-900 °С, по окончании процесса восстановления полученные продукты охлаждали. Решающее влияние на гомогенность образующихся материалов оказывает температура окончания процесса перемешивания.

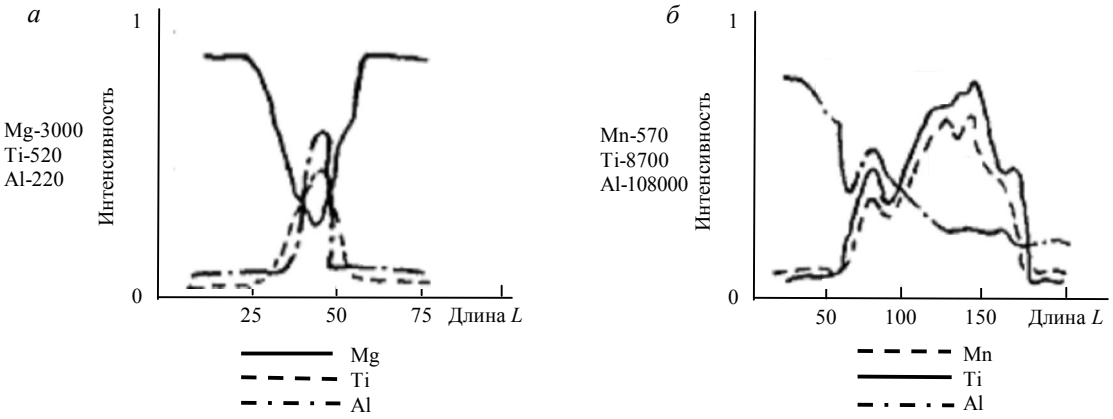
Синтезированный сплав (в процентах) на основе МЛ5 (7,5-9,0 Al; 0,2-0,8 Zn; 0,15-0,5 Mn) представляет собой магниевую матрицу, армированную сплошными цепочками из зерен карбида титана.

Картирование шлифов показало одновременное присутствие в армирующих частицах алюминия и титана, наличие марганца не наблюдалось. Сканирование шлифов проб полученных сплавов на основе магниевого сплава МЛ5 подтвердило присутствие в армирующих частицах алюминия и титана (см. рисунок, *а*).

Картирование образцов свидетельствует о присутствии частиц карбидизированного титана округлой и неправильной формы, в то же время железо и марганец, очевидно, представлены остроугольными частицами.

Сканирование шлифов алюминиевого сплава (см. рисунок, *б*) подтверждает присутствие в упрочняющих частицах титана, а также марганца. Особенно важно подчеркнуть наличие в них алюминия, содержание которого постепенно снижается по оси частицы.

Рентгеноструктурный анализ полученных образцов свидетельствует о присутствии карбида титана, при этом слабо проявляются фазы типа Ti_3Al или Ti_3AlC. Количество упрочняющих частиц в матрице составляло 3-5 %, содержание связанно-



Распределение элементов в шлифах легированных сплавов на основе магниевого (*а*) и алюминиевого (*б*) сплава

го углерода в карбидизированном титане изменялось от 15 до 19 %.

Увеличение прочности сплава, сверхпластичных характеристик и хорошей свариваемости обеспечивает присутствие в сплаве одновременно с переходными металлами скандия, который способствует образованию наночастиц упрочняющих компонентов, равномерно распределенных по всему объему сплава [5].

Перспективным представляется восстановление солевой среды, содержащей оксид скандия, алюминиево-магниевым сплавом с последующим взаимодействием последнего со смесью $TiCl_4$-CCl_4. На первом этапе образуются интерметаллиды скандия (Al_3Sc), которые равномерно распределяются в алюминии-коллекторе.

При последующем восстановлении смеси хлоридов титана и углерода магнием, присутствующим в интенсивно перемешиваемом алюминиево-магниевом сплаве, в момент синтеза образуются частицы карбида титана. Весьма важно, что при осуществлении процесса образуются свежевосстановленные армирующие частицы (тугоплавкие соединения титана и карбида титана). Сплавы алюминия и магния освобождаются от примесей; в конечном итоге поверхность раздела сплава и упрочняющей фазы не содержит примесей, частицы («атомно-чистые») имеют повышенную активность. Присутствие скандия (в виде интерметаллидов Al_3Sc) способствует измельчению упрочняющих частиц, поэтому образующийся сплав обладает высокой прочностью и модулем упругости.

Таким образом, физико-химические и технологические основы процессов получения новых высокопрочных конструкционных материалов базируются на металлотермическом восстановлении хлоридных соединений редких и переходных металлов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Борисов В.Г.* Новые материалы композиционного типа на алюминиевой основе для машиностроения / В.Г.Борисов, А.А.Казаков // Цветные металлы. 1997. № 4. С.71-73.

2. *Батуринская Н.Л.* Исследование упрочнения литого алюминия, содержащего тугоплавкие соединения титана / Н.Л.Батуринская, Н.А.Кальчук, М.Г.Сервецкая и др. // Изв. АН. Металлы. 1983. № 3. С.166-170.

3. *Канг С.Б.* Опыт получения литых композиционных материалов на основе алюминиевого сплава АК9, содержащего дисперсные частицы карбида кремния или углерода / С.Б.Канг, А.В.Панфилов, И.К.Каллиопин и др. // СПб: Политехника, 2001. С.44-48.

4. *Овсянников Б.В.* Влияние модифицирования лигатурой TiCAl на свойства слитков и плит сплава В95Пч // Цветные металлы. 2003. № 10. С.85-88.

5. *Рохлин Л.Л.* Физико-химическое взаимодействие в сплавах алюминия со скандием / Л.Л.Рохлин, Т.В.Добаткина, М.Л.Характерова // Технология легких сплавов. 1997. № 5. С.32-36.

Научный руководитель д.т.н. проф. С.В.Александровский