

Ибрагимов Владислав Эдуардович,
ассистент, Национальный горный университет «Торний»,
г. Санкт-Петербург

Научный руководитель:
Бажин Владимир Юрьевич,
декан химико-металлургического факультета Национального Горного
Университета «Торний», профессор, доктор наук

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СКАНДИЙ-ИТРИЕВЫХ ЛИГАТУР НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

Аннотация: В настоящее время алюминий-скандий-иттриевая лигатура применяется для модификации авиационных сплавов только на некоторых зарубежных заводах. Области применения авиационных сплавов, содержащих скандий и иттрий, могут быть весьма разнообразны, начиная от аэрокосмической техники до автомобилестроения (производство коррозионно-стойких деталей кузова и дисков колес), морские транспортные средства, железнодорожный транспорт, обсадные трубы для бурения скважин на нефть и газ (особенно в условиях морского бурения), крикины атомных реакторов и т.д. Известно, что легирование скандием придает алюминию более высокие прочностные, морозостойкие, жаропрочностные (до 250° С) и криоустойчивые характеристики, в силу чего такие сплавы имеют большое значение [1,2]. Важное влияние на структуру и свойства авиационных сплавов не только в полной мере, особенно при их совместном вводе.
Ключевые слова: лигатура, сплав, алюминий, скандий, иттрий.

В данной работе предлагается технология производства глубокой переработки техногенного сырья глиноземного производства (красных шламов) с целью селективного извлечения редких металлов (скандия и иттрия) для последующего получения Al-Sc-Y лигатур.

Экстракция среди известных способов извлечения скандия и иттрия занимает лидирующее место, благодаря высокой селективности и производительности, возможности создания замкнутых технологических циклов. Существующие технологии производства скандия сложны и многостадийны. Применение новых высокоэффективных и доступных экстрагентов позволяет упростить технологию получения соединений скандия и иттрия, как следствие, снизить себестоимость их промышленного производства лигатур в целом. Изучен механизм экстракции Sc твердыми экстрагентами и жидкостными мембранами, при этом исследованы механизмы и кинетика переноса различными ионнообменными комплексами при давлении воздушно-капельной среды для транспортирования ионов Sc и Y с заданной рН-средой на межфазной границе мембран без регенерации экстрагента из растворов в широком диапазоне концентраций. Способ синтеза твердых экстрагентов фторидов скандия и иттрия соединениями бензольного типа в присутствии катализатора.

Актуальность и научно-практический интерес представляет получение из красных шламов фторидов и оксидов скандия Sc и иттрия Y, поскольку благодаря относительно высокому содержанию Sc (90-120 г/т) и Y (250-300 г/т) переработка таких техногенных источников более выгодна, чем переработка обедренных бокситов. Ежегодное увеличение объемов шламохозяйства позволяет ориентироваться на крупномасштабное производство, которое может быть более рентабельным.

Кроме этого, получение алюминий-скандий-иттриевых лигатур методами глубокой переработки красных шламов также актуально благодаря широкому внедрению в массовое производство новых поколений алюминиевых сплавов с уникальными эксплуатационными и межмеханическими свойствами.

Положительное влияние скандия и иттрия на технические характеристики полуфабрикатов и изделий из них обусловлено следующим. Скандий склонен к образованию пересыщенных твердых растворов в неравновесном состоянии даже при небольших скоростях кристаллизации. Кристаллическая решетка образующегося при взаимодействии скандия с алюминием, центром кристаллизации становится интерметаллические соединения Al_3Sc , которые по параметрам почти полностью соответствуют структурной решетке алюминия, и это свойство лежит в основе их направленного воздействия на структуру и свойства сплавов.

Основным сырьем для производства сплавов и лигатур являются соединения скандия и иттрия извлекаемые в процессе переработки красного шлама. Во время производства глинозема по способу Байера образуется значительное количество красного шлама, который представляет собой мелкодисперсную графически нефилтруемую пульпу, содержащую щелочные гидроалюмосиликаты, оксиды и гидроксиды железа, титана, кальция, хрома, свободную щелочь и ряд других компонентов. Масштабы образования техногенных отходов соответствуют объему выпуска, составляя в среднем 1.1-1.2 т на 1 т глинозема. В настоящее время, только глиноземные цеха Уральского и Богословского алюминиевых заводов (ОК РУСАЛ) образуют около 2 млн. т красных шламов в год, которые хранятся на специальных отвалных полях, что вызывает ряд экологических и технико-экономических проблем. Вместе с тем существуют технологии переработки этого типа техногенного сырья на стройматериалы, цементы, коагулянты для очистки сточных вод, извлекать железный концентрат, титан, редкие и редкоземельные металлы.

Получение иттриевых и скандиевых фторидов целесообразно из красного шлама, который является отвальным продуктом в производстве глинозема по способу Байера. Себестоимость производства традиционными способами весьма велика, что, в свою очередь, препятствует широкому внедрению в массовое производство новых поколений алюминиевых сплавов с уникальными эксплуатационными свойствами. Основополагающие исследования в синтезе алюминий-скандиевых лигатур проводились в Горном университете Санкт-Петербурга [3]. Представляют интерес работы, которые развивали специалисты из МИСИС [4]. Отдельно-промышленные разработки, которые направлены на получение оксида скандия с последующим его вводом в алюминиевый сплав, были продолжены в Институте химии твердого тела Уральского отделения РАН [5].

На последнем Международном конгрессе «Цветные металлы» научно-техническое руководство ОК РУСАЛ проявило особый интерес в развитии производства скандиевых лигатур на своих заводах. Поэтому, разработка научно-практических основ и комплексной технологии производства алюминий-скандий-иттриевых лигатур при извлечении и концентрировании редких металлов из техногенного сырья глиноземного производства является актуальной для российской алюминиевой промышленности.

Одной из задач проведенного исследования было усовершенствование металлургических методов синтеза алюминий-скандий-иттриевых лигатур путем восстановления соединений фторидов скандия и иттрия сплавом Al-Mg.

На первой стадии исследований было выяснено, что алюминиды с сплавы, микролегированные скандием, обладают рядом положительных технологических свойств. Наличие в легких сплавах 0,05-0,50 масс.% скандия существенно повышает характеристики изделий. Прочность сплавов увеличивается на 40-50%, при одновременном увеличении пластичности на 50-60%, при этом коррозионная стойкость повышается в 10 раз, а температурный интервал устойчивой работы сплавов возрастает на 300-500°C.

Исследования проводили на установке, состоящей из шихтовой электропечи, герметичного реактора, термомпары, вакуумного насоса, баллона с аргонном и пульта управления печи. В качестве исходных материалов применяли смесь солей галлидных соединений щелочных металлов и оксид марганца, для получения мелкозернистой структуры лигатуры также добавляли оксиды скандия или иттрия. Исходные соли (шихту) после тщательного перемешивания предварительно переплавляли. Восстановителем служил сплав алюминия с магнием. После выдержки при этой температуре в течение одного часа продукты взаимодействия охлаждали, отмывали от солей и синтезированную лигатуру исследовали на растровом и оптическом микроскопах.

Перспективность выбранного направления исследований обусловлена тем, что магний является основным легирующим элементом алюминидных сплавов. При этом магний более активный восстановитель, чем алюминий, кроме того, в процессе синтеза образуется однородная лигатура структура с выделением MgF_2 . Исследован механизм обменных реакций в расплавах фторида скандия и иттрия с алюминием, в результате определены термические характеристики модифицированных расплавов.

Проведенное изучение заданного процесса получения алюминидных лигатур с редкими металлами на растровом микроскопе показывает, что интерметаллиды синтезируются в форме, приближенной к прямоугольной, а в центральной части интерметаллидов наблюдается свободное пространство, заполненное материалом матрицы, содержащей 0,2-1% марганца [6]. Добавки соединений скандия в исходную шихту способствуют образованию отдельных дендритов из Al_2Sc . В случае наличия в шихте соединений иттрия синтезируются игольчатые кристаллы, состоящие из Al_3Y . Извлечение скандия в лигатуру составило 87-92%, иттрия около 85%.

Таким образом, путем изменения состава исходных реагентов, добавок легирующих редких элементов, подбора различных режимов процесса (температуры, перемешивания и др.) можно заранее прогнозировать технологические и рабочие характеристики синтезируемых лигатур на основе алюминия.

В ходе выполнения научно-поисковых работ выяснено положение, что процесс получения сплавов алюминия при использовании лигатуры с магнием осуществляется в заданном интервале температур, что приводит к снижению потерь скандия и иттрия, в результате чего получается универсальная лигатура с низкой себестоимостью. Разработаны технологические решения по управлению структурой и свойствами легированных скандием иттрием алюминидных сплавов на всех технологических стадиях. Определены значения металлургических выходов скандия и иттрия в лигатуру в зависимости от чистоты исходных солей. Разработаны методы синтеза алюминий-скандиево-иттриевой лигатуры путем высокотемпературных обменных реакций криолит-глинозновых расплавов и фторида скандия и иттрия с алюминием.

Список литературы:

- 1 Фридрихер И.И. Алюминиды деформируемые конструкционные сплавы / И.И. Фридрихер. - М.: Металлургия, 1979. 268 с.
- 2 Мондольфо Л.Ф. Структура и свойства алюминидных сплавов / Л.Ф. Мондольфо [и др.] пер. с англ. М.: Металлургия, 1979. 639 с.
- 3 Патент РФ. 2162112 РФ. Способ получения скандийсодержащей лигатуры / Александровский С.В., Сизиков В.М., опублик. 20.01.2001.
- 4 Михов С. В. Современная технология получения алюминий-скандиевой лигатуры / С.В. Михов, В.И. Цветных металлы. 2010. №6. С. 56-60.
- 5 Пляк И.И. Овально-прокатное производство для извлечения скандия из шихты глинозенового производства / И.И. Пляк, Луцко С.П., Скачков В.М. // Цветные металлы. 2011. №12. С. 60-65.
- 6 Александровский С.В. Синтез алюминидных лигатур с термодинамическими редкими металлами / С.В. Александровский, В.М. Сизиков, В.Ю. Есипов, М.В. Гейдмант, В.А. Брылевских // Цветных металлургия. 2011. №4. С.16-22.