



Application Note

Анализ алюминия и сплавов на его основе с помощью оптического эмиссионного спектрометра PDA-7000

C112-0513

Алюминий – лёгкий металл с удельным весом 2.7 г/см^3 . Такие характерные свойства алюминиевых сплавов, как прекрасная электропроводность, хорошая коррозионноустойчивость, немагнитные свойства и в некоторых случаях химическая стойкость являются причинами их широкого использования. Добавление одного или нескольких легирующих элементов позволяет модифицировать и оптимизировать свойства сплавов для конкретного применения.

Сплавы алюминия классифицируют следующим образом:

- **Чистый алюминий и низколегированный алюминий**

Чистый алюминий – относительно мягкий и пластичный материал, предел прочности на разрыв равен приблизительно 90 Н/мм^2 . Чистый алюминий в основном используют в упаковках, в производстве фольги и как электропроводник. Для того, чтобы улучшить механические свойства, обрабатываемость и мелкозернистость алюминия, добавляют некоторые элементы в малых количествах. Кремний, железо, медь, магний, титан, цинк – из числа этих элементов. В низколегированном алюминии их содержание составляет в целом менее 1 %.

- **Алюминиево-кремниевые сплавы**

Алюминиево-кремниевые сплавы – типичные литейные сплавы. Эти сплавы можно разделить на три группы. Первая группа - **гипоэвтектические сплавы** с содержанием кремния от 5.5 до 11%. Вторая группа – **эвтектические сплавы**, содержащие 12% - 13% кремния. Эти две группы обладают хорошей литейной способностью. Такие элементы, как натрий или стронций, добавляют в малых количествах для мелкозернистости. Наоборот, содержание фосфора должно быть менее 10 ppm. Надо также освободиться от таких элементов, как сурьма и висмут.

Третья группа – **гиперэвтектические сплавы** с содержанием кремния от 13% до 25%. Для получения мелкодисперсной структуры и гомогенного распределения кремния в гиперэвтектических сплавах в них добавляют фосфор. В алюминиево-кремниевые сплавы добавляют различные легирующие элементы для конкретных применений.

- **Алюминиево-медные сплавы**

Легирование медью улучшает такие механические свойства, как прочность и твёрдость по сравнению с чистым алюминием. Добавление меди в целом ослабляет коррозию, а в некоторых специальных сплавах – сопротивляемость коррозии под давлением. Медь растворяется в алюминии в количествах до 5.6% при 548°C . Сплавы алюминия и меди с содержанием последней от 2% до 4% называют дюралюминий. Такие типы сплавов могут быть подвергнуты термообработке для их закаливания.

- **Алюминиево-магниевые сплавы**

Алюминиево-магниевые сплавы имеют высокую коррозионную стойкость и хорошие механические свойства. Такие типы сплавов обычно используют для строительного оборудования в автомобильной и судостроительной отраслях, химической и пищевой промышленности. Если сплавы AlMg планируют использовать для морского применения, содержание меди должно быть менее 500 ppm. Другой элемент, ухудшающий качество сплавов AlMg - кальций. Кальций с содержанием более 50 ppm отрицательно влияет на вязкость этих сплавов. Алюминиево-магниевые сплавы могут содержать до 14% магния. Типичными легирующими элементами являются кремний, марганец, титан, железо, цинк, медь, никель, олово и хром.

- **Алюминиево-цинковые сплавы**

Механические свойства алюминиево-цинковых сплавов подобны свойствам алюминиево-медных сплавов, но обладают лучшей коррозионной устойчивостью и лучшей сварочной способностью. При добавлении меди в такие сплавы может быть достигнута более высокая (до 520 Н/мм²) прочность на разрыв. Алюминиево-цинковые сплавы обычно содержат до 10% цинка. Добавление других элементов, таких, как магний, марганец, хром или титан модифицируют и оптимизируют свойства сплавов.

Хотя применение алюминия и алюминиевых сплавов основано на их физических свойствах, знание химического состава также необходимо. Поэтому в дополнении к испытательным методам, таким как испытания на разрыв или твёрдость, химический состав часто является важным фактором для определения пригодности конкретного материала для конкретной цели. Искровая эмиссионная спектрометрия – самый популярный метод определения химического состава металла. Такое оборудование позволяет проводить быстрый и надёжный анализ образца.

Оборудование

Анализатор металлов PDA-7000 – высокоэффективный оптический эмиссионный спектрометр. Одним из основных его преимуществ является одновременное определение большого количества элементов. Спектрометр PDA-7000 со встроенным продуваемым аргоном искровым штативом и высокопроизводительным искровым источником был разработан для точного количественного анализа металлов и сплавов. Одновременное определение до 64 элементов, включая микропримеси и растворённые газы, выполняется менее чем за минуту. Оборудованный спектрометром с фокусным расстоянием 600 мм PDA-7000 может иметь до 64 каналов. Анализ распределения импульсов (PDA) и спектроскопия с временным распределением (TRS) объединены в одном цикле измерения. Сочетание данных двух методов улучшает аналитическую точность при определении микроследов элементов, способных образовывать осадки в сплавах алюминия (например Р, В, Sb...) Улучшение точности, пределов обнаружения, воспроизводимости, возможность ввода больших образцов приводит к большей продуктивности метода

Образцы и пробоподготовка

Образцы могут отбираться от расплавов, листового металла, полупродуктов, конечных продуктов. Классический метод – отбор образца из ванны с расплавленным металлом с использованием тестовой ложки и помещение его в медную изложницу. Медная изложница гарантирует высокую скорость охлаждения для получения

гомогенных образцов. Гомогенные образцы – основное требование для избежания ошибок во время анализа с помощью оптико-эмиссионного спектрометра. Быстрое охлаждение в специальной форме предупреждает образование осадка и разделение фаз. Образец с хорошей гомогенностью (мелкозернистая и гомогенная кристаллическая структура) обеспечивает хорошую воспроизводимость и точность анализа. Для проведения анализа на искровом эмиссионном спектрометре поверхность следует готовить соответствующим образом. Лишние части отлитого образца отрезают с помощью резака. Поверхность обрабатывают с помощью токарного или фрезерного станка.

Аргон

Аргон должен иметь чистоту 99.999%, с содержанием кислорода менее 2 ppm, H₂O менее 3 ppm (точка росы < -70°C), азота менее 10 ppm. В случае определения азота, его содержание в аргоне должно быть менее 3 ppm. Shimadzu может поставить очистители аргона для повышения уровня его чистоты.

Аналитические данные / Воспроизводимость

Аналитические характеристики спектрометра для контроля качества алюминия и сплавов на его основе приведены ниже. Результаты получены с использованием соответствующих стандартных образцов. Эти образцы охватывают всё разнообразие различных типов алюминия и сплавов на его основе.

Элемент	Предел обнаружения ppm 3 sigma	Диапазоны заводских калибровок %	Содержание %	Воспроизводимость ± 1 sigma
B	0.15	0.00005 - 0.1	0.001 0.01	0.00002 0.00016
Be	0.03	0.00001 - 0.1	0.001 0.1	0.00002 0.0015
Bi	1.5	0.0005 - 0.5	0.01 0.05 0.5	0.0002 0.0008 0.0076
Ca	0.3	0.0001 - 0.1	0.001 0.01 0.1	0.00004 0.00026 0.0025
Cd	0.6	0.0002 - 0.1	0.001 0.01 0.1	0.00003 0.00012 0.001
Cr	0.09	0.0001 - 0.5	0.01 0.05 0.5	0.00018 0.0005 0.0041
Cu	0.15	0.00005 - 10.0	0.001 0.01 0.1 1.0 5.0 10.0	0.00001 0.00008 0.0007 0.008 0.04 0.07
Fe	0.3	0.0001 - 3.0	0.001 0.01 0.1 1.0 2.0	0.00002 0.00013 0.0012 0.0085 0.017
Mg	0.09	0.00003 - 10.0	0.001 0.01 0.1 1.0 5.0 10.0	0.00001 0.00006 0.0006 0.0051 0.025 0.05
Mn	0.09	0.00003 - 2.0	0.001 0.01 0.1 1.0	0.00001 0.0001 0.00057 0.005
Na	0.15	0.00005 - 0.02	0.001 0.01 0.02	0.00003 0.00026 0.00051
Ni	0.15	0.00005 - 3.0	0.001 0.1 1.0 3.0	0.00003 0.0011 0.007 0.019

Элемент	Пределы обнаружения ppm 3 sigma	Диапазоны заводских калибровок	Содержание %	Воспроизводимость ± 1 sigma
P	1.5	0.0009 - 0.02	0.001 0.005 0.01	0.00012 0.0002 0.0003
Pb	0.9	0.0003 – 0.5	0.001 0.01 0.1 0.5	0.00005 0.00023 0.002 0.01
Sb	3	0.001 - 0.5	0.005 0.05 0.2	0.00023 0.0014 0.0051
Si	0.3	0.0001 - 25.0	0.01 0.05 0.5 1.0 5.0 10.0	0.00007 0.00031 0.003 0.006 0.018 0.033
Sn	0.6	0.0002 – 1	0.001 0.01 0.1 1.0	0.00003 0.00012 0.001 0.01
Sr	0.3	0.0001 - 0.1	0.001 0.01 0.1	0.00004 0.00026 0.0025
Ti	0.15	0.00005 – 0.5	0.001 0.01 0.1 0.5	0.00001 0.00009 0.0008 0.004
V	0.15	0.00005 - 0.5	0.001 0.01 0.1	0.00002 0.00016 0.0015
Zn	0.9	0.0003 - 10.0	0.001 0.01 0.1 1.0 5.0 10.0	0.00004 0.00013 0.001 0.008 0.032 0.06
Zr	0.15	0.00005 - 0.5	0.01 0.1	0.00031 0.003

Пределы обнаружения

Предел обнаружения определен как трёхкратное значение стандартного отклонения (σ) фона, выраженное в частях на миллион (ppm). Данные значения справедливы только для алюминия и его сплавов.

Воспроизводимость

Воспроизводимость определена как стандартное отклонение по результатам 10 измерений. Воспроизводимость связана с распределением элементов в образцах.

Калибровка

Спектрометр Shimadzu может быть откалиброван на анализ алюминия и его сплавов. Заводская калибровка выполняется на сертифицированных образцах сравнения (ISO 9000), что обеспечивает высокую точность анализов. Заводские калибровки позволяют использовать прибор для контроля качества продукции сразу же после инсталляции спектрометра. Для более детальной информации просьба контактировать с Вашим локальным офисом Shimadzu или дилером.