

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПОЛИДИСПЕРСНЫХ ПЫЛЕГАЗОВЫХ СМЕСЯХ

Скитина В.В.¹⁾, Акимов В.В.²⁾, Таусон В.Л.²⁾, Черных А.Е.³⁾

¹⁾ООО "СУАЛ-ПМ", Шелехов; ²⁾Ин-т геохимии СО РАН, Иркутск; ³⁾ОАО "СибВАМИ", Иркутск

Ключевые слова: дифференциация элементов, пылегазовая смесь, производство порошкового алюминия

Химическая дифференциация вещества в пылегазовой смеси имеет отношение как к производству порошковых материалов способом распыления расплава металла газовым потоком, так и к теориям происхождения планет Солнечной системы. Ряд гипотез связывают их образование с наличием “гомогенного в химическом и физическом отношении протопланетного облака” [1]. До сих пор неясно, могла ли еще на самых ранних стадиях существования такого облака происходить химическая дифференциация, ведущая к разделению элементов, и в итоге – к различиям химического состава планет Солнечной системы. И хотя как масштаб, так и уровень сложности технологических и космических систем несопоставимы, отдельные физико-химические механизмы происходящих в таких системах процессов могут иметь общий характер.

Настоящая работа посвящена обнаруженному нами необычному примеру химической дифференциации в порошках алюминия. Порошки получены на промышленной установке производства дисперсного алюминия способом распыления расплава металла подаваемым под давлением, нагретым инертным газом (азотом). Технологический эксперимент по получению порошка Al проведен на стандартном оборудовании завода порошковой металлургии компании СУАЛ (г. Шелехов). Образцы продуктов отобраны с разных участков и аппаратов технологической цепи.

Свежие образцы разделяли на фракции методами седиментации и просеивания. Седиментацию проводили в 96% - ном этиловом спирте. В результате было выделено три фракции, имеющие максимумы размерного распределения в области 4, 7 и 20 мкм соответственно. Дисперсионный анализ выполнен на ультразвуковом лазерном анализаторе частиц Micro Sizer 201 фирмы ВА Инструментс. Все полученные фракции были детально изучены микроскопически. Использовали электроннозондовый микроанализатор JСХА-733 фирмы JEOL в режиме растрового электронного микроскопа, особенности структуры и морфологии поверхности частиц изучали на приборе СММ-2000 (сканирующий туннельный – атомно-силовой микроскоп) с использованием стандартной программы для морфологического анализа поверхности. Элементный анализ каждой из фракций всех трех продуктов выполнен методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Применяли квадрупольный масс-спектрометр PlasmaQuard PQ2⁺ (ThermoElemental) фирмы VG Instruments при стандартных для этого прибора операционных условиях. Правильность рассчитанных концентраций составляет 10-50% в зависимости от элемента и уровня его содержания в образце.

Полученные данные указывают на неоднородность распределения элементов-примесей по размерным фракциям, которая проявляется на фоне различий, определяемых конкретным участком взятия пробы в технологической линии получения порошка. Иными словами, существенные различия обнаруживаются и в распределении отдельных элементов по фракциям, и в их распределении по образцам близкой дисперсности, но с разных участков. Кривые распределения примесей по фракциям имеют различную форму для разных образцов. Интересная закономерность заключается в том, что определенные химические группы элементов ведут себя подобно в одной фракции разных образцов. Обогащение отдельными элементами иногда очень существенно (от 3 до 130 раз).

Рассмотренные закономерности говорят о гетерогенном распределении примесных элементов по фракциям и продуктам, что является довольно неожиданным результатом. Обычно считают, что химия металлов и сплавов, полученных распылением, не зависит от размера частиц в инертных системах и “каждая частица дает одинаковые результаты анализа независимо от размера” [2]. Наиболее вероятной представляется поверхностная природа

наблюдаемого эффекта. Многие примеси испытывают сильное поверхностное обогащение [3], которое может оказывать влияние на формирующуюся на частицах пленку, ее состав и строение. Места скопления активных примесей являются каталитическими центрами (в том числе и электрохимической природы), вызывающими появление оксидных или нитридных поверхностных образований, от которых зависит как адгезия частиц, так и их поведение в газовом потоке. Флуктуации параметров в неравновесном процессе распыления значительны, капли близкого размера образуются в не совсем одинаковых условиях и поэтому отличаются и по химическому составу. Неоднородности состава могут присутствовать и в самом исходном расплаве, если он недостаточно перегрет и гомогенизирован. При переходе капель в кристаллическое состояние примеси отгоняются на поверхность, где активно участвуют в формировании оболочек частиц. В соответствии со своей химической природой, элементы по-разному влияют на этот процесс и, в конечном итоге – на физико-химические свойства частиц порошка. Например, мелкие частицы с повышенными содержаниями примесей либо имеют неровное покрытие вследствие множественности центров нуклеации на поверхности и поэтому эффективнее взаимодействуют с газовым потоком, либо сильнее агрегируются. Это приводит их на разные участки технологической линии, несмотря на близость частиц по размеру. Очевидно, в данном случае мы имеем дело с макроскопически однородной (квазиоднородной) системой, состоящей из многих подсистем, каждая из которых по-своему неоднородна.

Возвращаясь к проблеме химической дифференциации в протопланетном облаке, обратим внимание на один важный момент, непосредственно следующий из полученных результатов. При анализе эволюции пылегазовой смеси необходимо включать в модели поверхностные свойства частиц и их возможные изменения в процессе аккреции (гомогенной или гетерогенной), а не апеллировать только к закону Стокса и разным плотностям и размерам частиц. Наши данные показывают, что определенные группы химических элементов могут концентрироваться в разных размерных фракциях даже одного и того же вещества. Взаимодействие в подсистемах частиц с разными свойствами поверхности может оказаться решающим фактором разделения химических элементов.

Литература

1. Рудник В.А., Соболев Э.В. Ранняя история Земли. М.: Недра, 1984. 349 с.
2. Gummesson P.U. // Powder Metal. 1972. V.15. N29. P.67-94.
3. Акимов В.В., Таусон В.Л., Белозерова О.Ю. и др. // Электрометаллургия легких сплавов. Иркутск: ИркАЗ-СибВАМИ.2002. С.74-88.

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(21) 2003

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2003 года (ЕСЭМПГ-2003)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2003/informbul-1/planet-15.pdf

Опубликовано 15 июля 2003 г.

© Отделение наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2003

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на "Вестник Отделения наук о Земле РАН" обязательна