

**УСТРОЙСТВО ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ
ЦЕНТРИФУГИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСАЖДЕНИЯ
МЕТАЛЛА В МОДЕЛЬНОМ ПЛАНЕТАРНОМ РАСПЛАВЕ**

Лебедев Е.Б., Дорфман А.М., Зебрин С.Р., Зевакин Е.А. (ГЕОХИ РАН)

leb@geokhi.ru; факс: (495) 938 20 54; тел.: (499) 137 30 55

Ключевые слова: *эксперимент, магматизм, высокотемпературное центрифугирование, частичное плавление, фракционирование железа, деформация, разработка устройства, системный подход, алгоритм разработки*

При моделировании возможных механизмов образования металлического ядра Луны наибольшие сложности возникают при аккумуляции сульфидных (FeS) и металлических (Fe) фаз при частичном плавлении модельного планетарного вещества (оливин-пикритовой смеси). Моделирование проводится на высокотемпературной центрифуге при температурах 1440-1460°C и при регулируемом потенциале кислорода. Изучению подвергалась система состава: 85 мас.%O1, 10 мас.%P1с, 5 мас.% FeS (95 мас.% Fe и 5 мас.%S). Результаты экспериментов показывают: что наблюдается частичная сегрегация железа в системах железосульфидных расплавов при высоких восстановительных условиях при 1430°C. Фугитивность кислорода равнялась $\log p_{O_2} = \sim -11,5$.

Однако возникают трудности в аккумуляции и сегрегации металлической фазы. Для экспериментального исследования этих проблем предлагается создать установку или «аналитический комплекс», в которой исследуемый расплав подвергается одновременному воздействию центробежной силы и ультразвуковых колебаний. В ряде современных устройств для выделения фаз используются воздействие на материал ультразвука и явления кавитации. Для аккумуляции сульфидных и металлических фаз в расплаве была использована ультразвуковая установка с частотой 35 кГц вне центрифуги. Результаты показали, что происходит аккумуляция металла. Для примера приведены результаты опыта US-2, рис. 1.

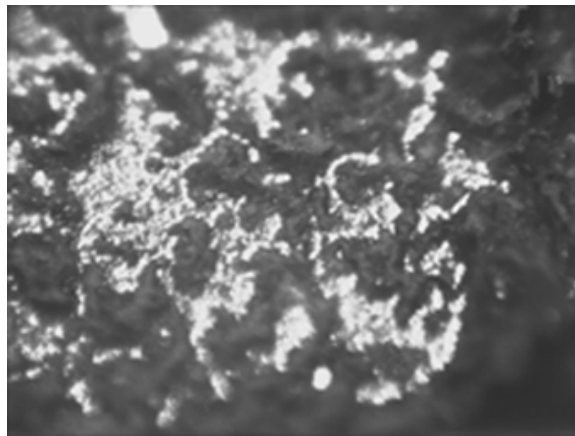


Рис.1. (№ US-2) Распределение фаз в образце в смеси оливин-основной расплав-сульфид железа после воздействия ультразвука вне центрифуги. Экспериментальные условия: 85 %O1; 10%P1с; 5%Fe; 5%S (от Fe); T=1430°C; t=15 мин. Пробирка – ZrO₂; фугитивность кислорода $\lg PO_2 \sim -11,5$

В настоящее время разрабатывается приспособление к высокотемпературной центрифуге для применения ультразвука низкой частоты в центрифуге. Это необходимо для того, чтобы к процессу отделения металла от расплава добавить центробежную силу, которая способствовала бы осаждению выделившегося металла. Цель этого исследования улучшить сегрегацию металла, используя ультразвуковую вибрации в центрифуге.

Приложение (Зевакин Е.А.)

Для улучшения и упрощения проектирования специального приспособления к высокотемпературной центрифуге с применением ультразвука используется аналитический метод проектирования. При разработке многофункциональных устройств часто возникают трудности в процессе про-

ектирования, особенно сложных устройств. В этом случае применяется метод системного аналитического подхода, называемого «аналитический комплекс», который обеспечивает улучшение проектирования и изготовление установки при более эффективных и надежных условиях. Необходимость в таком методе разработки устройствах возникает при изучении сложных физико-химических процессов, независимо от характера и назначения. Поэтому предлагается единый подход к разработке и проектирования таких устройств. Суть метода состоит в системном подходе. Рассматриваемый процесс представляется в виде суммы отдельных процессов, которые делятся более мелкие процессы. Такое деление можно производить на много уровней (рис. 2). Этот этап является анализом рассматриваемого процесса.

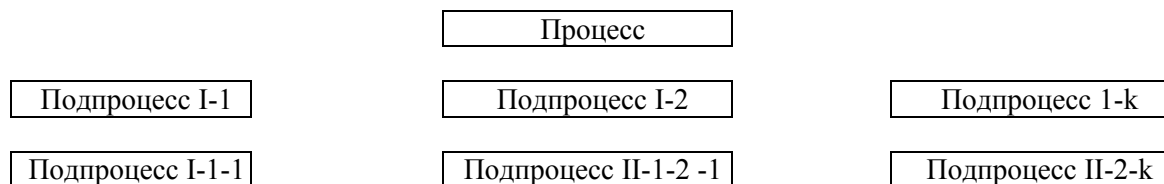


Рис.2. Схема процесса

Для реализации этих процессов имеется два пути: анализ процесса и анализ системы. Система считается эффективной, если в результате реализации получается оптимальное значение необходимого параметра. Аналитически эффективность разработки установки выражается следующим образом:

$$K_{\text{эф.с}} = P_{\text{опт}} / N_{\text{мин}}$$

где: $K_{\text{эф.с}}$ - коэффициент эффективности системы S; $P_{\text{опт}}$ - оптимальное значение параметра при использовании системы S; $N_{\text{мин}}$ - минимальное значение ресурсов, необходимых для реализации системы S.

Следующий этап аналитического метода это синтез устройства в единый комплекс. Предлагается следующий алгоритм действия: анализ рассматриваемого процесса (дробление на подпроцессы); предложение вариантов систем для реализации процессов; выбор эффективных вариантов систем; синтез устройства или аналитического комплекса из выбранных вариантов; проверка, разработка и согласование элементов комплекса; аналитический комплекс; решение поставленной задачи с максимальным коэффициентом; окончание разработки.

Если в результате синтеза полученный комплекс решает задачу с максимальным значением коэффициента эффективности, то разработка на этом заканчивается. В случае низкого значения коэффициента, то процесс подвергается итерации (повторение всех этапов или некоторых из них с другими вариантами систем, параметров и их сочетаний) до тех пор, пока не будет получен удовлетворительный результат.

Рассмотрим с учетом основных положений вышеизложенного алгоритма разработку устройства для моделирования механизмов сегрегации малых количеств металлического железа при частичном плавлении модельного силикатного вещества.

Методом высокотемпературного центрифугирования осуществляется моделирование процессов миграции и аккумуляции железосульфидных фаз под действием силы тяжести при частичном плавлении модельного расплава на высокотемпературной центрифуге при $T=1450^{\circ}\text{C}$ при нормальном давлении.

Также проводились опыты по воздействию ультразвуковых колебаний при частичном плавлении того же расплава вне центрифуги при $T=1450^{\circ}\text{C}$ при нормальном давлении. При этом происходило значительное выделение металлического железа в силикатном расплаве, но осаждение его не наблюдалось. Эти два подпроцесса отдельно анализируются для предстоящего синтеза. Для улучшения сегрегации железа разрабатывается приспособление к высокотемпературной центрифуге для одновременного воздействия центробежной силы и применения ультразвука низкой частоты. В данном комплексе наиболее сложным является обеспечение передачи механического воздействия на расплав (пульсирующее ударное действие, ультразвуковое воздействие в центробежном поле).

В результате синтеза предлагаемых систем получается схема устройства: вращающаяся высокотемпературная печь, источник ультразвуковых колебаний, передаточное устройство ультразвуковых колебаний в зону высоких температур, рис. 3.

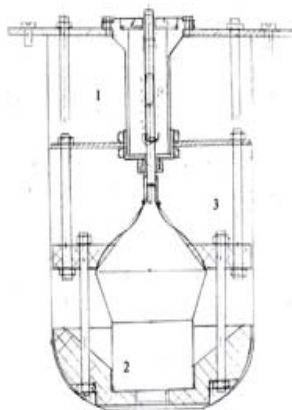


Рис.3. Принципиальная схема установки: 1. Вращающаяся печь центрифуги. 2. Пьезоэлемент. 3. Крепление и передающий механизм

В настоящее время описываемая установка – «аналитический комплекс» находится на стадии доработки и изготовления.

Работа выполнена при поддержке: гранта РФФИ № 07-05-00630, Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 15

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(27) 2009

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2009 года (ЕСЭМПГ-2009)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2009/informbul-1_2009/elaborate-5.pdf

Опубликовано 1 сентября 2009 г.

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2009

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