



Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ХИМИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА
Уральского отделения Российской академии наук
(ИХТТ УрО РАН)
Первомайская ул., 91, г. Екатеринбург, 620990
тел. (343) 374-52-19, факс (343) 374-44-95
e-mail: server@ihim.uran.ru

26.09.2019 № 16351-01-07-308

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

Директор
Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
Института химии твердого тела
Уральского отделения РАН, д.х.н.



М.В. Кузнецов

26 сентября 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Савченкова Сергея Анатольевича

«Синтез магниевых лигатур при металлотермическом восстановлении соединений редкоземельных металлов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Легирование сплавов редкоземельными металлами (в частности неодимом, гадолинием и иттрием) находит все большее применение в производстве магниевых сплавов, используемых в авиастроении, ракетостроении, автомобилестроении и других отраслях промышленности. Известно, что магниевые сплавы производят с применением двойных и тройных лигатур. В последние годы интенсивно изучаются методы синтеза лигатур, перспективным считается восстановление растворенных в специальном флюсе солей металлов. Диссертация Савченкова С.А. посвящена научному обоснованию и разработке технических решений, обеспечивающих высокое извлечение редкоземельных металлов в лигатуру при металлотермическом восстановлении их соединений.

№328-10
от 14.10.2019

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы, включающего 124 наименования. Работа изложена на 128 страницах машинописного текста, содержит 26 таблиц и 88 рисунков.

Тема и содержание диссертации Савченкова С. А. соответствует п. 4. «Термодинамика и кинетика металлургических процессов», п. 7. «Тепло- и массоперенос в низко- и высокотемпературных процессах», п. 17. «Материало- и энергосбережение при получении металлов и сплавов» паспорта специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Диссертация хорошо сбалансирована по представлению результатов теоретических и экспериментальных исследований, написана технически грамотным языком. Автореферат диссертации достаточно полно отражает выполненные исследования и полученные результаты.

Научная новизна

По материалам теоретических и экспериментальных исследований автором получены следующие результаты:

1. Определены и обоснованы интервалы температур тепловых эффектов при плавлении компонентов солевой смеси $KCl-NaCl-CaCl_2-MgCl_2-CaF_2-NdF_3(GdF_3)$, а также при проведении процесса магнетермического восстановления редкоземельных металлов из подобранной солевой смеси, в том числе при вводе цинка.

2. Обоснован процесс синтеза лигатур на основе магния, заключающийся в том, что при плавлении солевой смеси, включающей в себя фториды редкоземельных металлов, образуются прекурсоры $NaNdF_4$, $Na_5Nd_9F_{32}$, $Na_5Gd_9F_{32}$, из которых восстанавливаются редкоземельные металлы до интерметаллических соединений $Mg_xPЗM_y$.

3. Установлено, что при добавлении цинка в магниевый расплав создаются условия для снижения температуры и сокращения времени синтеза тройных лигатур $Mg-Zn-Nd$, $Mg-Zn-Gd$, а при восстановлении соединений

иттрия (NaYF_4 , $\text{Na}_5\text{Y}_9\text{F}_{32}$) ввод цинка способствует повышению его выхода в лигатуру.

4. Экспериментально установлены технологические режимы, обеспечивающие получение лигатур Mg-Nd, Mg-Gd, Mg-Zn-Y, Mg-Zn-Nd, Mg-Zn-Gd магниетермическим восстановлением фторидно-хлоридных расплавов с выходом неодима и гадолиния в лигатуру до 97 %, а при получении тройных лигатур Mg-Zn-РЗМ - до 99,6 %.

Практическая значимость работы

На основании проведенных исследований автором разработан способ получения лигатуры магний-неодим (заявка на патент РФ №2019107240 от 13.03.2019) и магний-гадолиний магниетермическим восстановлением РЗМ из фторидно-хлоридного расплава при использовании в качестве технологической солевой смеси – солей: KCl, NaCl, CaCl₂, MgCl₂, CaF₂ и фторидов РЗМ. В результате экономической оценки себестоимости установлено, что лигатура Mg-35Nd, полученная по способу магниетермического восстановления, имеет себестоимость ниже в среднем на 436 тыс. рублей с тонны, а лигатура Mg-30Gd на 493 тыс. руб. с тонны, чем магниевые лигатуры с РЗМ, полученные способом прямого сплавления.

Также разработаны способы получения тройных лигатур магний-цинк-РЗМ, обеспечивающий извлечение иттрия до 98% (патенты на изобретения РФ №2675709, №2682191), гадолиния и неодима до 99,6%.

Результаты исследований, изложенные в представленной диссертации, в том числе выводы, несомненно, имеют научную и практическую значимость и могут быть использованы в учебном процессе на специализированных кафедрах при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Металлургия». Разработанные способы получения двойных лигатур Mg-Nd, Mg-Gd и тройных лигатур Mg-Zn-Y, Mg-Zn-Nd, Mg-Zn-Gd могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях по производству магниевых лигатур.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов, содержащихся в диссертационной работе, обусловлена их соответствием фундаментальным закономерностям теории металлургических процессов, базовым положениям технологии производства лигатур, а также корректностью постановки и проведения экспериментальных исследований и адекватностью полученных результатов. С учетом опубликованных работ, обсуждения результатов исследований на конференциях различного уровня их достоверность и обоснованность не вызывают сомнений. Приведенные в диссертации и автореферате опубликованные работы Савченкова С.А. соответствуют теме диссертации.

При анализе диссертационной работы Савченкова С.А. возникли следующие замечания, вопросы и рекомендации:

1. Смещение электродного потенциала РЗМ при введении в солевой расплав хлоридов аниона фтора очень существенно (См. М.В. Смирнов. Электродные потенциалы в расплавленных хлоридах. М.: Наука, 1973. – 248 с.). В связи с этим определенное сомнение вызывает значительное увеличение извлечения иттрия в лигатуру Mg-Zn-Y (с. 81, табл. 4.1, плавка №9). Связан ли этот эффект со снижением количества фтора, введенного в расплав с иттрием?

2. При обсуждении влияния РЗМ на структуру в 4х-компонентном сплаве (с. 14) целесообразно, кроме источника [27], привести обобщенные сведения по системе Mg-Y-Nd-Zn из работ М.Е. Дрица (М.Е. Дриц, Н.Р. Бочвар, Э.С. Каданер. Диаграммы состояния систем на основе алюминия и магния: Справочник. М.: Наука, 1977. - 228 с.; с. 205-207).

3. В экспериментах (с. 46, рис. 3.1) использовали стальные тигли. Сильная коррозия стали загрязняет солевой расплав и, соответственно,

лигатуру железом. Лучше использовать при плавках тигли из алунда/корунда или силицированного графита.

4. В тексте диссертации (рис. 2.11 – подпись, ссылка №104 в списке литературы и др.) приведена неполная информация.

Высказанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертационной работы, выполненной, по нашему мнению, на высоком научном уровне.

Заключение

Рассмотрение диссертационной работы по существу позволяет сделать заключение, что диссертация Савченкова Сергея Анатольевича «Синтез магниевых лигатур при металлотермическом восстановлении соединений редкоземельных металлов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая в полной мере соответствует паспорту специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов. Диссертация в полной мере соответствует критериям, установленным п.2 «Положения о присуждении ученых степеней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет» (утверждено приказом ректора Горного университета от 26.06.2019 №839 адм), а ее автор – **Савченков Сергей Анатольевич** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Отзыв на диссертацию Савченкова С.А. был представлен и обсужден на заседании лаборатории химии гетерогенных процессов (протокол № 12 от 23 сентября 2019 г.) и открытом заседании секции по физической химии Ученого совета ФГБУН Институт химии твердого тела Уральского отделения РАН (протокол № 34 от 25 сентября 2019 г.).

Отзыв подготовлен главным научным сотрудником лаборатории химии гетерогенных процессов Федерального государственного бюджетного

учреждения науки Институт химии твердого тела УрО РАН (ИХТТ УрО РАН), доктором химических наук, профессором, заслуженным деятелем науки и техники РФ Яценко Сергеем Павловичем.

главный научный сотрудник
лаборатории химии гетерогенных процессов,
доктор химических наук
(по специальности 02.00.04 – Физическая химия), профессор,
заслуженный деятель науки и техники РФ
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт химии твердого тела УрО РАН (ИХТТ УрО РАН)
Яценко Сергей Павлович

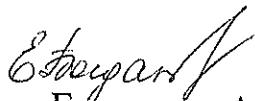
620990, Екатеринбург, ул. Первомайская, д. 91
Телефон: +7(343) 374-53-14
e-mail: yatsenko@ihim.uran.ru

председатель секции Ученого совета,
доктор химических наук,
заведующий лабораторией
физико-химических методов анализа
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Институт химии твердого тела УрО РАН
(ИХТТ УрО РАН)

Поляков Евгений Валентинович

620990, Екатеринбург, ул. Первомайская, д. 91
Телефон: +7 (343) 374-48-14
e-mail: polyakov@ihim.uran.ru

секретарь секции Учёного совета,
с.н.с., к.х.н.



Е.А. Богданова
Екатерина Анатольевна Богданова

Подписи Яценко С.П., Полякова Е.В., Богдановой Е.А. заверяю
Ученый секретарь ИХТТ УрО РАН
д.х.н.




Т.А. Денисова