

ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук Губанова Олега Михайловича на диссертацию Ячменовой Людмилы Александровны на тему: «Разработка энерго- и ресурсосберегающей технологии получения металлических продуктов с применением гидридных восстановителей-модификаторов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов

Рецензируемая диссертация включает оглавление, введение, 4 главы с выводами по каждой главе, заключение, список литературы из 128 наименований и приложения. Объем диссертации 126 страниц, работа содержит 25 рисунков, 19 таблиц и 17 приложений.

Актуальность темы

Тематика работы, связанная с разработкой энерго- и ресурсосберегающих технологий получения металлов, в том числе прямого получения металлов подгруппы железа, остается весьма актуальной для современной металлургии. Используемые автором гидридные восстановители (NH_3 , CH_4 , SiH_4 и их производные) в условиях их термостабильности перспективны также с точки зрения снижения нагрузки на окружающую среду и предотвращения газовой коррозии металла. Выбор металлов для исследования (Ni , Fe , Cu , Al) также весьма актуален, поскольку эти металлы востребованы в связи с активным развитием электромобилестроения. Современной индустрии нужны во все возрастающем количестве катодные никель и медь высокого качества, дисперсные и компактные алюминий, медь, железо, необходимые для производства алюминиево-воздушных аккумуляторов, холодных катодов, железо-литиевых батарейных элементов и других электротехнических устройств. Кроме того, дисперсные металлические продукты на основе железа, меди и алюминия, находящиеся в поле зрения автора работы, представляют научно-технический интерес как катализаторы, сорбенты, полезные и эффективные добавки к смазкам, маслам, полимерам, защитным покрытиям и компаундам. Актуальность, востребованность работы Л.А. Ячменовой для металлургии черных и цветных металлов, а также значение для развития науки и техники дополнительно подтверждаются выполнением исследования в рамках авторитетных научно-технических программ, международного гранта и договора с предприятием.

ОТЗЫВ

ВХ. № 328 -9 от 15.09.21
АУ УС

Научная новизна

Новизна работы определяется следующими научными результатами. Научно обоснованы выбор и режимы подготовки исходного твердофазного сырья и газовых сред для получения металлических продуктов методом твердотельного гидридного синтеза (ТГС). На примере твердого дихлорида никеля описаны и аргументированы технологические операции и методики полного удаления кристаллогидратной воды из хлоридного сырья. Установлены условия, включая дисперсность частиц исходного твердого хлорида, которые обеспечивают минимальные диффузионные осложнения восстановления до металла парами метилдихлорсилана. Проанализированы термодинамические и кинетические аспекты восстановления соединений различных металлов ($M=Ni, Fe, Cu$) в условиях ТГС. Показано, что рассчитанные методом термодинамического моделирования стехиометрические коэффициенты брутто-реакции восстановления дихлорида никеля в аммиаке соответствуют экспериментальным данным более ранних исследователей. Обнаружено, что кинетика восстановления никеля, меди и железа в газовой среде простейших гидридов N, C, Si и метилдихлорсилана, в зависимости от глубины восстановления исходного сырья, подчиняется различным топомеханическим уравнениям: Рогинского-Шульц и при высоких степенях восстановления (более 80%) – уравнению «сжимающейся сферы».

Среди оригинальных представлений о механизме металлургических процессов, изучаемых в работе, следует отметить создание общей идеологической платформы, позволяющей с единых позиций рассматривать и получение металлов, восстанавливаемых в условиях ТГС (Fe, Ni, Cu) и модифицируемых аммониевыми реагентами металлов, практически невозможных в этих условиях (алюминий). В частности, показано, что и восстановление, и модифицирование сводится к окислительно-восстановительным процессам за счет передачи электронов металлу от электронодонорных молекул гидридов N, C, Si или аммониевых соединений (препаратов типа Алкамона и Триамона).

Новизна предложенного в работе способа получения поверхностно-наноструктурированного металла, где в относительно мягких условиях (300-400°C) природный газ (или метан) применяется сначала как среда для сушки и гидрофобизации твердого сырья, затем как газ-носитель паров восстановителя (органогидридсилоксана), подтверждается выдачей патента РФ.

Степень обоснованности и достоверности положений выводов и рекомендаций работы

Подтверждается применением в опытах надежных аналитических методик, стандартных измерительной аппаратуры и оборудования, согласованностью результатов диссертации и их корректным сопоставлением с литературными

данными, результатами независимых испытаний на промышленных объектах. Отметим также серьезную приборно-техническую базу исследований и использование современных теоретических и экспериментальных методов (РФЭС, ПЭМ, EDX-спектроскопия, термодинамическое моделирование на программном комплексе ASTICS, применение программы Origin 6.0 и др.). Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечена соответствием фундаментальным закономерностям теории металлургических процессов, теории и практике производства железа, никеля и меди, а также объемом выполненных исследований и широкой успешной апробацией материалов работы на специализированных научных форумах и Международных выставках, в научной печати (опубликовано 24 научных труда).

Практическая значимость работы

По формальным признакам, подтверждается выдачей патента РФ №2570599, получением пяти медалей на престижных Международных выставках (две медали – золотые), наличием двух Актов о внедрении результатов диссертации в производство, полученных от компаний GMS и IMC Montan – генеральных проектировщиков и исполнителей совместно с СПГУ НИР и НИОКР для строительства Кингашского горно-металлургического комбината на базе Кингашского кобальт-никель-медного месторождения (Красноярский край).

По существу, автором выполнены работы, представляющие практическую ценность для металлургической отрасли, наряду с решением вопросов междисциплинарного характера. Разработана комплексная технология извлечения металлов из металлосодержащего твердофазного сырья, включая сырье природного происхождения (оленегорский суперконцентрат), с использованием нетрадиционных гидридных восстановителей в относительно мягких температурных условиях, что позволяет снизить энергозатраты, материалоемкость процесса, повысить гидрофобность, стойкость к коррозии в техногенных средах, дисперсность получаемых металлических продуктов. Подобные металлические продукты представляют интерес не только для батарейного сектора промышленности, создания холодных катодов для электроники, но и как компоненты материалов, к которым предъявляются жесткие экологические требования, как, например, в перерабатывающих пищевых производствах (см. Акт о внедрении в компании GMS и ООО «К-Поташ Сервис»). Технические решения, и реагенты, предложенные автором, представляют интерес не только для усиления химической устойчивости металла, полученного в условиях ТГС, но и для защиты металлургической продукции, полученной традиционными технологиями: для листов никеля и меди катодных, стали 3, алюминиевой пудры ПАП-2 (см. п. 4.2).

Замечания по работе

1. В параграфе 4.2 продемонстрированы технические решения по получению стали 3 с пассивной поверхностью, показавшей высокую коррозионную стойкость в техногенной атмосфере горно-химического предприятия (соляной рудник). Изучались ли автором возможности пассивации и улучшения эксплуатационных свойств стали других марок?

2. В основе технологии, разработанной в диссертации, лежит восстановление металлов гидридами элементов и их производными. Молекулярный водород H_2 это тоже гидрид. С учетом современного тренда на создание технических решений в области водородных энергетики и технологий, анализировались ли перспективы использования обычного водорода в рамках идеологии ТГС и имеющихся наработок автора?

3. Текст диссертации изобилует сокращениями, далеко не всегда общепринятыми: ТГС, ПС, А, Т, ГКЖ, АТМАХ и др. При этом в работе, к сожалению, отсутствует единый список условных обозначений, что несколько затрудняет восприятие информации.

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки диссертации Ячменовой Л.А. и не затрагивают принципиальным образом надежность и достоверность научных положений и основных выводов, а также носят, как правило, дискуссионный характер.

Заключение

Диссертация Л.А. Ячменовой является законченной научно-квалификационной работой, в которой, на основании выполненных автором исследований, предложено научно-техническое решение по получению металлических продуктов из твердофазного сырья (оксидного или хлоридного) с применением гидридных восстановителей-модификаторов.

Автореферат и диссертация соответствуют паспорту научной специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов. Выводы в автореферате и диссертации свидетельствуют, что все поставленные задачи решены. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 24 печатных работах, в том числе в 9 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (Перечня ВАК), в 4 статьях – в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus, Web of Science), получен 1 патент. Следует отметить, что автор имеет две статьи в научных журналах второго квартиля.

