

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Смирнова Константина Игоревича «Твердофазное селективное восстановление железа в ильменитовом концентрате с целью получения мягкого железа и концентрата диоксида титана», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – «Металлургия чёрных, цветных и редких металлов»

Актуальность темы диссертации не вызывает сомнений, поскольку в России существует дефицит сырья для производства пигментного диоксида титана и металлического титана, несмотря на наличие титаносодержащих руд. Это связано с отсутствием технологий комплексной переработки, что ограничивает извлечение трёх ценных элементов — железа, титана и ванадия. Разработка таких технологий позволит обеспечить сырьем сталеплавильную, титановую и химическую промышленности, а также сократить образование техногенных отходов. Пирометаллургические методы, такие как «Sorel», используются для переработки ильменитовых концентратов, но могут приводить к образованию тугоплавких карбидов титана. Гидрометаллургические способы, включая серноокислотный и хлоридный, имеют свои недостатки из-за образования мало востребованных побочных продуктов. В перспективе использование водорода как восстановителя может стать альтернативой углероду, что будет способствовать развитию «зелёных» технологий в металлургии.

Научная новизна заключается в том, что в лабораторных условиях получены и проанализированы данные о физико-химических процессах, происходящих при твердофазном селективном восстановлении железа из ильменитового концентрата и разделении продуктов металлизации. Обоснована эффективность селективного твердофазного восстановления железа водородом в кристаллической решетке ильменита с целью получения мягкого железа и концентрата диоксида титана. Показано, что восстановление и выделение металлического железа могут происходить как внутри кусков комплексного оксида, так и на его поверхности. Место выделения металлической фазы зависит от скорости движения заряженных анионных вакансий и ионов кислорода и железа через кристаллическую решетку, что связано с количеством термических и восстановительных дефектов. Установлено, что дититанат железа $\text{FeO} \cdot 2\text{TiO}_2$ является продуктом растворения образованного рутила в ильмените. Выявлены условия жидкофазного разделения продуктов восстановительного обжига при температуре 1650–1700 °C, что позволило рекомендовать технологическую схему переработки ильменитовых концентратов.

Практическая и теоретическая значимость работы подтверждается возможностью селективного твердофазного восстановления железа из ильменитового концентрата водородом, что позволяет получать востребованные продукты, такие как первородное железо и диоксид титана. Применение водорода исключает образование тугоплавких карбидов титана и восстановление титана до низших оксидов. При температуре 1650–1700 °C достигается жидкофазное разделение продуктов, что повышает эффективность процесса. Энергетическая эффективность водородного восстановления значительно превосходит углеродное, с затратами энергии в 2,25 раза меньшими при 900 °C. Разработанная двухстадийная технологическая схема включает предварительное восстановление в многоподовой печи и последующее разделение в плазменной. Получен патент на изобретение, подтверждающий значимость работы. Также проведен термодинамический анализ процессов, что позволило выявить условия и последовательность изменений в составе продуктов восстановления, подчеркивая тем самым важность данного исследования.

Вместе с тем, при знакомстве с авторефератом возникают некоторые вопросы и замечания.

1. На стр. 10 автореферата автор приводит видимо усредненный состав ильменитового концентрата, однако автор не приводит какого именно состава использовался брикет ильменитового концентрата в экспериментальных исследованиях. Можно предположить, что брикет массой 3 грамма имеет существенное отличие от усредненного состава. Данный факт следует пояснения.
2. Автор эффективности селективного восстановления подтверждает данными металлографических исследований и приводит данные о химическом составе в отдельных точках лабораторного образца. Следует отметить, что эффективность селективного восстановления более корректно было бы показать усредненным химическим составом исследуемого брикета до и после процессов восстановления. Отсюда возникает вопрос насколько эффективно протекал процесс селективного восстановления.
3. Из автореферата следует, что экспериментальные исследования проводились на одном брикете массой 3 грамма, более целесообразно было бы провести серию экспериментов с получением усредненных значений по эффективности селективного восстановления.

В целом представленная диссертационная работа по своей актуальности, научной новизне и практической ценности, объему и уровню исследований отвечает квалификационным требованиям, установленным в п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, Смирнов Константин Игоревич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – металлургия черных, цветных и редких металлов.

доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры металлургии
и металловедения имени С.П. Угаровой,
заместитель директора по науке и инновациям
СТИ НИТУ «МИСиС»

309516, г. Белгородская обл., г. Старый Оскол,
микрорайон им. Макаренко, д. 42, СТИ НИТУ «МИСИС»,
Телефон: +7(910)328-70-62
E-mail: kozhukhov.aa@misis.ru

Кожухов Алексей Александрович



Я, Кожухов Алексей Александрович, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документ

подпись

Подпись Кожухова А.А. заверяю:

Начальник ОК



Копочинская С.В.