Отзыв

официального оппонента на диссертацию Ахметова Кайрата Телектесовича «Процессы восстановления металлов и образования карбидов при предварительной металлизации богатых хромовых руд», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов

Хром является одним из важнейших легирующих элементов чугуна и стали. Основное количество хрома производится в виде углеродистого феррохрома карботермическим методом восстановления. В технологии его производства важную роль играет твёрдофазное восстановление железа и хрома из природных хромитов. Оно протекает в верхних горизонтах рудовосстановительных печей, сопровождается образованием комплексных карбидов и влияет на показатели получения углеродистого сплава.

Кроме того, твердофазное восстановление хромовых руд позволяет проводить пироселекцию и разделять более легковосстановимое железо и хром с последующим их раздельным использованием.

В связи с этим все работы, связанные с металлизацией хромовых руд, весьма актуальны.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов и списка литературы. Работа изложена на 127 страницах, включая 34 рисунка, 8 таблиц и 5 приложений.

В первой главе показаны роль предварительного восстановления железа и хрома из хромовых руд в производстве углеродистого феррохрома. Рассмотрены известные представления о механизме твердофазного восстановления металлов из оксидов (контактная, диссоциативная, адсорбционно-автокаталитическая, газокарбидная оксид-сублимационная схемы восстановления). Представлены существующие положения механизма восстановления железа и хрома из хромовых руд в производстве углеродистого феррохрома и

теоретические положения селективного восстановления железа и хрома в кристаллической решетке оксидов бедных хромовых руд.

Во второй главе описаны объекты и методы исследования хромовых руд. Показаны результаты определения температуры начала восстановления железа и хрома из оксидов богатых хромовых руд. Изложена методика проведения экспериментов и установлены параметры карботермического восстановления (температура и время изотермической выдержки) хромовых руд.

В третьей главе описаны результаты экспериментального исследования механизма карботермического восстановления металлов и образования карбидов после искусственного нанесения на поверхность рудных зёрен силикатных оболочек. На основании экспериментальных данных предложен вариант электрохимического механизма восстановления металлов в кристаллической решётки оксидов.

В четвертой главе изложены результаты жидкофазного разделения продукта твёрдофазной металлизации. На основе экспериментальных данных определены основные параметры, влияющие на степень восстановления и извлечения металлов. Предложена технологическая схема производства углеродистого феррохрома из концентрата хромовой руды с искусственным нанесением на поверхность силикатной оболочки.

К основным научным результатам диссертационной работы следует отнести следующее:

Научная новизна:

1. Установлено, что образование углеродистого феррохрома происходит в две последовательные стадии – восстановления хрома и железа до металлического состояния и связывания металлов в карбиды. По мнению автора, первичным продуктом карботермического восстановления металлов является металлический сплав Fe-Cr, выделяющийся в кристаллической решётке шпинелида. Карбиды образуются в результате взаимодействия углерода с уже восстановленным металлом и являются вторичным продуктом.

2. Выявлено, что силикатная шлаковая фаза, изолируя поверхность руды от непосредственного контакта с углеродом создаёт благоприятные термодинамические и кинетические условия для параллельной работы получения углеродистого феррохрома.

3. Состав карбидов, количество карбидной фазы и, следовательно, содержание углерода в сплаве определяются в основном условиями твёрдофазного восстановления.

Практическая значимость работы состоит по мнению автора в возможности использования рудного концентрата без предварительного окускования; интенсифицировании процесса формирования углеродистого феррохрома в печи путем нанесения искусственной силикатной оболочки на поверхность частиц; использования энергетических углей в качестве восстановителя вместо кокса и повышении технико-экономических показателей производства углеродистого феррохрома по сравнению с традиционной технологией

Достоверность полученных результатов обусловлена применением современного оборудования при проведении высокотемпературных экспериментов; использованием широко распространенных разнообразных и апробированных методов исследования; высоким качеством и точностью исследовательского оборудования, применяемого при анализе экспериментальных результатов; сопоставлением полученных результатов с данными других исследований.

Теоретические результаты исследования представляют безусловный научный интерес для сотрудников, занимающихся разработкой новых технологических процессов, преподавателей высших учебных заведений при подготовке специалистов по направлению металлургии и технологии материалов. Практические рекомендации представляют интерес для технологов, но требуют проверки в производственных условиях.

По содержанию представленной работы имеются следующие замечания:

1. Вызывает вопросы методика проведения экспериментов по восстановлению хрома и железа (с. 48 диссертации). Что такое смешение руд и угля в «нужной пропорции»? Углерод рассчитан на восстановление всего или части хрома (железа)? От этого зависят все результаты опытов. Как и для чего проводится рассев продуктов восстановления, вряд ли через сито проходили только и весь уголь, образовывался ли в результате нагрева спек?

2. Нельзя считать однозначно правильным вывод автора о том, что «с технологической точки зрения нанесение силикатных оболочек является наиболее экономически выгодным способом ускорения твердофазного восстановления, нежели создание высокой температуры…» (с. 12 автореферата). Во-первых, усложнение технологии за счет измельчения кварцита, рассева, смешения, нанесения на частицы жидкого стекла и кварцита, сушки значительно удорожает процесс. Во-вторых, автор не сообщает, на сколько снизится время твердофазного восстановления, поэтому нельзя судить и о выгоде рассматриваемого предложения.

3. Неуместно в автореферате отдавать много места для цитирования развиваемой другими авторами электрохимической теории восстановления (с. 14, 15 автореферата).

4. При нанесении на частицы руды жидкого стекла в количестве 7%, содержащего соединения натрия ($Na_2O{\cdot}CaO{\cdot}6SiO_2$), следует учитывать, что они влияют на процессы и степень восстановления хрома и железа, о чем ничего не говорится в материалах диссертации.

5. В 4й главе работы приводятся материалы по экспериментальному определению влияния силикатной оболочки на восстановление хрома твердо- и жидкофазным процессом. Делается вывод о том, что оболочка «существенно ускоряет процессы восстановления и карбидообразования». Однако не

понятно, как можно было сделать такой вывод при отсутствии экспериментального сравнения материалов с оболочкой и без нее.

6. Не убедительны выводы автора о практической значимости работы. На с. 7 диссертации и в автореферате он пишет, что из выявленных особенностей механизма восстановления металлов в богатых хромовых рудах вытекают такие рекомендации, как использование рудной мелочи без окускования; возможность использования энергетических углей в качестве восстановителя. Однако известно, что: 1) рудная часть шихты при выплавке феррохрома в новых конструкциях печей постоянного тока состоит полностью из мелочи (1-5 мм), а в рудовосстановительных электропечах любая рудная фракция размером менее 10 мм не может присутствовать в составе шихты в количестве не более 10-15 % из-за ухудшения ее газопроницаемости; 2) энергетические угли уже десятилетия, как используются во всем мире в качестве углеродистых восстановителей в различных пропорциях при выплавке хромовых ферросплавов.

Требует пояснения целесообразность 2^{x} стадийной схемы получения углеродистого феррохрома. Зачем проводить сначала в отдельном агрегате твердофазное восстановление, а затем в другом жидкофазное? По какой технологии будет проводится процесс – в рудовосстановительной электропечи или в агрегате постоянного тока?

7. В работе имеется целый ряд орфографических ошибок и описок, например, в автореферате с 3 по 12 страницу на каждой по 1-2 ошибки.

Несмотря на высказанные замечания, можно сформулировать следующее заключение по диссертации.

Диссертация является законченной научно-квалифицированной работой, в которой на основании выполненных автором исследований сформулированы новые положения теории восстановления и рекомендации по совершенствованию технологии производства углеродистого феррохрома.

Материалы диссертации соответствуют заявленному паспорту специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Полученные результаты характеризуются научной новизной и практической значимостью. Автореферат диссертации соответствует содержанию диссертации.

В целом диссертационная работа соответствует критериям ВАК РФ, определённым п.п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней» №842 от 24.09.2013 г. к работам на соискание учёной степени кандидата технических наук, а её автор, Ахметов Кайрат Телектесович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент
Доктор технических наук, профессор,
Заслуженный деятель науки РФ,
Главный научный сотрудник
Института металлургии Уральского
отделения Российской академии наук В.И.Жучков
e-mail: ntm2000@mail.ru

Подпись В.И. Жучкова заверяю

Ученый секретарь ИМЕТ УрО РАН, к.х.н. В.И. Пономарев

09.10.2017.