

УТВЕРЖДАЮ

Технический директор

ООО НПП Технология

Р. Г. Усманов



[Handwritten signature]
10 2017 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Общество с ограниченной ответственностью «Новые перспективные продукты Технология (ООО НПП Технология)» 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 – Metallургия черных, цветных и редких металлов

Актуальность темы работы

В последние годы наблюдается рост потребности в углеродистом феррохроме, используемом для производства нержавеющей стали. В связи с истощением природных ресурсов для добычи качественных кусковых хромовых руд, а также накоплением в больших количествах отходов в виде рудной мелочи возникает необходимость переработки такого сырья без предварительного окускования. Одним из направлений решения этой задачи может быть предварительное твёрдофазное восстановление железа и хрома руды. Использование продуктов металлизации после предварительного восстановления ускоряет процесс жидкофазного разделения на металлы и шлак, увеличивает производительность печи, снижает удельный расход электроэнергии и расход дорогостоящих восстановителей.

Учитывая это, рецензируемая диссертационная работа Ахметова К. Т., посвященная исследованию механизма и последовательности восстановления металлов из оксидов богатых хромовых руд, влиянию силикатсодержащих оксидных добавочных материалов на процесс восстановления, механизму образования карбидов при производстве углеродистого феррохрома, является актуальной.

Структура и содержание диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Объем диссертации составляет 129 страниц, список литературы содержит 123 наименований.

В первой главе выполнен анализ литературных материалов по теме исследования, в котором показаны роль предварительного восстановления хрома и железа из оксидов хромовых руд при производстве углеродистого феррохрома. Рассмотрены общие представления о механизме карботермического восстановления металлов из различных руд и концентратов. Проанализированы существующие представления о механизме восстановления железа и хрома из оксидов хромовых руд, а также обобщены теоретические положения восстановления железа и хрома в кристаллической решетке оксидов бедных хромовых руд. Глава заканчивается заключением, формулировкой целей и задач исследования.

Во второй главе приведены объекты и задачи исследования. Проанализированы результаты дериватографического анализа энергетического угля, который предполагается использовать в качестве восстановителя железа и хрома руды, выполненные в атмосфере воздуха и в защитной атмосфере, а также представлены результаты определения температуры начала восстановления металлов в смеси восстановителя и руды. На основании полученных результатов разработана методика экспериментального исследования процессов восстановления и определены параметры (температура и время изотермической выдержки) восстановительного обжига хромовых руд.

Выполнен анализ результатов совместного восстановления хрома и железа в кристаллической решетке хромшпинелида при различных значениях

температуры и времени выдержки. Выявлена принципиальная разница между процессами восстановления металлов в объеме зерна собственно хромшпинелида и в объеме бедной хромовой руды, разбитой сеткой трещин, которые заполнены силикатной фазой. Отсутствие силикатных прожилок в богатых хромовых рудах определяет особенности механизма и последовательности восстановления металлов в кристаллической решетке хромшпинелида. В отличие от вкрапленных и бедных хромовых руд, где процессы восстановления металлов распространяются преимущественно по силикатным прожилкам, в зернах шпинелидов процесс восстановления распространяется фронтально от поверхности к центру, а на поверхности зёрен формируется карбидный слой. Образование карбидного слоя на поверхности руды вызывает прекращение процесса восстановления, который возобновляется только после разрушения карбидного слоя. При распространении восстановительного процесса по силикатным прослойкам карбиды не образуются, а восстановление происходит с более высокой скоростью. В связи с этим, **в третьей главе** экспериментально исследован механизм карботермического восстановления металлов при искусственном нанесении на поверхность рудных зёрен силикатных оболочек.

Наличие оболочек не только не воспрепятствовало процессу восстановления, а наоборот привело к резкому увеличению его скорости. При этом во всех случаях процесс восстановления ускоряется как в сплошных рудах с малоизмененным первичным шпинелидом, так и во вкрапленных рудах с метаморфизованным хромитом. Как и при отсутствии силикатных оболочек на поверхности формировался слой карбидов, но не сплошной, а в виде отдельных конгломератов. Эти конгломераты, по-видимому, не препятствовали удалению кислорода и восстановлению металлов.

Эти экспериментальные данные послужили основанием для теоретического описания процессов восстановления и карбидообразования по электрохимическому механизму. Одновременное ускорение восстановления и карбидообразования объяснено с позиций электрохимии как противоположно направленные потоки электронов и электронных дырок одновременно с

противоположно направленными диффузионными потоками анионов и катионов (или анионных и катионных вакансий) в одном общем электролите – силикатсодержащей фазе.

В четвертой главе изучена возможность и определены условия жидкофазного разделения продуктов твердофазного восстановления путём их расплавления. Составлен материальный баланс двухстадийного процесса. Установлено, что показатели жидкофазного разделения зависят главным образом от параметров твёрдофазного восстановления – с увеличением времени выдержки в процессе предварительного восстановления до 3 часов содержание Cr_2O_3 в шлаке после разделения при 1850°C достигает минимума $\sim 2,5\%$. На основании этих результатов диссертантом предложена двухстадийная схема переработки мелочи (0...3 мм) хромовой руды – предварительное восстановление с последующим переплавом в плазменно-дуговой печи постоянного тока.

В приложении №5 к диссертации приведён акт использования диссертационных разработок в учебном процессе.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

К основным научным результатам диссертационной работы следует отнести:

- впервые экспериментально установлено и теоретически обосновано положение о последовательности протекания химических реакций – первичным процессом при карботермическом восстановлении металлов является образование в объеме зерна хромшпинелида безуглеродистого сплава, а образование карбидов и формированием углеродистого феррохрома является вторичным процессом;

- впервые обоснован и экспериментально подтвержден окислительный характер реакций образования карбидов, а также показана роль силикатной фазы как общей токопроводящей мембраны в электрохимических концентрационных элементах при восстановлении и окислении (образовании карбидов) хрома и железа.

Практическая значимость.

Полученные диссертантом экспериментальные данные, развитые в диссертации, теоретические положения о механизме и последовательности восстановления металлов из богатых хромовых руд, а также сформулированные рекомендации позволяют:

- использовать при производстве углеродистого феррохрома рудную мелочь без предварительного окускования;
- интенсифицировать окислительно-восстановительные процессы при твёрдофазном предвосстановлении путем предварительного смачивания рудных концентратов в водных растворах жидкого стекла;
- использовать в качестве восстановителя энергетический уголь вместо кокса;
- повысить за счёт предварительной металлизации рудного сырья производительность печи и уменьшить расход электроэнергии.

Достоверность полученных результатов

В работе использованы проверенные и аттестованные средства измерений и методики проведения экспериментов. Исходные материалы – руду и уголь подвергали микроскопическому исследованию на оптическом микроскопе Olympus, рентгеноструктурному анализу на дифрактометре ДРОН-4, рентгеноспектральному микроанализу (РСМА) на растровых электронных микроскопах JSM-6560LV и JSM-6460LV фирмы JEOL, предназначенных для качественного и комплексного количественного спектрального анализа твердых материалов. На дериватографе Q-1500D проводили дифференциальный термический анализ карботермического восстановления металлов из тонкомолотых порошков хромовых руд, смешанных с восстановителем. На современном дериватографе Netzsch STA-449C определяли технологические свойства угля в токе воздуха и аргона.

Таким образом, экспериментальные данные получены комплексными анализами количественного и качественного определения фаз, образующихся в результате восстановительного обжига.

Теоретические положения достаточно обоснованы. Они не противоречат современным представлениям физики и химии твёрдого тела.

Автореферат достаточно полно отражает основное содержание диссертации, научную новизну, выводы и другие ключевые моменты. Материалы диссертации соответствует заявленному паспорту специальности, основные положения работы доложены и обсуждены на научных и научно-практических конференциях различного уровня. Результаты исследования опубликованы в научных изданиях, в сборниках по конференциям, а также статьях, рецензируемых ВАК РФ.

Замечания по диссертационной работе

По представленной работе имеются следующие замечания:

1. При рассмотрении различных схем восстановления металлов из оксидов углеродом автор не анализирует степень их пригодности для описания реальных процессов.
2. Предложенная диссертантом четырехстадийная технология получения углеродистого феррохрома (смешивание руды с жидким стеклом, сушка, предварительное восстановление, жидкофазное разделение металла и шлака) противоречит существующей в мире тенденции сокращения числа стадий, поэтому без технико-экономического обоснования целесообразность ее применения вызывает сомнение.

Диссертация Ахметова Кайрата Телектесовича «Процессы восстановления металлов и образования карбидов при предварительной металлизации богатых хромовых руд» является формально законченным научно-квалификационным исследованием по актуальной теме. В работе представлены результаты, имеющие важное научное и практическое значение для специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов. Результаты исследований, представленные в диссертации, вносят существенный вклад в решение

актуальной проблемы – совершенствование технологии производства углеродистого феррохрома путём предварительной металлизации рудного сырья.

Диссертационная работа соответствует критериям, установленным п.п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Диссертация и отзыв на неё заслушаны и обсуждены на семинаре отдела модернизации и развития производства ООО НПП Технология (протокол №5 от 29.09.2017).

Начальник отдела модернизации и развития производства



К.И. Яровой

(подпись)

Эксперт отдела модернизации и развития производства, доктор технических наук, профессор



И.В. Рябчиков

(подпись)

« 29 » 09 2017 г.

Адрес организации:

454901, Россия, г. Челябинск, ул. Водрем-40 стр.25

Общество с ограниченной ответственностью новые перспективные продукты
Технология, ООО НПП Технология

Тел.: +7 (351) 210-37-37,

E-mail: npp@npp.ru,

Сайт: <http://www.npp.ru>