

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Косдаулетова Нурлыбая «Научное обоснование технологической схемы получения низкофосфористых высокомарганцевых шлаков из некондиционных железомарганцевых руд», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

### **Актуальность работы**

Современный темп развития экономики требует всё большие объёмы стали, производство которой невозможно без использования марганцевых ферросплавов. Это приводит к неминуемому увеличению спроса как на них, так и на сырьевые материалы для их получения. Несмотря на наличие в Российской Федерации крупной сырьевой базы марганцевых руд, производство товарно-сырьевой продукции отсутствует. В первую очередь это связано с тем, что на территории России находятся преимущественно месторождения бедных по марганцу труднообогатимых фосфористых руд, что значительно снижает их потребительскую ценность и технико-экономические показатели переработки. По этим причинам для производства стандартных марганцевых сплавов в России качественные марганцевые руды импортируют из ближнего и дальнего зарубежья (Казахстан, ЮАР, Австралия и др.). Нестабильность поставок сырья, связанная с экономическими и логистическими проблемами, вынуждает отечественных производителей марганцевых ферросплавов обращать внимание на возможность вовлечения в производство некондиционной высокофосфористой железомарганцевой руды. В связи с этим, задача изучения особенностей восстановления марганцевых руд разного генезиса, отличающихся содержанием оксидов марганца, железа и фосфора, различными восстановителями является актуальной.

*Научная новизна* работы заключается в том, что:

1. Автором установлены температурные интервалы восстановления железа и марганца твердым углеродом и его монооксидом, а также определены граничные температуры перехода фосфора в металл при избытке и недостатке восстановителя.
2. В работе получены данные о влиянии температуры на селективные твердофазные восстановления железа и фосфора без перехода в металлическую часть марганца.
3. Получены новые данные об условиях жидкофазного разделения железомарганцевых руд после твердофазного восстановления монооксидом углерода или водородом.

*Практическая значимость работы* заключается в следующем:

1. На основе изучения восстановления железа и фосфора из жаймерского концентрата, селезеньской и бразильской руды сформулированы необходимые условия для протекания процесса. Установлено необходимое количество углерода для полного восстановления железа и фосфора без сопутствующего восстановления марганца.
2. Определены условия сохранения марганца в оксидной фазе при селективном восстановлении рудного материала во время взаимодействия с газообразными восстановителями.
3. Установлена возможность жидкофазного разделения фосфористого железа и марганцевого шлака без восстановления марганца до металлического состояния.
4. На основе полученных данных предложена двухстадийная технологическая схема пирометаллургической переработки мелкого, некондиционного железомарганцевого сырья путем предварительного восстановления железа и фосфора монооксидом углерода.

Полученные результаты соответствуют поставленным задачам исследования.

**Достоверность и обоснованность результатов** обусловлена использованием современных апробированных методов исследования и оборудования; воспроизводимостью результатов исследования; согласованностью теоретических расчетов с результатами экспериментальных исследований.

**Диссертационная работа состоит** из введения, четырех глав, заключения, изложена на 107 страницах машинописного текста, содержит 37 рисунков, 21 таблицу, список литературы включает 106 наименований.

#### **Содержание диссертации**

**Во введении** обоснована актуальность и необходимость проведения работы, сформулированы цель и задачи исследования, описана научная новизна, теоретическая и практическая значимость, а также положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** приведен аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы по теме диссертации. Представлена информация об объемах производства и потребления марганцевого сырья в мире и России. Диссертантом подробно рассмотрены зарубежные и отечественные месторождения марганцевых руд с описанием их минералогического состава. В ходе обзора автор определяет основные проблемы использования российских руд для получения традиционных марганцевых ферросплавов и пути их преодоления. На основании материалов, содержащихся в первой главе диссертации, сделан вывод об обоснованности и целесообразности задач исследования.

**Во второй главе** представлены результаты изучения минералого- структурные особенности марганцевых руд. Микрорентгеноспектральным анализом получен локальный

химический состав изучаемых руд селезеньской (Россия) и бразильской, а также жаймерского концентрата (Казахстан). Установлена форма присутствия марганца в руде. Проведено изучение потери массы изучаемого марганцевого сырья при окислительном обжиге в атмосфере воздуха. С целью изучения процессов, протекающих при твердофазной металлизации в комплексных железомарганцевых рудах, выполнен термодинамический анализ с использованием программного комплекса «TERRA». Получены новые данные о влиянии температуры и количества присутствующего в системе твердого углерода на степень восстановления железа, фосфора и марганца.

**В третьей главе** приведены данные о твердофазном совместном восстановлении железа и фосфора из оксидов марганцевых руд твердым углеродом или газообразным монооксидом углерода. Изучено влияние температуры, времени выдержки и формы восстановителя на процесс восстановительного обжига марганцевого сырья. Получены новые экспериментальные данные о селективном восстановлении железа и фосфора с сохранением марганца в оксидной части. Изучен фазовый и химический состав продуктов восстановления.

**В четвертой главе** приведены результаты жидкофазного разделения продуктов твердофазного восстановления железомарганцевых руд монооксидом углерода, в ходе которого получен легированный фосфором металл и высокомарганцевый шлак. С помощью материального баланса плавки дана количественная оценка сквозного выхода металла и шлака из железомарганцевой руды Селезеньского месторождения и концентрата Жайремского ГОКа, подвергнутых твердофазному восстановлению.

На основании полученных данных сформулирована двухстадийная схема переработки мелкой железомарганцевой руды, в которой на первом этапе происходит предварительное газовое восстановление железа и фосфора, а на втором этапе в дуговой печи постоянного тока при температуре протекает разделение фосфористого металла и марганцевого шлака. Приведена калькуляция себестоимости и возможный химический состав продукции.

По содержанию работы имеется ряд **вопросов и замечаний**:

1. В первой главе на стр. 11 приведена структура импорта марганцевого сырья: что «согласно литературным данным вырос объем и этого потребления с 516 тыс. т в 2002 г. до 1276 тыс. т в 2018 г [2-5].», но в списке литературы указанные публикации датируются 2006-2012 годами.
2. На странице 36 указано, что «Марганец во всех образцах находится в максимально окисленном состоянии – в виде диоксида марганца  $MnO_2$ », однако на стр. 40 для термодинамического моделирования был проведен пересчет с учетом максимальный

степени окисленности железа и марганца на  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ . Почему была выбрана  $\text{Mn}_2\text{O}_3$  (+3), ведь степень окисленности у  $\text{MnO}_2$  (+4)?

3. В описании методики эксперимента на стр. 38 указано, что образцы марганцевого сырья выдерживали при температуре  $1000^\circ\text{C}$  в течение часа, но на рисунке 2.6 время эксперимента составляет 300 минут или 5 часов. В течении какого времени выполнялся обжиг?

4. В таблице 3.1 «Содержание элементов после восстановления при температуре  $900^\circ\text{C}$  и выдержке 90 минут» приведены результаты взаимодействия Бразильской руды и углерода. В ходе данного процесса происходит частичное восстановление железа в металл, однако при увеличении времени выдержки и температуры до 180 минут и  $1000^\circ\text{C}$  данного эффекта в этом материале не обнаружено. Чем объясняется отсутствие восстановления?

5. Вызывает некоторое сомнение отсутствие карбидов во всех образцах металла. С чем это связано?

6. В п.4.4 приведена предлагаемая схема получения низкофосфористого марганцевого шлака из фосфорсодержащих железомарганцевых руд, которая включает в себя использование дуговых печей постоянного тока. Почему при расчете себестоимости получаемых материалов в таблице 4.7 не указаны затраты на электроэнергию?

Приведенные замечания носят частный, дискуссионный характер и не снижают значимость полученные результатов.

Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 11 работах, в том числе 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 3 – в изданиях, входящих в наукометрические базы Scopus, 4 в других журналах и сборниках научных трудов. Подана заявка на получение патента на изобретение РФ.

Автореферат достаточно полно раскрывает содержание диссертации, отражает её структуру и полностью соответствует основным положениям диссертации.

Таким образом, диссертация Косдаулетова Нурлыбая на тему «Научное обоснование технологической схемы получения низкофосфористых высокомарганцевых шлаков из некондиционных железомарганцевых руд» является законченной научно-квалификационной работой и содержит все необходимые квалификационные признаки, соответствующие п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (ред. от 01.10.2018 с изм. от 26.05.2020), предъявляемые к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Косдаулетов Нурлыбай, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

**Официальный оппонент**  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник  
лаборатории «Стали и ферросплавов»  
ФГБУН Институт металлургии  
Уральского отделения Российской  
академии наук

Кель Илья Николаевич  
«25» августа 2024

Россия, 620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 101, +7 343 232-91-88, dunnington@mail.ru

Я, Кель Илья Николаевич, согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе .

Подпись И.Н. Келя заверяю



Ученый секретарь ИМЕТ УрО РАН,  
к.х.н. П.В. Котенков