

## **Отзыв официального оппонента**

на диссертацию Акимова Евгения Николаевича на тему: «Получение низкоуглеродистого феррохрома совмещенным алюминио-термическим процессом», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02. – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

**Актуальность темы диссертации.** Тема, представленной автором диссертации, находится в русле одного из основных направлений исследований, проводимых сегодня в металлургической отрасли – повышение качества стали и сплавов за счет снижения вредных примесей. Фосфор является одной из наиболее трудноудаляемой примесью, особенно при выплавке высоколегированных хромом сталей и сплавов.

Существующие способы дефосфорации, достаточно полно описанные в первой главе работы, либо не дают значимого эффекта, либо приводят к потерям хрома или усложнению процесса выплавки стали и сплавов. В нынешней экономической ситуации весьма ограничены возможности нового капитального строительства. Поэтому целесообразно ориентироваться на имеющееся производственное оборудование.

Таким образом, вывод о необходимости разработки гарантированного и эффективного способа снижения содержания фосфора в высокохромистых сталях путем снижения содержания фосфора в низкоуглеродистом феррохроме, который является основным источником поступления фосфора в готовую сталь, достаточно обоснован. А тема работы является актуальной.

Е.Н. Акимов на основании анализа литературных данных о способах дефосфорации хромистых сталей и сплавов, непосредственно низкоуглеродистого феррохрома, анализа сырья, используемого в его производстве, делает обоснованный вывод о возможности снижения содержания фосфора в низкоуглеродистом феррохроме при выплавке его алюминио-силикотермическим процессом.

Представляет несомненный интерес теоретическое обоснование, полученное в результате термодинамических расчетов, последовательного двухстадийного использования восстановителей (алюминий и ферросиликохром) в процессе производства низкоуглеродистого феррохрома. Результаты расчета подтверждены данными промышленных плавов в печи РКО-5 ОАО «ЧЭМК».

Достаточно полно исследованы составы металлической и шлаковой фаз в зависимости от расхода восстановителей, последовательности их

применения, выявлены положительные и отрицательные стороны шлаков, образующихся в результате алюмини-силикотермического восстановления хрома.

**Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.** Обоснованность и достоверность результатов исследования, выводов и рекомендаций обеспечивается:

- применением в качестве теоретической и методической основы диссертации трудов известных зарубежных и отечественных специалистов в области термодинамики процессов восстановления хрома и производства феррохрома, в т.ч. низкоуглеродистого,
- анализом различных способов отечественной и зарубежной практики дефосфорации хромистых сталей и сплавов, феррохрома, а также сырья, используемого для его получения,
- использованием в термодинамических расчетах программного комплекса «TERRA»,
- подтверждением расчетных данных результатами промышленной выплавки низкоуглеродистого феррохрома алюмини-силикотермическим способом,
- публикацией основных положений, расчетов и выводов в 11-ти публикациях, в т.ч. в 5-ти рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК,
- апробацией результатов исследований на международных и российских научных конференциях.

**Научная и практическая новизна положений, выводов и рекомендаций диссертационного исследования.** Научная новизна положений, выводов и рекомендаций, выполненных автором диссертации, определяется тем, что в работе проведено комплексное исследование проблем, связанных с обоснованием теоретических и методических подходов к повышению качества легированных хромом сталей и сплавов.

К научным результатам, определяющим научную новизну, следует отнести следующие положения:

1. Термодинамический расчет алюмини-силикотермического получения низкоуглеродистого феррохрома с ограниченным содержанием фосфора (менее 0,015%).

2. Вывод о целесообразности двухстадийного процесса получения алюминио-силикотермического феррохрома с последовательным использованием восстановителей: алюминия и ферросиликохрома.

3. Получены количественные зависимости состава шлаковой и металлической фаз от расхода восстановителей, последовательности их ввода, а также электропроводности шлаков от содержания в них оксидов алюминия и хрома.

К результатам, определяющим практическую новизну, необходимо отнести:

1. Разработанную и опробованную в промышленных условиях технологию алюминио-силикотермической выплавки низкоуглеродистого низкофосфористого феррохрома.

2. Технологическую эффективность производства алюминио-силикотермического низкоуглеродистого феррохрома с использованием традиционных шихтовых материалов без изменения технологической схемы на существующем оборудовании.

**Практическая значимость результатов научного исследования** состоит в том, что предложенная в диссертации технология позволяет получать низкоуглеродистый феррохром с содержанием фосфора на уровне 0,01% без изменения технологического оборудования. При этом решается не только задача получения высококачественного феррохрома, но и достигается снижение себестоимости его производства в сравнении с традиционным силикотермическим процессом на ~ 50 долларов США на 1 тонне сплава.

Автореферат отражает основное содержание диссертации. Содержание диссертации соответствует указанной специальности и теме диссертационного исследования. Цели, поставленные автором диссертации, достигнуты. Основные результаты диссертационного исследования в достаточной степени опубликованы в научных трудах соискателя.

**Замечания.** Рассматриваемая диссертация, наряду с отмеченными выше достижениями и результатами, содержит некоторые недостатки:

1. В существующих способах получения низкоуглеродистого феррохрома не рассмотрен способ обезуглероживания феррохрома в конвертере. Такой способ был предложен в 30-х годах прошлого века. Исследования показали, что при 1650-1700°C и давлении 0,01-0,005 атм

возможно получение феррохрома с 0,01-0,02% углерода. Представляет интерес поведение фосфора в данном процессе.

2. В реакциях взаимодействия карбида кальция и извести с кремнием возможно образование не только силицида  $\text{CaSi}$ , но и  $\text{CaSi}_2$   $\text{Ca}_2\text{Si}$ .

3. При расчете экономической эффективности не указаны источники цен на материалы.

4. Учитывая «ужесточение» требований, предъявляемых к ферросплавам и сталям, особенно зарубежными фирмами, по содержанию кремния, вопрос десиликонизации феррохрома становится особенно актуальным. В представленной работе данная проблема решена недостаточно тщательно, феррохром по предложенной технологии содержит кремний на предельном уровне по отечественному стандарту и превышает современные требования ряда зарубежных фирм (менее 0,2-0,5% кремния).

5. Следует отметить, что в тексте имеются опечатки и стилистические неточности. В частности, последнее предложение первого абзаца на стр.10: «Однако высокие потери кальция на испарения удорожает процесс».

Указанные недостатки несколько снижают впечатление от работы, но ни в коей мере не отменяют общего положительного вывода о ней.

**Соответствие диссертации требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней.** Оценивая диссертацию Акимова Евгения Николаевича на тему «Получение низкоуглеродистого феррохрома совмещенным алюмино-термическим процессом», следует заключить, что она представляет собой самостоятельное законченное научно-квалификационное исследование. В данной работе рассмотрена важная научно-практическая задача – получение высококачественного низкоуглеродистого феррохрома с пониженным содержания фосфора. Этот сплав наиболее широко применяется при производстве хромистых сталей и сплавов и является основным источником фосфора в готовом металле. В диссертации предложено конкретное технологическое решение этой задачи – совмещенное алюмино-силикотермическое получение низкоуглеродистого феррохрома. Полученные результаты термодинамических расчетов и выполненные на основании этих расчетов промышленные плавки отличаются научной и практической новизной. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе в достаточной степени обоснованы и достоверны.

Считаю, что диссертационное исследование отвечает требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней (в редакции постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013г., № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 05.16.02. Metallургия черных, цветных и редких металлов, а его автор, Акимов Евгений Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент  
кандидат технических наук,  
Генеральный директор  
ЗАО «Саткинский инженерно-  
технологический центр» («Сатка ИТЦ»).

В.Н. Чуватин

Юридический и фактический адрес: (454091, г. Челябинск, пр. Ленина, д.21-в, офис 707, тел. (351)2200067).

Подпись Чуватина В.Н. заверяю  
начальник отдела кадров ЗАО «Сатка ИТЦ»



Н.А. Каширина