

## Отзыв

Официального оппонента на диссертационную работу Акимова Евгения Николаевича «Получение низкоуглеродистого феррохрома совмещенным алюминио-силикотермическим процессом», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 - Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Стратегия развития металлургической промышленности связана с повышением ее конкурентоспособности, в первую очередь, с повышением качества металлопродукции и снижением ресурсоемкости производства.

Качество главного конструкционного материала – стали во многом зависит от содержания в ней вредных примесей, вносимых шихтовыми материалами, к которым относятся и ферросплавы.

Проблема снижения содержания фосфора, особенно в высокохромистых сталях, напрямую связана с применением низкоуглеродистого феррохрома. Имеющиеся способы снижения содержания фосфора в феррохроме (использование низкоуглеродистых шихтовых материалов, смешения расплавов и т.д.) не достаточно эффективны и требуют значительных материальных и энергетических затрат.

В связи с этим диссертация, направленная на разработку теоретических основ и технологию получения низкоуглеродистого феррохрома с пониженным содержанием фосфора эффективным методом, является безусловно актуальной.

В диссертации имеются ряд новых научных и практических результатов. К ним следует отнести термодинамические расчеты химических превращений, происходящих при металлотермическом процессе производства низкоуглеродистого феррохрома, позволившие установить закономерности изменения количества и состава металлической и оксидной фаз, степени перехода элементов в сплав в зависимости от расхода восстановителей и порядка их использования.



О новизне диссертационной работы свидетельствуют разработанные автором технические решения по проведению процесса алюминио-силикотермической плавки низкоуглеродистого феррохрома в два периода: с получением в первый алюминотермический период металла с низким содержанием фосфора и высоким кремния, а во второй, силикотермический период, металла заданного состава. При этом достигается более низкий удельный расход электроэнергии на единицу феррохрома при достаточно высокой степени извлечения хрома в сплав.

К числу новых практических достижений работы следует отнести получение редкого сочетания в новой технологии как улучшения качества сплава (содержание фосфора менее 0,015%), так и снижения его стоимости. Проведенный расчет себестоимости феррохрома, полученного обычным силикотермическим и совмещенным способами, показал, что использование в плавке алюминия в слитках приводит к более низким удельным расходам ферросиликохрома, извести и электроэнергии, что позволяет снизить себестоимость сплава на 2,4%.

При производстве низкоуглеродистого феррохрома в электропечах происходит нежелательное науглераживание металла от графитированных электродов при их глубокой посадке, которая, в свою очередь, зависит от электропроводности шлака. В связи с этим представляет определенный интерес изучение электропроводности шлака второго периода совмещенной плавки феррохрома. Было показано, что повышение содержания в шлаке  $Al_2O_3$  и  $Cr_2O_3$  приводит к увеличению его электросопротивления.

Полученные в диссертации практические результаты по выплавке низкоуглеродистого феррохрома с пониженным содержанием фосфора позволяют отечественным ферросплавам успешно конкурировать с зарубежными сплавами на международном рынке металлов.

Научные и практические результаты диссертации Е.Н. Акимова следует рекомендовать для использования в ряде научно-исследовательских институтов, в том числе ЦНИИЧерМет, ИМЕТ УрО РАН, УрФУ, и на



металлургических предприятиях (ОАО «Серовский завод ферросплавов», ОАО «Ключевской завод ферросплавов» и др.).

Критерием корректности и достоверности научных положений и выводов является их совпадение с результатами промышленных испытаний, а также положительная апробация работы в научной литературе и на конференциях.

По материалам диссертационной работы имеются замечания и вопросы.

1. Нельзя согласиться с диссертантом в том, что «дефосфорация... ферросиликохрома в большинстве случаев невозможна» (с. 26). Эффективным методом снижения фосфора в силикохроме является применение при его выплавке низкофосфористых углеродистых восстановителей, вносящих в сплав основную часть фосфора (50-70%). В настоящее время в промышленности используется ряд углеродистых материалов с низким содержанием фосфора и приемлемой стоимостью (угли, полукокс, спецкокс).

2. На с. 30 автор пишет, что «увеличение содержания углерода в металле может происходить за счет использования электродов с высоким удельным электрическим сопротивлением». Следует пояснить, как это происходит, механизм такого науглероживания.

3. При термодинамических расчетах, а затем в промышленных плавках было принято для разных вариантов комплексной шихтовки одно соотношение для алюминия и ферросиликохрома. Нет объяснения такому выбору. Для обоснования этого следовало сделать технологические расчеты для нескольких вариантов шихтовки.

4. На с. 74 автор пишет, что «обработка бортов печи от настывлей и более компактная загрузка шихтовых материалов позволила в пятом варианте существенно повысить технико-экономические показатели». Известно, что однозначно судить о преимуществах того или иного варианта можно при изменении только одного фактора (в данном случае вида



восстановителя), а автор в 5<sup>ом</sup> варианте менял еще и элементы загрузки, обработку настывей, что улучшило бы работу печи при любом варианте загрузки. Правомерно ли это?

5. В гл. 4 (с. 86-93) автор приводит полученные им полезные для практики данные об удельной электропроводности шлаков металлургической плавки феррохрома. Однако эта глава стоит отдельно от общего направления диссертационной работы – разработки технологии получения низкофосфористого феррохрома, не дает технологических рекомендаций. Кроме того, автор не делает сравнения проводимости шлаков разных вариантов, не приводит полный химсостав исследованных шлаков, без которого трудно объяснить результаты замеров. Не понятно, как оценивать шлаки разных вариантов по одному свойству, если в работе нет сведений об их вязкости, рассыпаемости, дефосфорирующей способности.

Приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

Материалы диссертационной работы достаточно полно представлены в 11 статьях и трудах конференций, в том числе в 5 статьях из перечня ВАК РФ, и в полном объеме докладывались на международных и российских конференциях.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные диссертантом, достаточно обоснованы.

В целом диссертация представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены и обобщены новые научно обоснованные технические решения важной для всего ферросплавного производства задачи по снижению в феррохроме фосфора и ресурсоемкости процесса.

По своей научной и практической значимости диссертационная работа Е.Н. Акимова соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ от 24 сентября 2013 г. №842 в части, касающейся кандидатских диссертаций, а ее автор Акимов Евгений Николаевич



заслуживает присуждения ученой 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  
e-mail: ntm2000@mail.ru

Жучков В.И.

Подпись В.И. Жучкова заверяю

Ученый секретарь ИМЕТ УрО РАН, к.х.н.



Пономарев В.И.