

Ученому секретарю диссертационного совета  
Д 212.252.01 при Сибирском государственном  
индустриальном университете  
д.т.н. О.И. Нохриной  
654007, г. Новокузнецк Кемеровской обл.,  
ул. Кирова, 42, СибГИУ, Ученый совет

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Калиногорского Андрея Николаевича** «Исследование и совершенствование технологии нанесения огнеупорных покрытий на футеровку большегрузных конвертеров с использованием высокомагнезиальных флюсов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

**Актуальность** совершенствования технологий защиты футеровки конвертеров, особенно с учетом использования в шихте техногенных отходов, не вызывает сомнений. Себестоимость конвертерной стали и производительность агрегатов во многом определяются стойкостью футеровки расходом огнеупоров. Поэтому проведение промежуточных ремонтов и нанесение защитных магнезиальных слоев являются важными составляющими при эксплуатации конвертеров.

Для решения задач данной работы автором проведен большой объем экспериментальных исследований, моделирования и расчетов, что в комплексе с хорошим соответствием расчетных и экспериментальных данных обеспечивает **достоверность и обоснованность** выводов и положений работы.

Проведенные автором исследования отличаются **научной новизной**. Результатами работы стали следующие новые в научном плане положения:

1. Впервые установлен механизм и гидрогазодинамические режимы взаимодействия вихревых газовых струй со шлаковым расплавом. Изучены параметры движения капель шлака в объеме конвертера.

2. Определено оптимальное для нанесения огнеупорных покрытий на футеровку конвертера соотношение незакрученной и закрученной составляющих скорости вихревой струи, равное 0,2-1,0 отн. ед.

3. Разработана методика анализа теплообменных процессов в рабочем пространстве конвертера и выполнено теоретическое обоснование газового охлаждения специальных дутьевых устройств для нанесения огнеупорных покрытий на футеровку агрегата.

4. Определены температурные нагрузки на основные конструктивные элементы специальных дутьевых устройств при газовом охлаждении. Установлена возможность снижения при этом теплопередачи на внутренние элементы до 10% от воспринимаемого теплового потока.

5. Определены фазовые и структурные превращения в шлаковом расплаве при растворении высокомагнезиального флюса, концентрация насыщения шлака оксидом магния по периодам плавки.



Значимой является и **практическая часть работы**:

1. Установлена принципиальная возможность и определены технологические преимущества раздувки шлакового расплава вихревыми газовыми струями для нанесения огнеупорных покрытий на футеровку конвертеров.

2. На основании исследований теплообменных процессов при использовании специальных дутьевых устройств для нанесения огнеупорных покрытий на футеровку конвертеров обосновано их охлаждение азотом, подаваемым на раздувку шлака.

3. Разработанная техническая документация на систему газового охлаждения специальных дутьевых устройств для нанесения огнеупорных покрытий на футеровку большегрузных конвертеров передана к использованию в ККЦ №2 АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

4. На основании исследований физико-химических характеристик конвертерных магнезиальных шлаков установлено их соответствие требованиям к защитным огнеупорным покрытиям футеровки агрегатов.

5. На основании исследований кристаллохимических и кристаллофизических характеристик конвертерных магнезиальных шлаков определены технологические параметры шлакового режима конвертерной плавки с использованием высокомагнезиальных флюсов.

6. Разработаны и переданы к промышленному внедрению рекомендации по совершенствованию технологии выплавки стали и нанесения огнеупорных покрытий на футеровку 350-т конвертеров ПАО «ЕВРАЗ ЗСМК» с использованием высокомагнезиального флюса ФОМИ.

7. Полученные в работе научные и технологические результаты внедрены ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет» в учебный процесс студентов, обучающихся по направлению 22.03.02 - Металлургия.

По автореферату диссертации имеется несколько **вопросов и замечаний**:

1. Пункт №5 научной новизны, вероятно, сформулирован некорректно. «Концентрация насыщения шлака оксидом магния по периодам конвертерной плавки» изучалась многократно разными исследователями в России и за рубежом. Единственное отличие представленных в диссертации исследований - использование в конвертерной плавке техногенного шлакообразующего, содержащего  $Al_2O_3$  и  $CaF_2$ , которые не могут не влиять на концентрацию насыщения. Если добавить в формулировку данное обстоятельство, то обсуждаемую работу можно считать новой и научно значимой.

2. В пункте № 5 практической значимости есть не вполне логичные формулировки. Допустимо ли на основании изучения **твердых** шлаков (кристаллохимия, кристаллофизика) давать рекомендации по организации шлакового режима плавки, т.е. для **жидких** шлаков, обсуждая, в том числе, процесс окислительного рафинирования?

3. В качестве моделирующей шлак среды использовался крахмальный клейстер. Изменяются ли принципиально результаты моделирования при использовании других жидкостей – масел, растворах глюкозы в тяжелых жидкостях и т.п.?



4. На странице 10 автореферата указано, что вязкость расплава влияет на размер дробящихся капель. А как влияет поверхностное натяжение? Почему вопрос поверхностного натяжения ни разу не обсуждался, хотя этот параметр влияет и на размер капель (т.е. на «высоту взлета»), и на адгезию шлака к футеровке?

5. На странице 16 автореферата указано, что «на опытных плавках, проведенных в соответствии с разработанными рекомендациями, обеспечиваются более благоприятные условия для окислительного рафинирования». В таблице 2 даже имеются данные, которые можно интерпретировать в этом ключе. Однако четко не сказано – за счет чего произошло улучшение.

Указанные замечания не снижают общего положительного впечатления от представленной работы. Она отвечает критериям Положения о присуждении ученых степеней от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор, **Калиногорский Андрей Николаевич**, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

Авторы отзыва согласны на обработку персональных данных.

Главный научный сотрудник лаборатории пирометаллургии  
черных металлов ИМЕТ УрО РАН,  
профессор, д.т.н.



Шешуков Олег Юрьевич

Старший научный сотрудник лаборатории пирометаллургии  
черных металлов ИМЕТ УрО РАН,  
к.т.н.

  
02.11.16

Некрасов Илья Владимирович

Подписи Шешукова О.Ю. и Некрасова И.В. заверяю  
Ученый секретарь ИМЕТ УрО РАН,  
к.х.н.

  
Пономарев Владислав Игоревич

ИМЕТ УрО РАН. 620016. Екатеринбург, ул. Амундсена, 101. Тел. (343) 267-91-24,  
факс (343) 267-91-86, E-mail: [admin@imet.mplik.ru](mailto:admin@imet.mplik.ru)