Государственное образовательное учреждение высшего профессионального

образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

На правах рукописи

*qLf-*

Плюхин Павел Валерьевич

Специализированные огнеупорные материалы для футеровки днища

сталеразливочных ковшей

Специальность 05.17.11- технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Суворов Станислав Алексеевич

Санкт-Петербург 2005

Содержание

Введение. 5

1. Аналитический обзор 6

1. Огнеупоры на основе системы MgO-АІгОз 6
2. Огнеупоры системы MgO-MgAl204-С 10
3. Выбор спекающих добавок 12
4. Неформованные огнеупоры 13
5. Основные бетоны, содержащие MgO 14
6. Корундовые, алюмомагнезиальные и шпинельные бетоны 15
7. Литые (саморастекающиеся) бетоны 19
8. Связующее огнеупорных бетонов 20
9. Реагенты рабочего пространства металлургических агрегатов .21
10. Фильтрация металлического расплава в поры огнеупорного материала , 27

1.7 Анализ физико-технических и технологических свойств  
огнеупорных материалов, конструктивных решений, применяемых

в футеровке стальковша 29

Выводы из аналитического обзора 41

2. Характеристика исходных материалов и методы исследования 42

1. Исходные материалы 42
2. Методы исследования 44

3. Моделирование термонапряженного состояния днища  
сталеразливочного ковша 49

3.1 Расчет распределения температуры по сечению футеровки

днища стальковша из материалов, применяемых на практике 49

3.2 Расчет распределения температуры по сечению футеровки

днища стальковша из материалов безуглеродистого состава 52

3.3 Расчет термического удлинения рабочего слоя футеровки

днища стальковша из материалов безуглеродистого состава 57

**2**

3.4 Расчет термического удлинения рабочего слоя футеровки

днища стальковша огнеупорами углеродистого состава 59

3.5 Расчет полей температурных напряжений 60

Выводы по разделу 3 69

4. Шлаки его взаимодействие с огнеупором 71

1. Минералогический состав реальных металлургических шлаков 71
2. Влияние добавки оксида магния на плавление шлака 76
3. Моделирование фильтрации металлического расплава

в поры огнеупорного материала 79

Выводы по разделу 4 85

5. Разработка магнезиальной набивной массы 86

5.1 Разработка состава и технологии изготовления магнезиальных  
набивных масс 86

5.2 Исследование реологических свойств тонко дисперсных композиций 90

5.2.1 Влияние размера частиц периклаза на реологические

свойства суспензий 92

5.2.2 Влияние минералогических добавок на реологические

и прочностные свойства массы 94

1. Разработка состава комплексной добавки улучшающей реологические свойства массы 98
2. Оптимизация состава комплексной добавки 100
3. Исследование подвижности масс , 106

5.6 Прочностные свойства периклазовых образцов зернистого строения—108  
Выводы по разделу 5 112

6. Оптимизация состава и исследования карбонированных образцов

на основе плавленых материалов 114

6.1 Лабораторные испытания образцов

периклазопшинельного карбонированного состава 114

6.2 Исследования образцов периклазопшинельного  
карбонированного состава методом ртутной порометрии 117

**з**

6.3 Петрографические исследования карбонированных

тиглей-огнеупоров со шлаком после обжига 120

Выводы по разделу 6 134

7. Промышленные испытания технологий комплекта огнеупорных

материалов , , , 136

1. Выпуск опытной партии периклазошпинельных карбонированных огнеупоров 136
2. Выпуск опытной партии периклазовой набивной массы 139
3. Испытания опытных периклазошпинельных

карбонированных огнеупоров и периклазовой набивной массы 139

Выводы по разделу 7 141

Выводы 148

Список использованных источников 151

Приложение А Технологический отчет по выпуску изделий

марки ПШУП-1-1

Приложение Б Отчет по выпуску массы марки ПНМ-80

Приложение В Заключение по испытанию изделий марки

ПШУП 1-ій набивной массы марки ПНМ-80

Приложение Г Акт на петрографическое исследование изделий

марки ПШУП 1-1 до и после службы в футеровке днища стальковша

ООО «Уральская Сталь» (ОХМК)

**4**

Введение

Металлургические предприятия постоянно уделяют внимание повышению качества и снижению себестоимости стали. Интенсификация технологических операций при производстве и переработке стали ужесточает условия службы огнеупорной футеровки в металлургических агрегатах. Стоимость огнеупорной футеровки, затраты на ее ремонт и монтаж, составляют заметную часть в себестоимости выпускаемой продукции. Снижение затрат на расход огнеупорных материалов и увеличение сроков службы футеровки агрегатов, позволяют повысить эффективность металлургических производств.

Разрушение огнеупоров происходит при высоких температурах под воздействием шлака и газовой среды, движущимися жидкой и твердой средами, механических и термомеханических нагружений. Все большее развитие получают различные виды вторичной обработки металла, позволяющие значительно повысить качество металла. В связи с этим увеличивается потребность в огнеупорах, исключающих загрязнение стали. Решение этих задач может быть достигнуто созданием новых огнеупоров, обладающих высоким уровнем показателей физико-химических и физико-технических свойств, обеспечивающих продолжительную интенсивную работу металлургических агрегатов, разработкой новых инженерно-технических решений, снижающих температурные, механические и физико-химические воздействия на кладку огнеупорной футеровки. В этой связи являются актуальными исследования физико-химических и высокотемпературных взаимодействий огнеупорных материалов, разработка составов и способа получения огнеупорных материалов и изделий, поиск конструктивных решений, стабилизирующих продленный срок эксплуатации огнеупорной футеровки.

Выводы

1. Разработан комплект огнеупоров для выполнения рабочего слоя днища сталеразливочных ковшей, состоящий из карбонированных периклазошпинельных изделий и периклазовой набивной массы.
2. Компьютерным моделированием тепловой картины и термонапряженного состояния огнеупорной футеровки днища сталеразливочного ковша, установлено, что для выполнения рабочего слоя днища необходимо использовать изделия повышенной размерности, низкими значениями теплопроводности и коэффициента термического расширения.
3. Для обеспечения на металлическом кожухе температуры не выше 100 °С, необходимо увеличивать мощность теплоизоляционного слоя футеровки. Толщины рабочего и защитного слоев, существенного влияния на температуру поверхности кожуха не оказывают. Мощность рабочего слоя влияет на ресурс футеровки, а арматурный повышает безопасность эксплуатации футеровки.
4. Рассчитаны линейные увеличения диаметра и периметра стальковша в периферийных и центральных его частях на примере 160т. стальковша. ОАО «НТМК». Показаны отличия в раскрытии швов по диаметру стальковша (большее увеличение в периферийной части, меньшее в центральной).
5. Произведено моделирование фильтрации расплава в поры огнеупорного материала. Составлена номограмма, показывающая влияние на глубину проникновения расплава в зависимости от вязкости шлака, угла смачивания, поверхностного натяжения, радиуса пор, времени контакта расплава с огнеупором.

6. Исследовано реологическое поведение тонкодисперсной составляющей масс  
магнезиального состава в зависимости от количества и состава модифицирующих  
ингредиентов. С помощью планов Шеффе проведена оптимизация состава и  
количества комплексных добавок, содержащих С-3, ЛСТ, Rhoximat PAV 31 и  
PERAMIN SMF10, Acronal S63, Rhoximat PAV 31 обеспечивающих высокие  
значения прочности образцов после сушки (20-24 МПа). Разработанный состав  
минералоорганического пластификатора в виде суспензии включающей

**148**

комплексный ПАВ, ультрадисперсный корунд, двуокись циркония и графит, обеспечивает получение из зернистых масс, формованных при давлении 10 - 125 МПа, материалы с пористостью И.8- 19.1%и прочностью 26 -58 МПа.

7. Разработан состав и технология периклазовой набивной массы с применением  
оптимизированных минералоорганических добавок позволяет управлять  
реологическими и физико-механическими характеристиками масс. Выявлено,  
что добавки борной кислоты и глинозема способны заметно влиять на свойства  
магнезиальных масс, что в присутствии добавки периклазохромита обеспечивает  
таким массам повышенные физико-технические свойства.

8. Разработан состав и технология периклазошпинельного огнеупора,  
дотированного углеродом, имеющего плотную, прочную структуру с низким  
значением теплопроводности и к.т.р., что достигается функциональной  
организацией стохастической текстуры массы путем направленного  
распределения наполнителей зернистого периклаза и зернистой шпинели,  
комплексного тонкомолотого заполнителя, графита, пластификатора,  
углеродсодержащей смолы.

Методом ртутной порометрии определено, что преобладающий объем в исследуемых образцах занимают поры размером 3-15 мкм.

9. Выпущена опытная партия комплекта материалов включающая  
периклазошпинельные карбонированные огнеупоры и периклазовую набивную  
массу.

Опытные изделия существенно превосходят образцы серийно выпускаемой продукции по термомеханическим характеристикам, сопротивлению к воздействию металла и шлака, обладают пониженным значением теплопроводности, что обеспечивает снижение тепловых потерь через огнеупорную футеровку и уменьшение термических напряжений в днище сталеразливочного ковша. Периклазовая набивная масса обладает высокими физико-механическими, реологическими и адгезионными характеристиками и существенно превосходит серийно выпускаемую продукцию.

149

10. Проведены успешные промышленные испытания опытного комплекта,  
состоящего из периклазопшинельных карбонированных изделий и периклазовой  
набивной массы в днище сталеразливочного ковша ООО «Уральская Сталь»  
(ОХМК). Испытания показали, что увеличение ресурса эксплуатации рабочего  
ряда футеровки днища сталеразливочного ковша из опытного комплекта  
огнеупорных материалов составило 96 %, относительно промышленно  
выпускаемых изделий. Снижение удельных расходов на футеровку ковша  
составило 1.70 кг/тонну стали.

11. Петрографическими исследованиями изделий после службы огнеупоров в  
рабочем слое ковша установлено, что в рабочей зоне мощностью 20-25 мм,  
проникновение шлакового расплава идет по микротрещинам толщиной 1-3 мм на  
глубину 5 мм, пропитки расплавом металла огнеупора не происходит.

12. По результатам испытаний ООО «Уральская Сталь» (ОХМК) подал заявку на  
"ОАО Комбинат Магнезит" для организации промышленной поставки  
периклазопшинельных карбонированных изделий и периклазовой набивной  
массы. На ОАО "Комбинат Магнезит" принято решение о производстве  
периклазопшинельных карбонированных изделий и периклазовой набивной  
массы по технологии СП6ТИ(ТУ) и ТТ 200-303-2003.

150