

Исследование влияния неметаллических добавок на свойства MgO-C огнеупоров для сталеразливочных ковшей

XXII Конференция огнеупорщиков
и металлургов, МИСиС, май 2025 г

А. О. Мигашкин

Руководитель направления
по технологии производства изделий,
техническое управление

1

факторы износа футеровки сталковша

- ▶ механизмы износа

2

неметаллические добавки для MgO-C изделий

- ▶ о проекте
- ▶ экспериментальная часть
 - фазовый состав
 - производство опытных изделий

3

результаты исследования

- ▶ свойства MgO-C изделий с неметаллическими добавками
 - предел прочности при сжатии
 - открытая пористость
 - предел прочности при изгибе
 - ТКЛР

4

промышленная апробация изделий

- ▶ предприятие 1
- ▶ предприятие 2
- ▶ выводы



1

факторы износа футеровки сталковшей



МЕХАНИЗМЫ ИЗНОСА





ВИДЫ ИЗНОСА

коррозионный
и эрозионный износ



сколы и диагональные
трещины



вертикальное
растрескивание





2

неметаллические добавки для MgO-C изделий

2. неметаллические добавки для MgO-C изделий

о проекте

задача проекта

Разработка MgO-C огнеупоров, способных противостоять термомеханическим нагрузкам и при этом обладать достаточной коррозионной стойкостью

Для повышения коррозионной устойчивости и стойкости к термомеханическим нагрузкам в MgO-C изделия вводят дополнительные добавки.



цель проекта

Исследование физико-механических показателей MgO-C изделий при введении в состав неметаллических добавок

Исследование включало:

- ▶ Производство изделий с различными добавками
- ▶ Определение показателей после термообработки и коксования



экспериментальная часть

При использовании неметаллических добавок в шихте, количество основных фракций плавленого периклаза уменьшали пропорционально количеству вводимой добавки.

Исходные материалы	Составы				
	O	A	B	C	D
Плавленный периклаз фр. 6-0 мм	+	+	+	+	+
Графит	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Добавка А	-	+	-	-	-
Добавка В	-	-	+	-	-
Добавка С	-	-	-	+	-
Добавка D	-	-	-	-	+
Комбинированное связующее	+	+	+	+	+



фазовый состав добавок

Условия испытаний

Рентгенофазовый анализ проводили с помощью дифрактометра X"tra фирмы ARL

Диапазон: 5-85°

Шаг съемки: 0,02 °

Скорость съемки: 8 град/мин

Тип излучения: $\text{Cu}_{\text{K}\alpha}$

Фазовый состав	Варианты			
	A	B	C	D
Основные компоненты	MA	MA	CA ₂	A
	CA		CA ₆	
	CA ₂		MA	

производство опытных изделий

- ▶ Смешение исходных компонентов осуществляли в смесителе интенсивного действия фирмы «EIRICH».
- ▶ Массу прессовали на гидравлическом прессе фирмы «Laeis» по трехступенчатому режиму в формате mini-key.
- ▶ Термическую обработку сырца производили в туннельной термопечи фирмы «Riedhammer».

этапы производства опытных изделий





3

результаты исследования



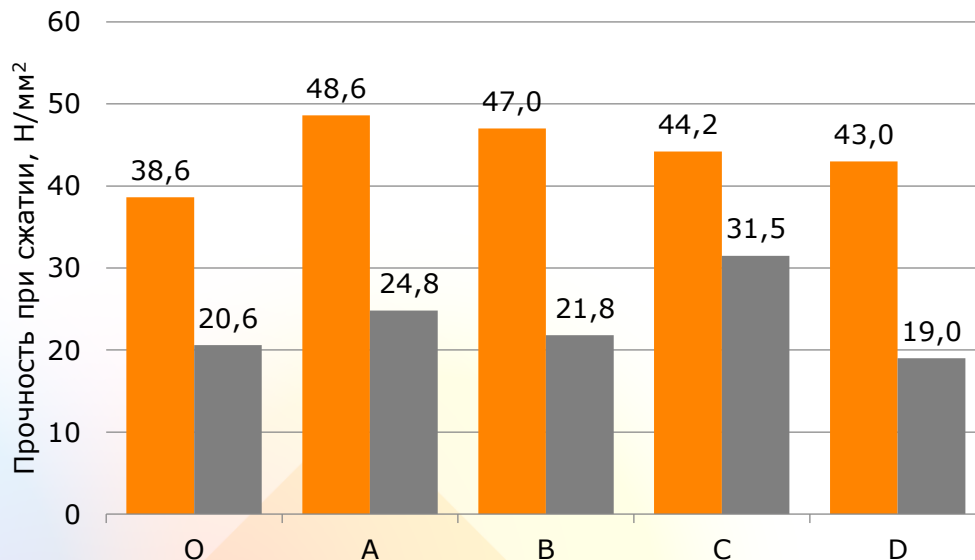
предел прочности при сжатии

Стандарты определения

Определение предела прочности при сжатии при комнатной температуре проводили по ГОСТ 4071.1-2021

Коксование образцов осуществляли в коксовой засыпке при температуре 990 ± 10 °С в шахтной печи ПШ-1,0-45, согласно ГОСТ 30771-2001

Результаты лабораторных испытаний
предела прочности при сжатии образцов
при комнатной температуре и после
коксования





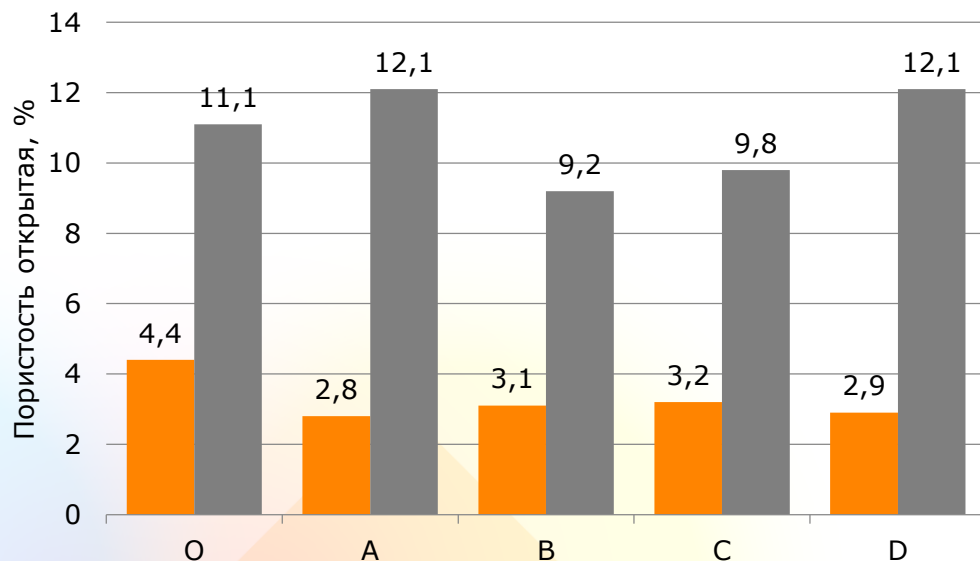
пористость открытая

Стандарты определения

Определение открытой пористости осуществляли по ГОСТ 2409-2014 на установке ЭКВ-М.

Коксование образцов осуществляли в коксовой засыпке при температуре 990 ± 10 °С в шахтной печи ПШ-1,0-45, согласно ГОСТ 30771-2001

Результаты лабораторных испытаний
открытой пористости образцов при
комнатной температуре и после
коксования





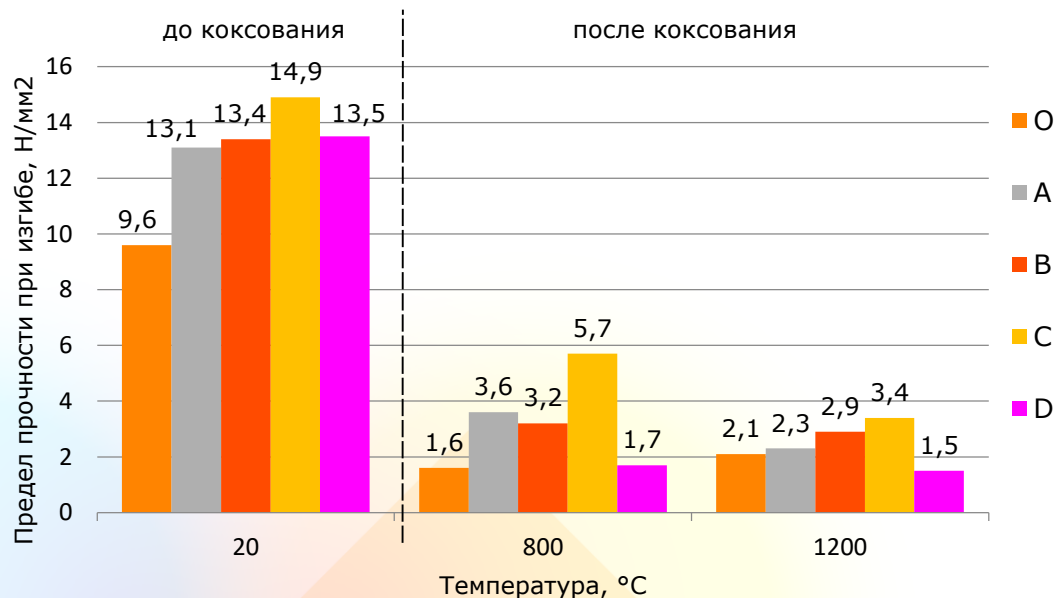
предел прочности при изгибе

Результаты лабораторных испытаний предела прочности при изгибе до коксования при комнатной температуре и после коксования при повышенных температурах

Стандарты определения

Определение осуществляли на образцах в виде параллелепипеда при комнатной температуре по ГОСТ 50526-93, при повышенных температурах по ГОСТ 31040-2002.

Коксование образцов осуществляли в коксовой засыпке при температуре 990 ± 10 °С в шахтной печи ПШ-1,0-45, согласно ГОСТ 30771-2001





температурный коэффициент линейного расширения

Условия испытаний

Дилатометрические измерения проводили на приборе DIL 402C ф. «Netzsch»

Среда: инертная, аргон

Скорость нагрева: 10 К/мин

Высокий ТКЛР огнеупоров ограничивает срок службы футеровки при довольно большой ее остаточной толщине вследствие сколов и вертикального растрескивания в условиях инверсии теплового потока (нагрев-охлаждение-нагрев)

Результаты лабораторных испытаний температурного коэффициента линейного расширения и относительного удлинения в интервале температур 20-1500 °С

Показатель	О	А	В	С	Д
ТКЛР, $1/K \cdot 10^{-6}$	10,62	10,24	10,14	9,18	9,65
Относительное удлинение, $\Delta L/L_0$, %	1,57	1,52	1,50	1,36	1,42



4

промышленная апробация изделий

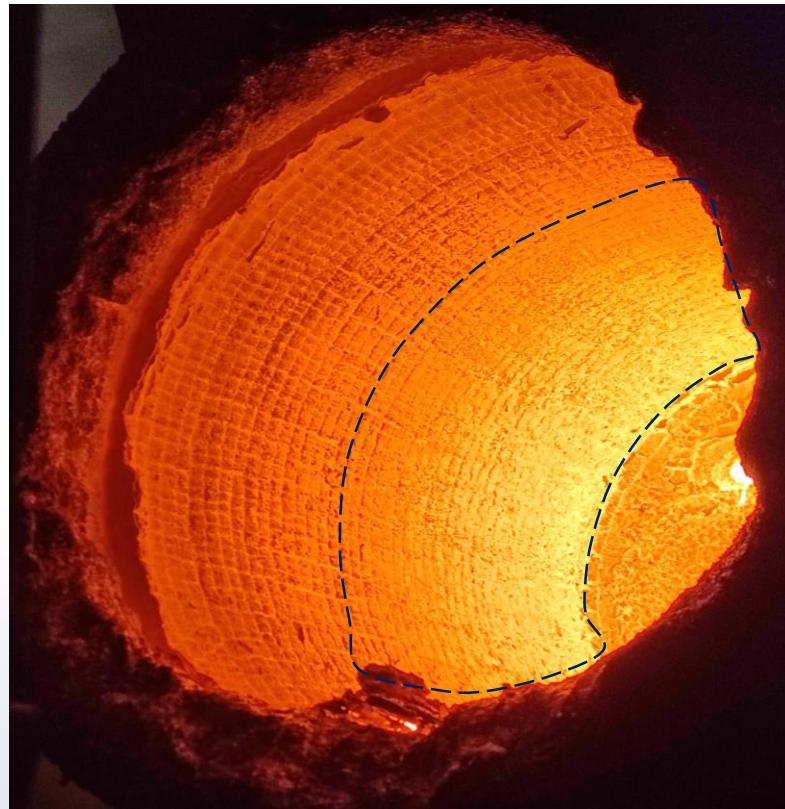


футеровка сталеразливочных ковшей

Состояние футеровки после

55 плавки

Опытными MgO-C изделиями с добавкой В был выполнен рабочий слой футеровки стен сталеразливочного ковша.





футеровка сталеразливочных ковшей

Состояние футеровки после

51 плавки

Опытными MgO-C изделиями с добавкой C были выполнены рабочие слои футеровки стен и шлакового пояса сталеразливочного ковша.





ВЫВОДЫ И ПЛАНЫ

- ▶ Введение неметаллических добавок позволяет улучшить физико-механические показатели MgO-C огнеупоров.
- ▶ Проведены испытания MgO-C огнеупоров с добавками В и С.
- ▶ В процессе эксплуатации ковшей отмечено хорошее и стойкое гарнисажное покрытие на рабочей футеровке, эффективно её защищающее от трещинообразования.
- ▶ Использование неметаллических добавок является перспективным направлением для улучшения эксплуатационных характеристик MgO-C огнеупоров.

Планируется дальнейшее исследование неметаллических добавок в составе MgO-C изделий и апробация в службе.

спасибо

E-mail: amigashkin@magnezit.com

Моб.: 8-982-300-5917



[сайт Группы Магнезит](#)