

# Алюминаты кальция, как добавка в MgO-C огнеупоры для сталеразливочных ковшей

XXI Конференция огнеупорщиков  
и металлургов, МИСиС, май 2024 г

А. О. Мигашкин

Руководитель направления  
по технологии производства изделий,  
техническое управление

# 1

## факторы износа футеровки стальной ковша

- ▶ виды износа

# 2

## влияние СА добавки на свойства MgO-C изделий

- ▶ о проекте
- ▶ производство опытно-промышленной партии

# 3

## испытание MgO-C изделий с СА добавкой

- ▶ футеровка сталеразливочных ковшей
- ▶ эксплуатация ковшей
- ▶ параметры эксплуатации
- ▶ химический состав шлаков
- ▶ основность шлаков
- ▶ результаты службы
- ▶ выводы



# 1

## факторы износа футеровки сталковша



## ВИДЫ ИЗНОСА

коррозионный  
и эрозионный износ



сколы и диагональные  
трещины



вертикальное  
растрескивание





# 2

## влияние СА добавки на свойства MgO-C изделий

## 2. влияние СА добавки на свойства MgO-C изделий

# о проекте

### цель проекта

Исследование физико-механических показателей, фазового состава, а также микроструктуры MgO-C изделий при введении в состав добавки на основе алюминатов кальция.

### Исследование включало:

- ▶ эксперименты с различным фракционным размером добавки от 0 до 3 мм
- ▶ определение показателей после термообработки и коксования

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



Установлено, что введение добавки фракций мельче 1 мм позволяет:

- ▶ повысить предел прочности при сжатии, снизить открытую пористость
- ▶ повысить предел прочности при изгибе до и после коксующего обжига



# производство опытно- промышленной партии

- ▶ 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





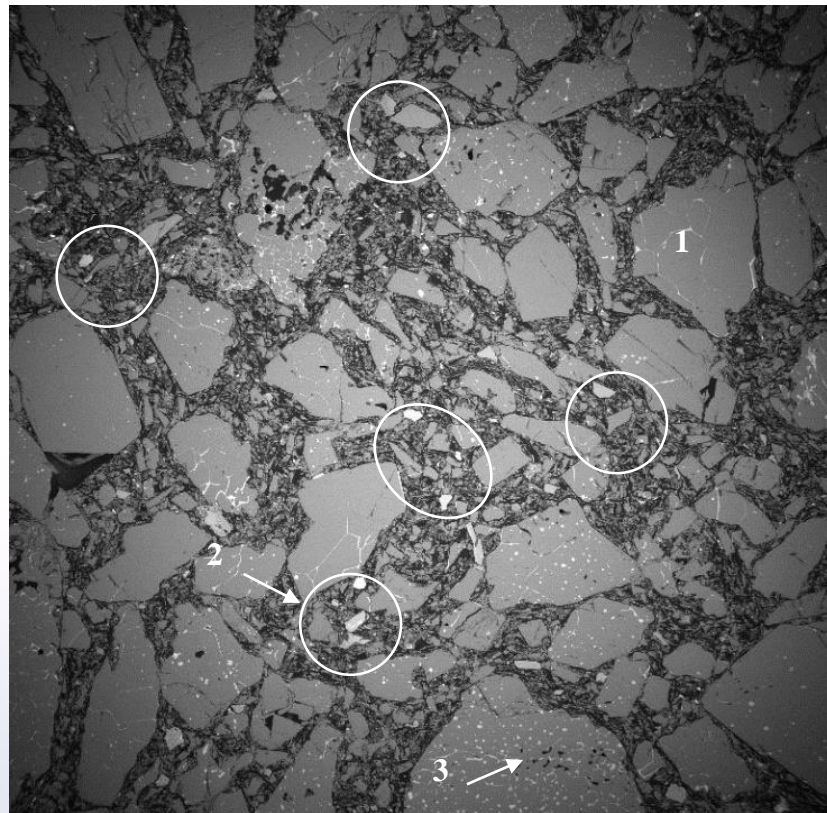


# микроструктурный анализ изделий до службы

Микроструктура  
периклазоуглеродистых образцов, x16:

- 1 - зерно плавленого периклаза;
- 2 - включения зерен и частиц  
кальций-алюминатной добавки;
- 3 - пленки силикатов.

(РЭМ. Детектор BSE).







# физико-химические показатели изделий

## Стандарты определения

- ▶ Определение предела прочности при сжатии при комнатной температуре проводили по ГОСТ 4071.1-2021
- ▶ Определение открытой пористости осуществляли по ГОСТ 2409-2014 на установке ЭКВ-М
- ▶ Массовую долю MgO определяли по ГОСТ 2642.8-2017
- ▶ Массовую долю С определяли по ГОСТ 2642.15-2021

Результаты представлены по данным паспортизации партий при производстве

Показатель	Опытные изделия	Серийные изделия
Предел прочности при сжатии, Н/мм <sup>2</sup>	46,2	41,1
Открытая пористость, %	2,4	3,5
Массовая доля, %		
MgO (на прокаленное вещество)	96,2	97,0
С	11,96	11,12



# З

## испытание MgO-C изделий с Са добавкой



# футеровка сталеразливочных ковшей

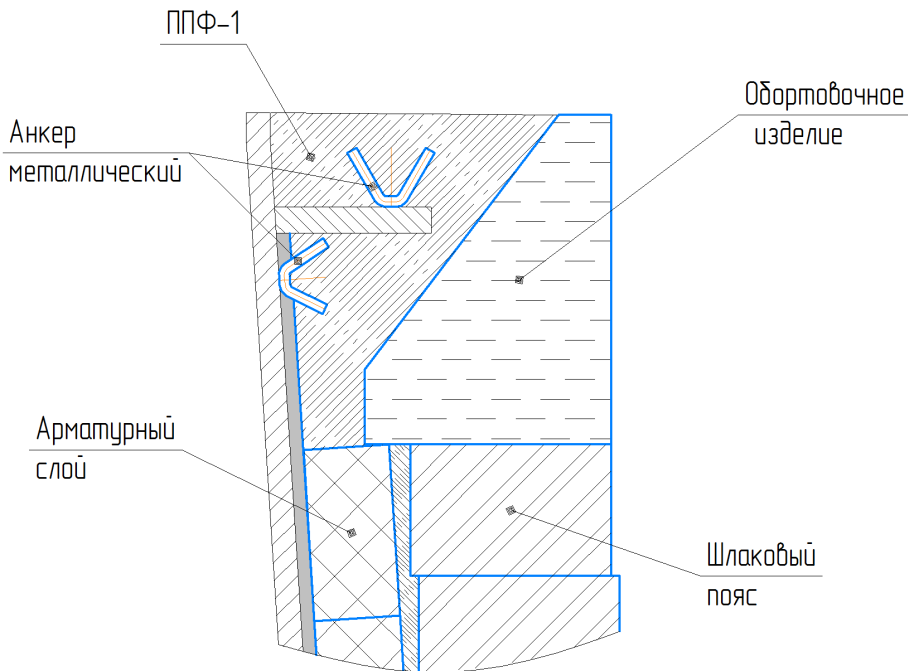
Опытными изделиями были выполнены рабочие слои футеровки стен и шлакового пояса сталеразливочных ковшей.





# футеровка сталеразливочных ковшей

Значительное влияние оказывает состояние опорного кольца сталеразливочного ковша, которое должно обеспечивать плотность прилегания кирпичных рядов.





# эксплуатация ковшей

Средние значения  
показателей  
эксплуатации серийных  
и экспериментальных  
ковшей

Показатель	Период испытания	
	июнь-июль 2023 г.	октябрь-декабрь 2023 г.
Температура металла, °С:		
в ДСП перед выпуском	1612	1614
при первом замере АКП	1563	1557
на АКП перед отдачей на МНЛЗ	1595	1594
Продолжительность, мин:		
обработки на АКП	34	32
продувки аргоном	34	32
Доля плавов с обработкой на АКП, %	100	100
Пребывание металла в ковше до начала разливки, мин	53	54
Продолжительность разливки на МНЛЗ, мин	42	41
Оборот ковша, плавки/сут	8,4	7,9



# ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ШЛАКОВ НА АКП

Огнеупоры рабочего слоя футеровки сталеразливочных ковшей подвергаются воздействию шлака переменного состава.

Период отбора проб шлака	Массовая доля в шлаке, %						Δm <sub>прк</sub>
	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	FeO	MnO	
Первичный	18,0	16,8	21,0	39,0	2,25	2,74	+1,03
	14,0	10,7	24,2	36,5	5,08	7,04	+1,38
	13,0	12,5	27,0	39,0	2,23	6,79	+0,67
	15,4	10,3	30,0	40,0	1,44	2,83	+0,51
	13,2	10,0	20,0	38,9	6,86	6,83	+1,51
Конечный	11,4	17,5	18,6	52,0	0,68	0,05	+1,68
	11,5	14,7	25,3	46,0	0,86	1,99	+0,88
	10,1	12,2	24,4	52,6	0,35	0,45	+0,68
	10,3	12,3	25,6	51,0	0,45	0,23	+1,00
	10,0	14,5	17,3	56,0	1,50	0,40	+1,31
	10,0	11,5	25,5	52,0	0,45	0,35	+0,62





# ОСНОВНОСТЬ шлаков на АКП

$B_i$  – обозначает основность шлака, соотношение между огнеупорными оксидами CaO и MgO и флюсующими оксидами  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , FeO, MnO.

$B_2$  –  $CaO/SiO_2$

$B_3$  –  $CaO/(SiO_2+Al_2O_3)$

$B_4$  –  $(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3)$

$B_5$  –  $(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3+FeO+MnO)$ .

## ИСПОЛЬЗОВАЛИ:

- ▶ эмпирические модели Шурмана и Колма
- ▶ модели Парка и Ли
- ▶ модели Квонга
- ▶ диаграммы Преториуса-Карлайла

Тип шлака	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$
Первичный	1,33-1,95	0,99-1,30	1,32-1,74	1,07-1,33
Конечный	1,82-3,24	1,15-1,76	1,44-2,08	1,34-1,96

### 3. испытание MgO-C изделий с СА добавкой

# результаты службы ковшей

серийные ковши



Средняя стойкость кампании серийных ковшей составила

**126** плавок,

при этом средняя стойкость до промежуточного ремонта 64 плавки.

3. испытание MgO-C  
изделий с СА добавкой

# результаты службы ковшей

ОПЫТНЫЕ КОВШИ



Стойкость  
экспериментальных  
ковшей

**131** плавок,

стойкость  
до промежуточного  
ремонта 71 плавки.



# результаты службы ковшей

Для оценки состояния опытных футеровок произведен замер остаточной толщины изделий после службы по всей высоте кладки.

Зона футеровки	Футеровка	Остаточная толщина огнеупора, мм	Скорость износа, мм/плавку
Шлаковый пояс	Опытная	80-125	1,21-0,46
	Опытная	85-120	1,12-0,54
	Серийная	85-118	1,12-0,57
Стена	Опытная	75-125	0,59-0,21
	Опытная	70-120	0,63-0,25
	Серийная	55-120	0,78-0,26

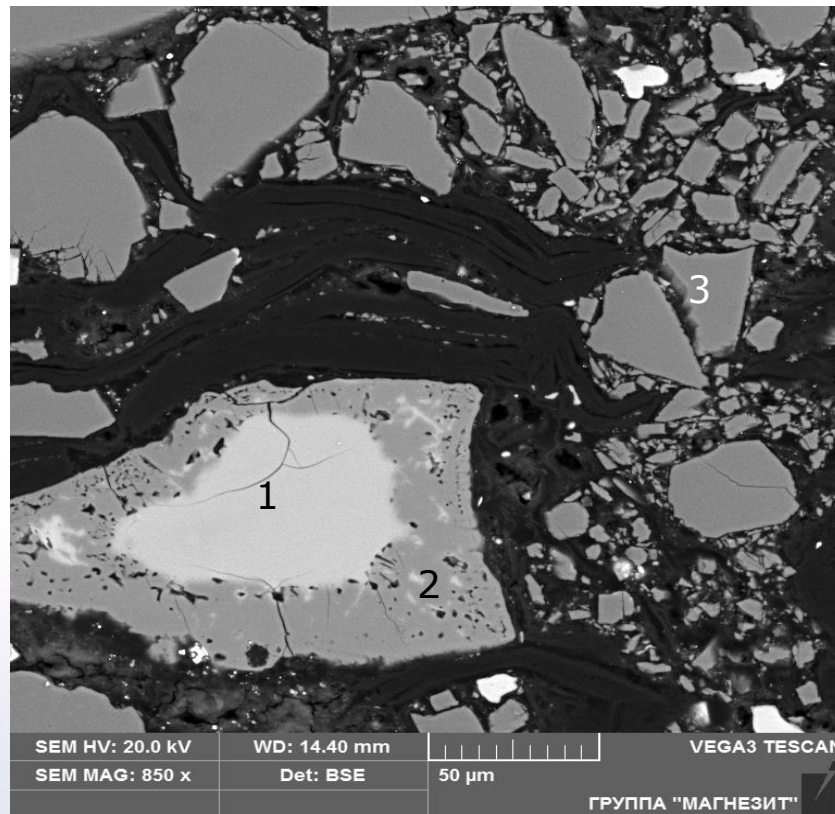


# микроструктурный анализ изделий после службы

Периклазоуглеродистое опытное  
изделие микроструктура тонкомолотой  
составляющей, x850:

- 1 – кальцевый двуалюминат (центр зерна);
- 2 – АМШ (периферия зерна);
- 3 - частица периклаза.

(РЭМ. Детектор BSE).





## ВЫВОДЫ И ПЛАНЫ

- ▶ Проведены испытания MgO-C огнеупоров с кальций алюминатной добавкой.
- ▶ В процессе эксплуатации ковшей отмечено хорошее и стойкое гарнисажное покрытие на рабочей футеровке, эффективно её защищающее от трещинообразования, как по количеству трещин, так и их выраженности.
- ▶ Ресурс опытных изделий выработан не полностью.

Планируется детально исследовать образцы изделий после службы с целью изучения и описания механизма износа.



# спасибо

E-mail: [amigashkin@magnezit.com](mailto:amigashkin@magnezit.com)

Моб.: 8-982-300-5917



[сайт Группы Магнезит](#)