



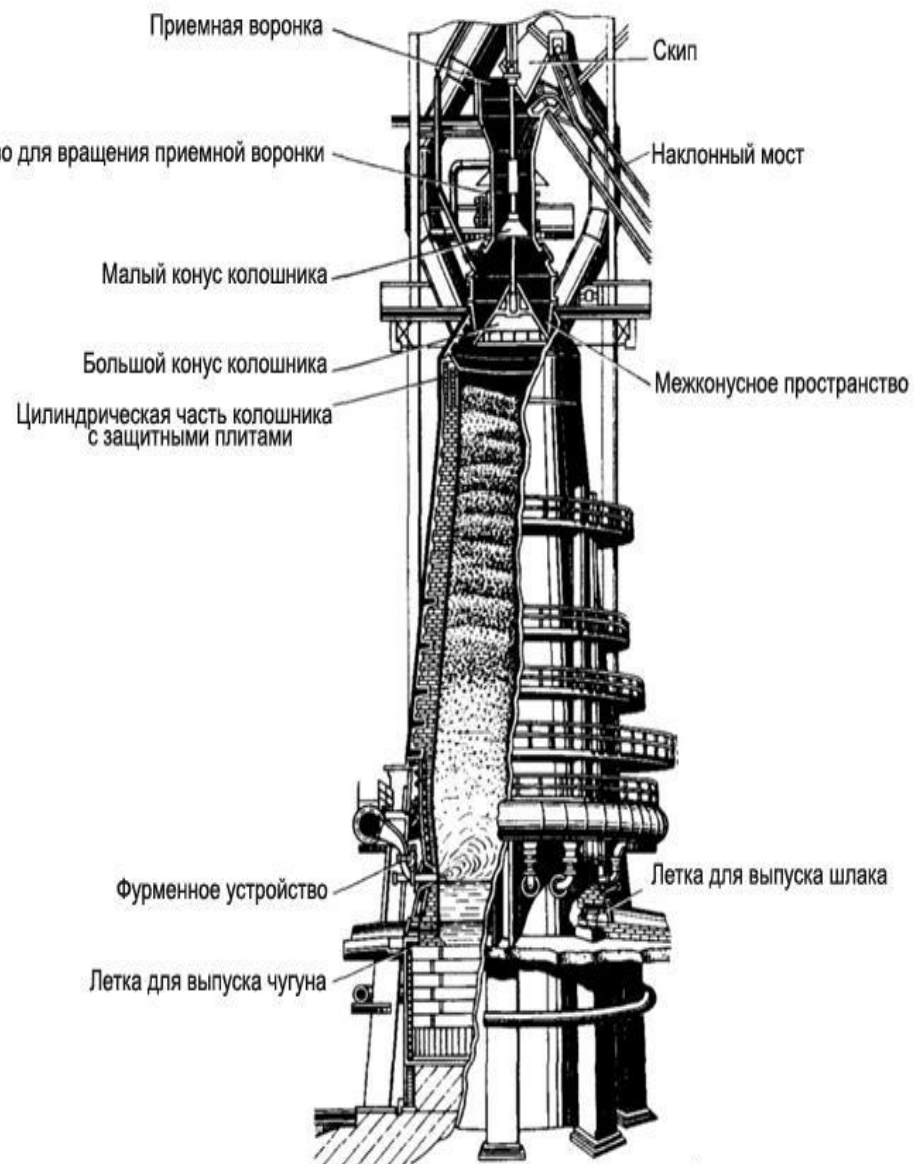
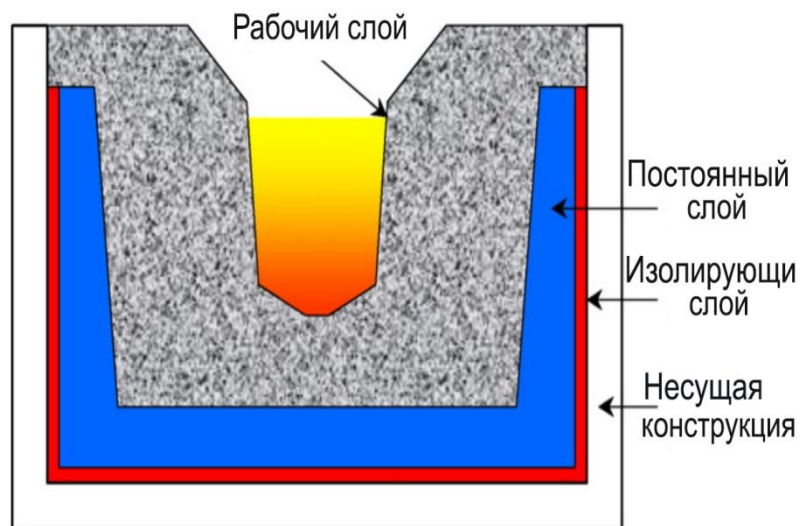
# **Влияние алюмомагниево́й шпинели на механические свойства огнеупорного бетона для желоба доменной печи**

Студент 4 курса обучения  
133 группа

Михайлов Станислав Владимирович

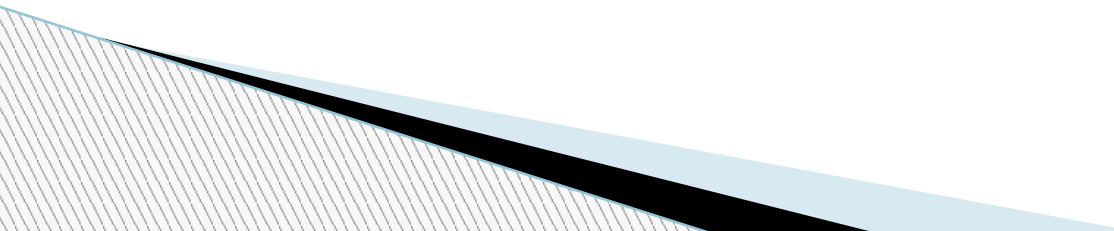


# Доменная печь и желоб доменной печи





# Требования к огнеупорным бетонам для футеровки желоба доменной печи

- высокая плотность;
  - низкая откр. пористость (<20%);
  - высокая механическая прочность (>50МПа);
  - эрозионная стойкость;
  - шлакоустойчивость;
  - устойчивость к восстановительному действию чугуна.
- 

# Уравнения для подбора оптимального фракционного состава бетонной смеси

$$W(D) = A_0 + A \cdot D^M \quad \text{Уравнение Андреасена}$$

$$G_{np} = \left[ \alpha + (1 - \alpha) \left( X / D_{\max} \right)^n \right] \cdot 100 \quad \text{Уравнение Фуллера}$$

$$\frac{G_{np}}{100} = (1 - \alpha) + \alpha \frac{X_i^n - D_{\min}^n}{D_{\max}^n - D_{\min}^n} \quad \text{Уравнение Функа/Дингера}$$

## Компонентный и фракционный состав сухих смесей для серий бетонов 2.0 - 2.2

Компонент	Серия 2.0		Серия 2.1		Серия 2.2	
	Фракционный состав		Фракционный состав		Фракционный состав	
	Фракция, мм	% Масс.	Фракция, мм	% Масс.	Фракция, мм	% Масс.
Электрокорунд	<b>3,0 - 2,0</b>	<b>17,4</b>	<b>3,0 - 2,0</b>	<b>17,4</b>	<b>3,0 - 2,0</b>	<b>17,4</b>
Электрокорунд	<b>2,0 - 1,0</b>	<b>22,6</b>	<b>2,0 - 1,0</b>	<b>22,6</b>	<b>2,0 - 1,0</b>	<b>22,6</b>
Электрокорунд	<b>1,0 - 0,63</b>	<b>11,3</b>	<b>1,0 - 0,63</b>	<b>11,3</b>	<b>1,0 - 0,63</b>	<b>11,3</b>
Карбид кремния	<b>0,63 - 0,25</b>	<b>12,9</b>	<b>0,63 - 0,25</b>	<b>12,9</b>	<b>0,63 - 0,25</b>	<b>12,9</b>
Карбид кремния	<b>0,25 - 0,16</b>	<b>4,4</b>	<b>0,25 - 0,16</b>	<b>4,4</b>	<b>0,25 - 0,16</b>	<b>4,4</b>
Электрокорунд	<b>0,16 - 0</b>	<b>16,4</b>	-	-	<b>0,16 - 0</b>	<b>8,2</b>
Шамот	-	-	<b>0,16 - 0</b>	<b>16,4</b>	<b>0,16 - 0</b>	<b>8,2</b>
Сембор-73	<b>т/м*</b>	<b>5</b>	<b>т/м*</b>	<b>5</b>	<b>т/м*</b>	<b>5</b>
МКУ-85	<b>т/м*</b>	<b>5</b>	<b>т/м*</b>	<b>5</b>	-	-
ГРТ	<b>т/м*</b>	<b>5</b>	<b>т/м*</b>	<b>5</b>	-	-
Elcem MS-968	-	-	-	-	<b>т/м*</b>	<b>5</b>
ГРТ СТС-20	-	-	-	-	<b>т/м*</b>	<b>4</b>
Дисперг. глинозем ADW1	-	-	-	-	<b>т/м*</b>	<b>1</b>

\* т/м - ТОНКОМОЛ

# Химический состав сухих смесей для серий бетонов 2.0 - 2.2, % масс.

Оксид	Серия бетона		
	2.0	2.1	2.2
$\text{Al}_2\text{O}_3$	73,1	69,3	71,0
SiC	16,8	16,8	16,8
CaO	1,2	1,2	1,2
$\text{SiO}_2$	4,6	4,6	4,8



# Состав для изготовления серий бетонов 2.0 - 2.2, % масс.

Компонент	Образец								
	Бетон 2.0			Бетон 2.1					Бетон 2.2
	A2.0	B2.0	C2.0	A2.1	C2.1	A2.1V	C2.1V	S2.1V	C2.2V
Сухая бетонная смесь	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>100</b>	<b>95</b>	<b>95</b>	<b>95</b>
Алюмомагниева шпинель	-	-	<b>5</b>	-	<b>5</b>	-	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Затворитель (сверх 100%):									
Вода	<b>10</b>	-	<b>8,5</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	-	-	-	-
23 % водный раствор сульфата магния	-	<b>10</b>	-	-	-	-	-	-	-
0,35% водный раствор Viscocrete 125P	-	-	-	-	-	<b>8,5</b>	<b>8</b>	<b>7,5</b>	<b>8</b>

# Свойства образцов на основе серий бетонов 2.0 - 2.2

Наименование показателей	Образец								
	Бетон 2.0			Бетон 2.1					Бетон 2.2
	A2.0	B2.0	C2.0	A2.1	C2.1	A2.1V	C2.1V	S2.1V	C2.2V
Температура обжига, °С	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1300</b>	<b>1350</b>	<b>1300</b>
Усадка общая, %	<b>0,41</b>	<b>0,57</b>	<b>0,88</b>	<b>0,32</b>	<b>0,32</b>	<b>0,31</b>	<b>0,64</b>	<b>0,31</b>	<b>0,30</b>
Кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup>	<b>2,65</b>	<b>2,66</b>	<b>2,88</b>	<b>2,71</b>	<b>2,77</b>	<b>2,79</b>	<b>2,91</b>	<b>2,96</b>	<b>2,84</b>
Открытая пористость, %	<b>27,4</b>	<b>26,5</b>	<b>20,4</b>	<b>23,9</b>	<b>21,2</b>	<b>21,2</b>	<b>17,9</b>	<b>15,5</b>	<b>19,3</b>
Предел прочности при сжатии, МПа	<b>17,7</b>	<b>13,8</b>	<b>51,3</b>	<b>25,3</b>	<b>49,5</b>	<b>30,9</b>	<b>43,0</b>	<b>66,0</b>	<b>44,3</b>
Примечание		Трещиноватая структура							

# Выводы по работе

- 1. Введение алюмомагниево-шпинели до 5% приводит к повышению плотности, прочности, снижению пористости для всех образцов. Синтез шпинели во время спекания путем ввода в бетонную смесь раствора, содержащего ионы магния, приводит к образованию трещиноватой структуры и снижению механической прочности огнеупорного бетона.
- 2. Замена части электрокорунда на шамот МКС-72 в огнеупорном заполнителе бетона не влияет на спекание материала при 1300 °С, не приводит к существенному изменению механической прочности, открытой пористости огнеупорного бетона.
- 3. Применение 0,35% водного раствора ПАВ марки Viscocrete 125P в качестве затворителя огнеупорного бетона позволило снизить влажность затворения сухой бетонной смеси до 8 %.
- 4. При исследовании фазового состава матричной части огнеупорного бетона, содержащего алюмомагниево-шпинель, были обнаружены следующие фазы: муллит, корунд, анортит, шпинель. Для огнеупорного бетона, не содержащего алюмомагниево-шпинель, - муллит, корунд и анортит.

# Выводы по работе

- 5. Разработан фракционный и компонентный состав огнеупорного бетона на основе  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-SiC}$ , имеющего кажущуюся плотность  $2,96 \text{ г/см}^3$ , откр. пористость  $15,5 \%$  и прочность  $66,0 \text{ МПа}$  после обжига при температуре  $1350 \text{ }^\circ\text{C}$ , с содержанием  $\text{CaO} < 1,2 \%$ .
- 6. Общая усадка в среднем равна  $0,31 \%$ , что говорит о правильном подборе фракционного состава компонентов огнеупорного бетона, обеспечивающего максимально плотную упаковку зерен. Для подбора фракционного состава бетона применялся метод Фуллера с учетом коэффициента формы частиц заполнителей.
- 7. Физико-технические параметры разработанного материала соответствуют лучшим отечественным и зарубежным аналогам, что делает его перспективным для футеровки желоба доменных печей.

- Результаты работы опубликованы в виде тезисов докладов в сборниках конференций СПбГТИ(ТУ) (2016, 2017 гг.) и тезисов докладов XV Международной конференции огнеупорщиков и металлургов в Москве (2017 г.) (МИСиС).

**Спасибо за внимание!**

