

образования  $AlN$ ,  $Al_2S_3$  и  $Al_3C_4$  и основной вклад продуктов гидролиза данных соединений, загрязняющих атмосферу, авторы работы делают вывод, что приоритетное место занимают продукты химических превращений  $AlN$  и  $Al_3C_4$ . Это обусловлено тем, что в воздухе содержится до 78 % азота, а в природном газе или печном топливе углерод составляет основную массу.

Применительно к складским запасам алюминиевых шлаков на ОАО «Белцветмет» возможно выделение до 79 т веществ 4-го класса опасности (аммиак и пропан), до 3 т веществ без класса опасности (ацетилен) и до 7 т веществ 2-го класса опасности (сероводород).

УДК 669.71

### Повышение срока службы футеровки пламенных печей для плавки силуминов

Магистрант Вольский Е.А., студентка гр. 104111 Горбель И.А.

Научный руководитель Немененок Б.М.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Анализ работы плавильных печей цехов и участков алюминиевого литья показал, что срок службы футеровки во многом зависит от типа, назначения, емкости печи, марок выплавляемых сплавов, режима работы печи, вида шихты и способа ее загрузки.

Футеровка печей в процессе эксплуатации подвергается воздействию многих разрушающих факторов, среди которых необходимо выделить механическое и физическое воздействие, а также химическое взаимодействие.

В алюмосиликатных огнеупорах химическое взаимодействие с расплавом алюминия протекает с первых дней службы. На поверхности огнеупоров при контакте с расплавом алюминия имеет место смачивание и межфазная реакция, в результате которых расплав алюминия по порам проникает вглубь огнеупора. Установлено, что футеровка из огнеупоров ШБ при плавке алюминиевых сплавов через год эксплуатации перерождается на 80-90%. При этом содержание  $SiO_2$  в огнеупорах снижается с 61,5 до 2,06 %, а содержание  $Al_2O_3$  повышается с 23,7 до 82,5 % и в составе огнеупоров появляется около 7,6 %  $Al$ . Металлизация огнеупоров приводит к увеличению теплопроводности рабочего, а затем и теплоизоляционного слоя вследствие кристаллизации металла в порах огнеупора. Взаимодействие алюмосиликатных огнеупоров с расплавами алюминия развивается от поверхности контакта вглубь кладки не равномерно, а с опережением в местах прохода металла по трещинам и неплотностям.

С целью выбора наиболее устойчивых к расплаву алюминия футеровок анализировали их составы (таблица 1) и зависимость стандартного изобарного потенциала образования некоторых оксидов от температуры (рисунок 1).

Учитывая, что степень химического взаимодействия огнеупорного материала с расплавом должна быть минимальна, в составе огнеупора нежелательно большое содержание оксидов, способных восстанавливаться жидким алюминием. Из рисунка 1 следует, что оксиды, расположенные выше  $Al_2O_3$ , имеют более низкую свободную энергию и не могут быть восстановлены расплавленным алюминием.

Таблица 1 – Химический состав огнеупоров, применяемых для футеровки печей при плавке алюминиевых сплавов

Материал	Химический состав, %				
	$Al_2O_3$	$SiO_2$	$CaO$	$Fe_2O_3$	Прочие соединения
1	2	3	4	5	6
Шамот	20-45	50-75	-	1,0-3,0	$(Na_2O + K_2O) < 3,5$
Муллит	72-75	24-26	-	0,3-1,0	$(Na_2O + K_2O) < 0,3...0,6$

1	2	3	4	5	6
Андалузит	59,0	41,0	-	-	-
Боксит	90,0	10,0	-	-	-
Корунд	99,5	-	-	-	-
Resistal B85 Spezial	83,3	7,0	-	1,4	BaO - 1,8 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 3,1
MTNFL P-76	76,0	10,0	-	1,5	BaO - 5,0 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 4,0
ВГББ-3Ф	> 65,0	> 12			BaSO <sub>4</sub> - 7..10 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> - 2,5...4,0
Алит - 72 АРС-Ал	82,0	3,0	3,8	0,9	-
Алит - 65 АРС-Ал	66,0	22,0	3,8	0,7	-
Алит - 72 АР	85,0	9,0	2,9	1,0	-
Алит - 42 АРС-Ал	52,0	36,0	3,8	0,9	-
Алкорит - 53/1,5	54,0	43,0	1,5	0,7	-
Алкорит - 85/1,5	86,0	8,0	1,5	1,1	-
Алкор - 76 А	86,0	4,0	6,0	1,2	-
Алкор - 37-25	40,0	43,0	11,0	4,0	-
Алакс - 1,4-1350	43,0	40,0	12,0	3,0	-
Алакс - 0,9 - 1000	32,0	28,0	17,0	12,0	-

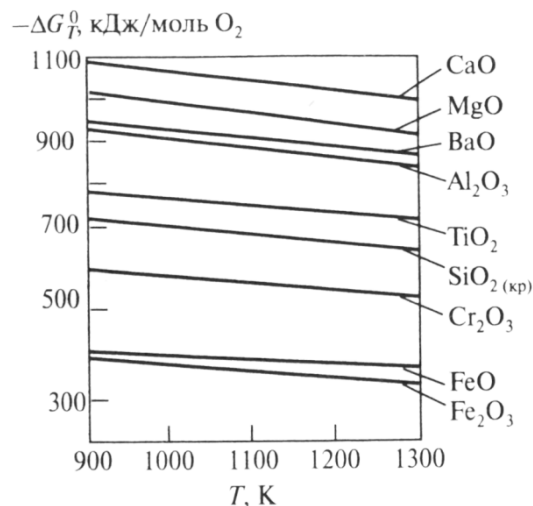
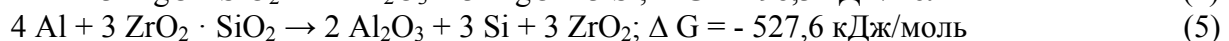
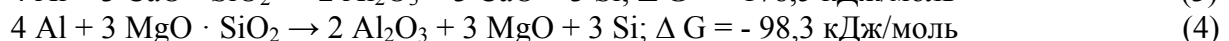
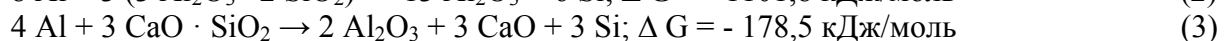
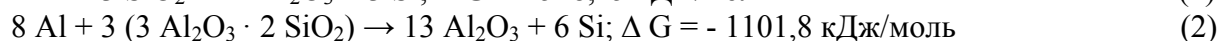
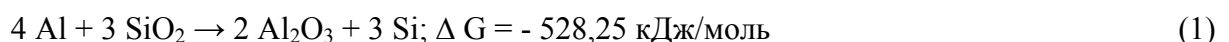


Рисунок 1 – Зависимость стандартного изобарного потенциала образования некоторых оксидов от температуры

Кристаллический кремнезем, оксиды железа, титана и хрома способны взаимодействовать с расплавом алюминия и восстанавливаться в процессе эксплуатации печей. Поэтому содержание SiO<sub>2</sub> в современных огнеупорах (Resistal B85 Spezial, MTNFL P-76 и ВГББ-3Ф) снижено до 7-12 % (таблица 1). Исходя из рисунка 1 на увеличении срока службы огнеупоров положительно может сказаться наличие в их составе оксидов кальция, бария и магния. Это подтверждается и данными таблицы 1. Так все огнеупоры иностранного производства и ВГББ - 3Ф содержат в своем составе 1,8-5,0 % BaO или 7-10 % BaSO<sub>4</sub>, а огнеупорные бетоны серии Алкор и Алакс содержат 6,0-17,0 % CaO. Расчеты показывают, что восстановление кремния алюминием возможно не только из кремнезема, но и с более сложных силикатов:



Принято считать, что степень взаимодействия футеровки с расплавом (коррозии) обратно пропорциональна содержанию оксида алюминия в огнеупорном материале. Однако это зависимость нарушается, если алюминиевый сплав содержит магний. В этом случае оксид алюминия реагирует с магнием с образованием алюмомagneзиальной шпинели, что способствует более быстрому зарастанию рабочего пространства печи и перерождению футеровки.

Существенное влияние на стойкость футеровки оказывает ее смачиваемость расплавом алюминия. При краевом угле смачивания менее  $90^\circ$  поры любого диаметра проницаемы для расплава. Для снижения смачиваемости расплавом керамики в состав алюмосиликатных огнеупорных масс вводят различные добавки, такие, как сульфат бария  $BaSO_4$ , фторид кальция  $CaF_2$ , фторид алюминия  $AlF_3$ , борат алюминия  $AlBO_3$ , титанат алюминия  $AlTi$ , волластонит  $CaSiO_3$ , карбид кремния  $SiC$ , нитрид алюминия  $AlN$  и их композиции. Например, добавки  $BaSO_4$  увеличивают краевой угол смачивания до  $105-125^\circ$ .

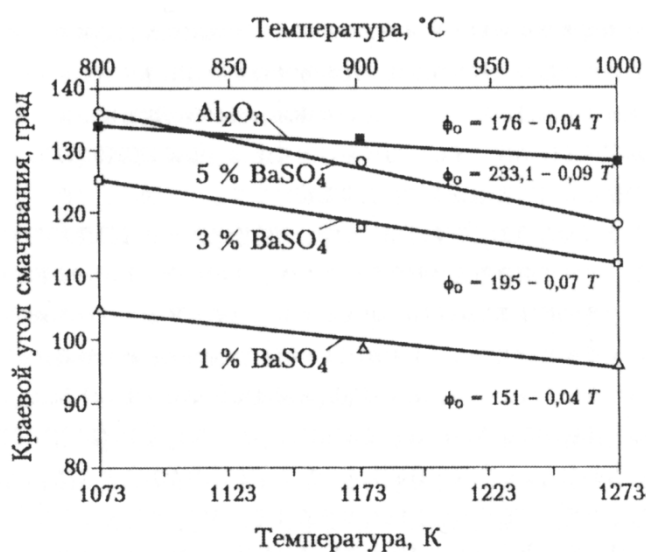


Рисунок 2 – Влияние температуры и добавок  $BaSO_4$  на краевой угол смачивания расплавом алюминия подложки из  $Al_2O_3$

В присутствии сульфата бария, расплавленного алюминия и кислорода воздуха протекает реакция



которая приводит к зарастанию пор продуктами реакции. В дальнейшем  $BaO \cdot Al_2O_3$  может претерпевать химическое превращение с образованием цельзиана  $BaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2$ .

Создание огнеупорных материалов, обладающих комплексом требуемых свойств, не всегда представляется возможным. Поэтому элементы футеровки пламенных печей должны выполняться из разных материалов, которые в максимальной степени могут противостоять факторам ее износа.

Части футеровки, которые контактируют с жидким расплавом, следует выполнять многослойными. При этом для исключения коррозии огнеупоров можно использовать материалы, плохо смачиваемые расплавом, или защищать их рабочие поверхности специальными огнеупорными и термостойкими покрытиями, полученными с использованием СВС-технологий.

Это позволит, во-первых, повысить срок службы огнеупорной футеровки, и, во-вторых, исключить загрязнение расплава продуктами реакций, протекающих между расплавом и составляющими футеровки.