

жиговое оборудование. Имеющееся оборудование, помимо основных прямых своих функций по производству

цемента, может быть использовано для утилизации шлама, образующегося на стадии извлечения глинозема.

### Список использованной литературы

1. Мазель В.А. Разработка режимных условий выщелачивания алюмокальциевых спеков / В.А. Мазель, В.П. Мельникова // Производство глинозема (Труды ВАМИ № 65-66). — Л., 1969. — С. 160–167.
2. Лайнер А. И. Производство глинозема / А. И. Лайнер, Н. И. Еремин, Ю. А. Лайнер. — М.: Металлургия, 1978. — 420 с.
3. Петров В. П. Новые небокситовые виды глиноземного сырья / Отв. ред. В. П. Петров. — М.: Наука, 1982. — 262 с.
4. Михайлов В. И. Технология производства керамических изделий на основе отходов промышленности / В. И. Михайлов, Н. Т. Кривоносова. — К.: Будівельник, 1983. — 80 с.
5. Мазель, В. А. Производство глинозема / В.А. Мазель. — М.: Metallurgizdat, 1955. — 430 с.
6. Мазель В.А. Разработка условий получения саморассыпающихся алюмокальциевых спеков, пригодных для переработки на глинозем / В.А. Мазель, Н.И. Еремин, В.П. Мельникова // Производство глинозема (Труды ВАМИ № 65-66). — Л., 1969. — С. 153–159.
7. Тихонов В.М. Аналитическая химия алюминия / В.М. Тихонов. — М.: Наука, 1971. — 266 с.
8. Абрамов, В. Я. Физико-химические основы комплексной переработки алюминиевого сырья / В.Я. Абрамов, И.В. Николаев, Г.Д. Стельмакова. — М.: Металлургия, 1985. — 288 с.

*Надійшла до редколегії 06.03.2012*

*© Клименко А.А., Вечерко В.Н., Кукоба Л.И., Шаповалов В.В., Ванин В.И., 2012*

УДК 662.741

**С.В. Горбатко (ДонНТУ)**

### МЕТОД КЕРАМИЧЕСКОЙ НАПЛАВКИ КАК СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ШАМОТНОЙ ФУТЕРОВКИ ШАХТНОЙ ПЕЧИ

*Продление срока эксплуатации футеровки шахтных печей в связи с ростом цен на огнеупоры является актуальным вопросом. Метод керамической наплавки позволяет восстановить футеровку в зоне обжига печи.*

**Ключевые слова:** шахтная печь, футеровка, шамотный огнеупор, разрушение, керамическая наплавка.

*Продовження терміну експлуатації футеровки шахтних печей у зв'язку із зростанням цін на вогнетриви є актуальним питанням. Метод керамічної наплавки, дозволяє відновити руйнування футеровки в зоні випалу печі.*

**Ключові слова:** шахтна піч, футерування, шамотний вогнетрив, руйнування, керамічна наплавка.

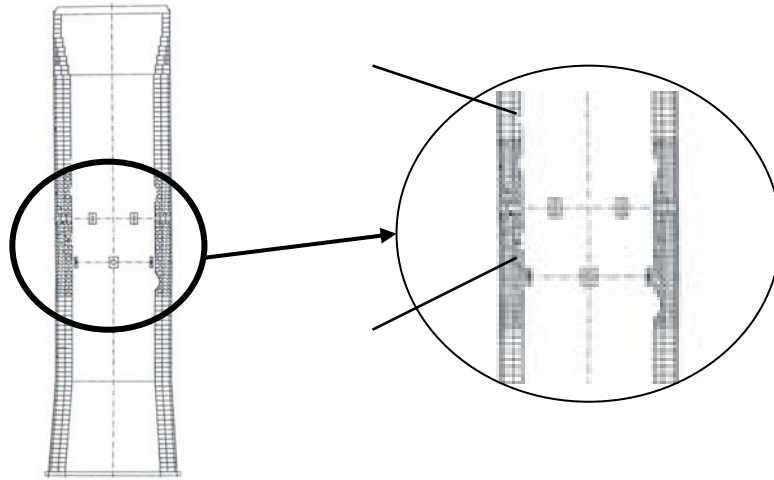
В технологическом процессе сахарного производства используется обожженная известь. Её высокая реакционная способность используется в процессе очистки соков сахарной свеклы [1]. Известь получают из известняка непосредственно на сахарном заводе в шахтной известьобжигательной печи, футеровка которой

выложена шамотом марок ШПД – 39, 43 ГОСТ 1598 - 96 [2].

При обжиге известняка огнеупоры футеровки зоны высоких температур (рис. 1) подвергается действию движущейся массы обжигаемого материала и высокотемпературному воздействию горящего топлива. При обжиге некоторых известняков

образуется расплав, который, растекаясь в межкусковом пространстве прочно склеивает отдельные куски шихты и шихты с огнеупорной кладкой [1]. Соблюдение технологической дисциплины процесса обжига оказывает большое влияние на состояние футеровки печи [1, 3, 4]. Из-за нару-

шения технологической дисциплины, при эксплуатации, появляются разрушения футеровки по всей высоте печи, которые в дальнейшем могут вызвать аварии. В периоды остановки печи в зависимости от состояния футеровки проводят ремонтные работы.



**Рис. 1.** Шахтная печь для обжига известняка: 1 – шамотная футеровка, 2 – зона разрушения футеровки

Ремонт проводят несколькими способами:

- ремонт разрушений футеровки с использованием огнеупорных бетонов.

Недостатком данного метода является: длительное время твердения бетона, непрочное сцепление бетона и материала футеровки.

Стойкость этого вида ремонта составляет один сезон работы печи [5].

- полная перекладка футеровки печи.

Недостаток этого метода это большая стоимость работ (разборка отслужившей футеровки, приобретение новых огнеупоров, выкладывание новой футеровки) [2].

- ремонт разрушенных мест футеровки методом керамической наплавки.

Для этого используется специальное оборудование, с помощью которого производится восстановление разрушенных участков футеровки до первоначальной формы [6, 7].

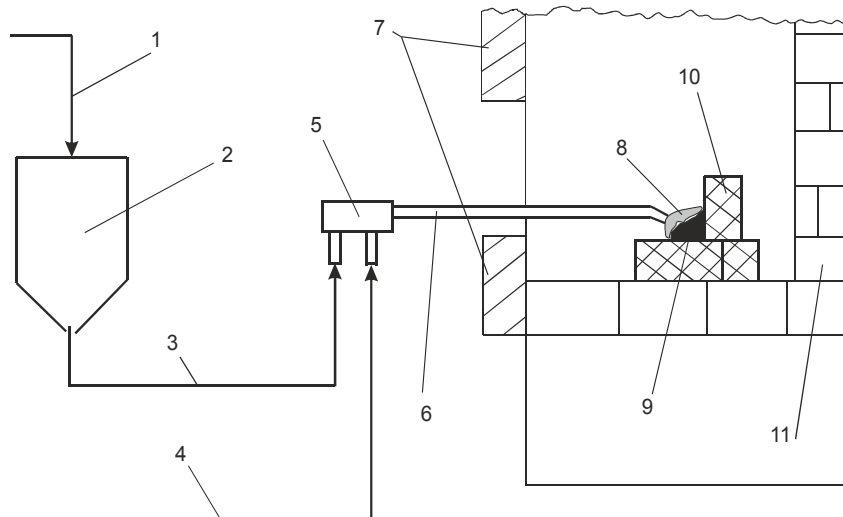
Основные разрушения футеровки располагаются на 2/3 высоты печи (центральная часть). Разрушения могут быть размером от размера одного кирпича до нескольких м<sup>2</sup>, представляющие собой значительные разрушения футеровки и требующие большого количества времени и материалов для восстановления [8].

Из-за того что, режим работы шахтной печи для обжига извести периодический (сахарный завод работает несколько месяцев в году), то к материалу футеровки предъявляются определённые требования. Главное требование это термостойкость материала футеровки.

В связи с этим были сформулированы специальные требования для материала, получаемого методом керамической наплавки: высокая термостойкость материала, высокая абразивная стойкость при повышенной температуре, высокая прочность сцепления с материалом футеровки.

По этим требованиям была разработана специальная смесь для керамической наплавки. Условия нанесения смеси на шамотный огнеупор были следующие: температура огнеупорной подложки на которую наносили материал составляла

~1200°C, материал подложки шамот с содержанием  $Al_2O_3$  – 36%. Схема установки для керамической наплавки представлена на рисунке 2. Процесс нанесения наплавки представлен на рисунке 3.



**Рис. 2.** Схема установки для керамической наплавки. 1 – сжатый воздух; 2 – камерный насос; 3 – линия подачи смеси в потоке воздуха; 4 – линия подачи кислорода; 5 – камера смешения смеси с кислородом; 6 – торкрет-фурма; 7 – дверь испытательного стенда; 8 – факел; 9 – материал получаемый керамической наплавкой; 10 – огнеупоры на которые наносится керамическая наплавка; 11 – стенд для испытаний



**Рис. 3.** Получение материала методом керамической наплавки. 1 – торкрет-фурма; 2 – материал керамической наплавки

Смесь огнеупорной и топливной составляющих в потоке газообразного носителя подается на нагре-

тое место ремонтируемой футеровки. Благодаря подаче окислителя топливная составляющая начинает

окисляются. Благодаря выделению тепла, огнеупорная составляющая смеси и поверхностный слой футеровки расплавляются. При охлаждении наплавленной массы до рабочей температуры кладки происходит кристаллизация расплава и образование монолитной структуры.

Была изготовлена серия образцов с различным содержанием огнеупорной и топливной составляющей. В качестве огнеупорной составляющей был использован молотый шамот марки ШПД – 39, в качестве топливной – измельченный кремний и алюминиевый порошок.

Исследования свойств материала полученного методом наплавки производились в ДонНТУ и НТУ «ХПИ».

Проведенный анализ материала полученного методом керамической наплавки показал следующие результаты.

Рентгенофазовый анализ образцов показал наличие муллита, кристаболита в материале, полученном методом керамической наплавки. Петрографические исследования показали, что структура материала однородна. Фазовый состав наплавки

следующий:  $\beta$ -кристаболит имеет размер, максимальный 0,4 мм, средний 0,15–0,3 мм, муллит – игольчатые кристаллы размером (0,004–0,01)\* (0,02–0,06) мм ориентирован радиально–лучисто, кремний распределён равномерно, отмечается пятнистое скопление частиц размером более 0,3 мм. Максимальный размер 2,0 мм, средний 0,05–0,5 мм, контакт шамотного огнеупора с наплавкой чёткий, не совсем ровный, с «заливками», «проникновениями» по порам, трещинам, с углублением в связку от 0,2–0,4 мм до 4,5 мм, плотный.

На контакте наблюдается зона до 4,5 мм шириной, состоящая из бесцветной и буроватой стеклофазы с выделениями муллита игольчатой, призматической, изометрической формы размером 4–15 мкм, максимум до 20 мкм длиной, единичных кристаллов — до 75 мкм.

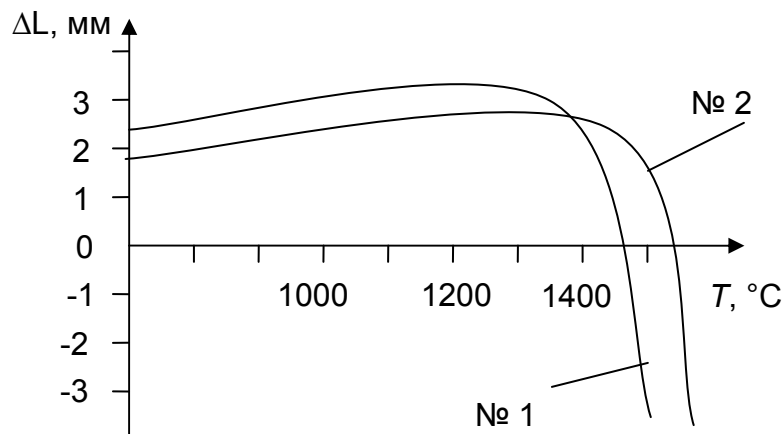
Примерное содержание веществ в месте контакта шамота и наплавки: кварц + кристаболит ~15–20%; муллит + стеклофаза ~ 80–85%. Средние показатели свойств полученного материала приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** Показатели свойств материала полученного методом керамической наплавки для ремонта шамотной футеровки

Показатель	Значение	
	Материал наплавки	Огнеупор ШПД-39
Предел прочности при сжатии, МПа	60	50
Открытая пористость, %	11	16
Кажущаяся плотность, г/см <sup>3</sup>	1,98	2,00
Дополнительный линейный рост, %	0,15	-0,3
Огнеупорность, °С	1580	1750
Количество теплосмен	>15	>15
Температура деформации под нагрузкой, °С	1450	1440

Из серии образцов были выбраны два с наилучшими характеристиками и были проведены определения температуры деформации под нагрузкой (рис. 4).

Из графиков на рисунке 4 видно, что температура деформации под нагрузкой образца № 1 – 1430°С, а образца № 2 – 1480°С.



**Рис. 4.** Изменение высоты образца при нагрузке от изменения температуры. 1, 2 – образцы полученные методом керамической наплавки

Полученные результаты дают возможность рекомендовать данный материал для использования при ремонте методом керамической

наплавки разрушенной шамотной футеровки шахтных печей для обжига извести.

### Список используемой литературы

1. Баланов В.Г. Досвід відновлення футеровки вапно випалювальних печей цукрових заводів методом керамічного наплавлення / В.Г. Баланов, Ю.В. Носков, М.С. Ключев, М.В. Павленко // Цукор України. — 2001. — № 1–2. — С. 36.
2. Швецов Л.Д. О качестве карбонатного сырья и топлива, используемых в шахтных печах сахарных заводов / Л.Д. Швецов, Л.М. Верченко, Р.Я. Гуревич, В.В. Панов, А.Г. Педос // Цукор України. — 2001. — № 1–2. — С. 37–38.
3. Кашеев И.Д. Неформованные огнеупоры: Справочное издание: В 2-х томах. Т. II. Свойства и применение неформованных огнеупоров / И.Д. Кашеев, М.Г. Ладыгичев, В.Л. Гусовский. — М.: Теплоэнергетик, 2003. — 400 с.
4. Баланов В.Г. Ремонт вогнетривкої футеровки вапновипалювальної печі методом керамічного наплавлення / В.Г. Баланов, С.В. Терешков, М.В. Павленко // Харчова і переробна промисловість. — 1997. — № 5. — С. 28.
5. Баланов В.Г. К вопросу внедрения ремонта футеровок промышленных печей методом керамической наплавки / В.Г. Баланов, А.Г. Старовойт, И.И. Збыковский, Г.А. Власов, А.И. Рябов, А.Н. Чубенко // Металлургическая промышленность и горнорудная промышленность. — 2000. — № 2. — С. 35–38.
6. Баланов В.Г. Метод керамической наплавки для ремонта печных камер коксовых батарей / В.Г. Баланов, Л.В. Круподер, С.И. Кауфман, А.В. Квасов, Г.И. Волокита // Кокс и химия. — 1999. — № 5. — С. 16–17.
7. Манкевич А.Н. Разработка и совершенствование метода керамической наплавки / А.Н. Манкевич, С.В. Горбатко // Вісник НТУ «ХПІ». — 2004. — С. 107–110.
8. Горбатко С.В. Использование промышленных отходов в керамической наплавке / С.В. Горбатко, Я.Н. Питак // Охорона навколишнього середовища та раціональне використання ресурсів / Збірка доповідей VI Міжнародної наукової конференції аспірантів і студентів. — 2007. — Т. 1. — Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ. — С. 56–57.

Надійшла до редколегії 30.01.2012

© Горбатко С.В., 2012