

## СЕКЦИЯ «НОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

### Огнеупорные материалы, предназначенные для эксплуатации в экстремальных условиях

*Валентин Антонович<sup>1</sup>, Римвидас Стонис<sup>1</sup>, Александр Волочко<sup>2</sup>,  
Кирилл Подболотов<sup>3</sup>*

*e-mail: [valentin@centras.lt](mailto:valentin@centras.lt)*

<sup>1</sup> *Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Вильнюс*

<sup>2</sup> *Физико-технический институт Национальной академии наук  
Беларуси, Минск*

<sup>3</sup> *Белорусский государственный технологический университет, Минск*

С целью повышения энергетической безопасности в Литве и Белоруссии быстрыми темпами развивается энергетический сектор, основывающийся на использовании биотоплива. В последние годы введены в эксплуатацию и планируется строительство новых энергоблоков предназначенных для употребления биотоплива, а также для сжигания бытовых и медицинских отходов.

В этих технологических оборудованьях происходит интенсивное сжигание топлива в кипящем слое, процессы теплообмена и химических реакций, поэтому долговечность обычных огнеупорных материалов, употребляемых в экстремальных условиях (высокая температура – от 1000 до 1600 °С, агрессивная химическая среда, износ под воздействием потока газа и твердых частиц, термических циклов и т.д.) не достаточна. Стоимость огнеупорных материалов часто достигает 50 % стоимости тепловых агрегатов. Тем не менее, при определенных условиях эксплуатации, долговечность конструкции, изготовленных из огнеупорных материалов, составляет всего 1–2 года.

Создание новых огнеупорных материалов для использования в упомянутых условиях эксплуатации может обеспечить эффективность работы и долговечность тепловых агрегатов использующих новые технологии (процессы) по использованию биотоплива и различных способов сжигания отходов.

Работы выполнялись по двум направлениям: разработка огнеупорного бетона с улучшенными эксплуатационными свойствами и получение защитного покрытия для традиционных огнеупорных материалов на основе технологии само распространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС).

Новизна работы по первому направлению заключается в том, что контроль формирования микро и нано структуры материала с подобранной комплексной добавкой производился на всех этапах формирования огнеупорного материала: гидратация, дегидратация (100-600 °С),

перекристаллизация и образование микротрещин (800-1000 °С), а также во время твердофазных реакций (1200-1400 °С). Было установлено, что используемый в комплексной добавке нано оксид кремния при гидратации глиноземистого цемента способствует формированию стратлингита ( $\text{Ca}_2\text{Al}[(\text{OH})_6\text{AlSiO}_{2-3}(\text{OH})_{4-3}] \cdot 2,5(\text{H}_2\text{O})$ ), за счет чего механическая прочность материала при эксплуатационных температурах (1000-1200 °С) увеличилась на 20% (до 120 МПа).

При использовании углеродных и полипропиленовых микро волокон удалось существенно повысить термическую стойкость огнеупорного бетона из-за образования мелко фрагментной структуры (рис.1) и увеличить его стойкость к взрывному разрушению (рис.2) из-за формирования микро каналов для свободного удаления паров воды. В бетоне также использовались специальные добавки для увеличения коррозионной стойкости при образовании щелочных шлаков в повышенных температурах эксплуатации энергетических агрегатов.

Разработанный состав огнеупорного бетона предлагается для применения в рабочем слое футеровки котлов работающих на древесном топливе и для аппаратов по сжиганию медицинских отходов.

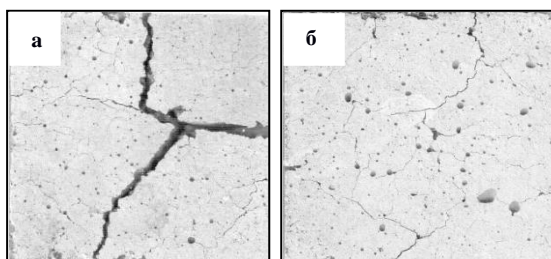


Рисунок 1. – Поверхность образца огнеупорного бетона после серии термических “ударов”: а- контрольный образец, б – разработанный состав

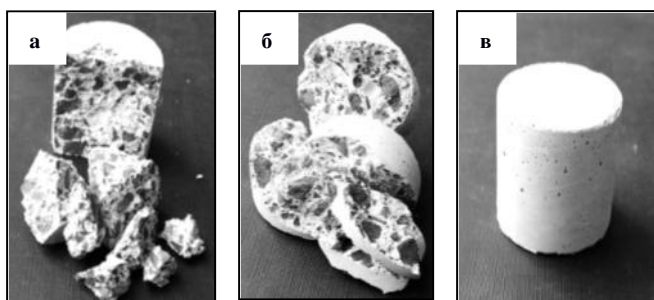


Рисунок 2. – Образцы бетона после теста на взрывное разрушение: а – контрольный образец; б – с добавкой углеродного волокна; в – с добавкой смешанного волокна

Нанесенные на поверхность традиционных огнеупоров защитные покрытия расширяют область температурного применения огнеупорных материалов, приводят к значительному снижению физико-химической коррозии (рис.3) и механической эрозии поверхности, повышают температурный ресурс огнеупоров в условиях статических и динамических (в том числе циклических) воздействий агрессивных сред и высокотемпературных газовых и пылевых потоков. Покрытия образуются на поверхности огнеупорных конструкций в процессе инициирования реакции СВС в обычном режиме эксплуатации тепловых агрегатов при 700–850 °С. Толщина огнеупорного покрытия может быть различной от 0,5 до 4 мм в зависимости от производственной необходимости.

Для обеспечения эффективной защиты традиционных шамотных огнеупоров в печах сжигания отходов было разработано СВС покрытие с рабочей температурой 1200 °С, обладающее высокой механической и адгезионной прочностью и не приводящее к налипанию зол и шлаков.

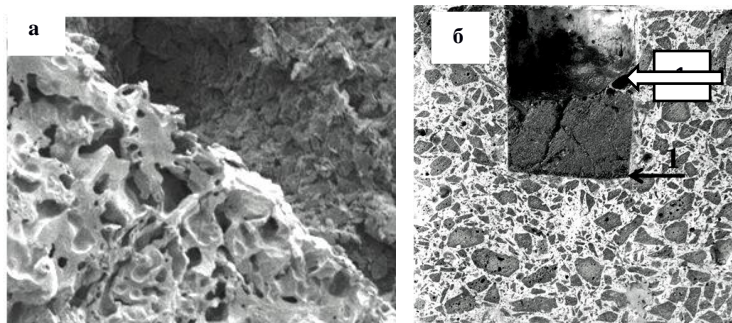


Рисунок 3. – Микроструктура покрытия нанесенного на бетон-основу (а) и образец огнеупорного бетона после коррозионного теста (б): 1-защитное покрытие толщиной 1 мм

Исследования финансировались Научным фондом Литвы по программе Литовско-Белорусского сотрудничества по проекту “Формирование структуры огнеупорного материала, предназначенного для эксплуатации в экстремальных условиях” (грант №. ТАР LB-05/2013).