

К. Б. ПОДБОЛОТОВ, Е. М. ДЯТЛОВА, О. Н. ТИШКЕВИЧ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Огнеупорные материалы, используемые в промышленных печах и нагревательных установках, подвержены различным видам разрушений, в частности для алюминиевого производства влияние алюминия на огнеупорные материалы заключается в химическом взаимодействии (возрастающем при введении легирующих добавок), эрозионном воздействии, термоударах (при закалке металла) и механическом воздействии (при загрузке слитков). Основным материалом футеровки термических печей являются огнеупоры на основе алюмосиликатов. Однако данные материалы имеют недостаточную термическую и химическую стойкость в расплавах, в связи с этим для предотвращения разрушения футеровки и увеличения межремонтного промежутка необходимо создание защитного слоя на поверхности огнеупора при использовании покрытий и обмазок.

Особый интерес для практического использования применительно к наиболее распространенным в промышленности алюмосиликатным огнеупорам представляют покрытия, полученные на основе системы $Al - SiO_2 - C$ по СВС-технологии. При реализации СВС в данной системе получаемые покрытия состоят из огнеупорных фаз корунда, муллита и карбида кремния, что в значительной степени повышает защитные свойства покрытий.

Как показали исследования, при отсутствии активирующих добавок в условиях объемного нагрева смеси происходит окисление алюминия кислородом воздуха и дальнейшее реакционное взаимодействие его с кремнеземом затрудняется. В связи с этим, проводились исследования влияния добавок активаторов на интенсивность тепловыделения в смеси и скорости распространения фронта волны горения. В качестве добавок использовались неметаллические вещества в виде карбонатов магния и кальция, оксидов железа и титана, а также фторсодержащих и борсодержащих соединений.

В результате проведенных исследований установлено, что при объемном нагревании смеси наиболее сильное влияние на активацию СВС оказывают добавки кремнефтористого натрия, фторида алюминия и криолита. Остальные добавки воздействуют меньше, поскольку температура иницирования превышает температуру окисления алюминия кислородом воздуха, что не позволяет в данном случае инициировать реакции СВС.

Однако при импульсном режиме иницирования (например, термитным запалом), когда процесс окисления алюминия не успевает пройти до

его плавления, добавки оказывают другое влияние на процесс СВС. Выполненные измерения скорости распространения волны экзотермического синтеза подтвердили это положение. Установлено, что наибольшая скорость горения, а, следовательно, и активирующее действие характерны для добавок фторсодержащих соединений, в качестве которых использовали кремнефтористый натрий, криолит, фторид алюминия. При этом наибольшую активность проявляют фторид алюминия и кремнефтористый натрий, что связано с выделением газообразных фторидов при нагревании и развитием газотранспортного механизма переноса вещества. Степень влияния оксидных добавок, по-видимому, зависит не только от экзотермичности реакции добавок с алюминием, но и от протекающих дальнейших процессов. Так, например, диоксид титана, восстанавливаясь алюминием, может связываться с углеродом в карбид титана. Поэтому в большей степени превышает скорость реакции, чем термитная смесь ($Al + Fe_2O_3$), в которой выделяющееся при реакции железо не связывается в соединения. Различие в степени активирующего влияния борсодержащих соединений, тетрабората натрия и борной кислоты, объясняется большим содержанием реакционно-способного B_2O_3 в последней, и кроме этого, на плавление и разложение тетрабората натрия требуются большие затраты энергии. Карбонатные добавки в виде доломита и магнезита оказывают эквивалентное активирующее воздействие на процесс экзотермического синтеза, свидетельствующее о том, что в реакциях с участием данных соединений в смеси алюминия, кремнезема и углерода выделяется практически равное количество энергии.

Исследована микроструктура среза шамотной основы с нанесенным слоем СВС-покрытия. Пористая структура покрытия объясняется наличием газовыделения в процессе синтеза. Пористость в основном закрытая, поры неизомерической формы размерами 10 – 25 мкм. Кристаллическая структура представлена сростками различных форм и размеров.

Благодаря низкой теплопроводности из-за наличия пористой структуры, покрытие снижает воздействие высоких температур, а также их градиентов на материал основы. Таким образом, оно защищает материал основы от воздействия высоких температур и термоударов.

Как показали проведенные исследования, в качестве активатора СВС-процесса эффективно использование кремнефтористого натрия. Наибольшее увеличение адгезии получаемого покрытия (более чем в 3,5 раза) по сравнению с покрытием без добавок, наблюдается в случае применения добавок диоксида титана, оксида железа (III) и доломита, что говорит о взаимодействиях их с компонентами СВС-смеси с образованием высокопрочных соединений. Полученные покрытия могут быть использованы для защиты алюмосиликатных огнеупоров от термоударов в термических агрегатах цветной металлургии. СВС-покрытия характеризуются хорошими адгезионными свойствами (0,95 – 2,96 МПа).