

нагрузочно-скоростных параметрах трения. В продуктах износа, выносимых из зоны трения, наблюдается незначительное количество фторорганических соединений. Выносимая пыль состоит из смеси оксифторидов, фторидов и оксидов свинца, что согласуется с простым механическим выносом частиц, не обладающих высокой активностью и антифрикционными свойствами. Состав слоя на поверхности трения ЛМФМ может свидетельствовать о переносе композиции свинца и ПТФЭ, вырываемых их рабочего слоя ЛМФМ небольшими фрагментами.

Таким образом, результаты исследования процессов трения в представленной конструкции ЛМФМ со свинцом при работе в паре с контр-телом из углеродистой стали с упроченной поверхностью показали, что продукты износа состоят из фторорганических соединений, выполняющих роль смазки, с включением смеси оксифторидов, фторидов и оксидов свинца.

Наряду с перенесенным слоем ПТФЭ на поверхность контр-тела в виде высокоориентированных кристаллических лент, обладающих высокой несущей способностью, а также высокой поверхностной твердостью контр-тела, образующееся третье тело обеспечивает новому ЛМФМ увеличение фактора pV при предельно-допустимой температуре 500–520 К до 5 МПа×м/с.

Литература

1. *Braitwaite E.R.* Solid Lubricants and Surfaces. London, Oxford: Pergamon press, 1964.
2. *Корнопольцев В.Н., Корнопольцев Н.В., Могнонов Д.М.* // Трение и износ. 2009. Т. 30, № 4. С. 385.
3. *Корнопольцев В.Н.* // Трение и износ. 2010. Т. 31, № 5. С. 479.
4. *Корнопольцев В.Н., Корнопольцев Н.В., Могнонов Д.М. и др.* // Химия в интересах устойчивого развития. 2005. № 13. С. 757.
5. *Корнопольцев Н.В.* Пат. 1418999 Российская Федерация В22F7/04. 1993.
6. *Накамото К.* ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. М: Мир, 1991. 336 с.
7. *Harris K.L., Pitenis A.A., Sawyer W.G. et al.* // Macromol. 2015. Vol. 48. P. 3739.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КЛИНКЕРОВ АЛЮМОХРОМИТНЫХ ЦЕМЕНТОВ

**А. Н. Корогодская¹, Г. Н. Шабанова¹, С. М. Логвинков², Е. В. Христин³,
А. О. Нагорный¹, Н. Б. Девятова¹**

¹ *Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
Харьков, Украина*

² *Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнеця, Харьков, Украина*

³ *Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков, Украина
e-mail: alla-korogodskaya@ukr.net*

В настоящее время неотъемлемой частью неформованных огнеупоров является вяжущий материал, который обеспечивает прочность после затвердевания и формирует износостойкую структуру. Наиболее часто в огнеупорных неформованных материалах в качестве связки используют цементы, имеющие более низкую стоимость и повышенные технологические свойства по сравнению с органическими или другими неорганическими вяжущими материалами. Возможность вариации фазового состава вяжущего материала позволяет достичь матричного сродства с заполнителем, придает готовому материалу повышенную прочность, низкую пористость, огнеупорность, пониженное разупрочнение при высоких температурах, термостойкость, устойчивость к воздействию агрессивных сред. Одним из основных направлений создания новых видов огнеупорных вяжущих материалов является частичная или полная замена составляющих глиноземистого цемента на другие виды оксидов. К такому типу модификации может быть отнесена замена оксида кальция на другие оксиды щелочноземельных элементов с более высокой температурой плавления, а также частичная замена оксида алюминия на оксид хрома (III), что позволит придать получаемым вяжущим материалам повышенную коррозионную устойчивость к действию расплавов шлаков и металлов.

Формирование структуры клинкеров таких цементов возможно целенаправленным синтезом заданного фазового состава, включающего алюминат и хромит щелочноземельного элемента, причем алюминат отвечает за гидравлическую, а хромит – за высокотемпературную составляющую. Установлено, что в условиях твердофазного синтеза во всех клинкерах в качестве первичной фазы образуется моносоединение, причем хромит образуется намного быстрее алюмината. При синтезе в составе клинкера трехосновного соединения (алюмината или хромита) оно образуется медленнее вне зависимости от характера кислотной составляющей. Для проверки адекватности полученных экспериментальных результатов проведен термодинамический расчет вероятности образования данных бинарных соединений. Установлено, что монокромиты начинают образовываться при более низких температурах, чем моноалюминаты, что подтверждается термодинамическими расчетами. Это объясняется более высокой активностью хрома вследствие слабой связи внешних электронов с ядром по сравнению с алюминием. При наличии трехосновных соединений алюминаты образуются при более низких температурах, чем хромиты. Таким образом, последовательность образования фаз в кальциевом алюмохромитном клинкере $CCr \rightarrow CA \rightarrow C_3A$, в стронциевом алюмохромитном клинкере $SrCr \rightarrow SrA \rightarrow Sr_3A$, в бариевом алюмохромитном клинкере $BCr \rightarrow BA \rightarrow B_3Cr \rightarrow B_3A$. При образовании тройных соединений алюминаты образуются быстрее хромитов. При этом образование тройных соединений протекает медленнее, чем образование моносоединений. Для подтверждения полученных результатов рассчитаны энергии кристаллических решеток с использованием формулы А.Ф. Капустинского. Как известно, стабильность кристалла тем выше, чем больше энергия кристаллической решетки и тем труднее он образуется. Таким образом, исходя из значений энергии кристаллической решетки, в клинкере кальциевого алюмохромитного цемента первоначально будет кристаллизоваться монокромит, а затем – моноалюминат кальция; в клинкере стронциевого алюмохромитного цемента последовательность образования фаз: монокромит – моноалюминат – трехстронциевый алюминат; в клинкере бариевого алюмохромитного цемента: моноалюминат – трехбариевый хромит. Данные закономерности согласуются с кристаллографическим строением соединений, входящих в состав клинкеров.

ФТОРИДНЫЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЧИСТОГО ВОЛЬФРАМА

А. В. Косухин, Е. Г. Колесников, А. В. Черенков

*Научно-исследовательский институт Научно-производственное объединение «ЛУЧ», Подольск
e-mail: kosuhin_artem@mail.ru*

Процесс осаждения вольфрама методом водородного восстановления его гексафторида (CVD-метод) изучен в широком интервале давлений, температуры подложки и состава газовой фазы [1, 2]. Однако подавляющая часть результатов касается вольфрама, полученного из технического гексафторида при температурах 500–800°C в реакционных аппаратах с горячей стенкой. В аппаратах данного типа помимо протекания гетерогенной реакции на нагретой поверхности происходит реакция гомогенная, т.е. протекающая в объеме с образованием значительной доли мелкодисперсного порошка.

В данной работе уточнены кинетические зависимости процесса осаждения вольфрама при атмосферном давлении и исследован процесс осаждения вольфрама при пониженном давлении в реакционной камере с холодной стенкой. Изучены некоторые свойства полученных осадков.

Исследована зависимость скорости роста W осадка от концентрации гексафторида вольфрама в газовой смеси в области температур 600–1300°C при атмосферном давлении. При содержании WF_6 30–35 мол. % эта зависимость близка к линейной. В диапазоне концентраций фторида вольфрама 35–55 мол. % скорость роста изменяется слабо, а ее максимальное значение достигает 4,8–5 мм/ч. При содержании более 55 мол. % скорость роста линейно уменьшается до нуля и принимает отрицательные значения при 85–90 мол. %, что связано как с убылью водорода в смеси, так и с травлением вольфрама его гексафторидом. Скорость травления в чистом WF_6 изменяется от 1 до 2,5 мм/ч при температурах от 600 до 1300°C. Рост фторидного вольфрама в этих условиях сопровождается незначительным образованием порошка (гомогенное