

РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ СТАЛЬНЫХ КОКИЛЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ОТЛИВОК

Целью настоящего исследования является разработка составов и технологии получения разделительных покрытий для кокильного литья алюминиевых расплавов и обеспечения необходимого качества отливок различной формы и конфигурации.

Известно, что потребность в разделительных покрытиях с каждым годом увеличивается в связи с совершенствованием и необходимостью улучшения качества литых изделий, широко применяемых в активно развивающемся современном машиностроении.

Основная проблема заключается в необходимости разработки такого состава покрытия, которое отличается как высокой термостойкостью и требуемой кроющей способностью, что обеспечивает высокую чистоту поверхности отливки, так и защитными теплоизолирующими свойствами, позволяющими продлить срок службы дорогостоящих крупногабаритных стальных кокилей [1–3].

При разработке составов разделительных покрытий используются различные связующие, среди которых особое внимание уделяется фосфатным [4]. Поведение связок при повышенных температурах является одной из главных практических характеристик покрытий, так как большинство из них предназначено для службы в специальных термических условиях в составе жаростойких и огнеупорных объектов. Благодаря превращениям при нагревании происходит твердение самих связок, а также их взаимодействие в составе вяжущих систем с инертными при обычных условиях порошковыми компонентами (наполнителями), обеспечивающее монолитизацию подвижных масс, а отвердевающие фосфатные системы приобретают водостойкость.

Важнейшей практической характеристикой алюмофосфатных связок является прямая зависимость их огнеупорности от состава, в частности от соотношения Al_2O_3/P_2O_5 , причем наибольший показатель этой характеристики соответствует значению соотношения, равному 1,5–2 и составляет 1300–1800°C [4].

Наполнители являются разделительной основой покрытий и представляют собой порошкообразные полидисперсные материалы, от их гранулометрического состава во многом зависят свойства покрытий. В практике получения покрытий вышеуказанного назначения широко ис-

пользуют скрытокристаллический (аморфный) и кристаллический (серебристый) графит, шунгит, циркон, циркониевый концентрат, дистен-силлиманит, кианит, андалузит, электрокорунд, пылевидный кварц, тальк, хромистый железняк, хромит, хромомагнезит, магнезит и др.

Учитывая вышеприведенные данные, нами в качестве связки использовалось алюмофосфатное связующее (АФС), а в качестве наполнителя – алюмосиликатный шамот, отходы катализатора крекинга углеводородов нефти, гранитоидные и базальтовые изверженные горные породы, химический состав которых приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав наполнителей

Наполнитель	Содержание оксидов, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	La ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	TiO ₂
Алюмосиликатный шамот	50,10	45,89	1,18	0,16	–	0,36	0,42	0,75	1,14
Отходы катализатора	45,50	51,50	–	–	2,00	1,00	–	–	–
Гранитоидные отсеvy	59,85	15,40	4,15	2,85	–	2,52	4,41	7,24	1,58
Базальтовая порода	51,42	15,65	9,53	3,76	–	2,78	1,34	12,59	2,67

Варьирование количества воды в суспензиях позволило сделать вывод о том, что составы с влажностью более 70–75 % использовать нецелесообразно, так как в этом случае наносимое покрытие недостаточно плотное, наполнитель отслаивается либо вовсе не пристает к поверхности. При нанесении суспензий с влажностью менее 40 % покрытие наносится неравномерно. В связи с этим нами готовились суспензии с влажностью в пределах 50–60 %.

Предварительная подготовка заготовок из стали СТ 45 включала стадии обезжиривания и травления в растворе ортофосфорной кислоты. Опыты показали, что нанесение покрытия на непротравленную поверхность металла часто приводило к образованию пузырчатой текстуры покрытия и, соответственно, недостаточной прочности сцепления с матрицей.

Анализ сравнительных характеристик приготовленных покрытий, приведенных в таблице 2, позволил сделать вывод о том, что их поведение в процессе приготовления, нанесения на поверхность стальной подложки и сушки значительно различается и непосредственно зависит от типа наполнителя и от соотношения «связка : наполнитель».

Так, покрытие с применением отходов катализатора крекинга углеводородов нефти отличалось крайне низкой прочностью сцепления и легко стиралось при приложении даже небольшой нагрузки.

Таблица 2. – Визуальная оценка покрытий, нанесенных на образцы

Характеристики покрытия	Наполнитель			
	Шамот	Отходы катализатора	Гранитоидные отсеvy	Базальтовая порода
Цвет	Серый	Белый	Темно-серый	Бурый
Прочность сцепления	Неудовлетворительная	Неудовлетворительная	Удовлетворительная	Удовлетворительная

Непостоянство качества покрытия с шамотным наполнителем, недостаточная прочность сцепления с поверхностью стали, взаимодействие с остаточной кислотой, содержащейся в АФС, а также сравнительно высокая стоимость подтвердили нецелесообразность использования данного компонента.

Покрытие на основе гранитоидных отсеvов в подавляющем большинстве случаев хорошо держалось на поверхности стальных заготовок. С фосфорной кислотой, содержащейся в связке, они практически не взаимодействуют, к тому же покрытие обладало хорошей укрывистостью.

Покрытие с использованием базальта вело себя аналогичным образом, но в то же время замечено его слабое взаимодействие с остаточной кислотой связки.

В связи с этим приготовленные суспензии наносились на стальные образцы в виде дисков и выдерживались в течение 1ч с целью достижения полноты физико-химических процессов, происходящих между покрытием и стальной подложкой, что положительно влияло на качество наносимых покрытий и исключало их вспучивание.

Эксперимент с варьированием содержания наполнителя показал, что для достижения хорошего качества нанесенного покрытия необходимо, чтобы количество связки было достаточным, но с минимальным избытком, иначе это приводит к характерному вспучиванию покрытия вследствие взаимодействия остаточной фосфорной кислоты с оксидной пленкой на металле. В то же время, большое содержание наполнителя не обеспечит должную консистенцию суспензии, что может затруднить процесс ее нанесения, а также достаточную адгезию с поверхностью стальной заготовки. Результаты эксперимента показали, что наиболее благоприятное соотношение «наполнитель : АФС» должно быть в пределах 1,8:1 – 2,2:1.

Основным критерием определения пригодности покрытия для использования в качестве защиты кокилей от пригара является отсутствие прилипания охлажденного алюминиевого расплава к поверхности образца. В связи с этим следующим этапом исследования являлось лабораторное испытание на контакт с расплавом алюминия двух видов покрытий из

алюмофосфатной связки с наполнителями – гранитоидами и базальтом. Аналогично был испытан контрольный образец стали без защитного покрытия. Температура расплава алюминия при разливе на поверхность стальных образцов составляла 720 ± 15 °С.

Алюминий без особых усилий отделялся от поверхности обработанных стальных образцов, причем само покрытие не растрескивалось и не отставало от поверхности стальной подложки. Алюминий, расплав которого отливался на стальную заготовку без использования защитного слоя покрытия, пригорал и довольно прочно удерживался на ее поверхности, что наглядно свидетельствовало о необходимости использования разделительного покрытия стальных образцов при литье расплава алюминия и изготовлении отливок надлежащего качества.

Таким образом, подтверждена целесообразность использования для защиты поверхности стальных кокилей при производстве алюминиевых отливок разделительных покрытий следующего качественного состава: связующее – АФС; наполнитель – гранитоидные и базальтовые породы; растворитель – вода, а также установлено оптимальное количественное содержание вышеуказанных ингредиентов для получения разделительных покрытий с удовлетворительным комплексом требуемых свойств.

Важным положительным экономическим фактором является доступность и невысокая стоимость рекомендуемых для использования в качестве наполнителей природных материалов, а именно гранитоидных и базальтовых пород. Простота изготовления АФС и низкие цены на реагенты, а также небольшое количество оборудования, требуемого для синтеза противопопригарных покрытий, позволяет организовать их рентабельное производство на существующих предприятиях. Не исключается возможность использования в качестве связующего компонента жидкого стекла отечественного производства, результаты испытаний которого в этом качестве оценены как положительные.

Разработанные составы разделительных покрытий рекомендованы к апробации в цехе алюминиевого литья ОАО «Минский моторный завод» при изготовлении алюминиевых отливок литьем в кокиль, после чего будут сделаны выводы о возможности его использования в цветной металлургии при получении отливок высокого качества и сложной конфигурации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валисовский, И. В. Пригар на отливах: монография. – М.: Машиностроение, 1983. – 192 с.
2. Берг, П. П. Качество литейной формы: монография. – М.: Машиностроение, 1971. – 286 с.
3. Васильев, В. А. Физико-химические основы литейного произ-

водства: учебник. – М.: Изд-во МГТУ, 1994. – 320 с.

4. Судакас, Л. Г. Фосфатные вяжущие системы. Санкт-Петербург. – 2008. – С. 45, 105-114.

УДК 541.13

Стенина И.А.¹, Шайдуллин Р.Р.², Ярославцев А.Б.¹,

¹Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН,
Москва, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Химический факультет, Москва, Россия

КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ТИТАНАТА ЛИТИЯ И ПОИАНИЛИНА В КАЧЕСТВЕ АНОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

Литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) широко используются в электронной промышленности, мобильных телефонах, ноутбуках, видеокамерах и пр. Наиболее распространены ЛИА с графитовым анодом. Последний, однако, имеет целый ряд недостатков таких, как быстрая потеря мощности при циклировании, значительное изменение объема материала в ходе интеркаляции/деинтеркаляции лития, возможность образования литиевых дендритов, что в конечном итоге приводит к быстрому разрушению и к риску возгорания литий-ионных аккумуляторов на его основе. Перспективным анодным материалом ЛИА является титанат лития ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$), у которого изменение объема элементарной ячейки в ходе интеркаляции/деинтеркаляции ионов лития составляет менее 1%, что наряду с минимальной вероятностью формирования дендритов лития позволяет обеспечить долговечность и безопасность аккумулятора. С другой стороны, электронная и ионная проводимости $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ относительно невелики, что ограничивает его практическое применение [1]. Для улучшения электрохимических характеристик электродных материалов используют нанесение высокопроводящих покрытий, в частности полианилина (ПАНИ). Целью данной работы были синтез и исследование композиционных материалов на основе титаната лития и полианилина ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ /ПАНИ и $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ /С/ПАНИ).

Методом полимеризации *in situ* синтезированы композиционные материалы $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ /ПАНИ, а также материалы с предварительно нанесенным углеродным покрытием - $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ /С/ПАНИ. Мольное отношение титаната лития и анилина варьировали в интервале от 8 до 0,25. Согласно данным просвечивающей электронной микроскопии