

УДК 621.74.0026

Е.И. Яровая¹, И.О. Леушин¹, М.М. Спасская¹, А.Ю. Гусев², М.А. Ларин²

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ФОРМОВАНИЕ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева¹,
Федеральный научно-производственный центр
научно-исследовательский институт им. Ю.Е. Седакова², Нижний Новгород

Представлены результаты моделирования динамического и электрохимического процесса формирования защитных огнеупорных покрытий на внутренних поверхностях литейного оборудования под действием электрического тока вращающимся электродом. Рассмотрены конструкции анода и катода, параметры внешнего электрического воздействия, обеспечивающие оптимальные режимы отверждения огнеупорных слоев толщиной 5 – 10 мм высокого качества и степени защиты при контакте с жидким металлом. Обозначена область применения электрохимического процесса отверждения огнеупорных покрытий на литейном оборудовании при профилактических и капитальных ремонтах. Трудоемкость ремонтного процесса на 20 % ниже, КПД установки на 10 % выше, износостойкость на 15 % выше за счет сокращения времени формирования, точности толщины слоя до 0,1 мм и уменьшения объемной усадки до 2,5 % по сравнению с прессованием.

Ключевые слова: вращающийся электрод, электрохимическое отверждение, твердые электролиты, суперионная проводимость.

Высокотемпературные технологические емкости для увеличения их срока службы, как правило, снабжены рабочим защитным слоем, уменьшающим активность воздействия расплавов на основную кладку (футеровку), в частности – заливочного ковша (рис. 1) [1], состоящего из обечайки, выполненной из листовой стали, основного слоя, выполненного кирпичной огнеупорной кладкой 2 и защитного рабочего слоя 3 (черепка).

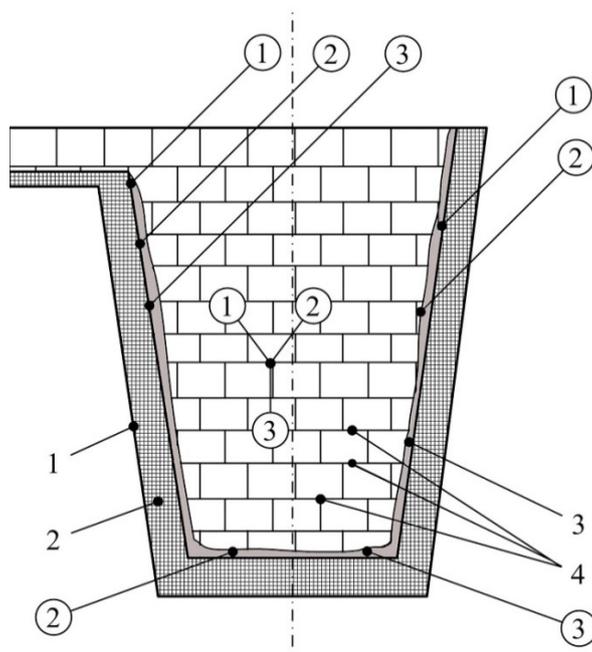


Рис. 1. Схема разливочного ковша с характерными видами разрушений:

(1) – адгезионное; (2) – термическое; (3) – гидродинамическое: 1 – обечайка; 2 – основной слой (кирпичная кладка); 3 – рабочий слой (защитное покрытие); 4 – швы кладки

Одним из слабых мест в процессе эксплуатации ковшей емкостью свыше 500 кг являются швы кирпичной кладки, которые часто выполняются из композиций SiO_2 – 70 %, свя-

зующего в виде огнеупорной глины – 30 % и H_2O – 20 %. Обычно доля корунда в этих системах не превышает 15 %. Из этого состава выполняется защитный слой толщиной 10–15 мм, спекаемый при 800 – 900 °С за 12 ч [2]. Стойкость слоя не превышает 150–200 ч.

Обычно незначительное сокращение времени формирования слоя достигается механико-химической активацией процесса уплотнения и отверждения применением вибрации и введением химически твердеющих дисперсных добавок и катализаторов в пределах 10 – 15 % [3] или прессованием в поле акустических волн [4], или отверждением под инфракрасным излучением [5] и т.д.

В процессе эксплуатации слои изнашиваются с различной интенсивностью, которая зависит от вида износа. На рис. 1 показаны поверхности, подвергающиеся адгезионному (1), гидродинамическому (2) и тепловому (3) воздействию. Поверхности, на которых присутствуют все виды воздействия 1, 2, 3 наиболее уязвимы. В работе исключен химический износ, исходя из предположения, что контактирующие огнеупорные материалы и жидкие расплавы выбирают из условия их взаимной нерастворимости, так для сплавов АК9ч, АК7ч, АК12 защитные покрытия состоят из Al_2O_3/SiC или упрочненного Al_2O_3 окисью ZrO_2 или Y_2O_3 [6].

Прогнозированию видов изнашивания и его интенсивности посвящен ряд работ [6, 7 и др.], разработана модель комплексной оценки износа.

В работе [8] предлагается многофакторная характеристика качества смеси в виде обобщенного показателя $J_{общ}$:

$$J_{общ} = \alpha \left(\frac{fP}{HV} \right)^a \cdot \left(\frac{E_x}{KR_a} \right)^b \cdot \left(\frac{\sigma_{и}}{dK} \right)^c \cdot \left(\frac{q\delta_T}{\lambda T_{кр}} \right)^e, \quad (1)$$

где E_x – модуль упругости, МПа; K – вязкость разрушения, МПа/м; R_a – шероховатость, мкм; P – среднее контактное давление, МПа; f – коэффициент трения между частицами; q – плотность теплового потока, Вт/м²; α – коэффициент Пуассона; HV – твердость по Виккерсу, МПа; δ_T – толщина слоя, мм; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/м·К; $T_{кр}$ – критическая температура, К; $\sigma_{и}$ – прочность на изгиб, МПа; d – размер зерна наполнителя, м; α – коэффициент равномерности фракций; a, b, c, e – коэффициенты, зависящие от параметров: трения, модуля упругости, шероховатости и т.д.

Принимая, что все факторы, входящие в формулу (1), а их 14, одинаково влияют на разрушение, а их три вида, то весомость их обозначится как $a_i = 0,33$ при $\sum_{i=1}^3 a_i = 1$, тогда количество входных параметров для $J_{общ}$ равно:

$$J_{общ} = \left(\frac{1}{3} Q_i \right)^{a+b+c+e} = 4,67^{a+b+c+e}, \quad (2)$$

где Q_i – i -е относительное свойство смеси. Модель качества (1) неадекватна, так как $J_{общ}$ не отражает надежность системы и может использоваться лишь для сравнительной оценки с каким-то $J_{общ\ баз}$ на уровне больше-меньше. Согласно (1) качество формируют четыре основные свойства: HV, K, d, R_a , которые взаимосвязаны между собой, а именно: увеличение HV снижает K , увеличение d влияет на R_a и т.д.

Свойства смесей определяются также химическим составом, связующим и способом формования (отверждение, уплотнение и т.д.). При этом важны и экономические показатели достижения в изделии высоких механических свойств.

Цель работы заключалась в увеличении стойкости огнеупорных покрытий, точности их фиксирования за счет применения новой технологии формования при незначительном изменении состава. Процесс формирования покрытия обеспечивает одновременное уплотнение и отверждение смесей под действием электрического тока - ЭХО-процесс (электрохимическое отверждение). Вероятный механизм износа огнеупорных покрытий оценивался на образцах $\varnothing 43$ мм толщиной 5 и 7 мм с обычным огнеупорным составом: 70 % SiO_2 , 30 % бентонит (огнеупорная глина), связующее и 20 % H_2O ; прессованных под давлением 50 МПа (толщина 5 мм), и 70 МПа (толщина 7 мм). В смесь для ЭХО-процесса вводили связующее $Na_2O \cdot nSiO_2$ и суперионные добавки β -глинозема и $Na_2Zr_2Si_3PO_{12}$. Заполнитель SiO_2 имел

фракцию 0,33 мм. Количество связующего принято оптимальным для обеспечения прочности, разжижения смеси и предотвращения миграции компонентов [3].

Отверждение прессованных образцов происходит при сушке за счет перекристаллизации геля кремниевой кислоты (SiO_2 -n), а оксид Na_2O при высоких температурах испаряется. Оценка износа всех образцов, одинаковой пористости проводилась при гидродинамических испытаниях по потере массы при вибрации 10 Гц в жидком расплаве при 700°C в течение 200 мин.

Адгезионный износ оценивали по потере массы образца при удалении пленок и шлаковых включений, нарастаемых при контакте с жидким металлом. Потеря массы образцов свыше 10 % от начального принималась как окончательный износ.

Тепловой износ оценивался по нарастанию трещин на поверхности образцов при циклических тепловых нагружениях с перепадом температур $700 - 350^\circ\text{C}$ со скоростью охлаждения и нагрева $50^\circ\text{C}/\text{мин} - 4$ цикла в час. На рис. 2 представлены результаты измерений скорости износа образцов от вида нагружений.

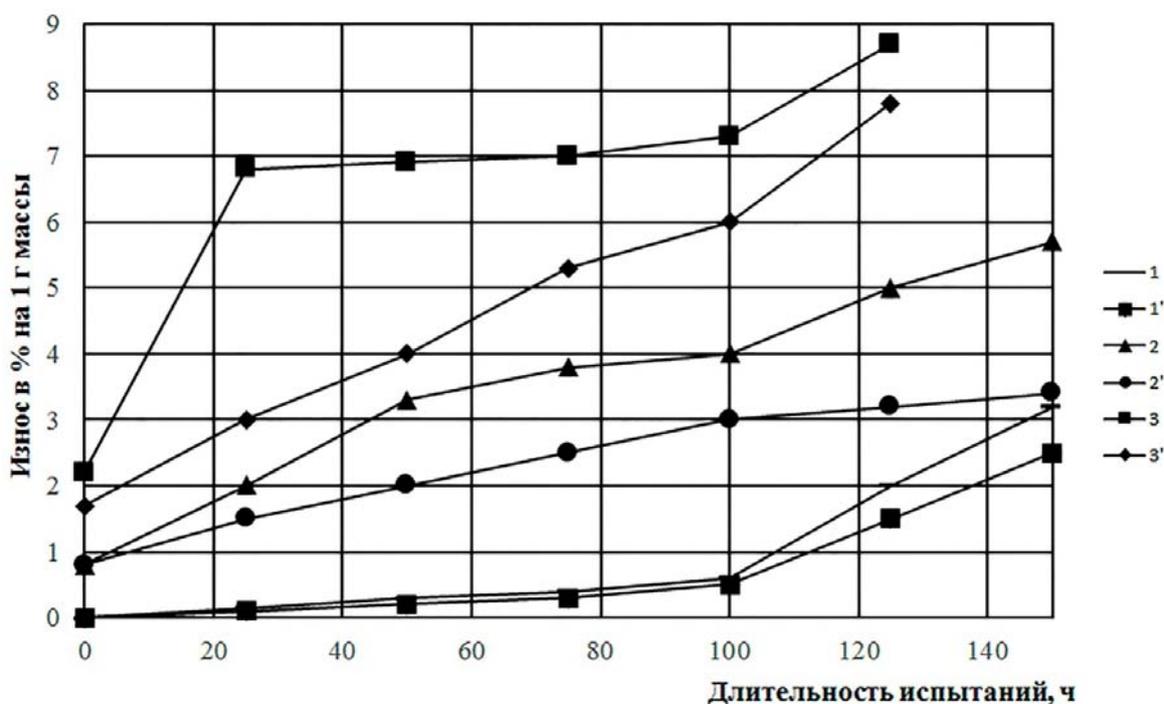
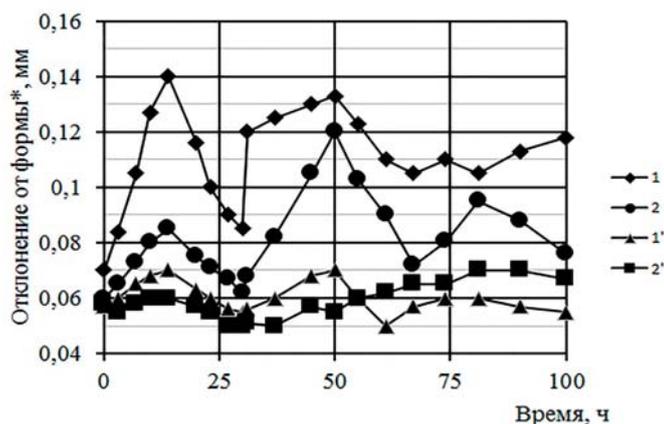


Рис. 2. Скорость износа образцов от вида нагружений:

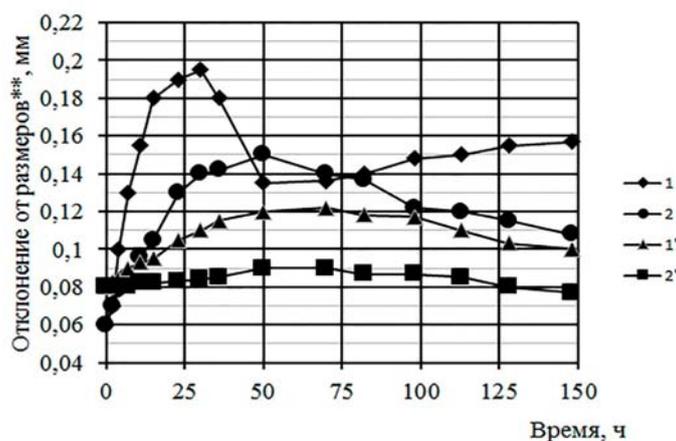
- 1, 1' – адгезионное разрушение; 2, 2' – термическое нагружение (циклическое $350 - 700^\circ\text{C}$);
 3, 3' – гидродинамические нагрузки; 1, 2, 3 – прессованные образцы;
 1', 2', 3' – электрохимическое отверждение. Износ $> 10\%$ не рассматривался

Интенсивность износа прессованных образцов несколько выше, чем по ЭХО-процессу (рис 2 кривые 1', 2', 3'), что можно объяснить величиной повышенной R_a , которая по ЭХО-процессу на 10 мкм ниже за счет более тонкой прослойке связующего между песчинками. Наибольшее влияние на износ оказывают гидродинамические нагрузки (рис. 2 кривые 3, 3'), которые также можно объяснить увеличением R_a . Термические нагрузки рис. 2 (кривые 2, 2') свыше 400 циклов приводят к разрушению независимо от способа уплотнения. Практически все образцы выдержали 150 ч до 10 % изнашивания.

Темп нарастания усадки в процессе изготовления образцов показал, что прессованные образцы изменяются в объеме при сушке до 10 %, а ЭХО-образцы максимум на 4 %. Это подтверждает, что процесс отверждения происходит одновременно с процессом уплотнения. Стабильность покрытия характеризуется величиной отклонения изделий по форме и размеру (рис. 3) от исходного состояния при эксплуатации покрытий.



а)



б)

Рис. 3. Отклонение от геометрии (а) и линейных размеров (б) образцов в процессе эксплуатации: 1, 2 – прессованные образцы; 1', 2' – электрохимическое отверждение (ЭХО). * – среднearифметическое отклонение (конусности и бочкообразности), мм; ** – изменение линейных размеров, мм

Покрyтия по ЭХО-процессу отверждались на установке, схема которой представлена на рис. 4 [9, 10]. На кирпичной кладке 3 стального кожуха обечайки 2 закрепляется перфорированный электрод 5 (анод), на который с внутренней стороны изделия наносится огнеупорная масса любым известным способом (пневматическим, ручным и т.д.). В контакт с огнеупорной массой вступает катод 4. На систему подается напряжение через преобразователь частот планетарного и собственного вращения и устройства, регулирующего токовый диапазон. Выравнивание, уплотнение и отверждение слоя осуществляется планетарно вращающимся электродом 4 (катодом).

Скорость процесса формирования слоя зависит от конструкции катода 4 и анода 5, токовых режимов (плотности тока, состава электролита, его объема и давления на катод 4 [11–13]).

На рис. 5, а представлен алюминиевый анод (фольга) с оптимальной для данного процесса перфорацией ($\eta_{\text{п}} = S_0/S_{\text{п}} = 0,65$, где $S_{\text{п}}$, S_0 – перфорированная и плоская поверхности, м^2) и алюминиевый пористый катод рис. 5, в с размерами пор меньше размера фракции наполнителя.

Модель ЭХО-процесса (рис. 4) может служить электрохимическая ячейка вида:

+Al (анод) | твердый электролит + связующее + добавки | (катод) Al–.

На аноде происходит растворение Al в электролите с переходом его в зону проводимости и осаждением на катоде. Процесс сопровождается выделением тепловой энергии в электролите в форме тепла Джоуля.

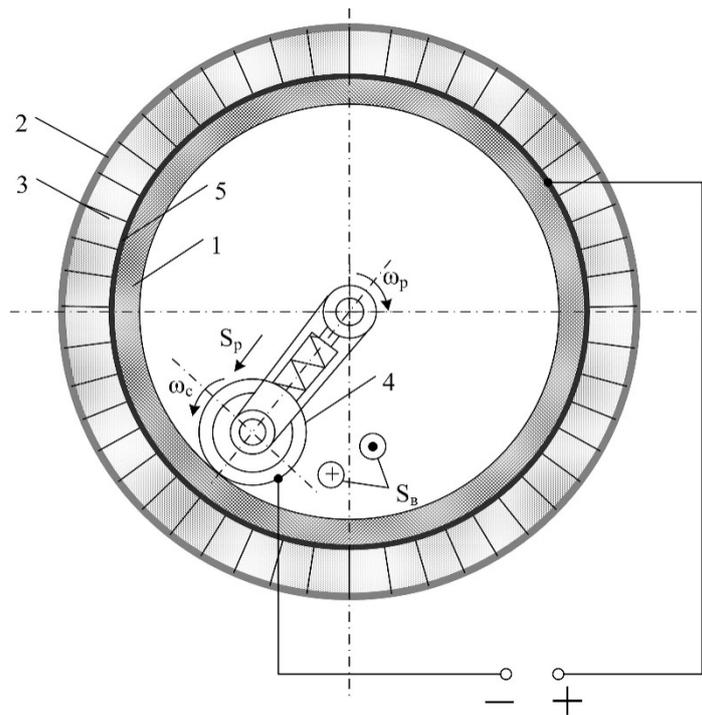
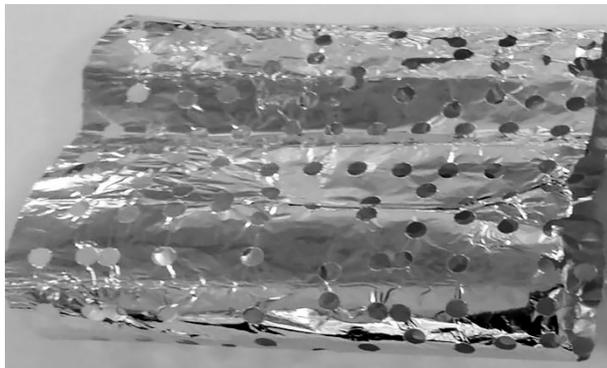
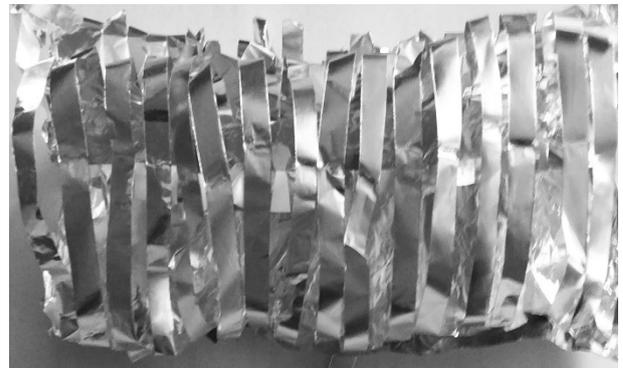


Рис. 4. Схема ЭХО-процесса:

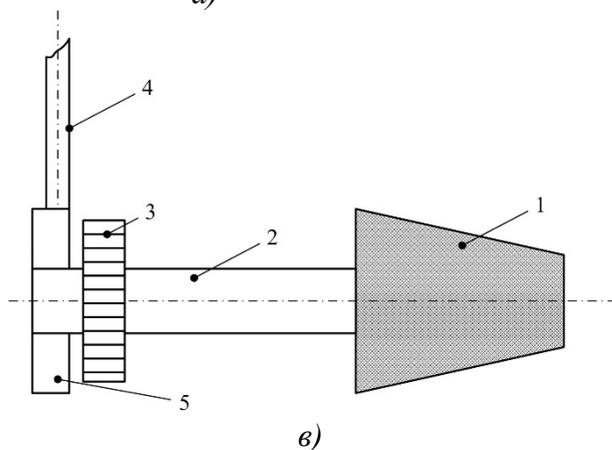
1 – торовый канал; 2 – обечайка; 3 – кирпичная кладка; 4 – катод; 5 – анод;
 S_p, S_v – радиальная и вертикальная подачи вращающегося электрода, мм/об;
 ω_c, ω_p – собственное и радиальное вращения катода, об/мин



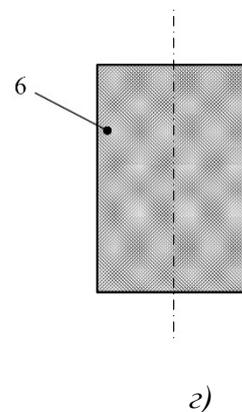
а)



б)



в)



г)

Рис. 5. Конструкции экспериментального анода (а, б) и катода (в, г) в ЭХО-процессе:

а – анод, отношение $m_a/F_a = 0,054$ г/см²; б – анод, отношение $m_a/F_a = 0,042$ г/см², где m_a – масса анода, г;
 F_a – площадь поверхности анода, м²; в – катод: 1 – конический пористый алюминиевый катод; 2 – несущий стержень; 3 – зубчатое колесо; 4 – проводник; 5 – кольцо; 6 – цилиндрический катод

Токовые параметры ЭХО процесса можно определить по вольт-амперным характеристикам электролита. Уравнение вольт-амперной характеристики ЭХО-процесса имеет вид [14]:

$$U = (\varphi_a - \Delta \varphi_{a\Sigma}) - (\varphi_k - \Delta \varphi_{k\Sigma}) - J \sum R_i = E - \Delta \varphi_{a\Sigma} - \Delta \varphi_{k\Sigma} - J \sum R_i, \quad (3)$$

где φ_a, φ_k – потенциалы анода и катода, определяемые по вольт-амперным характеристикам процесса, В; $\Delta \varphi_{a\Sigma}, \Delta \varphi_{k\Sigma}$ – суммарные потери у анода и катода, снижающие эффективность процесса, В; J – ток, А; $\sum R_i$ – суммарное электрическое сопротивление электродов и электролита, Ом; U – напряжение на схеме ЭХО, В; E – электродвижущая сила, В.

Скорость перехода металла в электролит пропорциональна поверхности анода (Fa) и плотности тока j . Плотность тока j лимитируется, в основном, сопротивлением электролита, определяемым по наименьшему значению проводимости его компонентов:

$$j = \frac{E(1-\eta_a)\sigma}{\delta F_a}, \text{ А/м}^2, \quad (4)$$

где σ – проводимость электролита, так для $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ равна от 1 до 25 $\text{Ом}^{-1}\cdot\text{м}^{-1}$; δ – длина канала, м (толщина слоя); η_a – электрический КПД. Плотность тока может быть также определена по изменению концентрации растворяемого компонента в электролите:

$$j = \frac{nFD(c_1 - c_2)}{\delta}, \quad (5)$$

где n – заряд иона; F – число Фарадея, 96485 Кл/моль; D – коэффициент диффузии ионов, разряжающихся на катоде, $\text{м}^2/\text{с}$; c_1 – концентрация ионов в электролите, моль/м³; c_2 – концентрация ионов у поверхности электрода после прохождения тока, моль/м³.

Роль электролита-связующего выполняет состав: β – глинозем, CaO, Na₂SiO₃, спирт, Na₂Zr₂Si₃PO₁₂, Al₂O₃, что соответствует составам смесей 1 и 2 табл. 1. В состав электролита введены компоненты, интенсифицирующие процесс растворимости Al в электролите, в частности Na, и не увеличивающие его омическое сопротивление.

Основное достоинство электролитов, в составе которых применяются твердые электролиты, обладающие суперионной проводимостью, в том, что кристаллографические структуры последних имеют ярко выраженную анизотропию проводимости, что позволяет при правильном наложении давления при формировании черепка, хаотично направленные кристаллы упорядочивать, за счет этого проводимости вдоль определенного направления возрастает, КПД процесса растет, растет активность связующего.

Теоретически изменение массы анода в процессе электролиза можно оценить согласно закону Фарадея:

$$m_{Mea} = J \cdot t \cdot q_{Me} \cdot B_T^K \cdot k_3, \text{ г}, \quad (6)$$

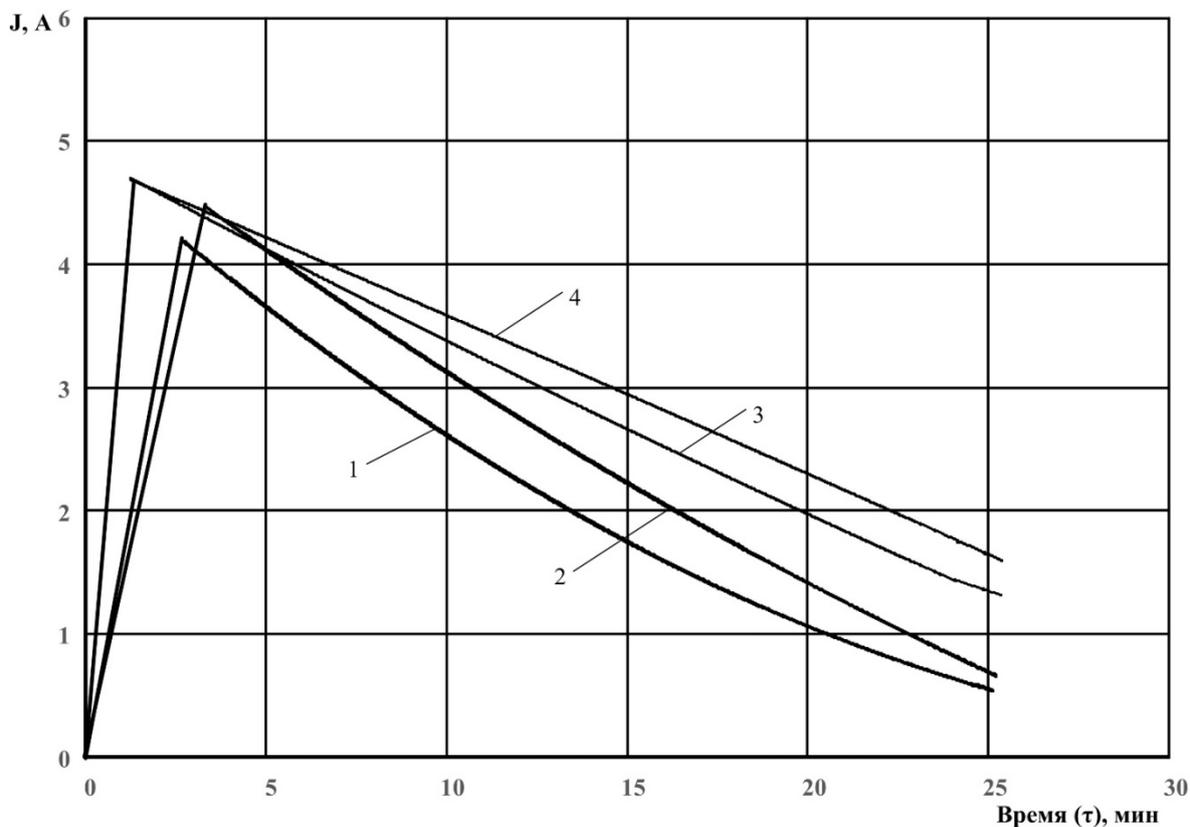
где J – сила тока в канале, А; t – время протекания процесса, ч; q_{Me} – электрохимический эквивалент металла, г/А·ч; B_T^K – катодный выход по току; k_3 – коэффициент использования электролита. Для повышения эффективности работы электролита увеличивают поверхности контакта за счет вращения электрода. Площадь поверхности растворимого анода S_a выбирается, исходя из плотности тока. Для каждого конкретного электролита выбирается оптимальное соотношение катодной и анодной поверхностей, в данной работе (рис. 4) $S_k:S_a=1:71$, когда катод вращается. При отсутствии собственного вращения катода поверхности контакта равны. Экспериментально по кривой спада тока по времени при $U(t) = \text{const}$ в электрохимической ячейке можно определить оптимальную плотность тока электрохимического процесса и оценить интенсивность его протекания. Кривые спада тока по времени представлены на рис. 6, по ним можно определить время окончания процесса и интенсивность его протекания.

Уплотнение огнеупорной смеси обеспечивается планетарным (ω_p) и собственным вращением катода (ω_c), скорости которых согласуются со временем полного отверждения:

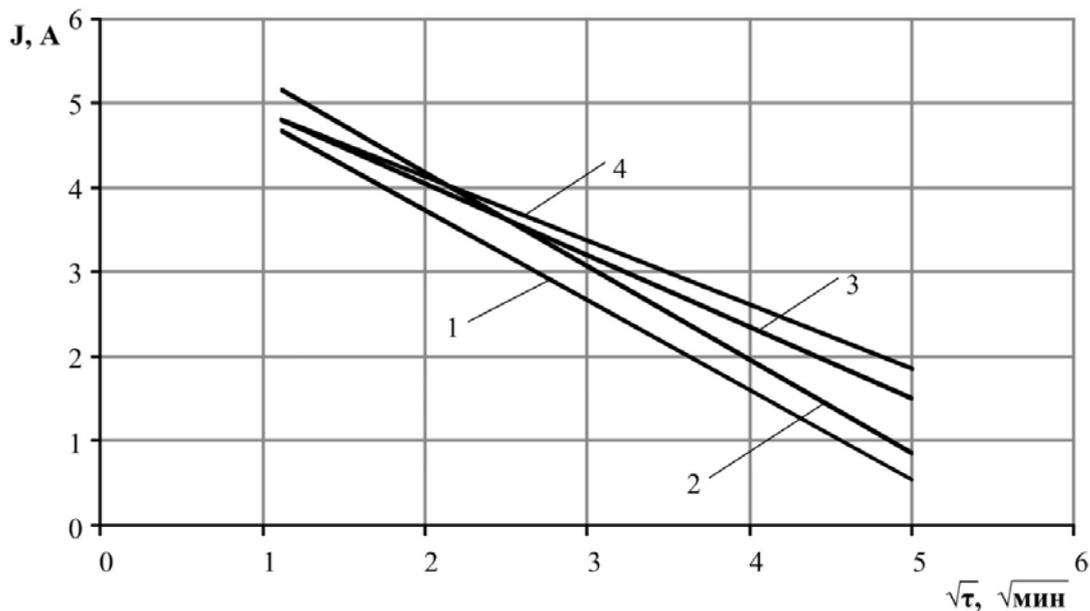
$$\tau_{\text{отв}} = \frac{d\gamma 10^2}{q_{Me} j B_T^K} = \frac{S_a}{(\omega_c + \omega_p) S_k}, \quad (7)$$

где $\tau_{\text{отв}}$ – время, в течение которого возможно уплотнение смеси и воздействие тока при кон-

такте катода и анода, мин; d – толщина анода, м; γ – плотность материала анода, кг/м³; q_{Me} – электрохимический эквивалент, г/А·ч. B_T^k определяется экспериментально и зависит от площадей контакта анода S_a и катода S_k , плотности тока и активирующих добавок. Так при $S_a = 0,5 \cdot S_{полн}$ и $m_a/F_a = 0,054$ г/см² и $S_a = 0,65 \cdot S_{полн}$ и $m_a/F_a = 0,042$ г/см² и плотности тока $j = 0,5$ А/см², время отверждения 48 и 46 мин соответственно, а величина $B_T^k = 0,89$ и $0,92$ ($S_{полн}$ – площадь поверхности без перфорации, м²).



а)



б)

Рис. 6. Кривые спада тока по времени в торовом канале $U = \text{const}$:
 0 – соответствует моменту включения системы; 1 – канал 5 мм; 2 – канал 7 мм
 (1 и 2 – электролит состава №1 табл. 1); 3, 4 – электролит состава №2 табл. 1

Контактная поверхность при протекании электрохимической реакции определится:

$$S_{\text{общ}} = 2\pi[R_p\omega_p + R_k\omega_c]h, \tag{8}$$

где R_p – радиус внутренней части ковша, м; R_k – радиус катода, м; h – высота катода, м; ω_p , ω_c – частоты радиального и собственного вращения катода, об/мин.

При радиусе катода $R_k = 0,05$ м и высоте $h=0,1$ м (контактная поверхность $S_k=0,0314$ м²), диаметре ковша $2R_p = 0,6$ м времена отверждения составов 1 и 2 по табл. 1 составили $\tau_{\text{отв}}=48$ мин и $\tau_{\text{отв}}=46$ мин соответственно при скоростях вращения $\omega_p=355$ об/мин и $\omega_c=5$ об/мин (для состава 1) и $\omega_p=358$ об/мин и $\omega_c=5$ об/мин (для состава 2). Рассчитанные значения ω_p и ω_c соответствуют отношению $S_k:S_a=1:71$ при коэффициенте перфорации анода $\eta_{\text{п}}=0,6$. Значения соотношения S_k к S_a и соответствие их $\tau_{\text{отв}}$ обеспечиваются конструктивными параметрами анода, катода, а также выбором частот вращения ω_p и ω_c .

Давление на вращающийся катод определяется изменением вязкости огнеупорной смеси под действием тока и согласуется с интенсивностью усадки или деформации смеси в процессе формования. Давление можно увеличивать пропорционально изменению прочности смеси или электрических свойств электролита.

Экспериментальные данные влияния ЭХО-процесса на качество покрытия приведены в табл. 1. Образцы, полученные по ЭХО-процессу, по прочности не уступают прессованным образцам, а по трудоемкости меньше в разы. Давление на смесь согласовывалось с вязкостью смеси и не превышало ее. Подача вращающегося электрода соответствовала временно-му интервалу усадки.

Активация связующего $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ элементами, обладающими суперионной проводимостью типа $\text{Na}_2\text{O} \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Na}_2\text{Zr}_2\text{Si}_3\text{PO}_{12}$ под действием электрического тока уменьшила время отверждения в несколько раз по сравнению с прессованием, что с технологической точки зрения выгодно. Использование в электролитах упрочняющих компонентов типа CaO , Al_2O_3 в примененных концентрациях не ухудшает проводимости отверждаемого слоя. ЭХО-процесс по сравнению с прессованием менее трудоемок и может быть использован как при профилактическом, так и при капитальном ремонтах технологических емкостей.

Таблица 1

Влияние способа формообразования на плотность смеси при одинаковом качестве наполнителя SiO_2 с анодом $m_a/S_a = 0,054$ г/см² и $m_a/S_a = 0,042$ г/см², $U(t) = \text{const}$

№ п. п.	Состав смеси	Способ формования	m_a/S_a , г/см ²	Плотность смеси, г/см ³	Время отверждения 1 м ² , мин	j , А/м ² $U(t) = \text{const}$	Выход по току	Предел прочности на сжатие, МПа
1	β-глинозем – 14 %; CaO – 2,25 %; Na ₂ SiO ₃ ·9H ₂ O – 5 %; синтетический порообразователь – 0,1 %; этиловый спирт – 10 %; остальное SiO ₂	ЭХО	0,042	2,95	46	0,1 - 0,5	0,9 2	24
			0,054	2,95	48	0,5	0,8 9	24
		Прессование	-	2,95	540	-	-	23,5
2	Na ₂ Zr ₂ Si ₃ PO ₁₂ – 12 %; CaO – 4,5 %; Na ₂ SiO ₃ ·9H ₂ O – 5 %; Al ₂ O ₃ – 6 %; спирт – 10 %; H ₂ O – 10 %; остальное SiO ₂	ЭХО	0,042	2,9	43	0,5-0,8	0,9 4	26
			0,054	2,9	46	0,8	0,9	26
		Прессование	-	2,93	540	-	-	24,9

Библиографический список

1. **Стариков В.С.** Огнеупоры и футеровки в ковшевой металлургии: учеб. пособие для вузов / В.С. Стариков, М.В. Темлянец, В.В. Стариков. – М.: МИСИС, 2003. – 328 с.
2. Огнеупорные, теплоизоляционные и строительные материалы для печей: учеб. пособие / В.А. Васильев [и др.]; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2010. – 136 с.
3. **Баринов, С.М.** Прочность технической керамики / С.М. Баринов, В.Я. Шевченко. – М.: Наука, 1996. – 159 с.
4. **Карабасов, Ю.С.** Новые материалы / Ю.С. Карабасов. – М.: МИСиС, 2002. – 736 с.
5. Огнеупорные изделия, материалы и сырье: справ. изд. / А.К. Карклит [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1990. – 416 с.
6. **Савченко, Н.Л.** Трение и износ диоксидциркониевой керамики, стабилизированной оксидом магния / Н.Л. Савченко, К.М. Пятова // Вестник НГУ: Серия: Физика. – 2008. – Т. 3. – Вып. 1. – С. 109–114.
7. **Сокорев, А.А.** Определение физико-химических свойств огнеупорных покрытий ковшей литейного производства // Технология, экономика и организация производства технических систем: Межвузовский сборник научных трудов / под ред. О.В. Таратынова, Е.А. Рзчикова. – М.: МГИУ, 2010. – С. 276–277.
8. **Дроздов, Ю.Н.** Получение расчетных уравнений на изнашивание технической керамики на основе теоретико-инвариантного метода / Ю.Н. Дроздов, Т.М. Савинова // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2006. – №2. – С. 60–68.
9. Пат. 2558703 (РФ). Способ изготовления футеровки разливочного ковша / Яровая Е.И. Спасская М.М., Гусев А.Ю., Рогожин В.В., Кузнецов С.В. 2015.
10. Пат. 139380 (РФ). Устройство для футеровки технологических емкостей / Яровая Е.И. Спасская М.М., Гусев А.Ю., Девяткина Т.И. 2014.
11. **Андреев, Э.И.** Оценка эффективности технологий топливных таблеток из порошка UO_2 с использованием модели динамики “активных” пор / Э.И. Андреев, А.С. Бочаров, А.В. Иванов // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2002. – №4. – С. 47.
12. **Андреев, Э.И.** Применение математической модели для описания процессов консолидации и компактирования порошков диоксида урана / Э.И. Андреев [и др.]. // Известия Вузов. Цветная металлургия. – 2008. – №3. – С. 59.
13. **Андреев, Э.И.** Математическая модель оптимизации технологии топливных таблеток из порошка диоксида урана / Э.И. Андреев [и др.] // Известия Вузов. Цветная металлургия, 2003. – №1. – С. 48.
14. Теория и расчет энергосиловых установок космических летательных аппаратов: учебник для вузов / Л. А. Квасников [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МАИ, 2001. – 480 с.

Дата поступления
в редакцию 12.04.2017

E.I. Yarovaya¹, I.O. Leushin¹, M.M. Spasskaya¹, A.U. Gusev², M.A. Larin²

ELECTROCHEMICAL MOLDING IN FOUNDRY

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeyev¹,
Scientific Research Institute of Measuring Systems n. a. U.E. Sedakov²

Results of modeling of dynamic and electrochemical process of formation of protective refractory coats on internal surfaces of any complexity of the foundry equipment under the influence of current flow by the rotating electrode are presented. Designs of the anode and the cathode, parameters of external electric influence providing the optimum modes of hardening of fire-resistant layers (5 - 10 mm) and level of protection at contact with liquid metal are considered. The study of the process is carried out on the measurement of current characteristics of electrolytes - binding with superionic additives. The scope of electrochemical process of hardening, irrespective of a condition of collapse of working layers of the foundry equipment, at preventive and capital repairs is designated. The complexity of repair process decreased by 20%, efficiency of the plant increased by 10%, the durability increased by 15% due to cutting-down of time of formation, of layer thickness accuracy (0.1 mm) and reduction of volume shrinkage to 2.5% in comparison with pressing.

Key words: refractory cover, electrochemical hardening, solid electrolyte.