

**Л.Л. БРАГИНА**, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

**О.В. ШАЛЫГИНА**, канд. техн. наук, доцент, НТУ «ХПИ»

**Н.А. КУРЯКИН**, аспирант, НТУ «ХПИ»

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ЭМАЛИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ БЫТОВЫХ ПЛИТ**

В статті розглянуто сучасний стан емалювання духових шаф побутових плит. Встановлена перспективність каталітичних покриттів серед яких для досліджень обрані самоочисні каталітичні покриття композиційного типу. В результаті випробувань розроблено емалеве покриття, яке характеризується здатністю до окиснення та розкладання харчових забруднень.

В статье рассмотрено современное состояние эмалирования духовых шкафов бытовых плит. Установлена перспективность каталитических покрытий, среди которых для исследований были выбраны самоочищающиеся каталитические покрытия композиционного типа. В результате испытаний разработано эмалевое покрытие, характеризующееся способностью к окислению и разложению пищевых загрязнений.

Contemporary conditions of the ovens enameling are reviewed in the article. The perspectiveness of catalytic coatings is established, among which composite self-cleaning catalytic coatings are chosen for investigations. As a result, enamel coating is developed, which is characterized by the ability to oxidize and decompose food residues.

Развитие современного мирового рынка эмалированной бытовой техники сопровождается активной конкуренцией со стороны нержавеющей и алюминированной сталей и стеклокерамики. Этот факт определяет актуальность и перспективность создания новых типов покрытий на основе стеклоэмалей, имеющих не только защитные, но и специальные свойства. К ним, в частности, относятся самоочищающиеся покрытия: пиролитические и каталитические, а также легкоочищающиеся, или, так называемые, ЕТС-эмали (от англ. Easy to Clean). Указанные покрытия отличаются по способу очистки своей поверхности.

Очистка стенок духового шкафа, покрытого пиролитической эмалью, осуществляется посредством пиролиза органических загрязнений, т.е. их диссоциацией под действием повышенной температуры (около 500 °С).

Благодаря каталитическим покрытиям при температуре приготовления пищи (до 250 °С) происходит непрерывная очистка путем поглощения и каталитического разложения жира, попавшего на стенки духового шкафа [1].

ETC-покрытия благодаря слабой смачиваемости и гладкости поверхности, а также высокой химической стойкости характеризуются почти полным отсутствием сцепления с пригоревшими пищевыми загрязнениями, что и обеспечивает их легкую очистку [2]. Такие покрытия применяются для духовых и жарочных шкафов, микроволновых печей высокого класса. На сегодняшний день отечественные производители бытовых газовых и электроплит не выпускают изделия с само- и легкоочищающимися покрытиями. Среди самоочищающихся покрытий наибольшей перспективностью характеризуются каталитические покрытия благодаря отсутствию необходимости контакта потребителя с духовым шкафом для его очистки, а также меньшими затратами энергии по сравнению с пиролитическим покрытием [3].

Целью данной работы явилось получение самоочищающегося каталитического покрытия для духовых шкафов бытовых плит. Одним из эффективных путей получения самоочищающихся каталитических покрытий является использование в качестве основы стеклокомпозиционных материалов, причем нанесение этих покрытий может производиться по шликерной технологии [4]. Катализаторами в данных покрытиях могут являться оксиды переходных металлов, твердокислотные катализаторы, а также силикаты и алюминаты элементов 2 группы периодической системы. В качестве катализаторов самоочищающегося покрытия были выбраны диоксид марганца (соединение, катализирующее окисление жиров), а также цеолит *NaA* и волластонит (катализаторы разложения жиров). В качестве стекломатрицы использована легкоплавкая покровная щелочноборосиликатная эмаль, используемая для бытовой техники. Выбор состава эмали в качестве стекломатрицы-основы базировался на необходимости предотвращения процесса разложения катализаторов, вводимых в шликерную суспензию. Температура начала размягчения этой эмали составила 590 °С, что, учитывая нестабильность цеолитов температурах около 520 °С, является очень важным.

Варку эмали производили в корундовых тиглях в лабораторной электрической печи с карбид-кремниевыми нагревателями. Максимальная температура варки 1300 °С с изотермической выдержкой 15 мин. Полученную фритту и катализаторы измельчали до полного прохождения сквозь сито 008.

На основе эмалевой фритты и катализаторов были созданы шликерные композиции, которые содержали, масс. ч.: 100 фритты, 5 матирующего агента (глинозема), 5 – 40  $MnO_2$ , 5 – 40 волластонита (или цеолита *NaA*), 5 глины, 5 электролитов и 50 воды. Шликеры наносили на стальные пластинки с грун-

товым эмалевым покрытием, подвергали сушке при температуре 120 °С и обжигали при температурах 660 – 740 °С. Глинозем в составе покрытий был необходим для получения развитой поверхности при температуре обжига, близкой к температуре получения гладкого эмалевого покрытия.

Для полученных экспериментальных каталитических покрытий определяли водопоглощение и открытую пористость методом гидростатического взвешивания [5].

Важнейшую характеристику для покрытий этого типа – степени самоочистки оценивалась по методике стандарта ДСТУ ISO 8291:2005 [6].

Установлено, что с повышением температуры обжига в интервале 660 – 700 °С происходит существенное уменьшение значений водопоглощения и пористости экспериментальных покрытий. Это связано с образованием в покрытии жидкой фазы – стеклорасплава и увеличением его количества. Данный процесс, в свою очередь, способствовал спеканию и уплотнению покрытия. Открытая пористость обеспечивает большую площадь контакта и способствует поглощению загрязнений покрытием. Это является необходимым условием высокой степени самоочистки каталитического покрытия для духового шкафа [7].

В результате предварительных испытаний было установлено, что наибольшей степенью самоочистки, которая определялась по потере массы капли соевого масла на покрытии после выдержки образцов в течение 30 мин при температуре 250 °С (табл. 1), характеризуются покрытия на основе выбранной эмали и комплексных каталитических наполнителей MW40/5, MW23/23 и MZ23/23.

Таблица 1

Способность к самоочистке композиционных покрытий

Маркировка покрытия	Масса образца, $m_0$ , г	Масса образца с каплей масла $m_1$ , г	Масса масла $m_1 - m_0$ , г	Масса образца после испытания $m_2$ , г	Масса удаленного масла, $m_1 - m_2$ , г	Степень самоочистки, %	Содержание диоксида марганца, масс. ч.	Содержание цеолита NaA / волластонита, масс. ч.	Содержание глинозема, масс. ч.
MZ23/23-660	16,3417	16,3636	0,0219	16,3479	0,0157	71,69	22,5	22,5 / 0	5
MW23/23-780	6,7535	6,7896	0,0361	6,7758	0,0138	38,23	22,5	0 / 22,5	5
MW40/5-780	7,6226	7,656	0,0334	7,6431	0,0129	38,62	40	0 / 5	5

Составы шликеров для получения экспериментальных каталитических композиций приведены в табл. 2.

Таблица 2

Состав каталитического наполнителя экспериментальных покрытий, на 100 масс. ч. Фритты

Маркировка покрытия	Состав шликера, масс. ч.						
	$MnO_2$	волластонит	цеолит $NaA$	глинозем	глина	$NaNO_2$	вода
MW40/5	40	5	–	5	5	0,5	50
MW23/23	22,5	22,5	–				
MZ23/23	22,5	–	22,5				

Значения открытой пористости указанных самоочищающихся покрытий в зависимости от температуры обжига покрытий показаны на рисунке.

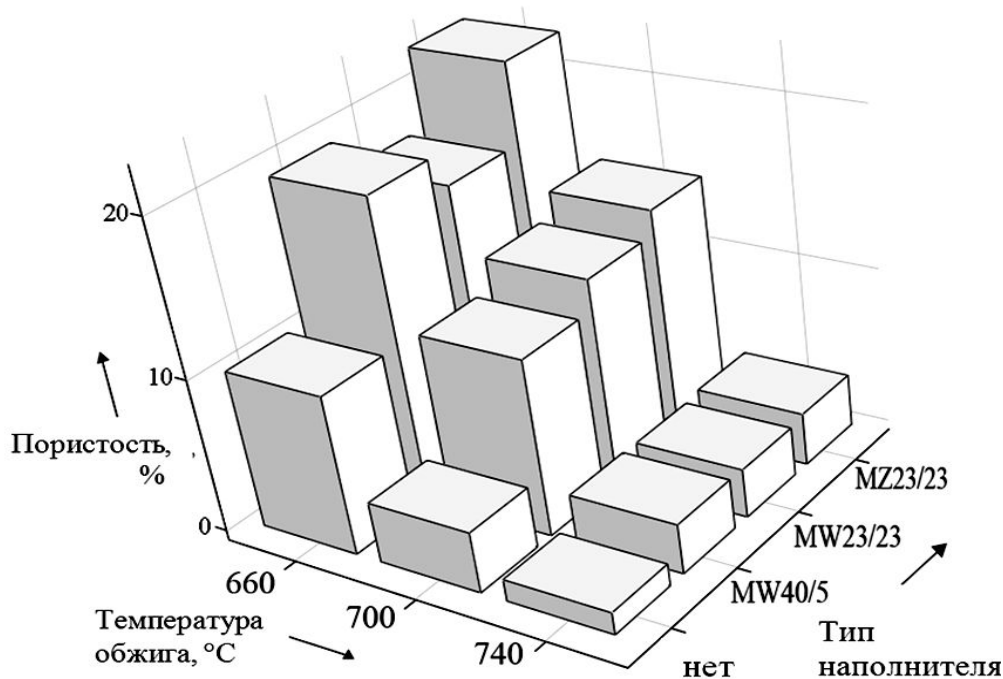


Рисунок – Пористость самоочищающихся покрытий

С использованием данных ДТА и РФА была выявлена связь между составом исследуемых каталитических покрытий и температурой их обжига, а также влияния состава покрытий на способность к самоочищению. Установлено, что сравнительно высокая открытая пористость покрытий на основе комплексного наполнителя MZ23/23 вызвана интенсивной дегидратацией цеолита. Рентгенофазовый анализ показал, что в качестве катализатора окисления в композициях после обжига, кроме  $MnO_2$ , вероятно, присутствуют  $Mn_2O_3$

и браунит –  $Mn^{II}Mn^{III}_6[SiO_4]O_8$ , причем с повышением температуры обжига концентрация браунита в покрытии повышается, а способность к самоочищению покрытия снижается.

Таким образом, было установлено, что оптимальная температура обжига каталитических эмалевых покрытий составляет 660 °С.

Покрытия на основе фритты и наполнителей, полученные после обжига при указанной температуре испытывали на способность к самоочистке по стандарту ДСТУ ISO 8291:2005. Согласно ему, на образец с самоочищающимся покрытием в разных точках наносят 5 капель растительного масла и выдерживают при температуре  $250 \pm 10$  °С в течение одного часа. После этой операции нанесение капель с последующим нагревом повторяется, пока в точках нанесения не появится блеск. Количество циклов термического воздействия до появления блеска и характеризует способность покрытия к самоочистке.

В результате испытаний было установлено, что покрытие на основе композиции MW23/23 характеризуется 18 циклами самоочистки, MW40/5 – 14, MZ23/23 – 16. Данные значения в 3 – 4,5 раза превышают необходимое для каталитических покрытий для духовых шкафов количество циклов.

## Выводы

Таким образом, показано, что оптимальная температура обжига каталитических покрытий на основе экспериментальных композиций составляла 660 °С. Разработанные покрытия характеризуются способностью к самоочистке, превышающей необходимое для каталитических покрытий духовых шкафов количество циклов в 3 – 4,5 раза.

**Список литературы:** 1. Брагина Л.Л. Особенности составов и технологии получения самоочищающихся стеклоэмалевых покрытий / Л.Л. Брагина, О.В. Шалыгина, Н.А. Курякин // Вісник НТУ «ХПІ». – 2008. – Вип. 39. – С. 149 – 152. 2. Jacobs D. Smaltura di Forni / D. Jacobs // Smalto Porcellanato. – 2006. – № 1. – Р. 36 – 44. 3. Baldwin C. Advanced coatings for the home of tomorrow / [C. Baldwin, B. Devine, D. Fedak et al.] // Appliance. – 2006. – № 11. – Р. 50 – 53. 4. Брагина Л.Л. Технология эмали и защитных покрытий / [Л.Л. Брагина, А.П. Зубехин, Я.И. Белый и др.]; под ред. Л.Л. Брагиной. – Х.: НТУ «ХПІ», 2003. – 484 с. 5. Андрианов Н.Т. Практикум по технологии керамики / [Н.Т. Андрианов, А.В. Беляков, А.С. Власов и др.]; под ред. И.Я. Гузмана. – М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2005. – 336 с. 6. Посуд зі склоподібним та фарфоровим емалевим покритвом. Метод випробування на самоочищення: ДСТУ ISO 8291:2005. – ДСТУ ISO 8291:2005. – [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 8 с. – (Національні стандарти України). 7. Aronica A. Smalti autopulenti catalitici per applicazione elettrostatica a polvere / A. Aronica // Smalto Porcellanato. – 2002. – № 2. – Р. 49 – 53.