

В.Є. БОЧАРОВА, О.В. ШАЛИГІНА, канд. техн. наук, доцент,
Г.І МИРОНОВА, аспірант

Розробка поліфункціональної боросилікатної фрити для одержання хімічно та водостійких склоемалевих покриттів

Склоемалеві покриття знаходять широке застосування у різних сферах побуту, промисловості та господарства. Склоемалеві покриття використовуються при виробництві побутової нагрівальної апаратури, труб для гарячого водопостачання та нафтохімічної промисловості, теплообмінних агрегатів, ємностей для харчової та хімічної промисловості, сільського господарства та ін. Експлуатаційні характеристики склоемалевих покриттів визначаються призначенням виробів або агрегатів із захисним покриттям.

Однією із найскладніших проблем є проблема синтезу хімічно та водостійких склоемалевих покриттів для захисту водонагрівальної апаратури, зокрема сталевих баків електроводонагрівачів, пральних та сушильних машин та деталей теплообмінних агрегатів. Складність одержання покриттів саме такого типу полягає в необхідності одночасного поєднання цілого комплексу функціональних, технологічних, експлуатаційних та екологічних властивостей, які обумовлені специфікою технологій нанесення, умовами експлуатації та відповідністю санітарно-гігієнічним нормам. Найбільш жорсткі вимоги, згідно із європейськими стандартами «Quality Requirements European Enamel Authority» пред'являють до склоемалевих покриттів, які застосовують у виробництві водонагрівачів: 1) міцність на удар (DIN 51155, ISO 2723) – покриття без видимих руйнувань протягом 24 години після випробувань ударом з пружинною напругою 10 Н; 2) суцільність покриття – без дефектів; 3) товщина покриття – 0,15–0,5 мм; 4) стійкість до киплячої води і водяного пару – 2 цикли по 504 години, втрати маси $\leq 8,5$ г/м²; 5) термостійкість (ISO 2747, 2723) – 3 цикли, нагрів до 200 °С з охолодженням у холодній воді; 6) хімічна стійкість (DIN ISO 2722) – відповідність класу А – 1 год. в 10 % розчині лимонної кислоти або HCl; 7) фізіологічний контроль – водна витяжка з емалі не повинна містити свинцю і кадмію.

Мета нашої роботи – розробка складу поліфункціональної боросилікатної фрити для одержання хімічно та водостійких склоемалевих покриттів для захисту сталевих поверхонь водонагрівальної апаратури.

Для досягнення поставленої мети необхідно сформулювати критерії синтезу, які визначаються: технологією нанесення і випалу покриття та умовами експлуатації. Нанесення емалевих покриттів для даного виду виробів доцільно проводити за енергоресурсозберігаючою порошковою електростатичної технологією POESTA (powder electrostatic energy an resource saving technology), яка передбачає підвищені значення власного питомого електроопору склоемалевих порошків $\rho > 10^8$ Ом·м. Враховуючи досвід емальовальних підприємств, температура варки склоемалі не перевищує 1300 °С, температура випалу покриттів

800–840 °С, поверхневий натяг 280–340 мН/м, температурний коефіцієнт лінійного розширення (80–120) град⁻¹.

З метою синтезу хімічно- та водостійкої склоемалі – основи безгрунтової фрити для електростатичного порошкового емалювання, яка відповідатиме вимогам легкоплавкості та високого власного електроопору була обрана лужно-бороалюмосилікатна система $R_2O - RO - B_2O_3 - Al_2O_3 - SiO_2$, де R_2O – оксиди Na_2O , K_2O ; RO – CaO і BaO . Основна проблема при синтезі хімічно- та водостійких склопокриттів полягає у застосуванні комплексних методів теоретичних розрахунків у поєднанні з практичними дослідженнями властивостей і характеристик складів, що розробляються. Тому в роботі було використано метод симплекс-гратчатого моделювання. Для проведення математичного планування експерименту була побудована псевдопотрійна система, в якій вміст основного склоутворювача приймається постійним $SiO_2 - 60$ мол. % та виноситься за систему. Вершини псевдопотрійної системи: $B_2O_3 - 5-35$ мол. %; $Al_2O_3 - 0-30$ мол. % та сума модифікаторів у співвідношенні $(K_2O + Na_2O) + (CaO + BaO) - 5-35$ мол. %, де $K_2O : Na_2O = 1,5 : 1$ і $CaO : BaO = 3 : 1$.

Були отримані чотири діаграми, в яких ізолініями обмежені області допустимих значень заданих властивостей: температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР) ((80–120) град⁻¹), температура варки (≤ 1300 °С), поверхневий натяг (280–340 мН/м), питомий електроопір ($\rho > 10^8$ Ом·м). Шляхом накладання областей оптимальних складів чотирьох діаграм було отримано область експериментальних складів склоемалевих фрит із заданими властивостями. В обмеженій області було синтезовано 8 експериментальних складів модельних стекел із вмістом компонентів в межах, мол. %: SiO_2 60; B_2O_3 15–25; $RO+R_2O$ 15–25; Al_2O_3 0–20.

Варку модельних стекел проводили в лабораторній електричній печі з силітовими нагрівачами в шамотних тиглях. Готовність стекел визначали візуально пробою «на нитку». Грануляцію розплавів емалевих фрит проводили у воду. Режим варки МС 1 характеризується максимальною температурою і тривалістю. При досягненні температури 1490 °С і витримці 10 хв. нитка мала непроварені включення. Підвищення температури було недоцільним, так як у виробничих умовах існують обмеження до 1300 °С. Для складів МС3, МС 4, МС5, МС6, МС8 максимальна температура варки знаходилась в межах 1180–1300 °С. При проведенні контролю готовності розплаву пробою «на нитку», скло характеризувалося гладкою і плавною структурою, що свідчить про повну готовність до грануляції. За межі максимальних температур варки (до 1300°С) виходять також склади МС 2, МС 7.

Експериментально визначено властивості модельних стекел: крайовий кут змочування σ , питомий електроопір ρ_v , хімічна стійкість покриття та водостійкість фрит модельних стекел.

За розрахунковими та експериментальними властивостями встановлено, що оптимальними складами модельних стекел, які є основою для отримання поліфункціональної хімічно та водостійкої безгрунтової фрити для електростатичного порошкового емалювання, що відповідатиме вимогам легкоплавкості та високого власного електроопору, є склад МС 3 та МС 4.