

**В. І. ГОЛЕУС**, д-р техн. наук, проф., ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпропетровськ,  
**Ан. А. САЛЕЙ**, асп., ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпропетровськ,  
**Т. Ф. ШУЛЬГА**, канд. техн. наук, асист., ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпропетровськ

## **ВПЛИВ ЛУЖНИХ ОКСИДІВ НА ВЛАСТИВОСТІ ЕМАЛЕЙ ДЛЯ АЛЮМІНІЮ**

Необхідність в електроізоляційних покриттях на алюмінії при виготовленні малопотужних плівкових нагрівачів обумовлена технічною та економічною доцільністю заміни керамічних підкладок на металеві. В зв'язку з цим до емалевих покриттів, окрім антикорозійних та декоративних властивостей, пред'являють також додаткові вимоги до їх експлуатаційних характеристик. До таких характеристик емалевих покриттів можна віднести підвищені значення їх теплостійкості, хімічної стійкості, електроізоляційних та інших властивостей. Розглянута можливість покращення хімічних та електричних властивостей лужно-силікатного скла за рахунок так званого «полілужного ефекту».

**Ключові слова:** полілужний ефект, водостійкість, дилатометричні властивості, динас.

**Вступ.** Невисокі значення хімічної стійкості та електричного опору емалей для алюмінію обумовлені вмістом у їх складі значної кількості оксидів лужних металів. Виключення зі складу цих оксидів неможливе через те, що вони забезпечують високі значення ТКЛР емалі та низьку температуру випалу покриття.

**Аналіз останніх досліджень та літератури.** З літератури [1 – 3] відомо, що покращити значення водостійкості та питомого електричного опору емалей можна за рахунок так званого «полілужного ефекту» та збільшення кількості компонентів у складі емалей.

При цьому необхідно враховувати, що електроізоляційні емалі для алюмінію повинні характеризуватися наступними властивостями: температура випалу покриття 560 – 600 °С, термічний коефіцієнт лінійного розширення – понад  $100 \cdot 10^{-7} \cdot \text{K}^{-1}$ , температура початку розм'якшення – не менше 300 °С та пробивна напруга покриттів при 20 °С – не менше 2000 В.

Для одержання покриттів на алюмінію рекомендовано використовувати як базову, оксидну систему  $\text{SiO}_2 - \text{B}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3 - \text{RO} - \text{Na}_2\text{O}$  [1].

© В.І. Голєус, Ан.А. Салєй, Т.Ф. Шулєга, 2013

Оксидний склад склофрит для цих емалевих покриттів може бути наступний (мол. %):  $(\text{SiO}_2 + \text{B}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{V}_2\text{O}_5) - 52,0$ ;  $\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{ZrO}_2 + \text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 - 14,0$ ;  $(\text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO} + \text{ZnO} + \text{CoO} + \text{CuO}) - 7,0$ ;  $\text{Na}_2\text{O} - 27,0$ . Вказана склофрита містить значну кількість оксиду натрію, що обумовлює відносно невисокі значення хімічної стійкості та питомого електричного опору покриттів на її основі.

**Мета статті, постановка задачі.** Враховуючи це в роботі поставлена мета експериментальними дослідженнями встановити вплив на властивості вказаної склофрити часткової заміни в її складі  $\text{Na}_2\text{O}$  на  $\text{Li}_2\text{O}$  та  $\text{K}_2\text{O}$ .

**Матеріали досліджень.** Шихти дослідних емалевих стекол готували з використанням наступних сировинних матеріалів: кварцовий пісок, борна кислота, карбонати стронцію, літію, калію, барію, кальцію, натрію, ортофосфат натрію, оксиди титану, цинку, заліза (III), алюмінію, ванадію (V), вісмуту (III), цирконію, міді (II) та кобальту (II). Варку скла проводили в шамотних тиглях при температурі  $1150 - 1200$  °C протягом 40 хвилин, для одержання грануляту утворений за таких умов склотворний розплав виливали на холодну воду.

Значення властивостей скла і покриттів на його основі визначали з використанням методик і засобів вимірювання, які є загальновизнаними в хімії та технології скла: кварцовий дилатометр ДКВ-5А, густину скла гідростатичним методом, хімічну стійкість скла зерновим методом за ГОСТ 10134.1-82. Дослідження властивостей скла залежно від його хімічного складу проводили з використанням симплекс-решітчатого планування експериментів Шеффе.

В результаті виконаних експериментів встановлено, що значення властивостей емалевого скла залежно від кількості введених оксидів літію та калію знаходяться в наступних межах: водостійкість (вилуговування)  $0,14 - 0,35$  см<sup>3</sup>/г, що відповідає II–III гідролітичному класу; питомий електричний опір при  $150$  °C  $\rho = 10^{7,5} - 10^{11}$  Ом·см; температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР) в інтервалі  $20 - 400$  °C  $(110-131) \cdot 10^{-7} \cdot \text{K}^{-1}$ ; дилатометрична температура початку розм'якшення (ТПР)  $458 - 514$  °C; густина  $2,9 - 3,05$  г/см<sup>3</sup>.

Після обробки дослідних даних експериментально-статистичними методами були отримані рівняння регресії, які описують закономірності зміни властивостей базового емалевого скла в залежності від вмісту в його складі оксидів  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  та  $\text{K}_2\text{O}$ . Графічну ілюстрацію встановлених закономірностей подано на рис. 1.

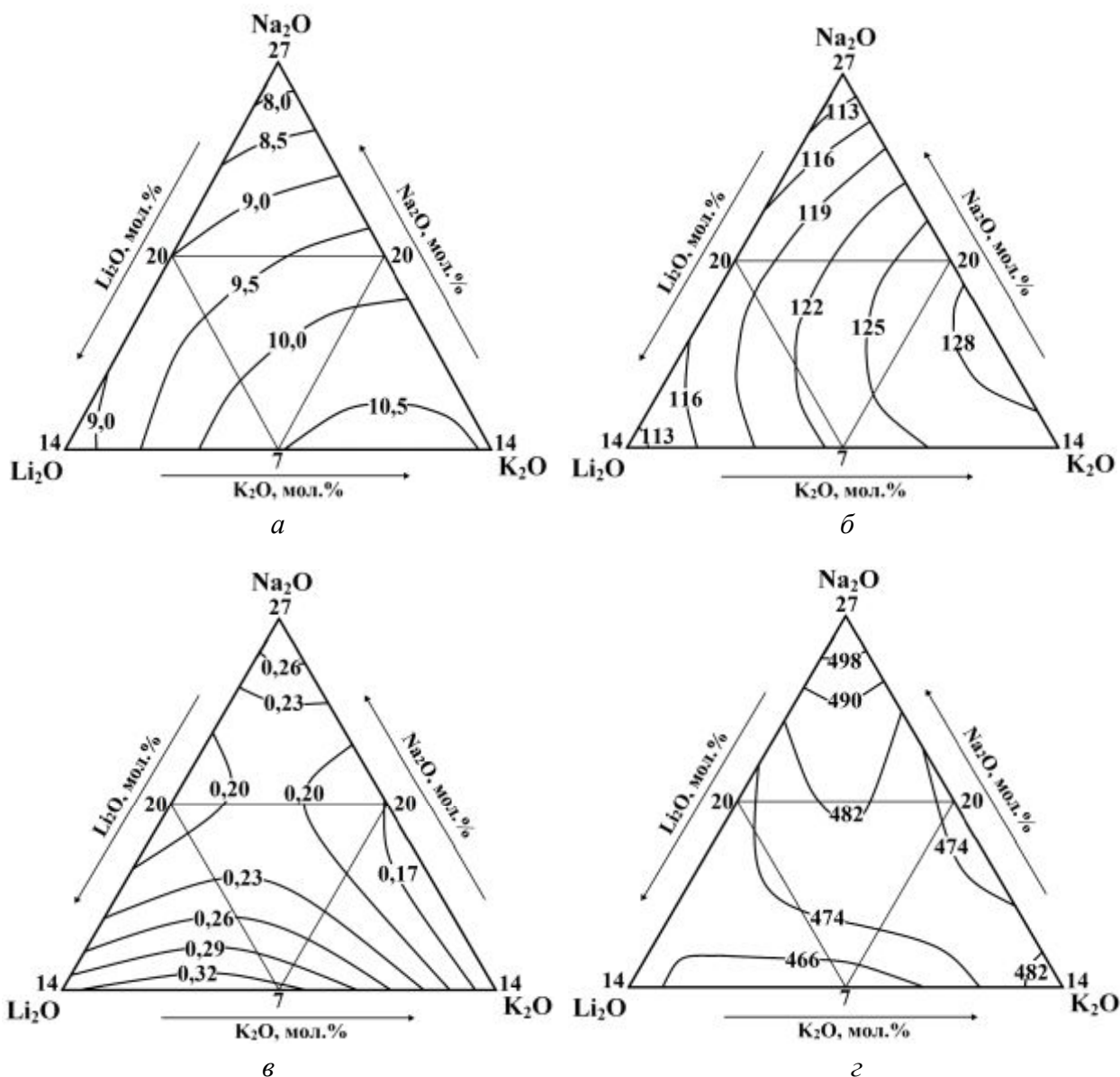


Рис. 1 – Залежність: *a* – питомого електричного опору, *б* – ТКЛР, *в* – водостійкості, *г* – ТПР емалей для алюмінію від вмісту в їх складі оксидів лужних металів.

Отримані закономірності зміни властивостей дослідного скла залежно від вмісту в його складі Li<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O і K<sub>2</sub>O добре корелюють з даними [1].

**Результати досліджень.** З даних рис. 1, видно, що введення до складу скла оксидів Li<sub>2</sub>O і K<sub>2</sub>O сприяє значному підвищенню його електричного опору та зменшенню значень ТПР. Заміна Na<sub>2</sub>O на Li<sub>2</sub>O суттєво не впливає на ТКЛР та водостійкість скла. Навпаки заміна Na<sub>2</sub>O на K<sub>2</sub>O сприяє значному підвищенню водостійкості та ТКЛР емалевого скла.

Окрім цього одержані експериментальні дані дають підставу вважати, що емалеві покриття для алюмінію з підвищеними значеннями водостійкості та електричного опору можуть бути одержані на основі склофрит з вмістом 1 – 4 мол. % Li<sub>2</sub>O та 7 – 13 мол. % K<sub>2</sub>O. Пробне емалювання підтвердило мо-

жливість одержання на основі цих склофрит електроізоляційних покриттів на алюмінієвих виробках електротехнічного призначення.

З метою подальшого підвищення ТКЛР покриття та наближення його значень до ТКЛР алюмінію в роботі досліджено вплив добавок подрібненого динасу до складу емалевого шлікеру на дилатометричні властивості склокристалічного покриття на алюмінію.

Динас, попередньо подрібнений до розміру часточок 50 – 60 мкм, вводили на помел шлікеру у кількості 5, 10, 15, 20 мас. ч. на 100 мас. ч. скла.

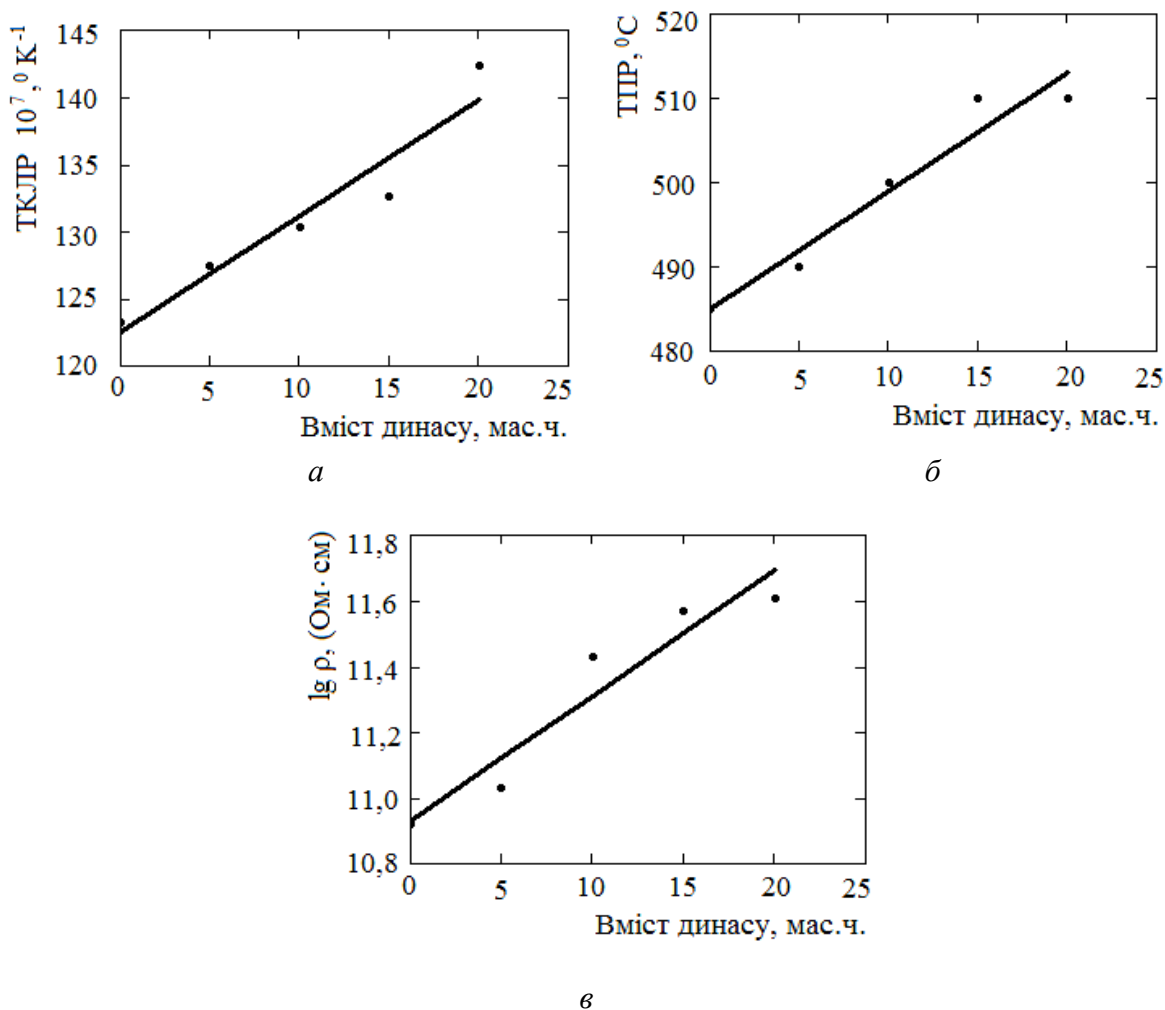


Рис. 2 – Залежність: *а* – ТКЛР, *б* – ТПР, *в* – питомого електричного опору від вмісту добавки динасу.

Дані рис. 2 показують, що введення динасу до складу емалевого шлікеру сприяє підвищенню ТКЛР склокристалічних покриттів з  $123,3 \cdot 10^{-7} \cdot \text{K}^{-1}$  до  $142,4 \cdot 10^{-7} \cdot \text{K}^{-1}$ , температури початку розм'якшення до 510 °C і питомого електричного опору з  $10^{10,9}$  до  $10^{11,6}$  Ом·см.

## Висновки.

Таким чином в роботі експериментальними дослідженнями встановлено, що одержання емалевих покриттів на алюмінію з підвищеними значеннями водостійкості та електричного опору можливе на основі склофрит з наступним вмістом лужних оксидів: понад 7 мол. %  $K_2O$ , до 5 мол. %  $Li_2O$  та до 20 мол. %  $Na_2O$ .

При цьому необхідні значення ТКЛР покриттів можна досягнути введенням до їх складу тонкомолотого динасу в кількості до 20 мас. ч.

**Список літератури:** 1. Брагина, Л. Л. Технология эмали и защитных покрытий: учебн. пособ. для студ. вузов / [Л.Л. Брагина, А.П. Зубехин, Я.И. Белый и др.]. – Х.: НТУ «ХПИ»; Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2003. – 484 с. 2. Голеус, В. И. Электроизоляционные эмали для алюминия / В. И. Голеус, Т. Ф. Шульга // Вісник НТУ «ХПИ». – 2009. – № 22. – С. 14 – 19. 3. Анпен А.А. Химия стекла / А.А. Анпен. – Л.: Химия, 1974. – 352 с.

Надійшла до редколегії 28.10.13

УДК 666.293

**Вплив лужних оксидів на властивості емалей для алюмінію / В.І. ГОЛЕУС, Ан.А. САЛЄЙ, Т.Ф. ШУЛЬГА** // Вісник НТУ «ХПИ». – 2013. – № 64 (1037). – (Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія). – С. 34 – 38. – Бібліогр.: 3 назв.

Необходимость в электроизоляционных покрытиях на алюминии при изготовлении маломощных пленочных нагревателей обусловлена технической и экономической целесообразностью замены керамических подкладок на металлические. В этой связи к эмалевым покрытиям, кроме антикоррозийных и декоративных свойств, предъявляют также дополнительные требования к их эксплуатационным характеристикам. К таким характеристикам эмалевых покрытий можно отнести повышенные значения их теплостойкости, химической стойкости, электроизоляционных и других свойств. Рассмотренная возможность улучшения химических и электрических свойств щелочно-силикатного стекла за счет так называемого «полищелочного эффекта».

**Ключевые слова:** полищелочной эффект, водостойкость, dilatометрические свойства, динас.

Need for electroinsulating covers on aluminum at production of low-power film heaters is caused by technical and economic feasibility of replacement of ceramic linings on the metal. In this regard to enamel coverings, except anticorrosive and decorative properties, make also additional demands to their operational characteristics. It is possible to refer the increased values of their heat resistance, chemical firmness, electroinsulating and other properties to such characteristics of enamel coverings. Considered possibility of improvement of chemical and electric properties of alkaline and silicate glass at the expense of so-called "polyalkaline effect".

**Keywords:** polyalkaline effect, water resistance, dilatometric properties, dynas.