

7. Birchal, V. S. S. The effect of magnesite calcination conditions on magnesia hydration [Text] / V. S. S. Birchal, S. D. F. Rocha, V. S. T. Ciminelli // Minerals Engineering. — 2000. — Vol. 13, № 14–15. — P. 1629–1633. doi:10.1016/s0892-6875(00)00146-1
8. Ahari, K. G. Hydration of refractory oxides in castable bond systems — I: alumina, magnesia and alumina-magnesia mixtures [Text] / K. G. Ahari, J. H. Sharp, W. E. Lee // Journal of the European Ceramic Society. — 2002. — Vol. 22, № 4. — P. 495–503. doi:10.1016/s0955-2219(01)00299-0
9. Salomao, R. A novel approach for magnesia hydration assement in refractory castable [Text] / R. Salomao, L. R. M. Bittencourt, V. C. Pandolfelli // Ceramics International. — 2007. — Vol. 33, № 5. — P. 803–810. doi:10.1016/j.ceramint.2006.01.004
10. Саломео, Р. Влияние гидравлических вяжущих на гидратацию спеченного магнезита в огнеупорных бетонах [Текст] / Р. Саломео, В. К. Пандолфелли, Л. Р. Биттенкурт // Огнеупоры и техническая керамика. — 2011. — № 4–5. — С. 59–63.
11. Altun, A. Thermomechanical properties of the MgO based self-flowing castables [Text] / A. Altun // 48th International Colloquium of Refractories, Aachen, 28 and 29 September, 2005. — P. 49–52.
12. Будников, П. П. Огнеупорные бетоны на фосфатных связках [Текст] / П. П. Будников, Л. Б. Хорошавин. — М.: Металлургия, 1971. — 192 с.
13. Пивинский, Ю. Е. Неформованные огнеупоры [Текст]. Т. 1. Общие вопросы технологии: справоч. изд. в 2 т. / Ю. Е. Пивинский. — М.: Теплоэнергетик, 2005. — 448 с.
14. Пьяных, Е. Г. Влияние зернового состава масс и давления прессования на свойства магнезильных образцов [Текст] / Е. Г. Пьяных, Г. И. Антонов, В. И. Гончаров, И. М. Квасман, Ю. Л. Каменецкий // Огнеупоры. — 1973. — № 10. — С. 46–53.
15. Ballani, F. Modelling the microstructure of concrete with spherical grains [Text] / F. Ballani, D. J. Daley, D. Stoyan // Computational Materials Science. — 2006. — Vol. 35, № 4. — P. 399–407. doi: 10.1016/j.commatsci.2005.03.005
16. Гуренко, И. В. Оптимизация granulометрического состава бетона специального назначения [Текст] / И. В. Гуренко, Г. Н. Шабанова, А. Н. Корогодская, В. В. Дейнека и др. // Вісник НТУ «ХПІ». Хімія, хімічна технологія та екологія. — 2005. — № 51. — С. 183–189.
17. Бражник, Д. А. Оптимизация granulометрического состава низкоцементных периклазосодержащих неформованных масс [Текст] / Д. А. Бражник, Г. Д. Семченко, А. А. Бондаренко, А. М. Самань // Сборник научных трудов ОАО «УкрНИИО им. А. С. Бережного». — Харьков: Каравелла, 2005. — № 2. — С. 86–87.
18. Вернигора, Н. К. Анализ фракционного состава огнеупорных бетонов на шамотном заполнителе [Текст] / Н. К. Вернигора, С. М. Логвинков, Г. Н. Шабанова, А. Н. Корогодская // Сборник научных трудов ОАО «УкрНИИО им. А. С. Бережного». — Харьков: Каравелла, 2006. — № 106. — С. 71–77.
19. Онасенко, Ю. А. Вплив конфігурації зерен і зернового складу заповнювача на властивості бетону [Текст] / Ю. А. Онасенко, В. В. Пісчанська, Л. Д. Пилипчатін // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2012. — № 4/6(58). — С. 18–23. doi:10.15587/1729-4061.2012.5587

ОПТИМИЗАЦИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЕРИКЛАЗОВОГО БЕТОНА

С использованием симплекс-решетчатого метода планирования эксперимента исследовано влияние granulометрического состава бетонных смесей, которые содержат в качестве заполнителя вторичное сырье — дробленый брак периклазовых изделий и спеченный периклаз, на показатели свойств периклазового бетона после термической обработки. Оптимизирован granulометрический состав бетона на гидравлическом вяжущем — смеси периклазового и кальций-алюминатного цемента, обеспечивающий достижение комплекса заданных показателей свойств.

Ключевые слова: granulометрический состав, периклазовый бетон, заполнитель, гидравлическое вяжущее, показатели свойств.

Пісчанська Вікторія Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра металургійного палива та вознетривів, Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ, Україна, e-mail: v_peschanska@mail.ru.

Алексеевко Інна Анатоліївна, асистент, кафедра металургійного палива та вознетривів, Національна металургійна академія України, Дніпропетровськ, Україна, e-mail: inna.harsika@yandex.ru.

Песчанская Виктория Викторовна, кандидат технических наук, доцент, кафедра металлургического топлива и огнеупоров, Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск, Украина.

Алексеевко Инна Анатольевна, ассистент, кафедра металлургического топлива и огнеупоров, Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск, Украина.

Peschanskaya Victoria, National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: v_peschanska@mail.ru. Aliksieienko Inna, National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: inna.harsika@yandex.ru

УДК 666.293.522

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.47704

**Рижова О. П.,
Хохлов М. А.,
Кислична Р. І.**

РОЗРОБКА БІЛИХ ТИТАНОВИХ ЕМАЛЕВИХ ПОКРИТТІВ ЗІ ЗНИЖЕНОЮ ТЕМПЕРАТУРОЮ ВИПАЛУ

Досліджено вплив модифікуючих додатків Li_2O і BaO на властивості фрит та оптичні характеристики білих малофтористих титанових емалевих покриттів. Встановлено оптимальні концентрації оксидів літію та барію у складі дослідних емалей. Отримано гладкі, щільні, білі склопокриття з гарним блиском та необхідними фізико-хімічними властивостями, які можуть бути рекомендовані для нанесення їх на сталеві вироби господарчо-побутового призначення.

Ключові слова: біле покриття, малофториста емаль, білизна, ступінь жовтизни, оксид барію, оксид літію.

1. Вступ

Більшість підприємств Європейського союзу вже тривалий час використовують фрити зі зниженою тем-

пературою випалу, але розробки в цьому напрямку продовжуються [1]. Крім того, вітчизняними та зарубіжними дослідниками [1–5] проводяться роботи з синтезу та впровадженню у виробництво безфтористих та малофто-

ристіх білих титанових емалей. Отримання якісних склопокриттів досягається шляхом варіювання основних компонентів натрійборосилікатної системи та заміщення фторидів на лужні оксиди [2]. Також проводяться дослідження з вдосконалення режиму випалу титанових покриттів: пропонується після випалу повторно нагрівати емаль до визначеної температури та витримувати виробу певний час для більш інтенсивного виділення анатазу в білих титанових емалях [3].

Для покращення плавлення фрити (зниження температури плавки) та збільшення текучості під час випалу емалі, в склад шихти додають фтористі сполуки. Структурне розташування фтору в склоемалі діє на в'язкість розплаву емалі під час випалу, що впливає на процеси кристалізації та перетворення модифікацій TiO_2 і, відповідно, на оптичні властивості білих титанових покриттів [4].

Основним напрямом створення білої титанової емалі без фтору, або з незначним його вмістом, є корегування складів фтористих емалей, що використовуються на даний момент в емальованій галузі промисловості зі збереженням або покращенням технологічних властивостей емалевих фрит, а також оптичних та хімічних властивостей покриттів [2].

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

На даний час найчастіше емалеве покриття білого кольору отримують в результаті часткової кристалізації TiO_2 з утворенням анатазу та рутилу [2]. Титанові емалі, однак, мають ряд недоліків: чутливість до режиму плавки, схильність до фарбування, недостатню хімічну стійкість, а також нестабільність білого кольору покриттів у разі багатократного випалу в виробничих умовах. Останнє пов'язане з дією фарбувальних оксидів і модифікаційними переходами TiO_2 з анатазної в рутильну форму [3]. При випалі емалевих покриттів бажана кристалізація TiO_2 у вигляді анатазу, що володіє рівномірною мілкокристалічною структурою. При кристалізації рутилу виділяються крупні, нерівномірно розташовані кристали жовтого кольору, що мають підвищену фарбувальну здатність [4]. Виділення анатазу у вигляді сфероїдальних кристалів (0,17–0,22 мкм) [5] починається при температурі вище 600 °С та стає особливо інтенсивним в інтервалі температур 620–720 °С. Завдяки малим розмірам кристалів анатазу покривна емаль має блакитний відтінок. Розмір часток залежить від концентрації TiO_2 в розплаві: чим вищий вміст диоксиду титану, тим розміри часток менші [4, 5].

У виробництві сталевого емальованого посуду багато років використовували для отримання білого покриття класичну титанову фриту ЕСП-117, яка вміщує 5,36 мас. % фтору [4]. Емальований посуд випалювали в конвеєрній печі в 9 зонах з максимальною температурою 860 °С та швидкістю конвеєра 3,0 м/хв. В умовах жорсткої економії енергетичних ресурсів в період минулого десятиріччя підприємства з випуску емальованих виробів, зокрема ТОВ «Новомосковський посуд», перейшли на більш легкоплавкі фрити чеської фірми «EMOFRITE» та італійської компанії «FERRO». У цьому зв'язку відбулась реконструкція ділянки випалу: кількість зон конвеєрної печі зменшилась до 7, максимальна температура випалу 850 °С, швидкість конвеєру 3,1 м/хв.

З огляду на економічну ситуацію в країні протягом останнього року виникла гостра необхідність розробки вітчизняної легкоплавкої титанової емалі, яка б відповідала вимогам, що пред'являються до емалей, які контактують з харчовими продуктами [6]. Тобто, вміст токсичних речовин в емалевому покритті не повинен перевищувати в модельному розчині оцтової кислоти з масовою долею 4,0 % допустимої кількості міграції бору 4 мг/дм³, хрому – 0,1 мг/дм³, нікелю – 0,1 мг/дм³, кобальту – 0,1 мг/дм³, цинку – 1,0 мг/дм³, свинцю – 0,3 мг/дм³, міді – 1,0 мг/дм³, миш'яку – 0,05 мг/дм³, титану – 1,0 мг/дм³, алюмінію – 0,5 мг/дм³, заліза 0,3 мг/дм³, у водній витяжці допустима кількість міграції фтору – 0,5 мг/дм³ (ГОСТ 24788-2001).

3. Об'єкт, ціль та задачі дослідження

Об'єктом дослідження є білі титанові емалі зі зниженою температурою випалу, які містять незначну кількість фтору, у зв'язку з його шкідливим впливом на здоров'я людей та навколишнє середовище.

Метою роботи є дослідження впливу модифікуючих додатків у складі малофтористої титанової емалі на процес глушіння та властивості антикорозійних покриттів на сталі.

Задачею дослідження є отримання білих титанових емалевих покриттів зі зниженою температурою випалу – 800–830 °С, хімічною стійкістю, яка відповідає ГОСТ 24788-2001 та заданими оптичними показниками покриття: білизною, яка оцінюється коефіцієнтом дифузного відбиття (КДВ) – ≥ 75 %, ступінню жовтизни (G) – ≤ 6 %, коефіцієнтом дзеркального відбиття (КДЗВ) – ≥ 60 %.

4. Матеріали та методи дослідження впливу зниження вмісту фтору в білій титановій емалі

Склад емалі ЕСП-117 був обраний за базовий для корегування та отримання емалі, яка, з одного боку, повинна мати знижену температуру випалу, з іншого – забезпечувати високу хімічну стійкість покриття. Крім того, коефіцієнт дифузного відбиття, яким оцінюють білизну матеріалів, повинен бути не нижчим 75 %. У відповідності до літературних джерел [7–9] даного показника недостатньо для характеристики відтінків білого кольору. Практичний досвід наукових досліджень білих титанових покриттів свідчить, що підвищення КДВ емалей більше 80 % веде до отримання покриттів з явно вираженим жовтим відтінком. У зв'язку з цим, крім КДВ, який визначається на компараторі кольору КЦ-3 [10] при джерелі світла «А», визначали координати кольору (X, Y, Z) при джерелі світла «С» та розраховували [8] ступінь жовтизни ($G, \%$) склошару за формулою (1):

$$G = [(1,28X - 1,06Z)/Y] \cdot 100, \quad (1)$$

де X, Y, Z – координати кольору зразка в системі МКО 1931 р.

За цією формулою, чим вище G , тим більший жовтий відтінок має покриття, при $G \sim 0$ емаль має ахроматичний колір (білий, сірий), а при $G < 0$ володіє блакитним відтінком [9].

В табл. 1 приведені склади та властивості склоемалей ЕСП-117 та її модифікаційного малофтористого аналогу — емалі МФ-1, яка містить в 2,3 рази менше фтору. Фтористі сполуки виконують роль передглушників в процесі формування емалевого покриття. Тому для компенсації послаблення їх каталізуючого впливу на процес кристалізації оксиду титану під час випалу склошару, в складі емалі МФ-1 було збільшено в 2,3 рази вміст P_2O_5 , який за літературними джерелами [4, 11] також сприяє кристалізації титанових емалей. В табл. 1 для порівняння приведені властивості титанової емалі компанії «FERRO».

Таблиця 1

Хімічні склади (мас. %) та властивості титанових емалей

Оксиди	Номери емалей		
	ЕСП-117	МФ-1	«FERRO»
$SiO_2 + V_2O_5 + Na_2O + K_2O$	70,48	69,59	—
TiO_2	16,65	16,40	—
Al_2O_3	4,07	4,96	—
MgO	1,42	2,00	—
P_2O_5	1,99	4,67	—
F	5,39	2,38	—
Всього	100,00	100,00	—
Властивості фрит та покриттів			
Розтічність, мм	40,0	36,0	45,0
Водостійкість, $см^3 \cdot г^{-1}$	0,05	0,07	0,05
КДВ, %	75	75	75
Ступінь жовтизни, %	3,48	-0,78	-2,40
КДзВ, %	65	52	70

Дослідна малофториста емаль МФ-1 має розтічність нижчу, ніж відомі фрити (табл. 1), що в свою чергу впливає на блиск покриття (КДзВ 52 %). Проте, за показником жовтизни розроблений аналог має краще значення ($G = 0,78$ %), ніж виробнича емаль ЕСП-117.

5. Результати досліджень впливу співвідношення Li_2O та BaO на властивості склофрит і емалевих покриттів

У відповідності із поставленим завданням: підвищити легкоплавкість фрити без втрати її хімічної стійкості, на основі літературних даних [12] були вибрані оксиди Li_2O та BaO , які активно зменшують в'язкість силікатних стекл. Передбачається, що введення третього лужного оксиду та другого лужно-земельного з різними радіусами катіонів може привести до підвищення хімічної стійкості та зниження температури випалу склопокриттів.

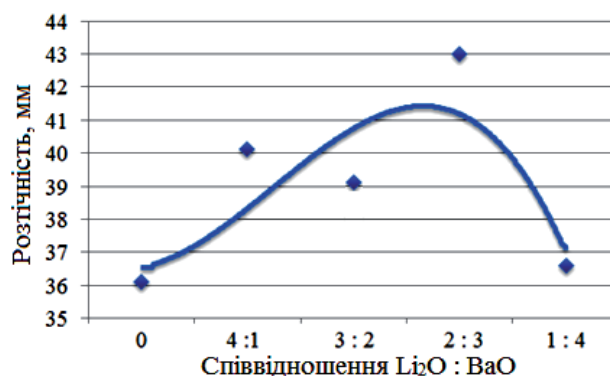
У вихідну склоемаль МФ-1 вибрані оксиди вводили одночасно зверху 100 % у невеликій кількості — 1,25 мас. %, з шагом 0,25 мас. % в якості модифікуючих додатків. Плавили шихти в лабораторних умовах при температурі 1250–1270 °С. Фритування розплаву проводили мокрим способом. Для дослідних фрит та покриттів визначали необхідні властивості (табл. 2).

Таблиця 2

Хімічний склад (мас. %) та властивості дослідних емалей

Оксиди	Номери дослідних емалей			
	МФ-2	МФ-3	МФ-4	МФ-5
$SiO_2 + V_2O_5 + Na_2O + K_2O$	69,59	69,59	69,59	69,59
TiO_2	16,40	16,40	16,40	16,40
Al_2O_3	4,96	4,96	4,96	4,96
MgO	2,00	2,00	2,00	2,00
P_2O_5	4,67	4,67	4,67	4,67
F	2,38	2,38	2,38	2,38
Всього	100,00	100,00	100,00	100,00
Li_2O	1,00	0,75	0,50	0,25
BaO	0,25	0,50	0,75	1,00
Співвідношення $Li_2O : BaO$	4 : 1	3 : 2	2 : 3	1 : 4
Властивості дослідних фрит				
Розтічність, мм	40,1	39,1	43,0	36,6
Водостійкість, $см^3 \cdot г^{-1}$	0,05	0,06	0,06	0,05
Властивості покриттів, температура випалу 800 °С, час — 4 хвилини				
КДВ, %	78	79	78	76
Ступінь жовтизни, %	4,00	3,22	4,57	0,59
КДзВ, %	58	78	75	75

Введення до складу емалі МФ-1 Li_2O і BaO не погіршило показник вилуговуваності — отримані емалі відповідають першому гідролітичному класу водостійкості (ГОСТ 10134.1-82). Особливо якісно ці добавки вплинули на розтічність більшості дослідних емалей. Цей показник збільшився з 36,1 до 43,0 мм (рис. 1). Найкращу розтічність має емаль МФ-4 з вмістом 0,5 мас. % Li_2O та 0,75 мас. % BaO .

Рис. 1. Залежність розтічності (мм) від співвідношення $Li_2O : BaO$

На рис. 2 та 3 приведені залежності показників КДВ та КДзВ, а також ступеню жовтизни (G , %) дослідних покриттів від співвідношення $Li_2O : BaO$. Коефіцієнт дифузного відбиття із введенням модифікуючих додатків практично не змінився: 75–79 %. Коефіцієнт дзеркального відбиття суттєво зростає до співвідношення Li_2O та BaO 2 : 3, а при подальшому збільшенні BaO цей показник практично не змінюється.

Характер залежності жовтизни від співвідношення $Li_2O : BaO$ (рис. 3) корегується із зміною розтічності

дослідних стекел (рис. 1). Це підтверджує відомий факт впливу надмірного розміру кристалів рутилу і анатазу на жовтизну титанової емалі [4]. Якщо в'язкість розплаву понижується відбувається швидкий ріст кристалів. Таким чином, найбільш легкоплавка фрита МФ-4 у порівнянні з вихідним складом МФ-1, характеризується більшим ступенем жовтизни, однак це збільшення з візуальної точки зору не помітне і цей показник наблизений до значення *G* класичної титанової емалі ЕСП-117.

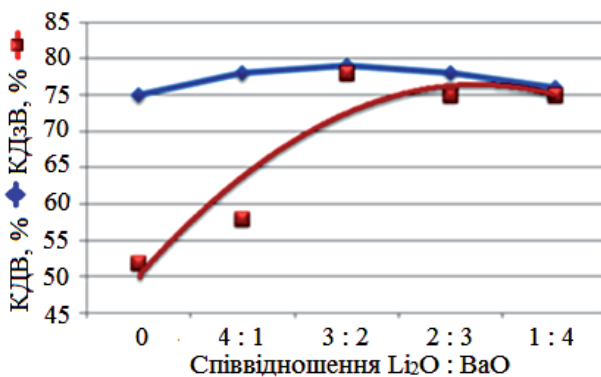


Рис. 2. Залежність КДВ і КДЗВ від співвідношення $\text{Li}_2\text{O} : \text{BaO}$ ($T_{\text{вип}} 800\text{ }^\circ\text{C}$)

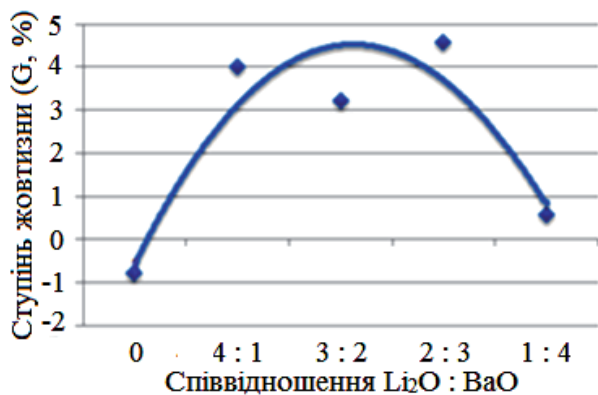


Рис. 3. Залежність ступеню жовтизни від співвідношення $\text{Li}_2\text{O} : \text{BaO}$ ($T_{\text{вип}} 800\text{ }^\circ\text{C}$)

Таким чином, введення в вихідну склоемаль МФ-1 тріади лужних оксидів $\text{Li}_2\text{O}-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$, а також лужно-земельних оксидів $\text{MgO}-\text{BaO}$ призвело до суттєвого збільшення розтічності дослідних емалей, а також покращення оптичних показників покриттів. В той же час водостійкість емалей не знизилась, що можна пояснити полілужним ефектом, який проявляється в склі у разі присутності декількох оксидів, що кардинально відрізняються радіусами катіонів [4, 11, 12]. За отриманими даними та за візуальною оцінкою було визначено найкращу склооснову — МФ-4.

6. Обговорення результатів впливу Li_2O та BaO на глушіння емалевих покриттів

Для з'ясування характеру кристалізації в титанових емалях: ЕСП-117, дослідній оптимальній склоемалі МФ-4, емалі фірми «FERRO» на дериватографі $Q - 1500\text{D}$ проведено диференційно-термічний аналіз фрит (рис. 4). Для ідентифікації кристалічних фаз глушіння було проведено рентгенофазовий аналіз титанових склоемалей на установці ДРОН-3 (рис. 5–7).

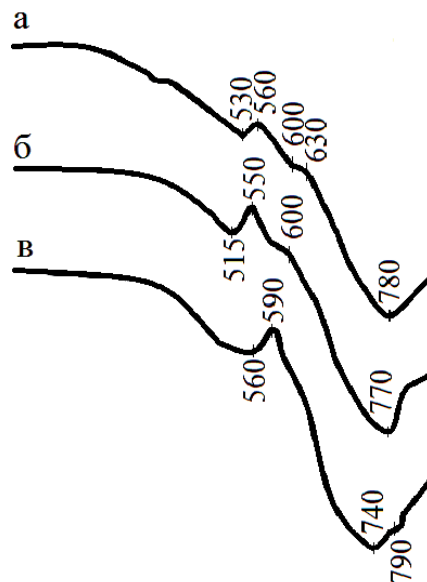


Рис. 4. Диференційно-термічний аналіз титанових емалей: а — ЕСП-117; б — МФ-4; в — «FERRO»

Як видно з рис. 4, характер кривих усіх трьох емалей ідентичний. Проте вони відрізняються температурою початку розм'якшення: у дослідній малофтористій фрити вона найменша — $515\text{ }^\circ\text{C}$, також ця склофрита характеризується найнижчою температурою піку екзотермічного — $550\text{ }^\circ\text{C}$, який ймовірно свідчить про початок утворення кристалічної фази.

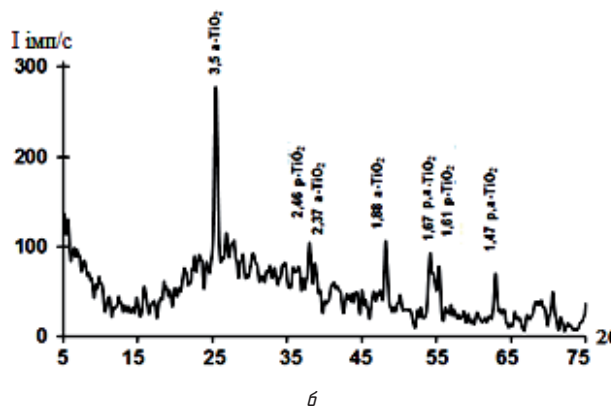
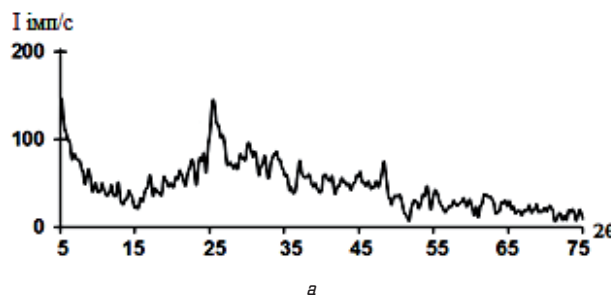


Рис. 5. Рентгенофазовий аналіз емалі ЕСП-117: а — витримка протягом 1 години при $600\text{ }^\circ\text{C}$; б — емаль після випалу при $830\text{ }^\circ\text{C}$

Як видно з рис. 5, а, після витримки фрити ЕСП-117 протягом 1 години при $600\text{ }^\circ\text{C}$ на рентгенограмі відмічаються незначні малоінтенсивні піки, які неможливо ідентифікувати. Після випалу цієї фрити при $830\text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 5, б) спостерігаються піки кристалізації,

які відносяться до модифікацій TiO_2 , причому переважає анатаз.

Дослідна фрита МФ-4 при температурі $600\text{ }^\circ\text{C}$ також характеризується малоінтенсивними піками (рис. 6, а). Проте в покритті після випалу можна спостерігати чіткі інтенсивні лінії кристалів рутилу та анатазу, що свідчить про більшу заглушеність покриття. Однак, інтенсивність піків рутилу в емалі МФ-4 більше, ніж в ЕСП-117. Тобто, переважаючою кристалічною фазою є рутил (рис. 6, б).

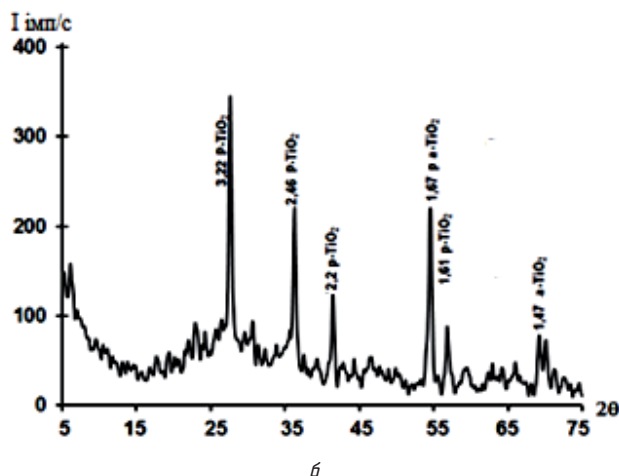
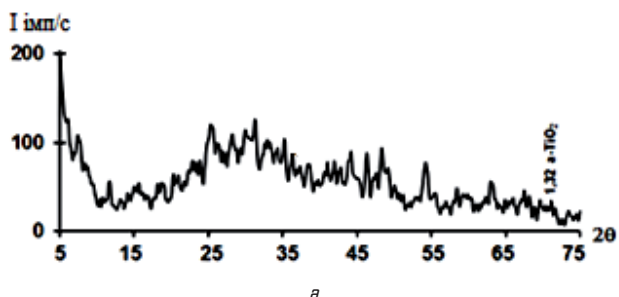


Рис. 6. Рентгенофазовий аналіз емалі МФ-4: а — витримка протягом 1 години при $600\text{ }^\circ\text{C}$; б — емаль після випалу при $830\text{ }^\circ\text{C}$

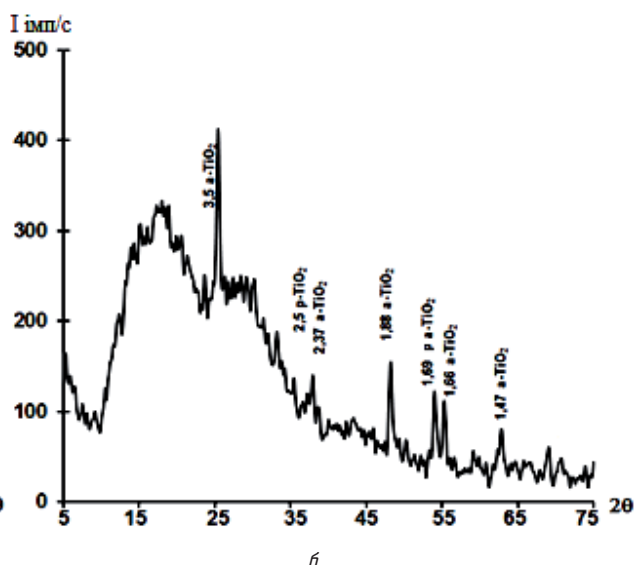
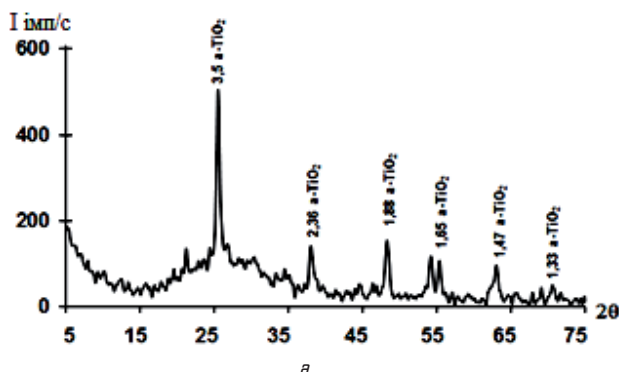


Рис. 7. Рентгенофазовий аналіз емалі «FERRO»: а — витримка протягом 1 години при $600\text{ }^\circ\text{C}$; б — емаль після випалу при $830\text{ }^\circ\text{C}$

На рис. 7 представлені рентгенограми титанової емалі італійської компанії «FERRO».

Як видно, вже при $600\text{ }^\circ\text{C}$ в цій емалі починають виділятися кристали анатазу (рис. 7, а). Після випалу при $830\text{ }^\circ\text{C}$ (рис. 7, б) кристали анатазу значно переважають в загальному об'ємі.

Таким чином, малофториста дослідна фрита МФ-4 у зрівнянні з класичною титановою емаллю ЕСП-117 характеризується більш низькою температурою початку розм'якшення (515 проти $530\text{ }^\circ\text{C}$) і зниженою температурою випалу ($800\text{--}830$ проти $830\text{--}860\text{ }^\circ\text{C}$). Однак переважаючою кристалічною фазою є рутил.

7. Висновки

В результаті проведених досліджень доказано, що навіть незначна кількість ($1,25$ мас. %) модифікуючих додатків Li_2O та BaO , введених в склад вихідної емалі МФ-1, сприяє поліпшенню легкоплавкості, а також покращенню оптичних характеристик білих малофтористих титанових склопокриттів, які випалюються в температурному інтервалі $800\text{--}830\text{ }^\circ\text{C}$.

Визначена оптимальна концентрація дослідних оксидів ($0,5$ мас. % Li_2O та $0,75$ мас. % BaO) у складі емалі для отримання якісного покриття під час випалу в енергозберігаючому температурному режиму конвеєрної печі ТОВ «Новомосковський посуд». Отримані білі малофтористі титанові склопокриття із заданими оптичними характеристиками: коефіцієнт дифузного відбиття — 78% , ступінь жовтизни — $4,57\%$, коефіцієнт дзеркального відбиття — 75% . Вони за хімічною стійкістю відповідають вимогам, що пред'являються до емалей (ГОСТ 24788-2001), які контактують з харчовими продуктами.

Література

1. Sarrazy, K. Low fire enamels for new pre-primed steels [Text] / K. Sarrazy, A. Aronica, A. Leseur // 23rd International Enamellers Congress. — Florence, 2015. — P. 88–100.
2. Хельмольд, П. Создание новой белой эмали без фтора [Текст] / П. Хельмольд, Б. Рёдикер, К. Хартманн // 19-й международный конгресс по эмалированию. — Венеция, 2001. — С. 122–130.

3. Liang, M. Microstructure and Properties of an Enamel Containing Nano-sized Crystals of Titanium Dioxide [Text] / M. Liang, X. Hanning, Z. Liyuan // 22nd International Enamellers Congress. — Cologne, 2012. — P. 1–7.
4. Брагина, Л. Л. Технология эмали и защитных покрытий [Текст] / Л. Л. Брагиной, А. П. Зубехина. — Харьков: НТУ «ХПИ»; Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2003. — 484 с.
5. Pagliuca, S. Porcelain (Vitreous) Enamels and Industrial Enamelling Processes. The Preparation, Application and Properties of Enamels [Text] / S. Pagliuca, W. D. Faust. — Ed. 3. — Tipografia Commercialerl Via Vittorino da Feltre, Mantova, Italy, 2011. — 900 p.
6. Lips, K. Food Contact materials in Europe: a challenge for the enamel industry [Text] / K. Lips, D. Jacobs, N. Nyssen // 23rd International Enamellers Congress. — Florence, 2015. — P. 209–221.
7. Платов, Ю. Т. Колориметрическая идентификация фарфора по виду материала [Текст] / Ю. Т. Платов, Р. А. Платова, Д. А. Сорокин // Стекло и керамика. — 2009. — № 4. — С. 10–13.
8. Платов, Ю. Т. Оценка белизны фарфора [Текст] / Ю. Т. Платов, Р. А. Платова, Д. А. Сорокин // Стекло и керамика. — 2008. — № 8. — С. 23–27.
9. Платов, Ю. Т. Инструментальная спецификация цветовых характеристик строительных материалов [Текст] / Ю. Т. Платов, Р. А. Платова // Строительные материалы. — 2013. — № 4. — С. 66–72.
10. Компоратор цвета КЦ-3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Текст]. — М.: ВНИИ полиграфия, 1990. — 68 с.
11. Артамонова, М. В. Химическая технология стекла и ситаллов [Текст]: учебник / М. В. Артамонова, М. С. Асланова, И. М. Бужинский; под ред. Н. М. Павлушкина. — М.: Стройиздат, 1983. — 432 с.
12. Ходаковская, Р. Я. Химия титаносодержащих стекол и ситаллов [Текст] / Р. Я. Ходаковская. — М.: Химия, 1978. — 288 с.

РАЗРАБОТКА БЕЛЫХ ТИТАНОВЫХ ЭМАЛЕВЫХ ПОКРЫТИЙ С ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ ОБЖИГА

Исследовано влияние модифицирующих добавок Li_2O и BaO на свойства фритт и оптические характеристики белых титановых малофтористых эмалевых покрытий. Установлены

оптимальные концентрации оксидов лития и бария в составе исследуемых эмалей. Получены гладкие, плотные, белые стеклопокрытия с хорошим блеском и необходимыми физико-химическими свойствами, которые могут быть рекомендованы для нанесения их на стальные изделия хозяйственно-бытового назначения.

Ключевые слова: белое покрытие, малофтористая эмаль, белизна, степень желтизны, оксид бария, оксид лития.

Рижова Ольга Петрівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра хімічної технології кераміки та скла, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпропетровськ, Україна, e-mail: olga_ryzhova777@mail.ru.

Хохлов Максим Андрійович, аспірант, кафедра хімічної технології кераміки та скла, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпропетровськ, Україна, e-mail: maksim-hohlov1988@mail.ru.

Кислична Раїса Іванівна, кандидат технічних наук, науковий співробітник, кафедра хімічної технології кераміки та скла, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпропетровськ, Україна, e-mail: Steklopatent@mail.ru.

Рыжова Ольга Петровна, кандидат технических наук, доцент, кафедра химической технологии керамики и стекла, ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», Днепропетровск, Украина.

Хохлов Максим Андреевич, аспирант, кафедра химической технологии керамики и стекла, ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», Днепропетровск, Украина.

Кисличная Раиса Ивановна, кандидат технических наук, научный сотрудник, кафедра химической технологии керамики и стекла, ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», Днепропетровск, Украина.

Ryzhova Olga, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: olga_ryzhova777@mail.ru. Khokhlov Maksim, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: maksim-hohlov1988@mail.ru. Kislchnaya Raisa, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: Steklopatent@mail.ru

УДК 66: 533.9+004.9

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.47714

**Сергеева О. В.,
Пивоваров А. А.**

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ИЗ ВОДНОГО РАСТВОРА СЕРЕБРА ПЛАЗМОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

В данной работе исследовалось влияние процесса плазмохимической обработки водных растворов, содержащих ионы серебра, на образование наноразмерных частиц серебра, их размеры и характер их изменения в заданном временном промежутке. Полученные результаты планируется использовать для создания уточненной математической модели процесса плазмохимической обработки жидких сред.

Ключевые слова: неравновесная плазма, разряд, жидкий катод, наночастицы серебра, водный раствор.

1. Введение

Наноразмерные частицы серебра находят широкое применение в различных технологиях. В обзорной работе [1] рассмотрено большое количество известных методов получения (традиционных и нетрадиционных)

наночастиц (НЧ) серебра, проанализированы их достоинства и недостатки, значительное внимание уделено методам получения нанообъектов с заданной геометрией, обсуждаются также уникальные оптические и антибактериальные свойства серебра. В работе [2] указывается на перспективность использования НЧ серебра в плаз-