

УДК 666.112.92

Семчук О.Р., Вахула Я.І., Яцишин Й.М.
ДУ "Львівська політехніка", кафедра ХТС

АДГЕЗІЙНА ЗДАТНІСТЬ СКЛОПОКРИТТІВ, ОДЕРЖАНИХ ЗА ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ТЕХНОЛОГІЄЮ

© Семчук О.Р., Вахула Я.І., Яцишин Й.М., 2000

Визначено роботу сил адгезії склопокрить, одержаних за золь-гель технологією в системі $K_2O-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2-P_2O_5$, при оптимальній температурі формування.

The work of adhesion was determined for glass coatings which were obtained by sol-gel method at optimal glassforming temperature in $K_2O-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2-P_2O_5$ system.

Останнім часом в науці і техніці все більшого застосування знаходять склопокриття поліфункціонального призначення. Використання покрить дає можливість суттєво покращити експлуатаційні характеристики виробів. Серед багатьох методів одержання склопокрить заслуговує на увагу золь-гель метод. Дана технологія передбачає два напрямки: 1) напилення склоутворюючого розчину (істинних розчинів або стабілізованих золей) на гарячий підклад з подальшим отопленням продуктів термоосаду; 2) одержання з колоїдних розчинів гелевих порошків, нанесення на підклад та їх термообробка. Причому покриття на основі гелевих порошків можна наносити як пензлем, так і через трафарет. Як підклад можуть використовуватись метал, кераміка, скло.

Незалежно від методу одержання покрить повинні відповідати ряду вимог. Серед них основними є узгоджений коефіцієнт термічного розширення (ТКЛР) і добре зчеплення з підкладом. Якщо ТКЛР покрить відносно легко підібрати, змінюючи співвідношення оксидів і узгоджуючи з ТКЛР підкладу, то питання адгезії є складнішим. Основна частина праць присвячена адгезії скла до гарячих металів, однак природа сил, які зумовлюють зчеплення, точно не встановлена [1].

Метою даних досліджень було визначення роботи адгезії склопокрить, одержаного золь-гель методом з гелевих порошків.

Для приготування склоутворюючого розчину в системі $K_2O-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2-P_2O_5$ використовували калієве рідке скло з модулем $M=3,5$. Алюмінат калію готували, додаючи алюмінієву пудру в розчин лугу. В роботі також використовували гідрофосфат амонію $(NH_4)_2HPO_4$, борну кислоту H_3BO_3 марок «ч», і розчин лугу КОН марки «ч.д.а.»

У процесі приготування склоутворюючих розчинів існують певні особливості. Якщо покрить наносяться шляхом напилення, то використовують істинні розчини або стабілізовані золі. В цьому випадку важливу роль відіграє порядок зливання компонентів розчину для запобігання випадання осаду. При приготуванні гелю порядок зливання має важливе значення. В процесі досліджень було встановлено наступний порядок зливання: рідке скло – розчин лугу – алюмінат калію – (гідрофосфат амонію + борна кислота). У всіх

інших випадках спостерігалось передчасне утворення гелю або випадання осаду гідроксиду алюмінію.

Відомо [5], що необхідною умовою для міцного зчеплення емалі (скла) з підкладом є добре змочування розтопом поверхні металевих предметів. Мірою змочування поверхні твердого тіла є крайовий кут θ , який має безпосередній зв'язок з величиною поверхневого натягу σ . Визначення крайового кута змочування проводили на катетометрі КМ-8 за методикою [2]. Встановлено [1], що зменшення величини поверхневого натягу розтопу сприяє доброму змочуванню ним поверхні металевих предметів. Роботу сил адгезії деякі автори [3,4] пропонують розраховувати за формулою:

$$W_{ad} = \sigma * (1 + \cos \theta),$$

де W_{ad} – робота сил адгезії, ерг/см²; σ – поверхнева енергія розтопу, ерг/см²; θ – крайовий кут змочування, град;

Поверхневу енергію розраховували за методом аддитивності при використанні парціальних коефіцієнтів згідно з Дітцелем [6].

Для експериментального визначення кута змочування покриттів одержані гелі сушили при температурі 50 °С до постійної маси і розтирали до проходження через сито 0063. Порошок в тиглі отоплювали в силітовій печі при температурі 900 °С. Одержаний розтоп виливали на холодну поверхню листового скла. Одержані краплі разом з підкладом витримували при 600 і 750 °С протягом 20 хвилин. За геометричними розмірами крапель було визначено крайові кути змочування. Результати наведені в таблиці.

Крайові кути змочування, визначені за геометричними розмірами крапель

Холодний підклад			600 °С			750 °С		
θ , град	σ , ерг/см ²	W_{ad} , ерг/см ²	θ , град	σ , ерг/см ²	W_{ad} , ерг/см ²	θ , град	σ , ерг/см ²	W_{ad} , ерг/см ²
103,88	139,99	106,39	51,44	139,99	227,20	23,58	139,99	268,36
103,88	139,99	106,39	50,17	139,99	229,72	36,87	139,99	251,98
103,88	139,99	106,39	43,79	139,99	241,06	38,90	139,99	248,90
			51,63	139,99	226,92	46,72	139,99	236,02
			45,07	139,99	238,88			
			53,13	139,99	223,98			
			53,13	139,99	223,98			
			46,72	139,99	236,58			
			46,72	139,99	236,58			
			44,11	139,99	240,50			
			49,11	139,99	231,68			
			41,30	139,99	245,12			
			45,07	139,99	238,88			
			48,42	139,99	232,94			
			41,30	139,99	245,12			
$W_{ad\text{ сеп}} = 106,39$ ерг/см ²			$W_{ad\text{ сеп}} = 234,61 \pm 6,08$ ерг/см ²			$W_{ad\text{ сеп}} = 251,32 \pm 8,86$ ерг/см ²		
			$\varepsilon = 2,59\%$			$\varepsilon = 3,52\%$		

Крайовий кут змочування залежить від в'язкості. В інтервалі температур 600...750 °С кут змочування змінився в середньому від 47 до 36°. Значення поверхневої енергії даного покриття є досить низьке – 139,99 ерг/см² порівняно з промисловими типами скла 342,10 ерг/см² через те, що до його складу входять оксиди K₂O, B₂O₃, P₂O₅, які суттєво знижують поверхневий натяг. Результати експериментальних досліджень свідчать, що

адгезійна здатність склопокриттів підвищується із зростанням температури обтоплення, що спричиняє зменшення крайового кута змочування. Отже можна стверджувати, що підвищення температури сприяє зростанню роботи адгезії з 234,61 ерг/см² при температурі 600 °С до 251,32 ерг/см² при 750 °С. Враховуючи той факт, що при 750 °С спостерігається деформація підкладу, оптимальною температурою формування склопокрить слід вважати 600 °С.

1. Алексеенко М.П. Когезия и адгезия горячего стекла. М., 1969. 2. Яцишин Й.Н., Козий О.И., Бабаджанова О.Ф. и др. Краевой угол смачивания листового стекла // *Вестн. Львов. политехн. ин-та*. 1987. № 211. С.89-92. 3. Klaus Lellig and Gerhard Ondracek. *Glass and polymer: wetting and adhesion // Glass science and technology*. 1996. Vol.69. № 11. P.357-367. 4. A.J.H.P. van der Pol, T.R.Mulderij. *High temperature interactions on the glass-metal interface // Fundamentals of Glass Science and Technology*. Växjö. 1997. P.391-397. 5. Кинлок Э. Адгезия и адгезивы. Наука и технология. М., 1991. 6. Матвеев М.А., Матвеев Г.М., Френкель Б.Н. *Расчеты по химии и технологии стекла*. М., 1972.