

УДК 621.365:667.6

Скороход С.В., Кучеренко К.В., Мельник Л.І. к.т.н.

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

## ТЕПЛОВИДІЛЯЮЧІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙ

Робота присвячена дослідженню теплофізичних властивостей композиційних матеріалів на основі кремнійорганічних зв'язуючих і графіту. Досліджено тепловиділення з одиниці поверхні розроблених покриттів. Показано вплив різних факторів на цей процес, таких як: концентрація наповнювача, вид зв'язуючого, додавання терморозширеного графіту.

Работа посвящена исследованию теплофизических свойств композиционных материалов на основе кремнийорганических связующих и графита. Исследованы выделение тепла с единицы поверхности разработанных покрытий. Показано влияние различных факторов на этот процесс, таких как: концентрация наполнителя, вид связующего, добавление терморасширенного графита.

The work is devoted to research thermal properties of composite materials based on silicon and graphite bonding. Investigated heat per unit of surface coatings. The influence of various factors on the process, such as the concentration of filler, binder type, the addition of exfoliated graphite.

**Ключові слова:** композиційні матеріали, графіт, кремнійорганічні зв'язуючі, електропровідність, тепловиділення, лакофарбові покриття.

Серед нагрівальних елементів, останнім часом, широко розповсюджуються полімерні композиційні матеріали, що поєднують ряд цінних властивостей як наповнювача так і полімерної матриці. Нами розроблено композиційні матеріали на основі кремнійорганічних зв'язуючих і графіту в якості струмопровідного наповнювача. Композицію готували в кульовому млині, час диспергування визначався по ступеню перетиру (10 мкм за гриндометром «Клин»).

З метою визначення максимально можливих теплових навантажень на матеріал, що працює в якості тепловиділяючого елемента, визначалась температура поверхні лакофарбового покриття на основі графіту. Зміна температури поверхні впливає на властивості самого лакофарбового покриття, а внаслідок різних температурних коефіцієнтів лінійного розширення зв'язуючого і наповнювача, виникають внутрішні напруги. Компенсувати їх можливо за рахунок використання більш еластичного зв'язуючого.

Фізична сутність явища полягає в проходженні електричного струму через ланцюжки графіту та виділенні тепла на поверхню. В лакофарбовому покритті теплопровідність неоднорідна за рахунок складної будови покриття. Тепловиділення відбувається через зв'язуюче і наповнювач, при цьому можливе локальне підвищення температури на межі розділу фаз. Виділення

тепла в навколишнє середовище відбувається за рахунок конвекції і випромінення. З підвищенням температури поверхні частка енергії, що віддається в навколишнє середовище за рахунок випромінення збільшується.

Цікавим було дослідити залежність теплофізичних властивостей покриттів від концентрації наповнювача в межах перколяційного ефекту та вплив на їх зміну додатків ТРГ який володіє розвинутою пористою структурою. Дослідження проводили на прикладі системи поліфенілсилоксан (ПФС) – графіт (ГАК-2), в концентраційному інтервалі 25-35 мас.%, адже саме при цих концентраціях в системі присутній напівпровідниковий ефект. Вибір саме цієї системи зумовлений її специфічними властивостями як в фізико-хімічному, так і в технологічному відношенні. Встановлено, що введення додатку ТРГ (1 мас.%) зменшує опір в 10-20 разів. Сила струму при цьому зростає на порядок (див. табл.).

#### Тепловиділення з одиниці поверхні покриття

Концентрація графіту, мас.%	Сила струму, А	Питома потужність, Вт/см <sup>2</sup>	Температура нагріву поверхні, К	Опір, Ом
35	0,3/1,5	0,09/0,28	313/308	41,3/3,1
	0,5/2	0,27/0,52	360/360	43,8/3,2
	0,7/2,5	0,54/0,83	418/458	45,3/3,3
	1/3	0,98/1,35	478/475	39,8/3,7
	1,1/3,5	1,35/1,66	508/508	39,9/3,3
30	0,3/1	0,21/0,20	320/313	71,7/6,1
	0,4/1,5	0,49/0,37	358/338	94,3/5,1
	0,6/2	1,14/0,68	468/390	96,2/5,2
	0,7/2,5	1,55/1,13	508/453	96,1/5,5
25	0,3/1	0,57/0,53	330/326	214,3/11,1
	0,4/1,5	1,22/1,11	416/403	258/10,3
	0,5/2	2,14/2,53	433/513	290,0/13,2

Чисельник / знаменник: системи ПФС+ГАК-2 / системи ПФС+ГАК-2+1 мас.% ТРГ

В ході експерименту встановлено, що при температурі поверхні 513 – 553 К не відбувається руйнування полімерного покриття для всіх досліджуваних систем за рахунок перегріву. Виділення продуктів деструкції кремнійорганічного зв'язуючого при підвищенні температури спостерігається лише за рахунок місцевого перегріву міжфазного шару. Локальна температура значно перевищує температуру поверхні покриття і може досягати температури деструкції зв'язуючого. Даний процес якраз характерний для систем з напівпровідниковим ефектом, коли за рахунок мікролокальних перегрівів руйнується структура матеріалу. Контролювати та керувати даними змінами неможливо. Тому значний інтерес викликало дослідження систем з більшою концентрацією провідної складової, при якій напівпровідниковий ефект знижений на багато порядків, а система має

омічну провідність. Зважаючи на попередні дослідження технологічних [1], фізико-механічних [2] та електричних властивостей [3] даних систем оптимальна концентрація графіту знаходилась в межах 50 – 70 мас.%. Тому цікавим було дослідити процес тепловиділення в системах саме в такому концентраційному інтервалі.

Встановлено, що залежність питомої потужності від вмісту наповнювача (при майже однаковій температурі поверхні нагріву) має параболічний характер при мінімумі в інтервалі концентрацій наповнювача 55-60 мас.%, незалежно від природи зв'язуючого. Так, для системи ПМФС-ГЛС в інтервалі температур 448 – 458 К при концентрації 31,5 – 55 – 76 мас.% питома потужність складає відповідно 0,718 – 0,639 – 0,997 Вт/см<sup>2</sup>. Системи ПФС-ГЛС в температурному інтервалі 443 – 468 К і концентрації 30 – 60 – 70 мас.% має питому потужність 0,938 – 0,530 – 0,927 Вт/см<sup>2</sup>. Виходячи з одержаних даних можна стверджувати, що тип зв'язуючого як і вид графіту суттєвого впливу на теплофізичні властивості поверхні не здійснюють. Питома потужність для систем ПФС-ГАК-2 при концентрації 30 мас.% і температурі поверхні 338 – 343 К складає 0,37 Вт/см<sup>2</sup>, а ПФС-ГЛС-1 при аналогічних умовах вона становить 0,27 Вт/см<sup>2</sup>. В системі ПМФС-ГЛС-1 при концентрації 31 мас.% і температурі поверхні 363 К питома потужність становить 0,3 Вт/см<sup>2</sup>, а в ПМФС – ГАК-2 при концентрації 30 мас.% і температурі поверхні 366 К питома потужність складає 0,3 Вт/см<sup>2</sup>.

Таким чином, за рахунок введення ТРГ і його кращого розподілу в наповненому покритті, покращуються теплопровідні властивості останнього. Це сприяє кращій передачі теплоенергії від частинок матеріалу до поверхні і покращує відвід тепла за рахунок чого температура поверхні покриття з ТРГ нижче в порівнянні з покриттям без ТРГ. Так для систем ПМФС – ГАК-2 при концентрації 30 мас.% і питомій потужності 0,4 Вт/см<sup>2</sup> вона відповідно складає 348 і 428 К. За рахунок введення ТРГ підвищується шорсткість покриття і, як наслідок, збільшення площі поверхні контакту з повітрям, покращуються умови для тепловіддачі конвекцією і тому температура поверхні в цих покриттях нижча. Таким чином введення ТРГ покращує теплообмін між покриттям і навколишнім середовищем.

### Список використаних джерел

1. Мельник Л.І. Закономірності формування і застосування термостійких струмопровідних силіоксанграфітових матеріалів / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидат технічних наук. К.: Політехніка. – 2009. – 36 с.
2. Вивчення фізико-механічних властивостей покриттів на основі системи ПОС - графіт / Шляєва О.Л., Свідерський В.А., Мельник Л.І. // Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”. Збірник наукових праць. Тематичний випуск „Хімія, хімічна технологія та екологія”. – Харків: НТУ „ХПІ”. – 2004. - №32. – С. 59-63.
3. Струмопровідні композиції на основі поліорганосиліоксанів / Свідерський В.А., Мельник Л.І., Лавриненко С.В. // Хімічна промисловість України. - 2002. - № 1. – С. 22-24.