

Рис. 2. Результати експериментальних досліджень

З номограми (рис. 2) видно, що ефективність комбінованого сонячного колектора за зміни кута падіння α і β від 90° до 30° зменшується на 45,5 %. У разі зміни кута падіння сонячного випромінювання відбувається незначне падіння ККД комбінованого сонячного колектора.

Висновки. Дослідження показали високу ефективність комбінованого сонячного колектора, що дає змогу говорити про його широке застосування в системах сонячного теплопостачання. Коефіцієнт ефективності $K_{\text{еф}}$, за інтенсивності теплового потоку $I_b = 900 \text{ Вт/м}^2$ змінюється від 1 до 0,55, що свідчить про здатність ефективного вловлювання випромінювання за різних відхилень кутів падіння теплового потоку від 90° .

Література

- Wiśniewski G. Kolektory słoneczne: energiasłoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle / G. Wiśniewski, S. Gołębiowski, M. Grycik i in.. – Warszawa : Wyd-vo " Medium", 2008. – 201 s.
- Новаківський С.В. Підвищення ефективності використання сонячної енергії в комбінованих системах промислового теплопостачання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук / С.В. Новаківський; Одеський національний політехнічний університет. – Одеса, 2004. – 22 с.

Возняк О.Т., Шаповал С.П., Пона О.М. Исследование эффективности комбинированного солнечного коллектора

Рассмотрен способ повышения эффективности использования солнечного излучения комбинированным солнечным коллектором. Описаны результаты исследований поступления солнечной энергии на комбинированный солнечный коллектор. Показано, что можно эффективно использовать тепло кровельного материала здания. Установлены зависимости между разными ориентациями комбинированного солнечного коллектора и его эффективностью.

Ключевые слова: солнечный коллектор, солнечное излучение.

Voznak O.T., Shapoval S.P., Pona O.M. Research efficiency of the combined solar collector

This article studies the method of efficiency increase of solar energy using by combined solar collector. The results of investigation of solar radiation incoming on the combined solar collectors are described. It is shown that it is possible to effectively use the heat of a building roof material. The dependence between different orientations of the combined solar collector and efficiency are determined.

Keywords: solar collector, solar radiation.

УДК 666.841

Аспір. Л.Б. Демидчук¹ – Львівська КА

ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ НАПОВНЕНОГО ПОЛІМЕТИЛФЕНІЛСИЛОКСАНУ ДЛЯ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ЗАХИСТУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Досліджено фізико-механічні властивості захисного покриття на основі наповненого поліметилфенілсилоксану з наповнювачами та можливості їх використання із врахуванням рецептур вихідних композицій для високотемпературного захисту залізобетонних будівельних конструкцій. Показано вплив зміни фазового складу покриття на властивості матеріалів, які експлуатуються в умовах дії високих температур.

Ключові слова: захисне покриття, високотемпературний захист, залізобетон, будівельна конструкція, поліметилфенілсилоксан.

Постановка проблеми. Завдання високотемпературного захисту залізобетонних будівельних конструкцій полягає в утворенні на їх поверхні щільних теплоізолюючих екранів з низькою температуропровідністю, які здатні протягом тривалого часу не руйнуватися під дією високих температур, вогню та інших агресивних чинників навколишнього середовища.

Спосіб захисту будівельних конструкцій обирається на підставі техніко-економічного аналізу з урахуванням такого: умов їх експлуатації; температуро-та вогнестійкість; ступінь агресивності навколишнього середовища; природа матеріалу, що захищається, вартість тощо. Відомі на сьогодні способи захисту залізобетонних конструкцій від дії високих температур і вогню у вигляді штукатурок, бетонування, жорстких екранів, плит і обмазок характеризуються складністю монтажу, значною товщиною і собівартістю догляду.

Високотемпературно-вогнезахисним матеріалам на основі неорганічних речовин характерна наявність у складі зв'язаної води, яка під час нагрівання випаровується і блокує перенесення тепла до поверхні, що захищається. Як зв'язок використовують рідке скло, портландцемент, глиноземистий цемент, фосфатні та аломосилікатні в'язучі. Температуро- і термостійкими заповнювачами для захисних покриттів виступають спучений перліт і вермикуліт, керамзит, базальтові, каолінові, кремнеземні і кварцеві волокна. Проте ці покриття внаслідок низької атмосферостійкості недовговічні і мають високу вартість.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У процесі термічної деструкції матеріалу захисного покриття відбуваються реакції окислення органічних радикалів зв'язки, їх деполаризація і зміни у структуроутворенні [1-3]. Кисень безпосередньо діє тільки на органічні радикали, тому стійкість такого матеріалу до дії високих температур визначається його будовою.

З'єднання, які в полімерному ланцюзі замість атомів вуглецю містять атоми інших елементів, зокрема силіцію, можуть значно збільшити термічні властивості захисних матеріалів. Такими з'єднаннями можуть бути використані поліорганосилоксани, кінцевим продуктом термоокисної деструкції яких є полімер $[\text{SiO}_2]_n$, який додає матеріалу також певної міцності [4]. Неорганічний полімер, який знаходиться у складі матеріалу, під час нагрівання є каркасом під час формування захисного шару захисного покриття. Синтезовані полімери, які в основ-

¹ Наук. керівник: проф. М.М. Гивлюд, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

ному ланцюзі з атомами силіцію і кисню містять періодичні вклучення атомів металів, навіть незначний вміст яких різко змінює властивості силіційорганічних з'єднань за рахунок збільшення маси мінеральної складової.

Як відомо [5, 6], поліорганометалосилоксани характеризуються високою термічною стійкістю, яка перевищує теплостійкість силіційорганічних полімерів. Серед поліорганометалосилоксанів виділяють полімери, у яких ланцюги побудовані з атомів силіцію, кисню та алюмінію. Їх використовують для виготовлення пластмас, які можуть ефективно виконувати функції під час нагрівання до температури 513 K [7]. Внаслідок термічного розкладання в них зберігається зв'язок Si – O–Al. Нагрівання до температури понад 523 K приводить тільки до обміну фенільних і алкідних груп між атомами силіцію і алюмінію.

Особливістю органосилоксанового покриття, яке є продуктом фізико-механічних і теплових процесів, які відбуваються в системі "поліорганосилоксан – оксид – силікат", є їх низька температура формування (до 513 K) і здатність до короткочасного захисту покритої ним поверхні при нагріванні до 3273 K, за рахунок утворення в матеріалі покриття єдиної просторової структури з високоміцними силосансилікатними, силосан-оксидними і металосилоксановими зв'язками [7, 8].

Оксиди, які використовуються в захисному покритті як наповнювач, відіграють важливу роль у підвищенні термостабільності покриттів, залежно від їх хімічної природи початок деструкції у зазначеній вище системі або зміщується в область високих температур, або розширює температурний інтервал деструкції полімеру. За температури нагрівання понад 973 K стійкість захисних покриттів визначається властивостями висококремнеземистої склокераміки, в яку переходить органосилоксановий матеріал. Властивості покриттів повністю залежать від процесів структурної перебудови за рахунок аморфізації з подальшим утворенням нових фаз і їх перекристалізацією. За температури понад 1473 K матеріал може плавитися і перетворюватися на склоподібну масу. Підвищити адгезійну міцність та термостійкість органосилікатних покриттів за рахунок зниження їх пористості можливо шляхом введення до їх складу склоподібних добавок, оксидів змінної валентності та попередньої підготовки поверхні, яка захищається [8].

Доведено, що основними перевагами органосилікатних і органооксидних покриттів є їх висока еластичність, показники електроізоляційних та теплоізоляційних властивостей, вологостійкість, гідрофобність, адгезія, простота і доступність технології нанесення, довготривала теплостійкість. За високих температур експлуатації відбувається руйнування органічної складової і роль зв'язуючого в системі переходить до силіційкисневого каркаса, покриття стає пористим, що є причиною погіршення її експлуатаційних властивостей.

Мета роботи полягає у дослідженні можливості отримання температурозахисних покриттів для залізобетонних будівельних матеріалів на основі наповненого поліметилфенілсилоксану.

Дослідна частина. Як компоненти для захисних покриттів використовували поліметилфенілсилоксановий лак КО–08, алюмінію та цирконію оксиди. Мінеральні наповнювачі каолін, каолінове волокно та шамотний бій обрані, виходячи з їх стійкості, відповідно до дії високих температур, сумісності з силіційорганічними сполуками, здатності взаємодіяти з кремнеземом, який зв'язується під час нагрівання з утворенням нових вогнетривких силікатних фаз.

Введення в систему $Al_2O_3-ZrO_2-SiO_2$ поліметилфенілсилоксану на заміну силіційу (IV) оксиду сприяє покращенню технологічності нанесення захисного покриття та характеризується появою під час нагрівання додаткової стадії термоокисної деструкції в температурному інтервалі 813...1373 K з утворенням слабкокристалізованих модифікацій кремнезему (рис. 1).

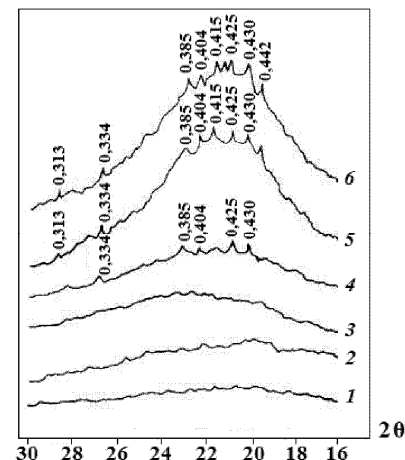


Рис. 1. Фазовий склад продуктів термоокисної деструкції поліметилфенілсилоксану під час нагрівання:

- 1) початковий;
- 2) 473 K;
- 3) 773 K;
- 4) 873 K;
- 5) 1073 K;
- 6) 1373 K.

Як вже було зазначено, вибір складів захисних покриттів здійснено, виходячи з умови, що оптимальними є склади з мінімальним вмістом кремнезему після термоокисної деструкції поліметилфенілсилоксану. Збільшення змісту кремнезему в покритті поряд із інтенсифікацією кристалізації мулітової і цирконової фаз під час нагрівання призводить до утворення β-кристобаліту, який погіршує захисні властивості покриття. Дослідження зміни фазового складу початкової композиції при підвищенні температури проведено з використанням методів інфрачервоної спектроскопії і рентгенофазового аналізу.

За температури 1273 K в покритті утворюється силіманіт, який за умови подальшого насичення AlO_4 переходить в муліт. При нагріванні до 1673 K кристалізується фаза циркону як результат взаємодії ZrO_2 з силосановими групами. В інтервалі температур 1473...1673 K спостерігаємо незначну кількість β-кристобаліту як наслідок кристалізації непрореагувавших силіційоксидних груп зв'язки. За температури 1873 K фазовий склад вже представлений непрореагуваними мулітом і цирконом, зернами корунду і моноклінного ZrO_2 . При цьому β-кристобаліт повністю відсутній. Електронно-мікроскопічне дослідження також показує, що мікроструктура покриття за температури 1873 K представлена переплетеною сіткою муліта і циркону, зернами корунду і моноклінного ZrO_2 , що не прореагували, а будь-які модифікації кремнезему відсутні.

У процесі нагрівання покриття змінюється від органосилікатного до оксидного і далі до оксидно-силікатного. Деструкція силіційорганічної зв'язки веде до значного збільшення відкритої пористості покриттів в інтервалі температур 873...1173 K, що негативно впливає на їх захисні властивості. Встановлено, що для інтенсифікації процесу спікання та запобігання утворенню пор і тріщин у структурі матеріалу є доцільним введення до складу початкових композицій мо-

дифікуючих добавок, які впливають як на температурний інтервал термоокисної деструкції зв'язки, так і на процеси взаємодії між компонентами в процесі нагрівання і формування структури захисного покриття.

Протікання зазначених процесів підтверджується результатами комплексу методів фізико-хімічного аналізу. Покриття товщиною 300...400 мкм наносили на підкладку методом занурення, при цьому під час формування покриття відбуваються процеси змочування і розтікання суспензії, утворення площі контакту між фазами і виникнення між ними адгезійного зв'язку.

Адгезійна міцність покриття до підкладки зумовлена фізико-хімічними процесами, які відбуваються як у захисному шарі, так і в зоні контакту в температурному інтервалі 573...673 К і має екстремальний характер з максимумом при 473...673 К (5,1...6,1 МПа) і мінімумом при 1273...1373 К (3,7...3,9 МПа). Зменшення адгезійної міцності зумовлене утворенням пор під час термоокисної деструкції силіційорганічної зв'язки, модифікаційними перетвореннями алюмінію, цирконію (IV), силіцію (IV) оксидів, внаслідок чого зовнішній вигляд покриття є пишною плівкою із слабо зв'язаних між собою оксидів.

Подальше нагрівання покриття до 1673 К веде до збільшення адгезійної міцності покриття внаслідок утворення в структурі муліту та циркону, зменшення пористості покриття, що підтверджує попередні результати досліджень. Отримані результати щодо визначення наявності проміжного шару між покриттям і підкладкою підтверджують дані електронно-мікроскопічного аналізу (рис. 2).

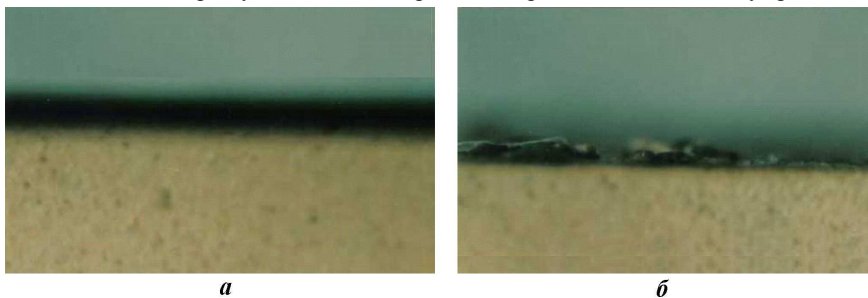


Рис. 2. Макроструктура перехідного шару "покриття – матеріал" (× 100) при температурі нагрівання 523 К: а) сталь 09Г2С; б) бетон

Покриття на основі розроблених складів характеризуються високими захисними властивостями в інтервалі температур 573...1473 К.

Висновки. Отримання покриттів з високооднорідною стабільною структурою і оптимальним комплексом фізико-хімічних властивостей у широкому інтервалі температур можливо шляхом механохімічного оброблення початкових композицій в кульових млинах тривалістю 150 год.

Нагрівання початкової композиції на основі поліметилфенілсилоксану, наповненого каоліном, каоліновим волокном та шамотним боєм, супроводжується взаємодією оксидного наповнювача з кремнеземом силіційорганічної зв'язки з утворенням за температури вище 1473 К муліту, а вище 1673 К – циркону. Структура покриттів за температури 1873 К представлена частково не проре-

агуваними пластинковими кристалами циркону, зернами корунду і моноклінного ZrO_2 .

Розроблені склади покриттів характеризуються високими захисними властивостями і можуть бути використані для підвищення довговічності залізобетонних конструкційних будівельних матеріалів, які експлуатуються в умовах дії високих температур.

Література

1. Шарафиев Р.Г. Огнезащитные покрытия металлических конструкций / Р.Г. Шарафиев, Ф.Н. Сулейманов, И.Р. Сулейманов // Интеллектика. Логистика. Системология : сб. научн. тр. ЧНЦ РАЕН. – 2003. – Вып. 10. – С. – 103-111.
2. Plaques de plâtre // Face risque. – 2003. – № 396. – Рр. 46.
3. Полифункциональные элементоорганические покрытия / под общ. ред. А.А. Пашенко. – К. : Вид-во "Вища шк.", 1987. – 198 с.
4. Кротиков В.А. Эффективность применения элементоорганических соединений в технологии керамики и огнеупоров : матер. работ 2 съезда Рос. керам. общества / В.А. Кротиков. – СПб, 2000. – С. 38.
5. Демидчук Л.Б. Формування складу високотемпературних захисних покриттів будівельних конструкційних матеріалів / Л.Б. Демидчук, М.М. Гивлод // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.4. – С. 140-144.
6. Демидчук Л.Б. Огнестойкие защитные покрытия металлических поверхностей / Л.Б. Демидчук, М.М. Гивлод, И.А. Лобаев // Научный Интернет-журнал академии АГПС МЧС России. – М., 2012. – № 4(44). – С. 124-129.
7. Гивлод М.М. Дослідження впливу фазового складу на термо- і жаростійкість наповнених силіційелементорганічних захисних покриттів / М.М. Гивлод, І.В. Ємченко // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2007. – № 4 (56). – С. 115-120.
8. Брагина Л.Л. Научные основы синтеза жаростойких покрытий по черным металлам / Л.Л. Брагина // Сборник научных трудов ВАТ "УкрНИИогнеупоров имени А.С. Бережного". – Харьков : Вид-во "Каравела", 2004. – С. 147-151.
9. Зубехин А.П. Особенности синтеза жаростойкого стеклокристаллического покрытия / А.П. Зубехин., Е.А. Мальшева // Стекло и керамика. – 1996. – № 3. – С. 30-32.

Демидчук Л.Б. Покриття на основі наповненого поліметилфенілсилоксана для високотемпературної захисту залізобетонних конструкцій

Исследованы физико-механические свойства защитного покрытия на основе наповненого поліметилфенілсилоксана с наполнителями и возможности их использования с учетом рецептур исходных композиций для високотемпературної захисту залізобетонних конструкцій. Показано влияние изменения фазового состава покрытия на свойства материалов, эксплуатируемых в условиях действия высоких температур.

Ключевые слова: защитное покрытие, високотемпературная защита, залізобетон, строительная конструкция, поліметилфенілсилоксан.

Demydchuk L.B. Coverage is on the basis of gap-filling polymethylphenylsiloxan for high temperature defence of reinforced-concrete build constructions

Physical and mechanical properties of sheeting are investigational on the basis of gap-filling polymethylphenylsiloxan with fillers and possibilities of their use taking into account compounding of initial compositions for high temperature defence of reinforced-concrete build constructions. Influence is rotined of change of phase composition of coverage on properties of materials, on-the-road in the conditions of action of high temperatures.

Keywords: sheeting, high temperature defence, reinforced concrete, build construction, polymethylphenylsiloxan.