

УДК 621.3

Т.В.Суржик, канд.техн.наук (Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

Дослідження матеріалу абсорбера сонячного колектора з полімерних композиційних матеріалів

Створено абсорбер сонячного колектора (СК) з полімерних композиційних матеріалів на основі вуглепластику з наповнювачами. Необхідні теплотехнічні та міцнісні характеристики створюваного матеріалу досягалися шляхом наповнення вуглепластику різноманітними наповнювачами, а також відповідною технологією його виготовлення.

Ключові слова: колектор сонячної енергії, абсорбер колектора сонячної енергії, полімерний матеріал, композиційні матеріали.

Создан абсорбер солнечного коллектора (СК) из полимерных композиционных материалов на основе углепластика с наполнителями. Требуемые теплотехнические и прочностные характеристики создаваемого материала достигались путем наполнения углепластика различными наполнителями, а также соответствующей технологией его изготовления.

Ключевые слова: коллектор солнечной энергии, абсорбер коллектора солнечной энергии, полимерный материал, композиционные материалы.

Розробка та застосування геліоустановок відносяться до реалізації заходів, які забезпечують економію палива, а також охорону оточуючого середовища від забруднення тепловими та атомними електростанціями.

Поряд з цим, за рядом факторів економічна ефективність цих установок невисока. Це обумовлено високою вартістю теплосприймаючих пристроїв геліоустановки з кольорових металів, недовговічністю дешевих теплосприймаючих пристроїв зі сталі (наприклад, марки Ст3) та високою матеріалоемністю.

У зв'язку з цим вирішувалось завдання щодо створення нового композиційного матеріалу для абсорбера колектора сонячної енергії: дешевого, теплопровідного, міцного, довговічного, стійкого до ультрафіолетового випромінювання та вологого середовища.

В результаті проведеного порівняльного техніко-економічного аналізу широкого ряду полімерних матеріалів було встановлено, що за рядом факторів вуглець доцільно використовувати як матрицю (основу) нового композиційного матеріалу для абсорбера СК.

Забезпечення необхідних теплотехнічних, міцнісних та інших характеристик створюваного матеріалу досягалось шляхом наповнення вуглецевої матриці різними наповнювачами, а також відповідною технологією його виготовлення.

В результаті дослідження були визначені наповнювачі до вуглецевої матриці полімерного матеріалу, а також розроблені технології їх виготовлення, які суттєво вплинули на їхні властивості, а саме: значно збільшився коефіцієнт теплопровідності матеріалу, їх міцнісні характеристики та довговічність.

У процесі роботи було виготовлено і досліджено 2 типи композиційних матеріалів, відмінною особливістю яких було застосування різноманітних полімерних матриць: 1 – матриця з вуглепластику (з армуванням вуглецевими волокнами); 2 – матриця вуглецева (без волокнистого армування).

З метою підвищення теплопровідності композиційного матеріалу в якості наповнювача використовувались різні металопорошки: міді, алюмінію, нікелю, заліза тощо. Було виготовлено 54 експериментальні зразки з різними добавками, а також різними концентраціями наповнювача та дисперсністю, і досліджувався їх вплив як на процес теплопровідності матеріалу, так і на їх міцнісні характеристики.

Для визначення оптимального складу композиції абсорбера колектора сонячної енергії проводилось експериментальне дослідження ефективної теплопровідності серії зразків композиційних матеріалів на основі вуглепластику з різними наповнювачами (змінювалася концентрація

наповнювача у вуглепластику та розмір часток наповнювача), а також різними технологіями його виготовлення.

Ефективна теплопровідність експериментальних зразків композиційних матеріалів на основі вуглепластику з наповнювачами визначалася за формулою:

$$\lambda = \frac{q \cdot h}{\Delta T},$$

де q – питомий тепловий потік, що пронизує експериментальний зразок матеріалу, Вт/м²; h – товщина експериментального зразка матеріалу, м; ΔT – градієнт температур експериментального зразка матеріалу, К.

Для отримання ефективної теплопровідності зразків композиційних матеріалів на основі вуглепластику з наповнювачами були підготовлені експериментальні зразки матеріалу діаметром 100 мм і товщиною до 7 мм.

В результаті експериментального дослідження ефективної теплопровідності композиційних матеріалів встановлено:

1. Найкращі теплотехнічні характеристики має вуглепластик з металевими наповнювачами.
2. На теплопровідність матеріалу впливає концентрація наповнювача. Збільшення концентрації наповнювача сприяє збільшенню енергетичної ефективності абсорбера [1].

Експериментальні дослідження на довговічність проводилися з метою визначення терміну служби полімерного композиційного абсорбера сонячного колектора в природних кліматичних умовах, здатності конструкції зберігати до кінця експлуатаційного періоду в заданих умовах запас міцності, необхідний для збереження функціональних властивостей.

З часом виникають незворотні зміни властивостей полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) внаслідок хімічних та фізичних перетворень, які відбуваються при їх переробці, збереженні та експлуатації, що впливає на їх придатність до використання. Оскільки ПКМ знаходяться в контакті з оточуючим середовищем, яке характеризується змінними значеннями відносної вологості, тиску, температури та інтенсивно-

сті сонячної радіації, необхідно враховувати вплив і цих факторів.

Швидкість і характер змін властивостей ПКМ залежить від кількості факторів, які впливають на матеріал. Зміни властивостей ПКМ можуть бути зворотними і незворотними. До зворотних змін відносяться такі, що зникають після усунення зовнішніх факторів, які викликають ці зміни. Незворотні зміни – це зміни властивостей ПКМ, які зберігаються після усунення факторів, що їх викликали. Усі фактори, що сприяють старінню ПКМ, можна поділити на внутрішні та зовнішні. До внутрішніх відносять склад і структуру ПКМ, молекулярну масу і молекулярномасовий розподіл, наявність внутрішніх дефектів, обумовлених нерівномірним розподілом наповнювачів та різних домішок, що додаються. Значення внутрішніх факторів можуть бути зведені до мінімуму при дотриманні відповідних вимог на стадії виготовлення полімерного матеріалу. Більш суттєвий вплив на структуру полімерних матеріалів мають зовнішні фактори, до яких можна віднести температуру і вологість оточуючого середовища, сонячну радіацію, кисень, агресивні газоподібні домішки, що знаходяться у повітрі, механічне навантаження. З наведених факторів можна виділити компоненти, що безпосередньо взаємодіють із ПКМ, і активатори, що сприяють такій взаємодії. Найважливішими активаторами, що сприяють старінню композиційного абсорбера сонячного колектора, є наступні: температура оточуючого середовища, сонячне випромінювання, внутрішній гідростатичний тиск рідкого середовища.

У процесі експериментальних досліджень на довговічність абсорберів СК з полімерних композиційних матеріалів на основі вуглепластику з металевими наповнювачами встановлено, що досліджувані зразки в результаті дії на них світла стають більш крихкими. Виникнення крихкості може бути наслідком розриву основного ланцюга, фотоініційованої кристалізації, утворення поперечних хімічних зв'язків. У процесі дослідження впливу концентрації наповнювача вуглепластику на температуру крихкості встановлено, що вона мало змінюється при наповненні вуглепластику, якщо вміст наповнювача не перевищує

5-15%. Збільшення кількості наповнювача, що вводиться, до 37-55% супроводжується зниженням температури крихкості. На стабільність температури крихкості та інших показників впливає також розмір частинок наповнювача. Температура крихкості мало змінюється при розмірі частинок наповнювача більше 40 мкм [2].

Оскільки ультрафіолетове випромінювання в першу чергу викликає зміну хімічної структури у поверхневих шарах наповненого вуглепластику, ступінь впливу цього процесу на властивості матеріалу при старінні буде залежати від товщини вуглепластику. Старіння наповненого вуглепластику товщиною 5 мм і 0,8 мм якісно відрізняється. Зразки товщиною 5 мм протягом 1400 годин зберігають початкове значення міцності на згинання, а зразки товщиною 0,8 мм – лише протягом 400-600 годин. Оскільки при фотоокисленні основні зміни відбуваються в тонкому поверхневому шарі, у внутрішніх шарах утворюється дуже незначна кількість продуктів окислення і їх концентрація у вуглепластику зменшується з віддаленням від поверхні в глибину досліджуваного зразка [2].

Експериментальними дослідженнями встановлено, що на процес старіння наповненого вуглепластику суттєво впливає метод виробництва (затвердіння) матеріалу.

У процесі дослідження використовувались такі методи затвердіння матеріалу:

- термохімічний (у присутності перекисної ініціюючої системи та прискорювача);
- радіаційний, тобто під дією іонізуючого випромінювання.

У процесі дослідження встановлено, що термохімічний метод затвердіння не може забезпечити високий рівень продуктивності процесу. При ініціюванні перекисами не вдається досягти глибини перетворення подвійних зв'язків та отримати досить високий вихід зшитого полімеру, що протягом тривалого часу зберігає свої властивості в процесі експлуатації. Крім того, при термохімічному затвердінні внаслідок екзотермічних ефектів процесу не завжди вдається отримати якісну продукцію.

Радіаційний метод затвердіння матеріалу дозволяє збільшити життєздатність як зв'язуючих компонентів, так і наповнювачів вуглепластику, а також підвищити їх стійкість до деструктивних процесів у затверділому стані. При радіаційній полімеризації глибина перетворення подвійних зв'язків і вихід тривимірного полімеру помітно вищі, ніж при ініціюванні перекисами, а тому вищі показники міцності, ніж при термохімічному методі затвердіння. Також встановлена підвищена стійкість до атмосферного впливу наповнених вуглепластиків, отриманих радіаційним методом. У таблиці 1 наведено характеристики зміни міцності зразків при статичному згинанні у процесі старіння.

Порівняно з термохімічним, радіаційний метод затвердіння має такі переваги: високу швидкість затвердіння (затвердіння у зв'язуючій вуглепластик речовині настає за 10-29 секунд); поліефірні зв'язуючі речовини тверднуть без введення ініціаторів і перекисних сполук, що сприяє отриманню матеріалів із покращеними фізико-хімічними властивостями та підвищеною атмосферостійкістю.

Таблиця 1. Зміна міцності наповненого вуглепластику при статичному згинанні в процесі старіння

Метод радіаційного затвердіння (розмір частинок наповнювача – 17 мкм, вміст наповнювача у вуглепластику – 35%, товщина зразка – 0,5 мм)						
Тривалість дослідження, год	0	300	500	700	1000	1500
Міцність зразків при статичному згинанні, МПа	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0	118,0
Термохімічний метод (розмір частинок наповнювача – 17 мкм, вміст наповнювача у вуглепластику – 35%, товщина зразка – 0,5 мм)						
Тривалість дослідження, год	0	300	500	700	1000	1500
Міцність зразків при статичному згинанні, МПа	108,7	104,7	98,7	88,5	74,7	62,0
Термохімічний метод (розмір частинок наповнювача – 17 мкм, вміст наповнювача у вуглепластику – 16%, товщина зразка – 0,5 мм)						
Тривалість дослідження, год	0	300	500	700	1000	1500
Міцність зразків при статичному згинанні, МПа	93,3	88,7	83,0	73,4	58,0	–

Висновки. 1. Створено абсорбер сонячного колектора з полімерного композиційного матеріалу на основі вуглепластику з наповнювачами.

2. Підвищення стабільності матеріалу абсорбера з наповненого вуглепластику можна отримати за рахунок збільшення частки наповнювача та зменшення розмірів дисперсної фази.

3. Раціональним є використання радіаційної

технології затвердіння композиції матеріалу абсорбера СК.

1. Резцов В.Ф., Суржик Т.В., Суржик О.М. Експериментальне дослідження теплопровідності композиційного матеріалу колектора сонячної енергії на основі вуглепластику // Відновлювана енергетика. – № 4. – 2007. – С. 47–50.

2. Суржик Т.В. Експериментальне дослідження абсорбера полімерних сонячних колекторів на довговічність // Відновлювана енергетика. – № 1. – 2008. – С. 25–29.

УДК 353.23:620.97

Д.П.Коломієць, Л.Л.Харченко (Національний університет харчових технологій, Київ),
С.В.Матях (Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

Визначення усередненої температури фотоелектричних батарей

На основі використання теореми про дивергенцію розроблено метод розрахунку середньої температури фотоелектричних батарей. У результаті натурних експериментальних досліджень встановлено, що результати теоретичного аналізу та експериментальні дані якісно узгоджуються.

Ключові слова: теорема про дивергенцію, фотоелектрична батарея, середня температура.

С использованием теоремы о дивергенции разработан метод расчета средней температуры фотоэлектрических батарей. В результате натурных экспериментальных исследований установлено, что результаты теоретического анализа и экспериментальные данные качественно согласуются.

Ключевые слова: теорема о дивергенции, фотоэлектрическая батарея, средняя температура.

Вступ. Як ніколи, ощадливе використання енергоресурсів стало актуальною задачею енергетичної безпеки України. Певні надії в цьому питанні покладаються на відновлювані джерела енергії, зокрема, на сонячну енергетику, використання якої помітно зростає [1].

Сонце дає нам безкоштовну енергію (біля 1360 Вт/м^2), якою потрібно тільки правильно розпорядитися. Для цього важливо знати "радіаційний баланс" сонячного випромінювання, тобто, в якій кількості воно поступає у визначене місце за визначений час.

Оскільки найбільш інтенсивна інсоляція спостерігається в середині дня, то максимальне поглинання сонячного випромінювання в Україні, потужність якого на більшій частині території становить до 1000 Вт/м^2 , можна отримати за допомогою фотоелектричних перетворювачів (ФЕП), що орієнтовані у південному напрямку та змонтовані під кутом від 30° до 65°

щодо обрїю. Але навіть при певних відхиленнях від цих умов геліосистема може виробляти достатню кількість енергії. Прийнятними є, наприклад, відхилення до 45° на південний схід або південний захід.

Очевидно, що за ясної погоди електрична потужність сонячної батареї, зібраної з ФЕП, істотно залежить від орієнтації їх робочої поверхні (площини) відносно потоку сонячної енергії – найбільша кількість енергії сприймається поглиначем при розташуванні його площини перпендикулярно напрямку інсоляції (рис. 1).

Разом з тим, внаслідок обертання Землі навколо своєї осі, що проходить через північний (NCP) і південний (SCP) астрономічний полюс (рис. 1а), а також зміни відстані від Сонця до Землі через еліптичну траєкторію руху Землі навколо Сонця (рис. 1б), в різні часи доби та пори року сонячні промені падають на земну поверхню циклічно (щорічно) під різним кутом. Отже,