

РОЗДІЛ «БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ»

УДК 669...85.001.57

ГАСИЛО Ю.А., к.т.н., доцент

ЛЕВЧУК К.О., к.е.н.

ПЛУЖНИК І.О., студент

Дніпродзержинський державний технічний університет

МЕТОД МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДІВ ТЕПЛОЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

Вступ. Прогрес техніки та покращення економічних показників в сучасному промисловому виробництві пов'язані з укрупненням агрегатів, інтенсифікацією процесів та впровадженням агрегатів великої теплової потужності, що призводить до значного збільшення надлишкових тепловиділень. Теплова напруженість цих приміщень складає 290-350 Вт/м³, тоді як вже при 23 Вт/м³ (згідно з СН 245-71) цех чи дільниця вважаються гарячими. Все більшого значення при цьому набувають проблеми променевого теплообміну, оскільки випромінювання є одним із видів теплопередачі. Виконання трудових операцій в умовах теплового опромінення та підвищеної температури повітряного середовища викликає зниження працездатності та збільшення втомлюваності, що значною мірою впливає на зростання травматизму, особливо в теплий період [1].

Статистичний аналіз захворюваності показав, що захворювання працівників гарячих цехів пневмонією складають 190%, грипом 150%, ангіною 140% (приймаючи за 100% загальнозаводські показники). У зимовий період у гарячих цехах зростає кількість простудних захворювань. Продуктивність праці на робочих місцях з надлишковим тепловим опроміненням знижується на 10-20%.

Аналіз дії теплових випромінювань з довжиною хвилі від 0 до 10 мкм показує, що вони є найбільш небезпечними для організму працюючих в цехах і виробництвах з підвищеними тепловими виділеннями.

Теплові випромінювання є основною професійною шкідливістю у праці металургів, тому для гарячих цехів задача зниження тепловипромінювань є вирішальною у загальній системі заходів, що забезпечують здорові умови праці.

Внаслідок збільшення теплових навантажень несучі будівельні конструкції підлягають впливу високої температури, що викликає їхнє передчасне зношення і знижує безпеку робіт.

Тому дослідження і розробка нових теплозахисних покриттів у вигляді обмазок і фарб має особливу актуальність для вирішення завдань теплозахисту робочих місць операторів, виробничого устаткування і будівельних конструкцій.

Постановка задачі. Виникає необхідність підбору конструкційних матеріалів підвищеної стійкості до дії потужних потоків випромінювання і температури до 350⁰С, а також створення систем захисту, котрі попереджують проникнення тепла у робочі приміщення.

До теплозахисних матеріалів відносяться, окрім теплоізоляційних, деякі метали, вогнетриви, рідини, пластичні маси і гази, а також композиції з них. Основними вимогами до теплозахисного матеріалу є високий теплозахисний ефект, стійкість до температурної дії, механічна міцність, відносна легкість і конструкційність. В залежності від системи захисту необхідно розробити матеріали, які мають теплопоглинаючі або тепловідбиваючі властивості. До оптичних (терморадіаційних) характеристик теплозахисних покриттів відносяться поглинаюча, відбиваюча та пропускну здатність. Вони вира-

жаються коефіцієнтами поглинання, відбиття та пропускання (формули (1)-(3) відповідно):

$$\lambda = \frac{E_{\text{п}}}{E_{\text{о}}}; \quad (1) \quad r = \frac{E_{\text{від}}}{E_{\text{о}}}; \quad (2) \quad d = \frac{E_{\text{пр}}}{E_{\text{о}}}, \quad (3)$$

де $E_{\text{о}}$, $E_{\text{п}}$, $E_{\text{від}}$, $E_{\text{пр}}$ – відповідно падаючий, поглинений, відбитий та пропущений потоки випромінювання, Вт/м².

Поглинаюча здатність залежить від властивостей тіла, температури та спектрального складу падаючого випромінювання, тобто від властивостей джерела, опромінюючого дане тіло. Інтегральна поглинаюча здатність діелектричних матеріалів висока і складає 0,8-0,98. Величина відбиваючої та поглинаючої здатності визначається глибиною проникнення випромінювання в середину речовини тіла.

Діелектрики слабо поглинають на поверхні, тому інфрачервоні промені проникають в середину матеріалу і навіть проходять наскрізь або повністю поглинаються при достатній товщині шару. Метали володіють властивістю сильно поглинати на поверхні, тому падаюче випромінювання незначним чином проникає в середину і, в основному, відбивається від поверхні. Енергія випромінювання, поглинутого поблизу, поширюється в глибину тіла шляхом теплопровідності.

Математичне формулювання завдання полягає в наступному:

- дані: набір функцій відбиваючої здатності різних матеріалів $P_n = P_n(\lambda)$;
 функція вартості матеріалів $S = S(n)$;
 функція розподілу випромінюваної енергії для конкретного джерела $f = f(\lambda)$,
 де $\lambda \in \Omega = \{0,1; 0,2; 0,3; \dots; 0,98; 0,99; 1,0\}$;
 $n \in N = \{1; 2; 3; \dots; n_{\text{max}}^{-1}; n_{\text{max}}\}$;
 n_{max} – кількість теплозахисних матеріалів.

Необхідно:

визначити набір номерів матеріалів $P = \{P_1, P_2, \dots, P_r\} \in \underbrace{N \cdot N_x \dots N}_{r \text{ раз}}$,

сумарна вартість яких $C_p = S(P_1) + S(P_2) + \dots + S(P_r)$ була б мінімальною.

У даній постановці цілочисельний індекс r може знаходитись у межах від 1 до 6, тобто у якості теплозахисних матеріалів можуть використовуватися від 1 до 6 матеріалів.

Результати роботи. У пакеті можна виділити наступні основні частини:

OPISANIE – модуль опису змінних параметрів і завдання початкових значень;

CONTROL – програма, призначена перш за все для перевірки правильності введеної інформації. Ця програма створює файл ДД6.OUT, у якому зберігається повна інформація про матеріали, занесені в базу даних, тобто їх вартість, коефіцієнт відбиваючої здатності (файл ДД2.ДАТ) або їх вартість і коефіцієнт поглинаючої здатності (файл ДД1.ДАТ), а також коефіцієнт випромінювання введеного джерела, отримані з файлу ДД3.ДАТ;

POCRITIE – головна програма, яка проводить вибір матеріалу для теплозахисного покриття, що складається з 1..6 матеріалів;

PODGOTOV – допоміжна програма, що містить процедури виводу рисунків на дисплей;

GRAFICA – допоміжна програма, що містить процедури для роботи в графічному режимі, зокрема, видача мовних шрифтів та інших елементів графіки;

TEMPERAT – відповідно до алгоритму, викладеного в довідниках, обчислює за заданою температурою джерела його функцію випромінювання і виводить її на дисплей. Для інтерполяції дискретних значень коефіцієнтів випромінювання залежно від темпе-

ратури джерела використовувалася інтерполяційна формула Лагранжа. Дискретні значення коефіцієнтів випромінювання джерел інтерполювалися багаточленом другого степеня. При цьому завдання вирішувалося так, щоб значення інтерполяційного багаточлена на даному проміжку не були негативними. Інакше, в розрахунку приймався коефіцієнт випромінювання, рівний 0.

У програмі передбачені процедури, що перешкоджають дублюванню матеріалів, які задовольняють теплофізичним властивостям шляхом простого збільшення їх кількості.

Апробація отриманих покриттів проводилася на спеціально розробленій експериментальній установці згідно з методикою і технологією нанесення теплозахисних покриттів.

1. Виконується зразок-еталон з деревинно-волокнистої плити (ДВП) діаметром 0,2 м і завтовшки 0,003 м із заданою відбиваючою здатністю.

2. На аналітичних вагах визначаємо масу початкових компонентів для заданих моно-і гетерогенних композитних складів.

3. При виготовленні гетерокомпозитних складів їх початкові складові перемішуються вручну або в мінімішувачах з напругою живлення 220 В з додаванням пластичних зв'язуючих.

4. На підготовлений зразок із ДВП за допомогою валика (щітки) наноситься досліджуваній склад теплозахисного покриття з товщиною шару 0,0005 м на підкладці з різних матеріалів (ДВП, алюміній, сталь полірована, цинк) завтовшки 0,0002 м, після чого зразки підсушуються при температурі 850-900⁰С протягом 1 години в муфельній печі з подальшим охолодженням в природному повітряному середовищі.

5. В процесі виконання технологічних операцій підбирається ефективна кількість шарів досліджуваної обмазки і її дисперсний склад.

6. Зразок закріплюється в барабані експериментальної установки, датчик якої повертається на 10⁰, 20⁰ і далі (з кроком 10⁰) до 180⁰ до нормалі.

7. Міняється підкладка на одну з вказаних в п.4., досліджуваній зразок розгортається на 180⁰ і проводяться повторні дослідження.

8. Потім будуються ідеальна (Ламбертовська) об'ємна індикатриса розподілу відбивної здатності і реальні епюри оптичних характеристик досліджуваних матеріалів.

Дослідження теплозахисних показників виконувалось на фрагментах екрана, котрі відрізняються один від одного своїми конструктивними особливостями, а саме:

- одношаровий екран без зачорніння;
- одношаровий екран без зачорніння з отворами біля основи з повітряним продуванням;
- одношаровий екран із зачорнінням внутрішньої поверхні (ступінь чорноти – 0,98) з отворами біля основи, з повітряним продуванням;
- двошаровий екран без зачорніння з отворами біля основи, з повітряним продуванням;
- двошаровий екран із зачорнінням внутрішньої поверхні (ступінь чорноти – 0,98) з отворами біля основи, з повітряним продуванням без зміщенням сот;
- двошаровий екран із зачорнінням внутрішньої поверхні (ступінь чорноти – 0,98) з отворами біля основи, з повітряним продуванням із зміщенням сот.

Як показали дослідження, ефективність теплозахисту наведених вище конструкцій фрагментів екрану зростає із збільшенням кількості його шарів (один, два, три і т.д) у середньому 1,5-2⁰С на шар. Необхідно відзначити, що при збільшенні кількості шарів до 3 та більше ефективність теплозахисту зростає, але на незначно малі величини.

Подача повітря у 10 мм порожнину, утворену між верхнім тепловідбиваючим та другим шаром, дозволила отримати подвійний ефект:

- по перше, охолодження поверхні за рахунок дроселювання внаслідок тиску повітря (різниця температур перевищувала 2°C);

- по друге, очищення зовнішніх поверхонь кожного призматичного кутового відбивача, що дозволило підтримувати величину коефіцієнта відбиття ($\rho=100\%$) на стабільному заданому рівні, а, отже, і збільшувати показник теплоізоляції.

Зачорніння внутрішньої поверхні фрагментів екрану із ступенем чорності 0,98 дозволило збільшити тепловідведення від внутрішнього поверхневого шару відбиваючого екрану. Ефективність теплоізоляції за рахунок зачорніння при тискові повітря 150 кПа всередині знаходиться у межах $2,1-2,5^{\circ}\text{C}$.

Висновки. Як бачимо, питання теплозахисту на виробництві набувають все більшого значення, оскільки для сучасної техніки характерні високоінтенсивні процеси, що протікають при високих параметрах теплообміну. Серед завдань, що виникають при проектуванні теплових агрегатів, устаткування і огорожі цехів або робочих місць, особливо важливі пов'язані з тепловим випромінюванням. Умови протікання процесів променистого теплообміну в гарячих цехах повністю не досліджені, експериментальних робіт в цій області проведено недостатньо. Наявні роботи по вивченню цього складного процесу пов'язані з визначенням чисто геометричних параметрів – кутових коефіцієнтів; тим часом перспективніший в цьому напрямі – метод моделювання полів випромінювань.

Необхідно проводити дослідження в області захисного екранування, розробки водяних і водоповітряних завіс і нормалізації конструкцій екранів.

У сучасних гарячих цехах з потужними джерелами тепла випромінювання і конвекція вносять до аеродинаміки внутрішньоцехових повітряних потоків специфічні особливості, які необхідно враховувати при проектуванні. Перш за все слід враховувати конвективні потоки біля стін джерел, особливо в тих випадках, коли швидкості потоків порівнюються із швидкостями аераційних притоків. Необхідно надати можливість природної течії конвективним потокам, що виникають у гарячих джерел, з тим, щоб вивести їх з робочих зон за допомогою екранування.

Велику увагу слід приділяти створенню нових систем аерації, що враховують дію природних конвективних струменів від потужних джерел тепла. Важливо встановити роль випромінювання від агрегатів для охолодження цехів у зимовий час і створити методи, що перешкоджають цьому явищу.

Одним з найважливіших завдань є захист будівельних конструкцій від дії теплового опромінювання. Для цього необхідно досліджувати опроміненість в умовах цехів, розробити способи розрахунку захисних засобів, а також різні покриття, що підвищують відбиваючі властивості конструкцій і змінюють оптичні властивості матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабалов А.Ф. Защита головы и лица от теплового излучения на производстве. Тбилиси. ВЦ НИИОТ ВЦСПС, 1991
2. Сборник материалов Всесоюзного совещания по вопросам индивидуальных средств защиты. М:Институт охраны труда. 1991.-185 с.
3. Завьялов Ю.С., Скорospelов Л.А. Сплавы в инженерной геометрии.-М: Наука,1985.-224с.
4. Гасило Ю.А., Лигун А.О., Шумейко О.О. Метод математичного моделювання теплозахисних покриттів. Технополіс, №5 ,1997

Надійшла до редколегії 11.02.2014.