

УДК 621.7.08: 531.733

В.М. Ночвай, викл.

*Житомирський державний технологічний університет***ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ ДВОФАЗНОГО
ПОТОКУ ГАЗ–ТВЕРДІ ЧАСТИНКИ***(Представлено к.т.н., доц. Серовим В.В.)*

Визначено складові газового струменя апарата напилювання. Досліджено випромінювання двофазного потоку газ–тверді частинки. Визначено діапазон вимірювання потоку випромінювання твердих частинок.

Актуальність та постановка проблеми. При виконанні контролю повноти згорання горючого газу та окислювача шляхом вимірювання потоку випромінювання полум'я пальника необхідно вимірювати потік випромінювання твердих частинок сажового вуглецю. При визначенні екстремальних точок нерівномірного температурного поля двофазного потоку газ–тверді частинки, необхідно вимірювати потік випромінювання твердих частинок матеріалу напилювання. При цьому випромінювання газоподібних продуктів полум'я є перешкодою при вимірюванні потоку випромінювання твердих частинок.

Тому визначення газоподібних продуктів газового струменя апарата напилювання, дослідження випромінювання двофазного потоку газ–тверді частинки та визначення діапазону вимірювання потоку випромінювання твердих частинок є актуальною задачею.

Мета досліджень. Визначити діапазон вимірювання потоку випромінювання твердих частинок високотемпературного струменя газ–тверді частинки.

Основна частина. При газополуменевому напилюванні (ГПН) покриттів використовують струмінь продуктів згорання суміші газів, які спалюються за допомогою пальника. Цей струмінь є високотемпературним двофазним потоком газ–тверді частинки, який формується за схемою, зображеною на рис. 1.

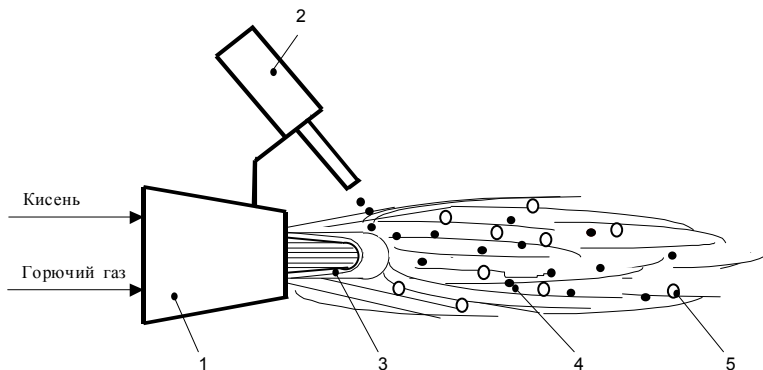
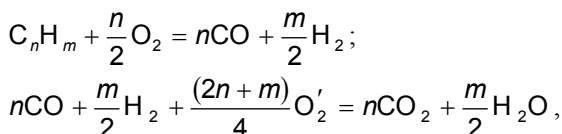


Рис. 1. Схема формування двофазного потоку апарата ГПН покриттів: 1 – апарат ГПН покриттів; 2 – порошковий дозатор; 3 – ядро полум'я; 4 – тверді тіла; 5 – молекули та атоми газоподібних продуктів

При стехіометричному співвідношенні в горючій суміші кисню та горючого газу за межами ядра полум'я знаходяться продукти горіння: окис вуглецю, водень, вуглекислий газ та вода. Кінцевими продуктами горіння є вуглекислий газ та вода. Реакція горіння проходить у дві стадії за схемою:



де C_nH_m – хімічна формула горючого газу;

O_2 – кисень горючої суміші;

O'_2 – кисень, що надходить з навколишнього повітря.

Крім того, балонні гази кисень та горючий газ мають домішки, які також входять до складу продуктів згорання пальної суміші. Вміст вологи в кисні 1-го, 2-го та 3-го сортів при 20 °С та 760 мм рт. ст. за ГОСТ 5583–68 може складати до 0,05 г/м³ [1].

Незалежно від співвідношення в горючій суміші кисню та горючого газу в полум'я пальника з навколишнього повітря надходить не тільки кисень, а також водяна пара та інші гази, які входять до складу повітря, а саме: O_2 ; N_2 ; Ar ; Ne ; Kr ; He ; Xe ; Rn ; CO_2 ; H_2 [2].

Випромінювання полум'я складається з наступних складових: власного випромінювання атомів та молекул в дискретних областях спектра; суцільного спектра власного випромінювання твердих частинок; розсіяного молекулами, атомами та твердими частинками випромінювання всіх частин полум'я.

Перша складова – газоподібні продукти, що утворюють полум'я. Газоподібні продукти, що утворюють полум'я, випромінюють селективно і енергія їх випромінювання зосереджена в більш-менш вузьких спектральних областях (смугах), якщо це – триатомні, та взагалі не випромінюють енергію, якщо це – двоатомні гази. Триатомні молекули вуглекислого газу та води є головним джерелом випромінювання продуктів згорання газоподібних палив [2, 3, 4].

Спектр випромінювання вуглекислого газу складається з чотирьох смуг з максимумами випромінювання, що відповідають довжинам електромагнітних хвиль 15, 4,3, 2,7 та 1,9 мкм [2, 3, 4] (рис. 2).

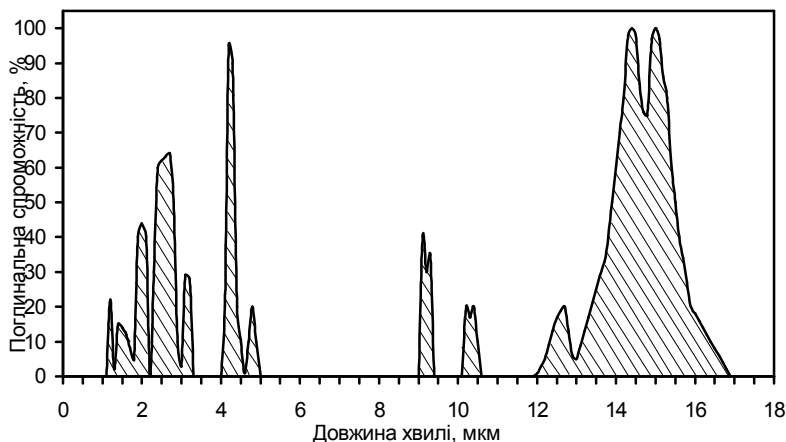


Рис. 2. Поглиняльна спроможність вуглекислого газу

Спектр випромінювання водяної пари складається зі смуг з максимумами випромінювання, що відповідають довжинам електромагнітних хвиль 1,38, 1,87, 2,7, 6,3 мкм, та смуги випромінювання, що відповідає довжині хвилі 18...75 мкм [2, 3, 4] (рис. 3).

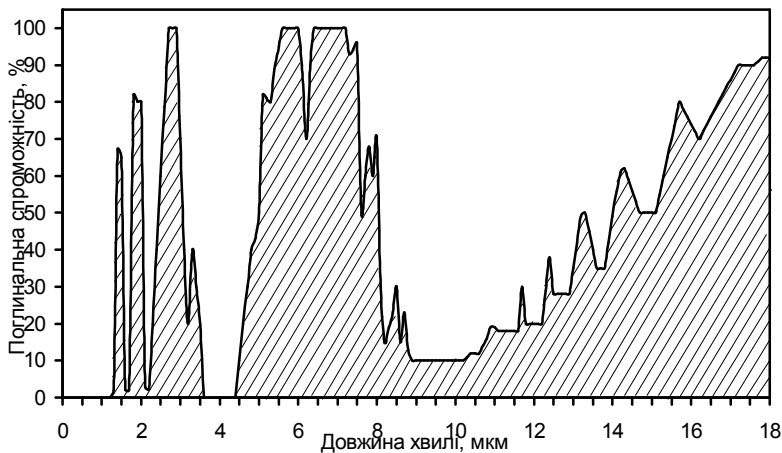
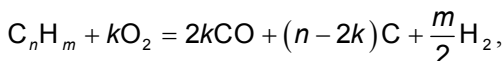


Рис. 3. Поглинальна спроможність водяної пари

Друга складова – випромінювання частинок сажі та твердих частинок матеріалу напилювання, які знаходяться в газовому струмені пальника.

При недостатці кисню в горючій суміші перша стадія реакції горіння проходить за схемою:



де k – кількість молекул кисню, використаних в реакції горіння.

При цьому $k < n/2$, за межами ядра полум'я знаходяться продукти горіння CO , H_2 , CO_2 , H_2O та тверді частинки сажового вуглецю, який не згорів внаслідок недостатці необхідної кількості кисню.

Частинки сажі випромінюють як тверді тіла та мають суцільний спектр випромінювання з досить високим коефіцієнтом чорноти. Спектральна випромінювальна здатність вуглецю у твердому стані при, $\varepsilon_{0,65 \text{ мкм}} = 0,80 \dots 0,93$. Сумарна випромінювальна здатність ε_t вуглецю при температурі: $25^\circ C - 0,81$; $100^\circ C - 0,81$; $500^\circ C - 0,79$ [5]. Найявність в полум'ї частинок сажі викликає появу суцільного спектра випромінювання та призводить до виникнення загального світіння полум'я. Чим більша концентрація частинок сажі в полум'ї, тим більша інтенсивність його світіння і тим вище коефіцієнт чорноти полум'я.

Твердими частинками високотемпературного двофазного потоку газ–тверді частинки є частинки матеріалу напилювання: чисті метали, їх сплави та окиси [6, 7].

Метали, як і всі тверді матеріали, мають суцільний спектр випромінювання, оскільки як випромінюють енергію всіх довжин хвиль у видимому та інфрачервоному діапазонах спектра. Коефіцієнт чорноти випромінювання твердих частинок матеріалу напилювання значно менше одиниці.

Третя складова – розсіювання випромінювання атомів та молекул. Розсіювання випромінювання атомів та молекул зосереджується в тих же дискретних областях спектра, в яких воно випромінювалось. Розсіювання випромінювання твердих частинок охоплює весь суцільний спектр і накладається на суцільний спектр власного випромінювання.

Таким чином, спектр випромінювання високотемпературного двофазного потоку газ–тверді частинки включає складові: спектр випромінювання газоподібних складових (CO_2 , H_2O) та спектр випромінювання твердих частинок (рис. 4).

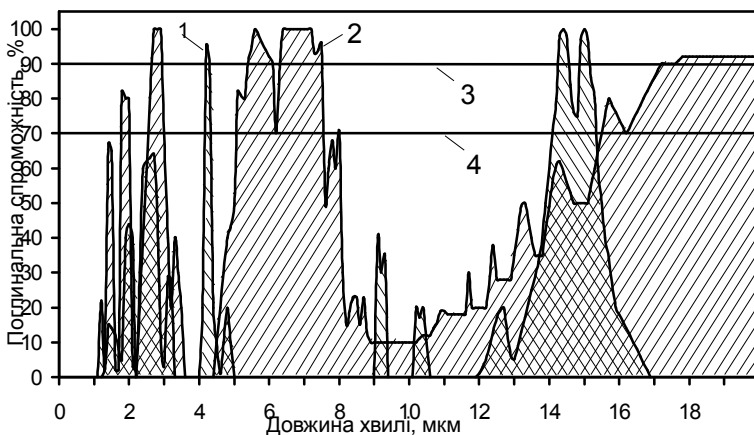


Рис. 4. Спектр випромінювання двофазного потоку газ–тверді частинки: 1 – вуглекислий газ; 2 – водяна пара; 3 – сажовий вуглець; 4 – матеріал напилювання

На осі абсцис зображено відрізок шкали електромагнітних хвиль, в який входить частина оптичного діапазону електромагнітних коливань, а саме: видима область (довжина хвилі від 0,4 до 0,76 мкм);

короткохвильова ділянка (довжина хвилі від 0,76 до 1,5 мкм) та середньохвильова ділянка (довжина хвилі від 1,5 до 18 мкм) інфрачервоної області. В межах видимого та інфрачервоного спектрів випромінювання є ділянки («вікна» прозорості), де гази не випромінюють енергію, а саме: 0 ... 1,1 мкм; 3,6 ... 4,0 мкм. (рис. 5).

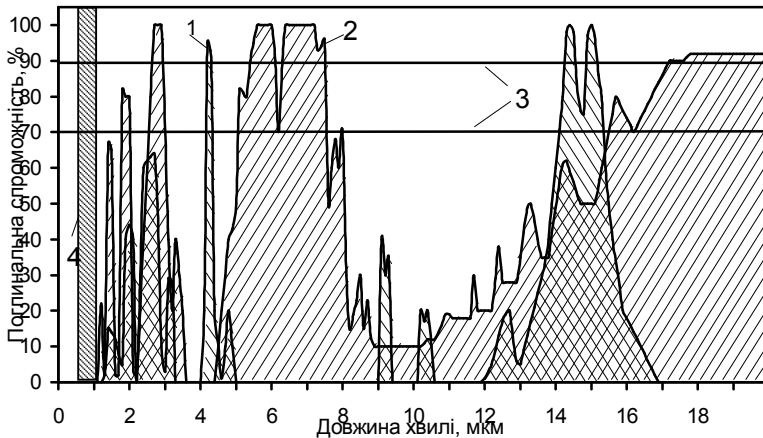


Рис. 5. Схема вибору діапазону вимірювання потоку випромінювання твердих частинок:

- 1 – вуглекислий газ; 2 – водяна пара; 3 – тверді частинки;
4 – смуга вимірювання потоку випромінювання твердих частинок

Задачу вибору діапазону електромагнітних хвиль для вимірювання потоку випромінювання твердих частинок вирішено шляхом вибору ділянки спектра електромагнітних хвиль між смугами випромінювання газів [8, 9].

Найбільш широка ділянка, де гази не випромінюють енергію, знаходиться в області спектра електромагнітних коливань з довжиною хвилі від 0,5 до 1,1 мкм. В цю ділянку входить видима область (довжина хвилі від 0,4 до 0,76 мкм) та частина короткохвильової ділянки інфрачервоної області спектра (довжина хвилі від 0,76 до 1,1 мкм).

Діапазоном вимірювання потоку випромінювання твердих частинок вибрано ділянку («вікно» прозорості), яка знаходиться в області спектра електромагнітних коливань з довжиною хвилі від 0,5 до 1,1 мкм (див. рис. 5).

Висновки. Головним джерелом випромінювання продуктів згорання газоподібних палив є молекули вуглекислого газу та води, енергія їх випромінювання зосереджена в спектральних смугах з максимумами випромінювання, що відповідають довжинам електромагнітних хвиль 1,38, 1,87, 1,9, 2,7, 4,3, 6,3, 15 мкм та смуги випромінювання, що відповідає довжині хвилі 18 ... 75 мкм.

Випромінювання частинок сажі та частинок матеріалу напилювання, які знаходяться у високотемпературному двофазному потоці газ–тверді частинки, мають суцільний спектр випромінювання, оскільки випромінюють енергію всіх довжин хвиль у видимому та інфрачервоному діапазонах спектра.

Визначений діапазон вимірювання потоку випромінювання твердих частинок в області спектра електромагнітних коливань з довжиною хвилі від 0,5 до 1,1 мкм дає можливість застосовувати оптикоелектронні прилади, в конструкцію яких не входять інтерференційні фільтри, оскільки в цій області спектра газу прозорі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Нинбург А.К.* Газопламенная обработка металлов с использованием газов-заменителей ацетилена. – М.: Машиностроение, 1976. – 152 с.
2. *Казанцев Е.И.* Промышленные печи: Справочное руководство для расчетов и проектирования. – 2-е издание, доп. и перераб. – М.: Металлургия, 1975. – 368 с.
3. *Оцисик М.Н.* Сложный теплообмін: Пер. с англ.; Под ред. д-ра техн. наук Н.А. Анфилова. – М.: Мир, 1976. – 616 с.
4. *Блох А.Г.* Теплообмен в топках паровых котлов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинград. отд-ние, 1984. – 240 с.
5. *Гаррисон Т.Р.* Радиационная пирометрия / Пер. с англ. Е.Н. Антропова, А.П. Дронова и А.Г. Свиридова; Под ред. Д.Я. Света. – М.: Мир, 1964. – 246 с.
6. *Борисов Ю.С.* Порошки для газотермического напыления покрытий. – К.: Общество «Знание» Украинской ССР, 1984. – 16 с.
7. Газотермическое напыление покрытий: Сборник руководящих материалов. – К.: ИЭС им. Е.О. Патона, 1990. – 176 с.
8. Пат. UA 75542 U Україна, МКІ GO1F 3/00. Спосіб визначення оптимальної дистанції напилювання покриттів / В.М. Ночвай,

- В.В. Серов, (Україна); № 20041108891; Заявл. 01.11.2004; Опубл. 17.04.2006; Бюл. № 4.
9. Пат. UA 76332 U Україна, МКІ Р23N 1/02. Спосіб контролю та регулювання полум'я газових пальників / В.М. Ночвай, В.В. Серов, (Україна); № 20041008025; Заявл. 04.10.2004. Опубл. 17.07.2006. Бюл. № 7.

НОЧВАЙ Володимир Матвійович – викладач кафедри технології машинобудування і конструювання технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- газотермічні покриття;
- прилади і методи контролю та визначення складу речовин.

Подано 10.11.2006

Ночвай В.М. Исследование излучения двухфазного потока газ–твёрдые частицы

Определены составляющие газового факела аппарата напыления. Исследовано излучение двухфазного потока газ–твёрдые частицы. Определено диапазон измерения потока излучения твёрдых частиц

Nochvay V.M. Study of radiating a two-phase flow a gas-hard particles

Determined forming gas torchlight of device of evaporation. Explored radiation of two-phase flow a gas–hard particles. Determined flow measurement range of radiating the hard particles