

УДК 697.94.001.2

Григорій Шпак, Віктор Лозбін*
НУ “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання і вентиляції,
*кафедра теплотехніки та теплових електричних станцій

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗОВИХ ІНФРАЧЕРВОНИХ НАГРІВАЧІВ У ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ

© Шпак Григорій, Лозбін Віктор, 2001

The possibilities of the use of the gas infrared heaters in thermaltechnological processes have been considered in the article. The example of the installation for the formation of polyethylene articles shows the advantages of gas infrared heaters before another methods of heating in small batch manufacturing.

Перехід підприємств, які використовують теплові процеси для виготовлення та обробки продукції, від великооб'ємного виробництва до малих та середніх партій, зумовлює істотні зміни в можливостях проведення теплотехнологічних процесів. Безумовно, технологічні процеси, які застосовуються у великооб'ємному виробництві, можуть бути оптимізовані більшою мірою, ніж дрібнооб'ємні, тому що частка вартості заходів із енергозбереження в останніх може не дати зменшення ціни продукції. Тому виникає необхідність впровадження нових технологічних процесів підведення тепла. Проблема ця інколи стає настільки важливою, що визначає існування виробництва.

У таких умовах може бути доцільним застосування газових інфрачервоних нагрівачів (ГНів), які сьогодні частіше використовуються для опалення промислових та сільськогосподарських споруд [1, 2]. Перевагами нагрівачів такого типу є досить високий коефіцієнт корисної дії спалювання газу, компактність, досить велика потужність та температура поверхні нагрівача і, головне, чітка направленість теплового потоку, поширення якого підкоряється законам оптики. Останнє дає змогу спрямувати тепловий потік в потрібну зону. Відсутність гріючого агента звільняє від необхідності створювати герметичну оболонку, якщо цього не вимагає технологічна необхідність. При температурах >200 °С на поверхні виробу більшість втрат відбувається випромінюванням, тому оболонка повинна, насамперед, відбивати радіаційний потік і може виконуватись у вигляді легких екранів (рис. 1, а, б). Застосовуючи ГНи, запроектовані на опалювальний процес, необхідно звертати увагу на взаємне розташування нагрівача та об'єкта так, щоб не допустити перегріву ГНу, використано-вуючи, наприклад, відбивачі радіаційного потоку на концентраторах (рис. 1, в), з термо-стійкого матеріалу і малим коефіцієнтом поглинання.

Використання ГН буде мати найбільшу ефективність там, де об'єкт має ступінь чорноти, близький до одиниці, в інших випадках, якщо це можливо, ступінь чорноти треба збільшувати.

Розглянемо, як приклад, використання ГНів для виготовлення поліетиленових ємкостей для сільськогосподарських машин. Виготовляють ємкості, розплавляючи гранульований поліетилен всередині спеціальної формоутворюючої конструкції (рис. 2), що зумовлює її велику масу. Маса поліетилену, потрібного для виготовлення ємкості, становить 60...120 кг. Температурні режими роботи є жорсткими: максимальна температура, припустима для поліетилену – 270 °С, температура плавлення –140 °С. Заливання поверхні

розплавленим поліетиленом відбувається надійно при температурах, більших, ніж температура плавлення, на 30-50 °С. Особливістю технологічного процесу є активний рух форми для забезпечення рівномірності заливання поверхні: форма обертається з частотою 8...12 об/хв та коливається в межах кута -45° ... $+45^{\circ}$ з частотою 2...3 кол/хв.

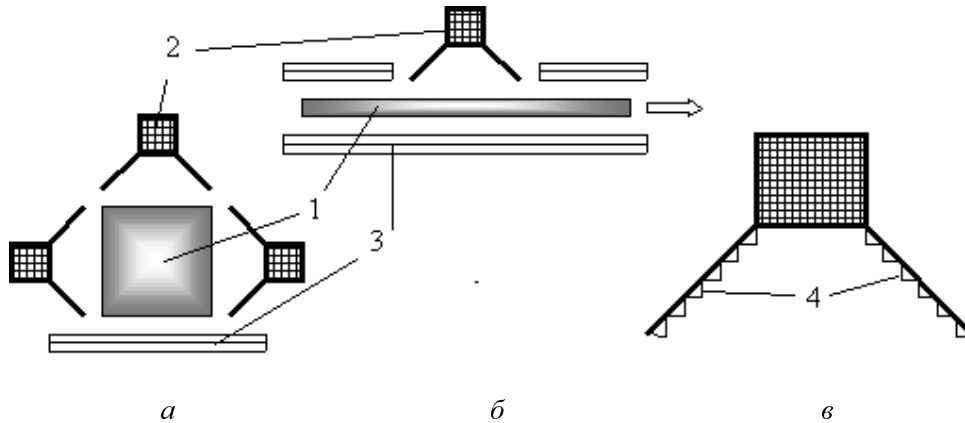


Рис. 1. Приклади використання ГІНів для нагріву об'ємних (а) та плоских виробів (б). Влаштування відбивачів радіаційного потоку (в):
1 – виріб, 2 – ГІН, 3 – екранна теплова ізоляція, 4 – відбивачі радіаційного потоку

За таких умов підведення тепла при великих об'ємах виробництва здійснюється конвективно у відповідного розміру камерах, які обігріваються повітрям, підігрітим в калорифері, або безпосередньо димовими газами. Для підприємств з обмеженим аперіодичним виробництвом такий метод нагріву абсолютно неможливий, тому що при технологічно необхідній кількості тепла 16...20 МДж витрати на нагрів обладнання будуть становити такі самі кількості тепла. Крім того, технологічний процес треба проводити швидко, для скорочення втрат тепла та витрат на електропривід. Прогрівання допоміжного обладнання потребує декількох годин.

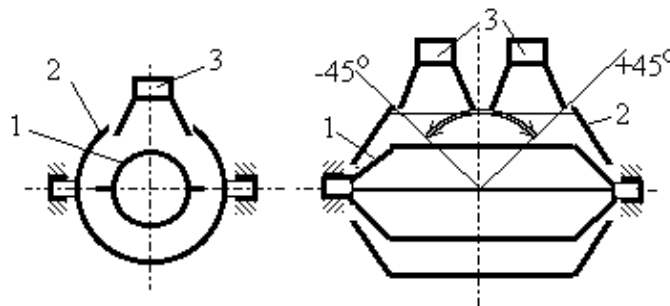


Рис. 2. Схема установки для формування поліетиленових ємкостей великого розміру:
1 – формуютьорвач, 2 – захисна оболонка, 3 – газові інфрачервоні нагрівачі

Все сказане спонукає шукати таке джерело тепла, яке було б максимально наближене до об'єкта, наприклад, розташовані безпосередньо на рамі звичайні газові пальники з організацією руху продуктів горіння навколо форми. Але в цьому випадку необхідно організувати відведення димових газів та омивання форми складної конфігурації. Конструктивні проробки показали, що об'єм такого тракту в декілька разів перевищуватиме об'єм форми. Це призводить до того, що частина димових газів не встигає контактувати з поверхнею форми, і втрати тепла будуть економічно невиправданими. Нагрівачі повинні повторювати всі оберти та коливання форми, що зменшило б об'єм між формою та нагрівачем.

Очевидно, що з суто теплової точки зору найкращим був би нагрів електричними нагрівачами, які мають практично нульову теплову інерційність та ряд інших переваг. Однак ціна на електроенергію не може задовольнити виробника. Перспективнішим видається використання газових інфрачервоних нагрівачів. Компактність дає змогу розміщувати їх в межах форми виробу, передача тепла радіаційним шляхом без конвективної складової дозволяє мати довільний об'єм між формою та оболонкою.

Конструкційно доцільно зробити захисну оболонку такою, яка б виконувала коливання разом з опорною конструкцією і не виконувала обертових рухів (рис. 2). Тоді підведення газу до пальників було б значно спрощене. Пальники, які коливаються тільки в межах кута $-45...+45^\circ$, можуть бути з'єднані з газовою мережею звичайними шлангами без складних перехідних камер.

Оскільки неможливо оточити всю поверхню пальниками, необхідно забезпечити надійний нагрів всіх точок форми. Відмова від використання об'єму між формою та захисною оболонкою для циркуляції теплоносія залишає тільки одну можливість для вирівнювання поля температур – теплопровідність форми та поліетилену. Оцінимо цю можливість, для чого розрахуємо швидкість релаксації теплової плями, яка утворюється при опроміненні ГНом. Чим більша швидкість релаксації, тим більше можлива скважність нагрівачів та потужність окремого нагрівача.

Розглянемо теплову задачу поширення тепла в оболонці. Зауважимо, що радіаційні пальники можуть знаходитися лише в положеннях від горизонтального, із спрямованою вниз поверхнею радіації, до кута в $\approx 90^\circ$, що означає, що вони можуть бути тільки у верхній частині форми. Поширення тепла буде відбуватись нестационарно в двох режимах. Перший режим – прогрів форми до температури плавлення поліетилену, гранули якого вільно пересипаються у нижній частині форми. Другий режим – розплавлений поліетилен знаходиться на всій внутрішній поверхні форми і гранули плавляться.

Якщо для спрощення гомогенізувати систему, то для поширення тепла можна записати рівняння

$$c_e \rho_e \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda_e \Delta t + q_{\text{пр}} + q_{\text{втр}}, \quad (1)$$

де t – температура, τ – час, $q_{\text{пр}}$, $q_{\text{втр}}$ – тепло, підведене до форми опромінюванням, втрати тепла з поверхні, λ_e , c_e , ρ_e – ефективні значення коефіцієнта теплопровідності, питомої теплоємності, густини стінки форми разом з шаром поліетилену, визначаються за загальною формулою:

$$\zeta_e = (\zeta_{\text{ф}} \cdot \delta_{\text{ф}} + \zeta_{\text{п}} \cdot \delta_{\text{п}}) / (\delta_{\text{ф}} + \delta_{\text{п}}), \quad (2)$$

де ζ – λ , або c , або ρ ; $\delta_{\text{ф}}$, $\delta_{\text{п}}$ – товщина форми, шару поліетилену.

Оскільки товщина стінки разом з шаром поліетилену набагато менша від будь-якого іншого розміру форми, розглядається двовимірною задачею. Розв'язання рівняння (1) є досить складним, тому обмежимося тільки оцінкою швидкості релаксації теплової плями. Рівняння було розв'язане числовими методами за припущення, що тепло з поверхні не втрачається. Це припущення не вносить великої помилки за умови, що зовнішня поверхня добре ізолювана.

Результати розрахунку наведені на рис. 2: за час обертання теплова пляма практично не релаксує. Звідси основна вимога – протягом оберту всі точки форми повинні бути опромінені, тому що теплопровідність не встигає вирівняти температуру. Після досягнення температури плавлення ефект буде ще більший – до теплоємності додається тепло плавлення поліетилену, і швидкість релаксації плями стає ще меншою.

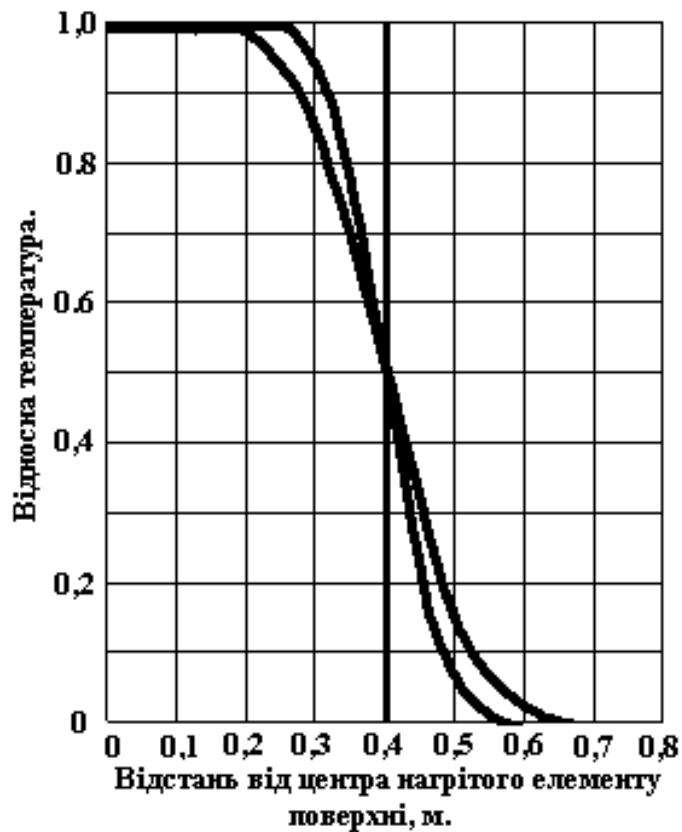


Рис. 3. Розподіл температури на поверхні форми в кінці повного оберту:
1 – до початку плавлення, 2 – в процесі плавлення поліетилену

Запропоновані рішення були реалізовані на реальній промисловій установці. Випробування підтвердили можливість використання ГНІв в цьому технологічному процесі, при збереженні всіх технологічних вимог до виробу.

Висновок: використання газових інфрачервоних нагрівачів є перспективним в деяких теплотехнологічних процесах, дає змогу істотно зменшити затрати тепла при нескладних доробках технологічного обладнання.

1. Стаскевич Н.Л., Северинец Г.Н., Вигдорчик Д.Я. *Справочник по газоснабженню и использованию газа.* – Л. 1990. 2. Строй А. *Лучистое отопление промышленных и сельскохозяйственных зданий как фактор экономии тепловой и электрической энергии / Міжн. наук.-практ. конф.* – Львів, 3-6 червня 1997.