**Лабораторна робота № 3**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ТІЛА ПРИ РІЗНИХ УМОВАХ**

*Ціль роботи* - визначити залежність сумарного коефіцієнта тепловіддачі від температури поверхні тіла при природному та змушеному охолодженні.

***1.1 Теоретичні дані***

Природне охолодження зовнішніх поверхонь огороджень високотемпературних установок, паропроводів і іншого устаткування відбувається за рахунок природної конвекції.

При прискореному охолодженні з обдуванням металу повітрям або спеціальною захисною атмосферою, що циркулює в печі під муфелем, основну роль грає примусова (змушена) конвекція.

Охолодження тіл при різних умовах має місце в металургії під час охолодження металу при термообробці (ковпакові печі, печі з викатним подом, камерні термічні печі) і таке інше.

Закон теплообміну при охолодженні тіла можна записати у виді

,



де *q* - *питомий тепловий потік*, що віддається тілом у навколишнє середовище, Вт/м2;

** - сумарний коефіцієнт тепловіддачі тіла в навколишнє середовище, Вт/(м2К);

*tп, tокр* - температура поверхні тіла і навколишнього середовища, відповідно, С.

*Сумарний коефіцієнт тепловіддачі*, Вт/(м2К)

, (1.1)



де *л*, *к* - відповідно промениста і конвективна складова коефіцієнта тепловіддачі, Вт/(м2К).

*Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням* *л* визначається по формулі, Вт/(м2К)

(1.2)



де *С0=5,67* - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, Вт/(м2К4);

** - ступінь чорноти замкнутої системи сірих тіл, приймаємо **0,7;

*Токр, Тп* - абсолютна температура, відповідно навколишнього середовища і поверхні тіла, К (Увага! *Т=t+273*, К).

*Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією* *к* визначають по різних формулах, для кожного конкретного випадку в залежності від режиму руху середовища й умов охолодження: природне або змушене.

***1.1.1 Природне охолодження***

При природному охолодженні рух повітря щодо охолоджуваного зразка забезпечується підйомною силою, що виникає через різницю густини нагрітого і холодного повітря. Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією *к* визначається по формулі , Вт/(м2К):

(1.3)



де  - коефіцієнт теплопровідності повітря, Вт/(мК), визначається за додатком А;

*d* - діаметр охолоджуваного зразка, м;

*Gr* - *критерій Грасгофа*, що представляє відношення підйомних сил до сил в’язкого тертя середовища:

 (1.4)

де *g* = 9,81 - прискорення вільного падіння, м/c2;

- коефіцієнт об'ємного розширення, К-1;



** - кінематичний коефіцієнт в'язкості навколишнього середовища (повітря), м2/с, визначається за додатком А;

У якості визначальної прийнята температура навколишнього середовища.

***1.1.2 Змушене охолодження***

При змушеному охолодженні нагрітого тіла повітрям у каналі (турбулентний режим руху при Re=104…5106) коефіцієнт тепловіддачі конвекцією *к*  визначається по формулі, Вт/(м2К)

, (1.5)



де * =εt·ει –* поправочний коефіцієнт, що враховує неізотермічність повітря (коефіцієнт *εt*) і вплив початкової ділянки (коефіцієнт *ει*); за даними [8] приймаємо *εt*=1,45 та *ει*=1,5;

 - коефіцієнт теплопровідності повітря, Вт/(мК); визначається за додатком А;

*dекв* - еквівалентний діаметр каналу, який визначається за формулою, м

(1.7)



де *F* - площа поперечного перерізу прохідного каналу, яка визначається виходячи з розмірів каналу й охолоджуваного тіла, м2;

*П* - периметр перерізу каналу, м;

*Re* - *критерій Рейнольдса*, що представляє відношення сил інерції до сил в’язкого тертя середовища

(1.6)



де *W* - середня швидкість руху повітря в каналі, м/с; визначається по таблиці 1.1;

** - кінематичний коефіцієнт в'язкості навколишнього середовища, м2/с, визначається по додатку А.

***1.2 Опис експериментальної установки***

Схема установки показана на рисунку 1. Охолоджуваним тілом служить латунний циліндр 4 діаметром 60 мм (*d=0,06 м*), усередині якого знаходиться електричний нагрівач. Температура поверхні зразка виміряється термопарою 5 (типу ТХА) у комплекті з потенціометром 1. Для примусового охолодження служать вентилятор 2, швидкість обертання якого змінюється поворотом рукоятки тиристорного перетворювача 6. Кожух 3 насувається на охолоджуваний зразок при примусовому охолодженні, при цьому утворюються канал для проходу повітря з розмірами: ширина 200 мм, висота 210 мм. Швидкість руху повітря в залежності від положення рукоятки тиристорного перетворювача визначають по таблиці 1.

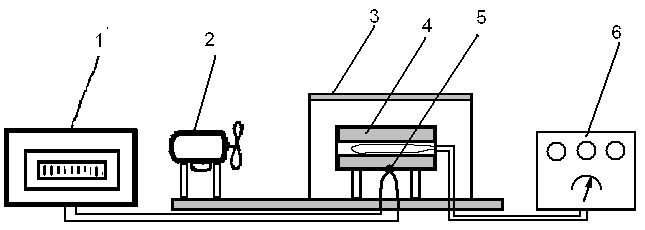


Рисунок 1 - Схема установки для дослідження охолодження тіла при різних умовах

Таблиця 1 - Залежність швидкості руху повітря від положення рукоятки тиристорного перетворювача

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Положення рукоятки | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Швидкість повітря, м/с | 1,5 | 2 | 2,6 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 |

***1.3 Порядок виконання роботи***

Треба включити електронагрівник і довести температуру зразка до заданої викладачем температури - (300…400) оС. Відключити нагрівач і провести природне охолодження зразка до заданої викладачем температури - (150...200) оС, вимірюючи і фіксуючи температуру поверхні тіла щохвилини. Кожух повинний бути зрушений убік і не повинен перешкоджати вільному рухові повітря. Експериментальні дані занести в таблицю 2.

Потім включити нагрівач, тіло знову нагріти до заданої температури. Нагрівач відключити, насунути на зразок кожух і включити вентилятор. Обертанням рукоятки на блоці регулювання швидкості встановити задану швидкість руху повітря. Зразок також остудити до заданої температури, при цьому потрібно температуру поверхні зразка вимірювати і фіксувати щохвилини. Експериментальні дані занести в таблицю 2.

При необхідності повторити нагрів та охолодження з іншою швидкістю повітря. Експериментальні дані занести в таблицю 2.

Таблиця 2 - Дані експериментальних вимірів

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Час **, хв | Температура поверхні тіла, С | | Температура навколишнього середовища, С |
| Природне охолодження | Змушене охолодження зі швидкістю повітря, м/с |
|  | W=4 м|с |
| 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10  11  12  13  14  15  16  17  18  19  20  21  22  23  24 | 407  385  366  348  330  318  305  297  285  274  265  257  247  236  225  213  201  188  175  162  149  135  121  108  93 | 407  307  276  255  235  218  202  185  167  148  129  109  91 | 18 |

***1.4 Обробка результатів експериментів***

1.4.1 По формулі (1.2) визначають коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням для заданих викладачем температур поверхні тіла і повітря. Для цих же температур розраховують коефіцієнт тепловіддачі конвекцією для двох режимів охолодження: природного та змушеного.

1.4.2 *Природне охолодження.* По формулі (1.4) розраховують критерій *Грасгофа*, а потім по (1.3) - коефіцієнт тепловіддачі конвекцією.

1.4.3 *Примусове охолодження*. По формулі (1.7) визначають еквівалентний діаметр каналу для проходу повітря, по (1.6) - критерій *Рейнольдса*, а потім по (1.5) - коефіцієнт тепловіддачі конвекцією.

1.4.4 *Сумарні коефіцієнти тепловіддачі* розраховують по формулі (1.1).

Результати розрахунків зводять у таблицю 3.

Таблиця 3 - Результати розрахунків

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температу-ра поверхні зразка *tn*, C | Коефіцієнт тепловіддачі випроміню-ванням л, Вт/(м2К) | Крите-рий Грас-гофа, Gr | Крите-рий Рей-нольдса Re | Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією  до, Вт/(м2К) | | Сумарний коефіцієнт тепловіддачі  , Вт/(м2 К) | |
|  |  |  |  | при природному охолодженні | при примусовому охолодженні | при природному охолодженні | при примусовому охолодженні |
|  |  |  |  |  | W= |  | W= |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

1.4.4 За даними виміру температур поверхні охолоджуваного тіла (див. табл. 2) треба побудувати графіки залежності температури поверхні тіла *tn* від часу охолодження **, за даними таблиці 3 побудувати графіки залежності коефіцієнта тепловіддачі випромінюванням *л* від температури поверхні охолоджуваного тіла *tn л=f(tn)* тасумарного коефіцієнта тепловіддачі ** від температури поверхні охолоджуваного тіла *tn* *=f(tn)* для двох режимів охолодження: природного та змушеного*.*

***1.5 Контрольні питання***

1. Які критерії є визначальними при конвективному теплообміні?
2. Як впливає швидкість повітря на тривалість охолодження виробу?
3. Що характеризує критерії Грасгофа і Рейнольдса?
4. Фізичний зміст коефіцієнта тепловіддачі *α*, його розмірність.
5. Аналіз графіків *=f(tn)* при природній і змушеній конвекції*.*