

2. Нестеров А.В. Исследование и разработка экономнолегированной ферритной жаростойкой стали для системы выхлопного тракта автомобиля: дис. канд. техн. наук: 15.06.2000./ Нестеров Александр Васильевич. – Запорожье, 2000. – 120 с.
3. Ионная химико – термическая обработка сплавов. – Б.Н. Арзамасов, А.Г. Братухин, Ю.С. Алексээв, Т.А. Панайоти. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 400 с.
4. Дурягіна З.А. Фізика та хімія поверхні. Монографія.-Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2009. - 208 с.

У статті розглянута проблема визначення впливу різних факторів на тепловіддачу зразків, оброблених іонною імплантацією. За допомогою методу відновлювання одномірних залежностей (МВОЗ) експериментально перевірена сила впливу кожного вихідного показника на коефіцієнт конвективної тепловіддачі

Ключові слова: тепловіддача, метод відновлювання одномірних залежностей, іонна імплантација

В статье рассмотрена проблема определения влияния различных факторов на теплоотдачу образцов, обработанных ионной имплантацией. С помощью метода восстановления одномерных зависимостей (МВОЗ) экспериментально проверена сила влияния каждого исходного показателя на коэффициент конвективной теплоотдачи

Ключевые слова: теплоотдача, метод восстановления одномерных зависимостей, ионная имплантация

In the article the problem of determination of influence of different factors on heat emission of samples, treated ionic implantation is considered. Through the method of renewal of one-dimensional dependences (MROD) force of influence of every output index on the coefficient of convective heat emission is experimentally tested

Keywords: heat emission, method of renewal of one-dimensional dependences, ionic implantation

УДК 536.24.66.045.2

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОВІДДАЧІ ВІД СТАЛЕВИХ ЗРАЗКІВ, ОБРОБЛЕНИХ ІОННОЮ ІМПЛАНТАЦІЄЮ

В.В. Гончаров

Асистент

Кафедра загальної фізики і технічної механіки*

Контактний тел.: 050-623-71-78

E-mail: gonch_vit@rambler.ru

Б.В. Чукавін

Інженер з наладки котлового обладнання

КСТП «РТКЕ»

м. Рубіжне, Луганська обл., 93012

М.В. Ненько

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра машин та апаратів хімічних*

Контактний тел.: (06453) 5-98-30

*Інститут хімічних технологій Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля пров. Лермонтова, 30, м. Рубіжне, Луганська обл., 93003

1. Вступ

Теплові процеси є одними з найрозповсюджених процесів в хімічній промисловості, але в багатьох випадках їх ефективність лімітується тепловіддачею – складовою частиною гетерогенного процесу (від металевої поверхні до рідини або газу) теплообміну. У свою чергу, тепловіддача від стінки до рідини залежить від цілої низки факторів: фізико-хімічних властивостей середовища та твердого тіла, гідродинамічного та теплового режиму процесу, розміру та характеру поверх-

ні розподілу, що, безумовно, потребує застосування складного математичного апарату. Тому, метою роботи було дослідження впливу різних факторів на тепловіддачу від металевих зразків за допомогою моделі, побудованої за методом відновлювання одномірних залежностей (МВОЗ) [1, 2].

В останній час великої поширеності набувають технології, які мають значний позитивний ефект впливу на властивості зразків і задовольняють при цьому вимогам екологічності, економічності та ін. Саме такою є технологія іонної імплантації [3, 4].

Зразки, які оброблені за методом іонної імплантації, не тільки набувають більшої зносостійкості, твердості, міцності, але у них також зростає опір на ерозію, корозію, термічне оксидування та ін. Це має позитивний вплив на ефективність теплообмінної апаратури, виготовленої з металів, поверхня яких оброблена іонною імплантацією.

2. Експериментальна частина

Експеримент проводили на лабораторній установці, головною частиною якої була керамічна основа звичайної електроплитки з просвердленими аксіальними отворами. Замість спіралі-нагрівача у канали плитки уклали зразок у вигляді металевої стрічки розміром 5×1800×0,1 мм, до якої приклали постійну напругу (рис. 1). В якості фізичної моделі процесу було прийнято обтікання потоком вертикальної стінки з внутрішнім джерелом теплоти. В якості математичної використовували модель, побудовану за методом відновлювання одномірних залежностей. Ця модель дозволяє виявити силу впливу кожного врахованого фактору (аргументу) на кінцеву величину функції Y. В нашому випадку ми досліджували вплив найважливіших факторів: потужності споживаної енергії, температури середовища, температури зразка, шорсткості поверхні зразка. В якості функції ми приймали коефіцієнт конвективної тепловіддачі від металевих зразків до повітря.



Рис. 1. Зовнішній вигляд керамічної основи з закріпленням зразком

Для дослідження були взяті необроблений зразок, виготовлений зі сталі 12Х18Н10Т, та зразки зі сталі 12Х18Н10Т, оброблені іонами хрому, титану, цирконію, молибдену. Під час проведення дослідів при різних споживаних потужностях замірялися температури середовища та поверхонь за допомогою термопар і шорсткості поверхонь за допомогою мікроінтерферометра Лінніка «МІІІ-4».

Для визначення коефіцієнту конвективної тепловіддачі α при різних умовах застосовували критеріальне рівняння [5]:

$$\alpha = \frac{Nu}{\ell} \lambda,$$

де λ – коефіцієнт теплопровідності повітря, Вт/(м·К);

Nu – критерій Нуссельта;
ℓ – визначальний лінійний розмір (ширина стрічки фольгового зразка), м.

Для визначення критерію Нуссельта для повітря при його витраті рівній нулю л/год (вільній конвекції) використовували емпіричну формулу [6]:

$$Nu = C(Gr \cdot Pr)^n,$$

де Pr – критерій Прандтля;

Gr – критерій Грасгофа.

Для визначення добутку числа Грасгофа та числа Прандтля користувалися формулою [6]:

$$Gr \cdot Pr = \frac{g\beta}{\nu a} \ell^3 \Delta t,$$

де Δt – середня різниця температур між поверхнею зразка і повітрям, град;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

β – коефіцієнт термічного розширення повітря, 1/град;

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м²/с;

a – коефіцієнт температуропровідності повітря, м²/с.

Для визначення критерію Нуссельта при примусовій подачі повітря застосовували емпіричну формулу [5]:

$$Nu = 0,664 \cdot Pr^{0,33} \cdot Re^{0,5},$$

де Re – критерій Рейнольдса.

Для визначення критерію Рейнольдса використовували відношення добутку швидкості газу на визначальний лінійний розмір до коефіцієнта кінематичної в'язкості:

$$Re = \frac{w \cdot \ell}{\nu},$$

де w – швидкість повітря, що подається в пальник, м/с;

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м²/с.

Данні усіх дослідів були зведені у табл. 1.

Таблиця 1

Данні дослідів та коефіцієнти конвективної тепловіддачі

№	X ₁ – споживана потужність, Вт	X ₂ – температура повітря, град	X ₃ – температура зразка, град	X ₄ – шорсткість поверхні, мкм	Y – коефіцієнт конвективної тепловіддачі, Вт/(м ² ·К)
1	2	3	4	5	6
1	56	62	293	0,48	19,01
2	90	78	408	0,48	20,28
3	132	99	498	0,48	20,59
4	182	126	598	0,48	21,88
5	256	158	678	0,48	22,75
6	333	187	758	0,48	23,52
7	48	51	288	0,34	19,03
8	80	58	418	0,34	20,47
9	180	114	528	0,34	20,98
10	252	160	623	0,34	22,13

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
11	54	49	200	0,4	17,39
12	92,5	81	303	0,4	18,90
13	141	106	392	0,4	19,96
14	203	152	493	0,4	20,49
15	280	222	598	0,4	21,75
16	360	271	668	0,4	22,47
17	44	74	288	0,6	18,84
18	80	92	393	0,6	20,05
19	108	119	468	0,6	20,32
20	147	146	553	0,6	21,33
21	192	180	633	0,6	22,22
22	252	223	698	0,6	22,91
23	56	67	278	0,28	30,3
24	90	80	378	0,28	30,09
25	150	103	488	0,28	29,71
26	217	126	588	0,28	29,46
27	296	149	678	0,28	29,25
28	378	171	778	0,28	29,09
29	56	51	328	0,18	30,26
30	95	58	433	0,18	29,93
31	144	69	548	0,18	29,63
32	210	80	648	0,18	29,39
33	280	90	728	0,18	29,22
34	360	105	813	0,18	29,09
35	36	60	253	0,28	30,36
36	70	94	353	0,28	30,17
37	114	124	433	0,28	29,84
39	208	180	608	0,28	29,37
40	52	58	258	0,19	30,35
41	85	71	353	0,19	30,21
42	126	87	443	0,19	29,86
43	182	114	528	0,19	29,62
44	248	144	628	0,19	29,37
45	324	176	788	0,19	29,08
46	60	69	273	0,26	18,68
47	100	83	383	0,26	19,97
48	150	110	438	0,26	20,33
49	210	144	513	0,26	20,78
50	288	187	603	0,26	21,87
51	369	232	663	0,26	22,53
52	60	65	283	0,17	30,34
53	100	83	403	0,17	30,2
54	150	108	503	0,17	29,83
55	210	133	598	0,17	29,61
56	288	178	693	0,17	29,32
57	369	226	778	0,17	29,07

3. Результати та обговорення

Обробка отриманих результатів проводилася за допомогою математичного моделювання – методу відновлення одномірних залежностей (МВОЗ). Значення кожного аргументу були розділені на три діапазони у міру зростання. Граничні точки діапазонів, середньо-арифметичні значення аргументів X_i , і відповідні для них значення функції Y_i (коефіцієнти конвективної тепловіддачі) кожного діапазону, а також сила їх впливу, тобто абсолютна величина зміни коефіцієнта конвективної тепловіддачі, яка обумовлена зміною лише одного аргументу зведені у табл. 2.

На підставі результатів проведених досліджень були побудовані графіки залежності функції від кожного аргументу (рис. 2).

Отримані у ході дослідження дані свідчать про те, що найбільшу силу впливу на коефіцієнт конвективної тепловіддачі має шорсткість зразка (сила впливу 8,22). Оскільки іонна імплантація – це технологія, яка безпосередньо змінює мікрогеометрію поверхні зразка, то слід проводити ретельний аналіз та підбір її режимів роботи. Адже саме оптимальний вибір матеріалу та режиму обробки гарантує досягнення ефективною тепловіддачі.

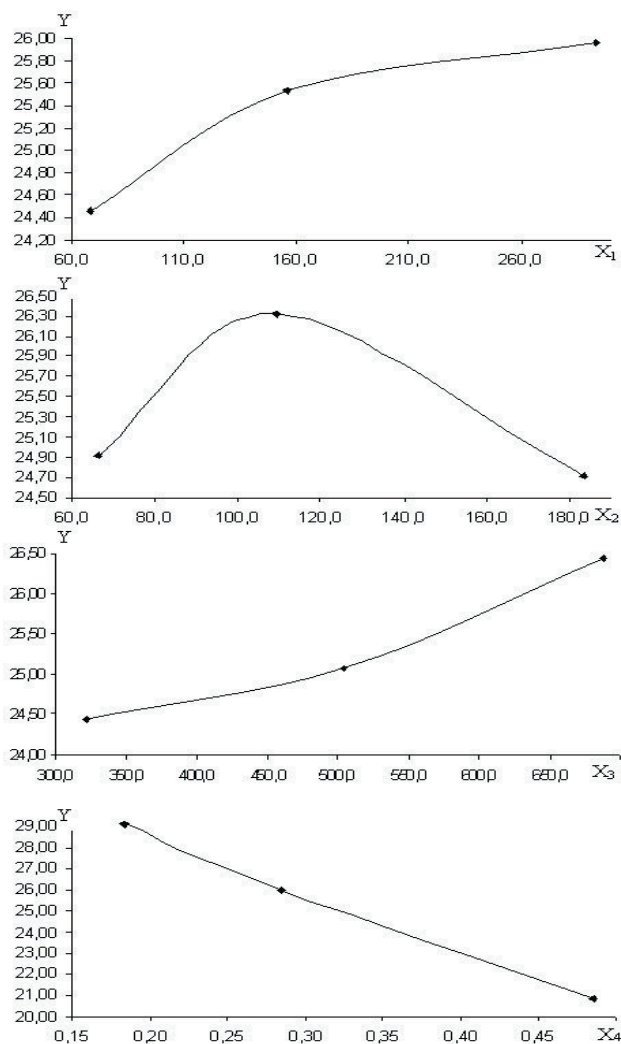


Рис. 2. Залежність середньодіапазонних значень Y від факторів X_i

Таблиця 2

Данні, необхідні для розрахунку параметрів моделі

Найменування параметра моделі	X ₁ - потужність, Вт	X ₂ - температура повітря, град	X ₃ - температура зразка, град	X ₄ - шорсткість поверхні, мкм
min	36	49	200	0,17
гр1	100	83	413	0,26
гр2	210	144	598	0,34
max	378	271	813	0,60
Xi сер.D1	68,7	66,6	321,5	0,18
Xi сер.D2	156,5	109,3	504,6	0,28
Xi сер.D3	293,2	183,6	687,5	0,49
Y сер.D1	24,45	24,92	24,44	29,11
Y сер.D2	25,54	26,32	25,07	25,96
Y сер.D3	25,96	24,71	26,43	20,88
Оцінка сили	1,51	1,61	1,99	8,22

4. Висновки

Таким чином, у роботі було встановлено, що конвективна тепловіддача дійсно залежить від температур середовища та зразка, споживаної потужності та шорсткості поверхні.

Показано, що найбільший вплив на тепловіддачу має шорсткість поверхні.

Оскільки технологія обробки іонною імплантацією безпосередньо змінює поверхневу мікрогеометрію, то вона може бути застосована з метою поліпшення тепловіддачі певного теплообмінного елемента у різних апаратах: сушарках киплячого шару, каталітичних пальниках, екстракторах, працюючих з системами тверде тіло – рідина – газ, плівкових випарних апаратах та інших машинах і апаратах.

Отже матеріал досліджень може стати базою для подальших досліджень у галузі хімічної промисловості, а саме для інтенсифікації тепло-, масообмінних, а також каталітичних процесів.

Література

1. Давиденко А.М. Новые методы изучения действующих производств и их возможности / Давиденко А.М., Кац М.Д. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2004. – №6 (12). – С. 189-193.
2. Доказательство корректности метода восстановления одномерных зависимостей для изучения и совершенствования действующих производств с помощью имитационного моделирования / Д.А. Биленко, А.М. Давиденко, А.В. Лютой [та ін.] // Вестник Восточноукраинского национального университета им. В. Даля. – 2007. – №5 (111). – С. 18-24.
3. Модифицирование и легирование лазерными, ионными и электронными пучками / [под. ред. Дж. М. Поута, Г. Фоти, Д.К. Джекобсона]. – М.: Машиностроение, 1987. – 424 с.
4. Матюхин С.И. Ионная имплантация как метод внедрения атомных частиц в углеродные наноструктуры. – В кн.: Химия твердого тела и современные микро- и нанотехнологии.: Сб. науч.тр./ Международная конференция – Кисловодск, РАН, 2002, с. 77-85.
5. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена / Кутателадзе С.С. – М.: Атомиздат, 1979. – 416 с.
6. Справочник химика / [под. ред. Б. П. Никольского]. – М., Л.: Химия, 1966. – Т.5. – 976 с.