

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЛИЯНИЕТО НА СКОРОСТТА НА ОБТИЧАНЕ ВЪРХУ ИНТЕНЗИВНОСТТА НА НАКИПООБРАЗУВАНЕТО ПО НАГРЕВНАТА ПОВЪРХНОСТ НА ТОПЛООБМЕННИТЕ АПАРАТИ

Николай М. Керемедчиев, ВВМУ "Н. Й. Вапцаров", Варна

## RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE STREAM VELOCITY OVER SCALE INTENSITY OUTO THE HEAT SURFACE

Nikolaj M. Keremedchiev, Naval Academy „N. Y. Vaptsarov“, Varna

**Abstract:** The principle of operation of the experimental iustalation has been described in the report. The results from the tests which were made are also shown. An analisys and conclusions has been done. Some suggestions which can be used in the practice are also shown.

**Key words:** scale, crystallization, structure.

### 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Отлагането на накип върху нагревната повърхност на топлообменните апарати е резултат от физико-химични процеси, сред които основен е кристализацията. От многокомпонентен преситен разтвор се отделя твърда фаза (накип). Теплоизолационните свойства на накипа зависят от неговите физико-химични показатели. Малкият му коефициент на топлопроводност води до преразход на гориво, активизиране на корозионните процеси и прегряване на метала.

Във водна среда повечето от разтворимите накипообразуващи вещества са във вид на йони. В най-общ случай всяко едно от тях може да бъде представено по следния начин:

$$[K^+]. [A^-] = P_{PKA} \quad ,$$

където  $[K^+]$  и  $[A^-]$  представят концентрацията на

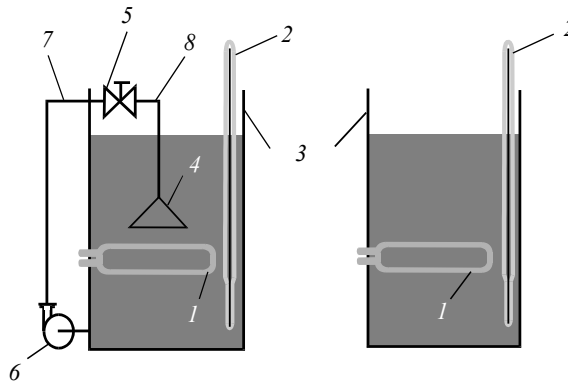
йоните във водата, а  $P_{PKA}$  - произведението на разтворимостта на веществата  $KA$ .

Произведението  $P_{Pr}$  за всяко конкретно вещество при неизменна температура е постоянна величина. При промяна на температурата то се изменя в зависимост от температурния коефициент на разтворимост на веществата: при положителен коефициент, с повишаването на температурата нараства и  $P_{Pr}$ , а при отрицателен коефициент с повишаването на температурата  $P_{Pr}$  намалява.

Ако  $[K^+]. [A^-] < P_{PKA}$ , разтворът е ненаситен и не настъпва отделяне на твърда фаза. Ако  $[K^+]. [A^-] > P_{PKA}$ , разтворът е наситен и е налице отделяне на твърда фаза.

### 2. ИЗЛОЖЕНИЕ

За изследване на влиянието на скоростта на обтичане върху интензивността на отлагането на накип по нагревната повърхност на топлообменниците са проведени експерименти на базата на специално изработена опитна уредба (фиг. 1).



Фиг. 1: 1 - нагревател; 2 - термометър; 3 - съд; 4 - разпръсквач; 5 - кран; 6 - центробежна помпа

При осъществяването на експериментите е спазена следната последователност:

1. Замерване на теглото на двата нагревателя.
2. Запълване на двата съда с по 18 литра вода.
3. Измерване на температурата на водата в двата съда.
4. Включване на циркуляционната помпа (фиг. 1, елемент б).
5. Включване на електрическите нагреватели.
6. Отчитане на температурата на водата в двата съда на интервал от пет минути.
7. Разбъркване на водата в съда без циркуляция след изключването на нагревателите и замерване на температурата й.

## Направление "Морско инженерство"

8. Замерване след двадесет часа след стартирането на експеримента на теглата на нагревателите. Наблюдение под микроскоп на структурата на образувалия се накип.

9. Почистване на нагревателите. Монтиране.

**РЕЗУЛТАТИ ОТ ПРОВЕДЕНИТЕ ЕКСПЕРИМЕНТИ (при скорост на потока 0,88 m/s; 1,25 m/s и 1,29 m/s):**

**ОПИТ 1 - скорост на потока 0,88 m/s:**

Измерени температури при чисти нагреватели:

1. В съда с циркулация ( $\Delta h_u$  - разлика в енталпите в съда с циркулация):

$$t_{нач.} = 14^\circ C ; h_{нач.} = 58,75 \text{ kJ/kg} ,$$

$$t_{кр.} = 53^\circ C ; h_{кр.} = 221,80 \text{ kJ/kg} ,$$

$$\Delta h_u = 163,05 \text{ kJ/kg} .$$

След двадесет часа работа:

$$t_{нач.} = 13,5^\circ C ; h_{нач.} = 56,66 \text{ kJ/kg} ,$$

$$t_{кр.} = 50^\circ C ; h_{кр.} = 209,26 \text{ kJ/kg} ,$$

$$\Delta h_u = 152,6 \text{ kJ/kg} .$$

**При опита е налице 6,6% намаление на топлообмена.**

2. В съда без циркулация ( $\Delta h_{б.ц.}$  - разлика в енталпите в съда без циркулация):

$$t_{нач.} = 14^\circ C ; h_{нач.} = 58,75 \text{ kJ/kg} ,$$

$$t_{кр.} = 52^\circ C ; h_{кр.} = 217,62 \text{ kJ/kg} ,$$

$$\Delta h_{б.ц.} = 158,87 \text{ kJ/kg} .$$

След двадесет часа работа:

$$t_{нач.} = 13,5^\circ C ; h_{нач.} = 56,66 \text{ kJ/kg} ,$$

$$t_{кр.} = 49^\circ C ; h_{кр.} = 205,07 \text{ kJ/kg} ,$$

$$\Delta h_{б.ц.} = 148,41 \text{ kJ/kg} .$$

**При опита е налице 6,6% намаление на топлообмена.**

**ОПИТ 2 - скорост на потока 1,24 m/s:**

Измерени температури при чисти нагреватели:

1. В съда с циркулация:

$$t_{нач.} = 15,5^\circ C ; h_{нач.} = 65,04 \text{ kJ/kg} ,$$

$$t_{кр.} = 56^\circ C ; h_{кр.} = 234,35 \text{ kJ/kg} ,$$

$$\Delta h_u = 169,31 \text{ kJ/kg} .$$

След двадесет часа работа:

$$t_{нач.} = 16^\circ C ; h_{нач.} = 67,13 \text{ kJ/kg} ,$$

$$t_{кр.} = 52,5^\circ C ; h_{кр.} = 219,71 \text{ kJ/kg} ,$$

$$\Delta h_u = 152,58 \text{ kJ/kg} .$$

**При опита е налице 9,9% намаление на топлообмена.**

2. В съда без циркулация:

$$t_{нач.} = 15,5^\circ C ; h_{нач.} = 65,04 \text{ kJ/kg} ,$$

$$t_{кр.} = 53,5^\circ C ; h_{кр.} = 223,89 \text{ kJ/kg} ,$$

$$\Delta h_{б.ц.} = 158,85 \text{ kJ/kg} .$$

След двадесет часа работа:

$$t_{нач.} = 16^\circ C ; h_{нач.} = 67,13 \text{ kJ/kg} ,$$

$$t_{кр.} = 51,5^\circ C ; h_{кр.} = 215,53 \text{ kJ/kg} ,$$

$$\Delta h_{б.ц.} = 148,4 \text{ kJ/kg} .$$

**При опита е налице 6,6% намаление на топлообмена.**

**ОПИТ 3 - скорост на потока 1,29 m/s:**

Измерени температури при чисти нагреватели:

1. В съда с циркулация:

$$t_{нач.} = 17^\circ C ; h_{нач.} = 71,31 \text{ kJ/kg} ,$$

$$t_{кр.} = 54,5^\circ C ; h_{кр.} = 228,08 \text{ kJ/kg} ,$$

$$\Delta h_u = 156,77 \text{ kJ/kg} .$$

След двадесет часа работа:

$$t_{нач.} = 17^{\circ}C ; h_{нач.} = 71,31 \text{ kJ/kg} ,$$

$$t_{кр.} = 52,5^{\circ}C ; h_{кр.} = 219,71 \text{ kJ/kg} ,$$

$$\Delta h_{ц.} = 148,4 \text{ kJ/kg} .$$

**При опита е налице 5,4% намаление на топлообмена.**

2. В съда без циркулация:

$$t_{нач.} = 17^{\circ}C ; h_{нач.} = 71,31 \text{ kJ/kg} ,$$

$$t_{кр.} = 54^{\circ}C ; h_{кр.} = 225,98 \text{ kJ/kg} ,$$

$$\Delta h_{б.ц.} = 154,67 \text{ kJ/kg} .$$

След двадесет часа работа:

$$t_{нач.} = 17^{\circ}C ; h_{нач.} = 71,31 \text{ kJ/kg} ,$$

$$t_{кр.} = 51,5^{\circ}C ; h_{кр.} = 215,53 \text{ kJ/kg} ,$$

$$\Delta h_{б.ц.} = 144,22 \text{ kJ/kg} .$$

### 3. ИЗВОДИ

**Резултатите от осъществените експерименти са основание за следните изводи:**

**Анализът на резултатите от осъществените**

**експерименти е основание за следните изводи:**

1. При скорост на потока 1,29 m/s топлообменът в съда с циркулация намалява едва с 5,4%, докато при съда без циркулация - с 6,6%.

2. Образувалият се накип по нагревателя в съда с циркулация е с 0,44 гр. по-тежък от този по нагревателя в съда без циркулация, но е разположен на значително по-малка площ от тази на накипа по нагревателя в съда без циркулация.

3. Образувалият се накип по нагревателя в съда без циркулация има формата на шупли, под които се образуват пароводни мехури, влошаващи значително топлообмена.

Образувалият се накип по нагревателя в съда с циркулация е значително по-твърд, а топлообменът - по-добър. При удар се почиства много по-лесно отколкото накипа, образувал се по нагревателя в съда без циркулация. Причина за това са страничните включения от оксиди на желязото, които придават на накипа крехкост.

Следователно, при увеличаване на скоростта на потока се получава по-добър топлообмен количеството накип, което се отлага, е по-малко.

### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Р и в к и н, С., А. Александров. Термодинамични свойства на водата и водната пара. С., Техника, 1978.
2. С т о я н о в, С. Справочник на енергетика. Том 9. С., АВС Техника, 2000.
3. Ш а с к о л ь с к а я, М. П. Кристаллография. М., Высшая школа, 1978.
4. Ш у б н и к о в, А. Б., В. Ф. Парвов. Зарождение и рост кристаллов. М., Наука, 1969.