

УДК 697.34:536.24

Руйнування відкладень під впливом поверхнево-активних речовин та магнітного поля

Е.С. Малкін¹, К.О. Габа²

¹докт. тех. наук, професор. Київський національний університет будівництва і архітектури

²асистент. Київський національний університет будівництва і архітектури, chibra@bigmir.net

Приводиться методика та результати експериментального дослідження кінетики відшарування відкладень і процесу просочування водних розчинів триетаноламінових ефірів жирних кислот у капілярно-порове тіло. Визначено оптимальну температуру теплоносія та концентрацію модифікатора для руйнування відкладень. Встановлено вплив поля природних магнітів.

Ключові слова: відкладення, магнітне поле, поверхнево-активні речовини.

Постановка проблеми. Відкладення, які накопичуються на теплообмінних поверхнях у процесі експлуатації, є причиною зниження ефективності систем теплопостачання (СТ), яке обумовлене перевитратою палива, збільшенням витрат на транспортування теплоносія, зниженням надійності роботи обладнання, погіршенням екологічної ситуації. Методи ведення водно-хімічного режиму СТ багатостадійні, в основному, направлені на приведення показників якості теплоносія до нормованого рівня і характеризуються з одного боку низькою ефективністю, а з іншого – високою експлуатаційною вартістю. Для комплексної технології ведення водно-хімічного режиму систем теплопостачання доцільним є модифікування теплоносія плівкоутворюючими поверхнево-активними речовинами (ПАР) [1]. На кафедрі теплотехніки Київського національного університету будівництва і архітектури проводяться дослідження триетаноламінового ефіру жирних кислот, який відноситься до класу низькомолекулярних неіоногенних плівкоутворюючих ПАР.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Руйнівна дія модифікатора пояснюється фізичним явищем – ефектом Ребіндера - пониженням міцності твердих матеріалів під дією адсорбційно активного середовища [2]. При абсорбції із модифікованого теплоносія рідина проникає в устя мікротріщини під впливом капілярного тиску. При цьому з меніска краплі виділяються молекули найбільш поверхнево-активного компонента, що мігрують вперед і покривають поверхні щілини. У частині мікротріщин, заповненій рідиною, тонка плівка рідини спричиняє розклинюючий тиск. Крім полегшення розвитку кожної

окремої мікрощілини в результаті проникнення в неї адсорбційних шарів ПАР, ефект Ребіндера обумовлений також і збільшенням кількості мікрощілин, які розвиваються в одиниці об'єму деформованого тіла (відкладень) [3]. В умовах постійної зміни температури теплоносія та температурного розширення відкладень, що характерно для ЦСТ, виникають періодичні напруження на розтяг, які прискорюють появу нових мікрощілин і процес руйнування [4].

Формулювання цілей і завдання статті. Метою даної роботи є дослідження кінетики руйнування відкладень на гріючих поверхнях у присутності водних розчинів триетаноламінового ефіру жирних кислот та із застосуванням поля природних магнітів.

Основна частина. Для дослідження кінетики відшарування відкладень на гріючих поверхнях було розроблено експериментальний стенд, який у лабораторних умовах моделював роботу системи тепlopостачання. Зовнішній вигляд експериментального стенду представлений на рис. 1

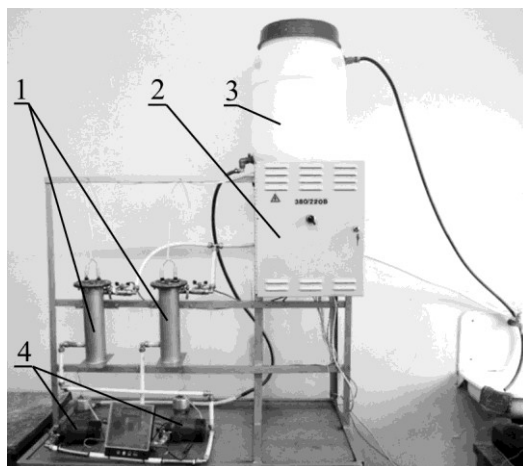


Рис.1. Експериментальний стенд

1- котли-ємності з нагрівачами; 2 - блок автоматичного керування стендом; 3 - бак з теплоносієм; 4 – циркуляційні насоси

Стенд представляє собою контур циркуляції, до складу якого входять: бак запасу робочою ємністю 60 л, два циркуляційні насоси Grundfos Alpha 2 продуктивністю 0,4 – 1,5 м³/год, два котли-ємності з трубчастими електронагрівачами потужністю 1,25 кВт, запірна арматура, прилади контролю температури, щит з блоком автоматичного керування стендом.

Схемою передбачено автоматичне підтримання температури 70 і 90 °С за допомогою регуляторів потужності ТЕНів з використанням контролера Waterheat S1 з точністю підтримання до 1 °С. Циркуляційні насоси запрограмовані на три режими подачі теплоносія. Витрата рідини регулюється також запірною арматурою і вимірюються об'ємним способом.

Методика проведення вимірювань. У бак заливалася дослідна рідина. Заздалегідь підготовані ТЕНи з шаром відкладень з водопровідної води

поміщались у котли і вмикались. Циркуляція відбувалась зі швидкістю 1,6 м/с. Досліджувались модифікований теплоносії з концентрацією 5,20 мг/л, в тому числі після перебування у полі природних магнітів. Після відпрацювання одного етапу вимірювань відбувалась зупинка стенду, електронагрівач вимикався, виймався, висушувався і зважувався на аналітичних вагах ВЛА-200. За результатами зважування визначалась інтенсивність очищення. Кількість відкладень, які відшаровували за час експерименту, розраховувалась за формулою

$$G = \frac{m_{62} - m_{61}}{S_m} \quad (1)$$

де m_{61} і m_{62} - початкова та кінцева маса ТЕНу, г; S_m - площа поверхні ТЕНу, см^2 .

Далі бак, котел та ТЕН очищався, заливалася інша рідина. Було випробувано такі рідини: водопровідна вода, розчини модифікатора у водопровідній воді концентрацією 5 та 20 мг/л, а також водопровідна вода, яка перебувала у полі сталих магнітів. При проведенні порівняльних випробувань з обробкою рідин у полі сталих магнітів напруженістю поля 0,1 - 0,25 мТл циркуляція рідини відбувалась через два котли паралельно. Результати дослідження наведені на рис. 2.

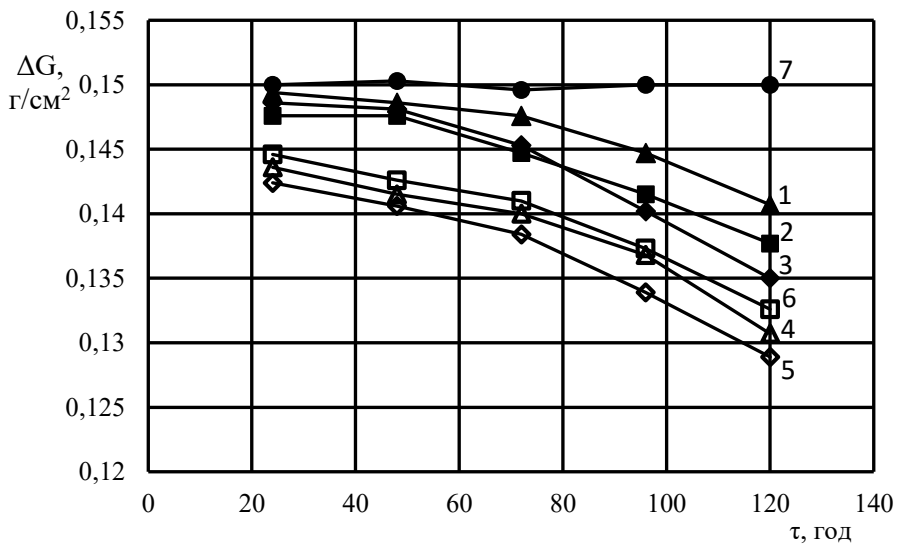


Рис. 2. Відшарування відкладень з теплообмінних поверхонь: 1-3 – $c=5, 20$ мг/л, температура теплоносія 70 °C; 4-6 – те ж температура 90 °C; 7 – вода.

В результаті дослідження кінетики очищення відкладень встановлено, що інтенсивність процесу при використанні модифікатора концентрацією 20 мг/л і при температурі 90 °C є найвищою. Перебування водних розчинів у полі

природних магнітів $H=0,1$ Тл зменшує час очищення як для температури $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, так і для $90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Для експериментального дослідження просочення рідини у котельний камінь було взято вирізку труби конвективної частини котла ПТВМ-30 $\text{du } 64$ мм, який працював на теплогенеруючому підприємстві м. Києва. В результаті експлуатації внаслідок утворення накипних відкладень прохідний діаметр труби складав лише 17 мм. З вирізки було виготовлено п'ять дослідних зразків висотою 10 мм. Зовнішній вигляд зразків представлений на рис. 3.



Рис. 3. Зразки для дослідження просочування

Для просочування було підготовлено робочі рідини: розчин модифікатора триетаноламінового ефіру жирних кислот у водопровідній воді масовою концентрацією $c = 20$ мг/л, розчин модифікатора $c = 20$ мг/л, який перебував у полі природних магнітів напруженістю $H = 0,1$ Тл; водний розчин модифікатора $c = 20$ мг/л, який був приготований на водопровідній воді, яка перебувала у полі природних магнітів напруженістю $H = 0,1$ Тл; розчин модифікатора $c = 5$ мг/л та водопровідна вода.

Методика дослідження полягала у наступному: зразки заповнювались експериментальним розчином і ізолювались так, щоб витікання рідини або її випаровування було неможливе. Для попередження витікання рідини зразки

були оброблені силіконовим герметиком. Зміна глибини просочування зразку фіксувався за допомогою шкали з ціною поділки 1 мм. Рідини просочувалися при постійному тиску, що рівний атмосферному, лише за рахунок капілярних сил. Рідини витримувалися у зразках на протязі 21 дня при температурі оточуючого середовища у лабораторії. Кожні чотири- п'ять днів перевірявся рівень у зразках. Результати досліджень кінетики очищення відкладень та просочування у котельний камінь наведені на рис. 4.

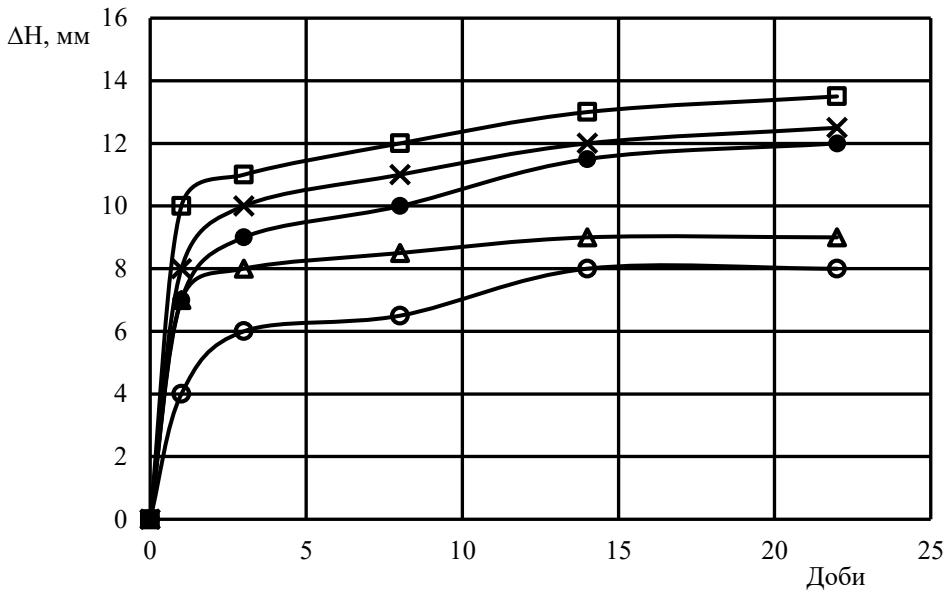


Рис.4. Проникна здатність: (×) $c = 20$ мг/л, після перебування у полі природних магнітів; (□) $c = 20$ мг/л, що готувався на воді, що попередньо оброблена у полі природних магнітів; (●) $c = 20$ мг/л; (Δ) $c = 5$ мг/л; (○) вода.

В результаті дослідження просочування встановлено, що стрімке зростання темпу відбувається у першу добу перебування рідин у дослідних зразках. Впродовж 3-8 доби настає період стабілізації і темп просочування зменшується. Після 12 діб експерименту проникнення вологи зупиняється. Після перебування у полі природних магнітів проникної здатність водного розчину триетаноламінового ефіру жирних кислот з концентрацією 20 мг/л у котельний камінь підвищується на 5-6%. При зміні послідовності приготування розчину та обробки у полі проникна здатність збільшується до 8-9%.

Висновки. Використання водних розчинів триетаноламінового ефіру жирних кислот концентрацією 20 мг/л для руйнування відкладень показує позитивні результати. Для систем теплопостачання з метою очищення теплообмінних поверхонь від відкладень доцільним є застосування модифікованого теплоносія концентрацією 20 мг/л. Для підвищення інтенсивності руйнування краще використовувати водних розчинів

модифікатора, приготовлених на воді, яка попередньо перебувала у полі сталих магнітів.

Література

1. Рыженков В.А. Результаты работ по повышению эффективности систем централизованного теплоснабжения на основе ПАВ-технологии за 2003-2013 гг. / В. А. Рыженков, М. В. Лукин, С. И. Погорелов, А. В. Куршаков. // Надежность и безопасность энергетики. – 2014. – №25. – С. 28–40.
2. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю. Г. Фролов. – Москва: Химия, 1988. – 464 с.
3. Малкин А. И. Закономерности и механизм эффекта Ребиндера / А. И. Малкин. // Коллоидный журнал. – 2012. – №2. – С. 239–256
4. Гламаздин П. М. Фізичний механізм очищення накипних відкладень на поверхнях елементів централізованих систем теплопостачання / П. М. Гламаздин, К. О. Цикал. // Науково-технічний збірник «Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки». – 2014. – №24. – С. 56–62.

Разрушение отложений под воздействием поверхностно-активных веществ и магнитного поля

Э.С. Малкин, К.А. Габа

Приводится методика и результаты экспериментального исследования кинетики разрушения отложений и процесса проникновения водных растворов триэтаноламиновых эфиров жирных кислот в капиллярно-пористое тело. Определено оптимальную температуру теплоносителя и концентрацию модификатора для разрушения отложений. Установлено влияние поля природных магнитов.

Salt deposits destruction under the influence of surfactants and the magnetic field

E. Malkin, K. Gaba

The technique and results of experimental studies of the kinetics of destruction of fat and water solutions of penetration process triethanolamine fatty acid esters in capillary-porous body. It determines the optimal flow temperature and the concentration of the modifier for the destruction of deposits. The effect of natural field of magnets.

Надійшла до редакції 17.05.2016