

УДК 628.16.084.4

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ МАГНІТНОГО ОЧИЩЕННЯ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ

Гаращенко О.В., асистент, Гаращенко В.І., канд. техн. наук, доцент.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

Наведено і проаналізовано результати експериментальних досліджень з впливу технологічних параметрів (швидкості фільтрування V , напруженості магнітного поля H) процесу магнітного очищення водних середовищ феримагнітною фільтруючою загрузкою на ефективність очищення ψ .

It is shown and analysed an experimental results on the effect of technological parameters (filtration velocity V , magnetizing force H) of magnetic purification process of water environments by magnetized ferrite filtering nozzle on efficiency of purification ψ .

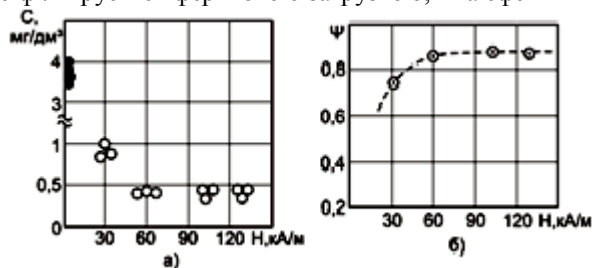
Ключові слова: магнітне очищення, феритова фільтруюча загрузка, магнітний фільтр, ефективність очищення.

В технологічних процесах підприємств харчової та хімічної промисловості широко використовують водні середовища і пар, якими забезпечують відомчі котельні, ТЕЦ або ТЕС. Виробничий конденсат, який повертається від споживачів на ТЕЦ або ТЕС забруднений домішками, концентрація яких перевищує норму в десятки, сотні разів [1]. Основною причиною забруднення домішками таких технологічних вод є неперервна і прогресуюча в часі корозія, зношення в результаті експлуатації технологічного і комунікаційного обладнання.

Дослідженнями встановлено, що основна маса цих домішок складається з залізовмісних сполук, з яких 70-95 % мають магнітні властивості [2]. Тому ефективним методом очищення водних середовищ від феромагнітних залізовмісних домішок є метод магнітного осадження в поліградієнтних феромагнітних фільтруючих загрузках, який реалізується в магнітних фільтрах [1,3]. Запропонований метод є екологічно безпечним, так як при його реалізації не використовуються хімічні реагенти, високошвидкісним (швидкість водного середовища, що фільтрується складає 200-300 м/год, а при фільтрації висококонцентрованої водної суспензії – до 1000м/год.). Метод дозволяє очищати рідкі середовища з температурою до 500 °С і осаджувати домішки розмірами 0,01-10мкм [1,3]. Враховуючи, що магнітні фільтри швидко регенеруються (час регенерації 5-7хв.) вони здатні очищати висококонцентровані водні середовища з концентраціями 100-200мг/дм³, що дозволяє зменшити або виключити скидання забруднених водних середовищ у природні водойми.

Важливими параметрами процесу магнітного очищення водних середовищ від магнітних домішок, які впливають на ефективність цього процесу, є напруженість магнітного поля та швидкість фільтрування середовища, що очищується.

На рис.1 показано вплив напруженості магнітного поля H на концентрацію заліза C у воднодисперсній суспензії магнетиту, що фільтрується феритовою загрузкою, і на ефективність очищення ψ .



● – концентрація заліза до фільтра;
○ – концентрація заліза після фільтра. $V=200$ м/год; $L=0,6$ м.

Рис. 1 – Залежність концентрації заліза (а) і ефективності очищення (б) від напруженості зовнішнього магнітного поля фільтра, завантаженого феритовою загрузкою

Щільність пакування гранул феритової фільтруючої загрузки складала $\Pi=0,53$, швидкість фільтрування $V=200$ м/год. Напруженість магнітного поля H змінювали від 30 до 127 кА/м. Інтенсивне зниження концентрації заліза C відбувається вже при $H=30$ кА/м, з $C_0=3,75$ мг/дм³ до 0,94 мг/дм³, що дозволяє

отримати ефективність очищення $\psi=0,75$. Збільшення H до 60 кА/м знижує концентрацію заліза до 0,47 мг/дм³ і збільшує ефективність очищення ψ до 0,87. Подальше збільшення напруженості поля практично не призводить до збільшення ефективності очищення ψ . При $H=127$ кА/м величина ψ складає 0,89

Використовуючи результати експериментальних даних, що наведені на рис.1 (а,б), отримаємо залежність відносної і диференціальної величини концентрації заліза при магнітному фільтруванні водної суспензії магнетиту від величини відносної напруженості магнітного поля (рис.2 а,б) [4].

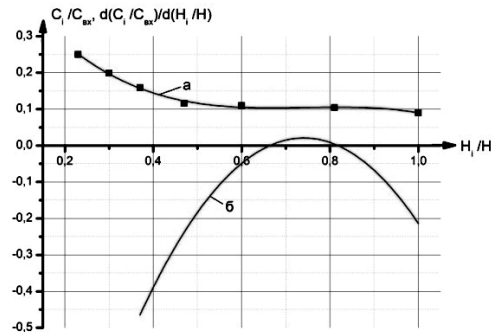


Рис. 2 – Залежність відносної (а) і диференціальної (б) величини концентрації заліза, при магнітному фільтруванні феритовою загрузкою водної суспензії магнетиту, від величини відносної напруженості магнітного поля: $V=200$ м/год; $H=60$ кА/м; $L=0,6$ м.

Графічні залежності, зображені на рис.2 (а,б), після математичної обробки апроксимуються рівняннями (1), (2). Коефіцієнт кореляції складає 0,985, що свідчить про високу адекватність рівняння і графічної залежності (рис.2).

$$C_i/C_{\text{вх}} = -1,173 \cdot \left(\frac{H_i}{H}\right)^3 + 2,61 \cdot \left(\frac{H_i}{H}\right)^2 - 1,915 \cdot \left(\frac{H_i}{H}\right) + 0,568, \quad (1)$$

$$\frac{d(C_i/C_{\text{вх}})}{d(H_i/H)} = -3,519 \cdot \left(\frac{H_i}{H}\right)^2 + 5,22 \cdot \left(\frac{H_i}{H}\right) - 1,915, \quad (2)$$

$$\max \frac{d(C_i/C_{\text{вх}})}{d(H_i/H)} = 0,02, \quad (3)$$

$$H_i/H = 0,739, \quad (4)$$

$$C_i/C_{\text{вх}} = 0,104, \quad (5)$$

З графічної залежності (рис.2) видно, що інтенсивне осадження домішок заліза в шарах намагніченої феритової загрузки відбувається при зміні H_i/H від 0,225 до 0,46. В подальшому, при збільшенні величини H_i/H інтенсивність осадження зменшується. Так, при збільшенні величини H_i/H від 0,46 до 1, величина $C_i/C_{\text{вх}}$ змінюється від 0,12 до 0,09.

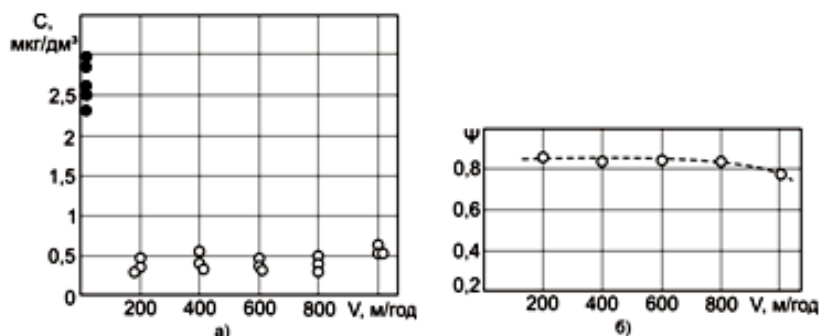
Аналіз залежностей (рис.2 а,б) дозволяє зробити висновок, що зона в об'ємі намагніченої феритової загрузки, на яку приходить максимум величини $\frac{d(C_i/C_{\text{вх}})}{d(H_i/H)}$, відповідає значенню 0,02. При цьому від-

носне значення $H_i/H=0,739$ і, відповідно, $C_i/C_{\text{вх}}=0,104$. Враховуючи, що $H_{\text{max}}=127$ кА/м, отримаємо $H_i=93,8$ кА/м, а ефективність осадження при вищенаведених параметрах складає $\psi=0,88$.

Активним параметром, який впливає на процес магнітного осадження домішок водних середовищ в намагніченій феритовій загрузці, є швидкість протікання водного середовища в шпаринах загрузки. При переході від ламінарного до турбулентного режиму руху водного потоку, який починається при швидкості в шпаринах гранул $\sim 0,2$ м/с, що відповідає швидкості фільтрування ~ 290 м/год (0,08 м/с), ефективність магнітного осадження зменшується. Особливо це стосується малокоцентрованих водних середовищ, що містять високодисперсні магнітні домішки. При такому режимі на високодисперсні частинки проявляється більша дія гідродинамічної сили (Стоксової). Це видно з співвідношення сил, що діють на магнітні домішкові частинки.

На рис.3(а,б) наведені експериментальні дані з дослідження впливу швидкості фільтрування V на концентрацію заліза C у висококоцентрованій воднодисперсній суспензії магнетиту і ефективність її очищення ψ . Напруженість магнітного поля складала 60 кА/м, довжина феритової загрузки – 0,6 м, щільність пакування гранул загрузки $\rho=0,53$. Швидкість фільтрування змінювали від 50 до 1000 м/год. З

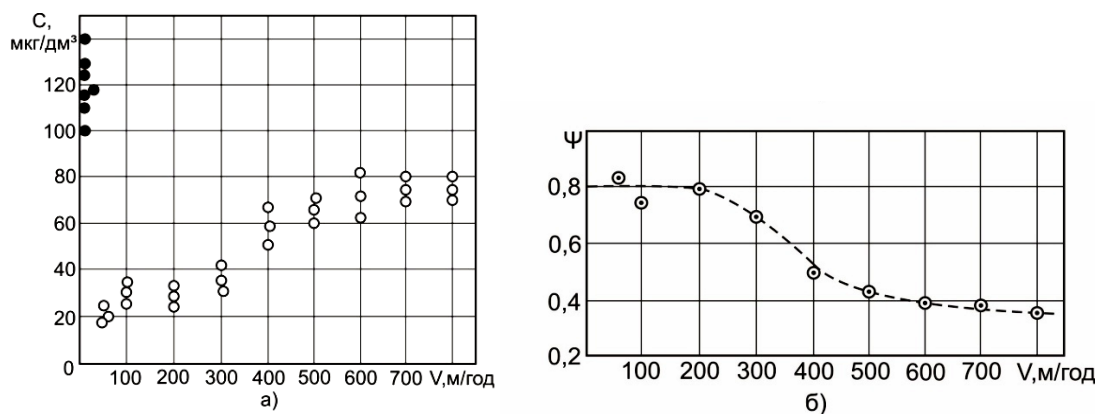
(рис.3, б) видно, що ефективність очищення ψ у діапазоні зміни V від 50 до 900 м/год практично не змінюється і складає $\psi=0,82-0,84$ [4].



● – концентрація заліза до фільтра; ○ – концентрація заліза після фільтра. $L=0,6$ м; $H=60$ кА/м.

Рис. 3 – Залежність концентрації заліза (а) і ефективності очищення (б) від швидкості фільтрування водної суспензії магнетиту феритовою загрузкою

На рис.4 наведені результати магнітного очищення низькоконцентрованого конденсату Добротвірської ТЕС. Показано вплив швидкості фільтрування на концентрацію заліза та ефективність очищення. Середня концентрація заліза в конденсаті на початку магнітного очищення складала 120 мкг/дм³



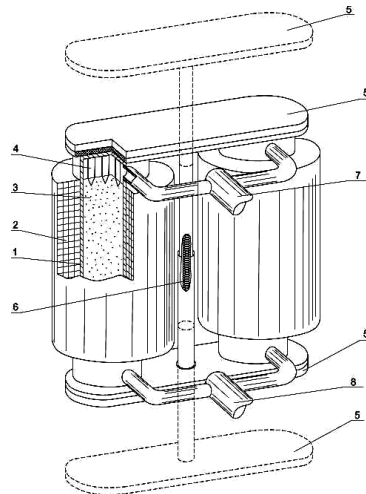
● – концентрація заліза до фільтра; ○ – концентрація заліза після фільтра; $L=0,9$ м; $H=100$ кА/м.

Рис. 4 – Залежність концентрації заліза (а) та ефективності очищення (б) від швидкості фільтрування конденсату ТЕС

На відміну від даних магнітного очищення багатоконцентрованої водної суспензії, наведених на рис.3, при магнітному очищенні низькоконцентрованого конденсату ТЕС збільшення швидкості $V > 250$ м/год призводить до зменшення ефективності очищення. Аналіз графічних залежностей (рис.4) засвідчує, що при зміні швидкості V від 0 до 200 м/год, ефективність очищення ψ практично не змінюється, при $V=300$ м/год, величина ψ зменшується на 12 % в порівнянні з $V=200$ м/год, при $V=400$ м/год величина ψ зменшується на 37 %. В подальшому зменшення величини ψ при збільшенні V відбувається не так інтенсивно. Так, при $V=500$ м/год, величина ψ зменшується на 16 % в порівнянні з ψ при $V=400$ м/год.

Порівнюючи експериментальні дані (рис.3 а,б) і дані (рис.4 а,б), робимо висновок, що при магнітному очищенні багатоконцентрованих водних середовищ, в яких розміри магнітних домішок складають $d > 50$ мкм, при турбулентному режимі проходження водного потоку через шпарини гранул загрузки сила магнітного осадження більша за гідродинамічну силу. У випадку магнітного очищення низькоконцентрованих водних середовищ (рис.4,а,б), в яких розміри магнітних домішок, як встановлено дослідженнями, складають 0,01-10 мкм [5], при переході від ламінарного до турбулентного режиму сила гідродинамічного опору переважає магнітну силу осадження і ефективність очищення ψ зменшується (рис.4, б).

Запропоновано магнітний фільтр з спареними рухомими шунтами соленоїдами (рис.5) для очищення рідких середовищ від залізовмісних домішок.



1 – корпус фільтра; 2 – магнітна система (соленоїд); 3 – фільтруюча загрузка; 4 – магнітопровідні стрижні; 5 – магнітопровідні шунти; 6 – механізм (пружний, гідравлічний, електромагнітний) переміщення шунтів; 7,8 – патрубки подачі і відведення водного середовища, що очищується.

Рис. 5 – Магнітний фільтр з спареними рухомими шунтами соленоїдами

Магнітопровідні шунти створюють замкнений магнітний контур фільтра, зменшуючи втрати магнітного потоку і величину розмагнічуючого фактора. В період регенерації фільтра магнітні шунти приводом (механічним або гідравлічним) відводять від корпусів. Таке технічне рішення дозволяє розірвати магнітний контур і зменшити залишкову намагніченість феромагнітної фільтруючої загрузки майже в 2 рази. Впроваджений магнітний фільтр для очищення конденсату показав високу ефективність (85%).

Висновки. Досліджено та обґрунтовано вплив напруженості магнітного поля та швидкості фільтрування на величину ефективності процесу магнітного очищення як висококонцентрованих, так і низькоконцентрованих водних середовищ. Виявлено, що при очищенні водної суспензії магнетиту при зміні $H=(30-127) \text{кА/м}$, $V=200 \text{м/год}$, $L=0,6 \text{м}$, $\psi=0,75-0,89$; при зміні $V=(200-800) \text{м/год}$, $H=60 \text{кА/м}$, $L=0,6 \text{м}$, $\psi=0,84-0,82$; при збільшенні V до 1000м/год величина ψ зменшується до $0,78$. При очищенні низькоконцентрованого конденсату раціональним значенням швидкості фільтрування є величина $200-250 \text{м/год}$. Подальше збільшення швидкості призводить до різкого зменшення ефективності очищення конденсату. Наведені результати дозволяють встановлювати діапазони змін V , H , при яких ефективність очищення буде відповідати необхідним вимогам. Запропонований новий магнітний фільтр з спареними рухомими шунтами соленоїдами.

Література

1. Гаращенко В.І. Екологічно безпечний метод очистки текучих середовищ в намагнічених поліградієнтних насадках /Гаращенко В.І./Проблеми фундаментальної і прикладної екології, екологічної геології і раціонального природокористування: IV Міжнародна науково-практична конференція., 19-21.03.2009р.: тези. доп. – Кривий Ріг 2009р. – с.125-127.
2. Апользин П.А. Предупреждение коррозии металла подпиточного и сетевого трактов теплосети/ Апользин П.А, Богачев А.Ф.// Труды ВТИ., 1975, вип.№5, М. «Энергия» с.63-70.
3. Гаращенко В.І. Магніто-сорбційні властивості гранульованих фільтруючих насадок / Гаращенко В.І., Скрипник І.Г., Лук'янчук О.П., Гаращенко О.В. // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування – 2008.-№3-с.184-191.
4. Гаращенко В.І. Исследование активных параметров процесса магнитной очистки водных сред теплоэнергетики. /Гаращенко В.І., Астрелин И.М., Гаращенко А.В.// Журнал „Вода и Экология: проблемы и решения”, №4, 2014р. с.10-25.
5. Гаращенко В.І. Дисперсно-фазовий склад забруднюючих домішок при магнітному очищенні водних систем теплових електростанцій. / Гаращенко В.І., Скрипник І.Г., Гаращенко О.В.// Журнал Экология и промышленность. м.Харків, №1, 2014.