

Тема 6. Причини погіршення роботи оборотних систем водопостачання.

1. Агресивні властивості води.
2. Причини недоліку вуглекислоти в оборотній воді.
3. Фактори, що впливають на лужність оборотної води й інтенсивність карбонатних відкладень.
4. Застосування поліфосфатів для боротьби з корозією і заростанням водопровідних труб.
5. Застосування силікату натрію для боротьби з корозією труб.

1. Агресивні властивості води характеризуються двома величинами: карбонатною ємністю води, рівної кількості карбонату кальцію, що розчиняється в одиниці об'єму даної води при переході до рівноважного стану і інтенсивністю карбонатної агресії, обумовленої швидкістю процесу розчинення карбонату кальцію в початковий момент контакту його з агресивною водою. Обидві характеристики мають велике значення.

Якщо тривалість контакту агресивної води з карбонатом кальцію в системі достатня для встановлення карбонатної рівноваги, це визначається карбонатною ємністю води. Якщо ж тривалість контакту мала – визначальним стає інша характеристика агресивних властивостей води – інтенсивність карбонатної агресії.

Можуть бути, природно, крім цих двох крайніх випадків проміжне положення, коли обидва фактори значимі й обоє повинні враховуватися.

Для прямоточних систем основною характеристикою агресивних властивостей води є інтенсивність карбонатної агресії, обумовленої індексом Ланжельє, оскільки тривалість перебування води в трубопроводах цих систем не перевищує звичайно декількох хвилин, а в теплообмінниках – декількох секунд.

У системах оборотного водопостачання вибір визначальної характеристики залежить від якості додаткової води:

- 1) система поповнюється твердою водою, схильної до утворення карбонатних відкладень, і, отже, здійснюється обробка води кислотою. Така вода агресивна на ділянці системи від місця введення реагенту до градирні, де з води виділяється велика частина вуглекислоти. У цьому випадку для характеристики агресивних властивостей води, як і для

прямоточних систем, служить індекс стабільності Ланжелє (тривалість перебування води на цій ділянці не перевищує декількох хвилин).

- 2) Система поповнюється м'якою річковою водою, не схильною до утворення карбонатних відкладень і такою, що не має агресивних властивостей навіть після аерації в градирні. Визначальна характеристика агресивності в цьому випадку – карбонатна ємність води, тому що води агресивна у всій системі, де період її перебування, як правило, достатній для встановлення вуглекислотної рівноваги.

Але треба відзначити, що в житті ми маємо справу частіше з водою неагресивною, а схильною до відкладення карбонату кальцію, тобто випадок, коли вміст вуглекислоти в оборотній воді менше рівноважного і у системі відбувається розпад бікарбонатів і утворення карбонатних відкладень.

2. Недолік вуглекислоти в оборотній воді обумовлюється наступними причинами: втратою вуглекислоти з оборотної води при аерації в градирні, нагріванням води в системі і підвищенням концентрації HCO_3^- в оборотній воді внаслідок її часткового випарювання.

Аналогічно тому, як при наявності у воді надлишкової вуглекислоти ми характеризували її агресивні властивості інтенсивністю карбонатної агресії і карбонатною ємністю води, осадотворюючі властивості води при недоліку вуглекислоти варто також характеризувати з двох різних сторін. Одна з характеристик дає уявлення про тенденцію до виділення з розчину карбонату кальцію в зв'язку в порушенням вуглекислотної рівноваги і визначається найкраще величиною індексу рушійної сили DFI (Driving-force-index)

$$DFI = \frac{[\tilde{a}^{2+}][\tilde{I}_3^{2-}]}{\tilde{a}_{\tilde{a}\tilde{I}_3} \times 24 \times 10^8}.$$

Інша характеристика, що ми називаємо глибиною розпаду визначається величиною миттєвого пересичення води карбонатом кальцію ME (Momentary excess), по Даю.

$$ME = \frac{\tilde{a}^{2+} + \tilde{I}_3^{2-}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\tilde{a}^{2+} + \tilde{I}_3^{2-}}{2} \right)^2 - (\tilde{a}^{2+} + \tilde{I}_3^{2-}) + \tilde{a}_{\tilde{a}\tilde{I}_3} \times 10^{10}}.$$

Слід зазначити, що величина ME достатньо добре характеризує рушійну силу процесу осадження карбонату кальцію лише в тому випадку, якщо концентрація Ca^{2+} і CO_3^{2-} , виражені в еквівалентних одиницях, близькі між собою. У протилежному випадку користуємося величиною DFI, що є більш точною мірою тенденції води до осадження карбонату кальцію. Індекс Ланжелє в цьому випадку менш точний через свою логарифмічну природу.

Величина DFI, що характеризує тенденцію до осадження карбонату кальцію, а тим самим у визначній мірі й інтенсивність цього процесу при даному пересиченні, має велике практичне значення, особливо для систем прямооточного водопостачання, де внаслідок малої тривалості перебування води в системі процес утворення карбонатних відкладень визначається саме цією величиною.

Що ж стосується систем оборотного водопостачання, де період перебування води набагато більше і процес утворення карбонатних відкладень встигає відбутися досить повно, то для них визначальною характеристикою є глибина розпаду бікарбонату кальцію.

Концентрація добре розчинних солей в оборотній воді зростає з моменту пуску системи унаслідок випару частини оборотної води на градирні. По цій концентрації ми визначаємо коефіцієнт концентрування солей (коефіцієнт упарювання K_y). Що ж стосується бікарбонату кальцію, то його концентрація в оборотній воді при відсутності спеціальної її обробки зростає, як правило, значно повільніше або взагалі не зростає, тому що концентрація цієї солі змінюється під впливом двох суперечливих факторів: часткового випаровування оборотної води, що викликає підвищення концентрації цієї солі, і розпаду бікарбонату кальцію з утворенням осаду CaCO_3 , що приводить до зменшення цієї концентрації.

Різниця між концентрацією бікарбонатів, що була б при відсутності розпаду їх у системі, і дійсною концентрацією називається глибиною розпаду бікарбонатів.

Гранична глибина розпаду при сталому режимі:

$$h = L_{\text{доп}} \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_2 + P_3} - L_{\text{об}} .$$

При відсутності розпаду концентрація бікарбонатів в оборотній воді дорівнює добутку їх концентрації в додатковій воді на коефіцієнт упарювання

$$[HCO_3^-]_{об.} = K_y [HCO_3^-]_{дод.}$$

При сталому режимі, коли лужність оборотної води не змінюється в часі, кількість бікарбонатів, що розпадаються в системі оборотного водопостачання дорівнює, г:

$$x = [(P_1 + P_2 + P_3)L_{дод.} - (P_2 + P_3)L_{об.}] \frac{Q}{100} \Delta\tau \cdot E,$$

де $P_1 + P_2 + P_3 = P$ – підпиток;

$P_2 + P_3$ – знесення з охолодника і продувка;

$\Delta\tau$ - досліджуваний період часу, год;

$L_{дод.}$ і $L_{об.}$ - лужність води додаткової і оборотної, мг-екв/л;

E – еквівалент $CaCO_3 = 50$ г/г-екв.

Можна перерахувати x на 1 м^3 оборотної води або на 1 м^2 системи, що дає товщину карбонатних відкладень на одиницю поверхні системи в одиницю часу (рік, місяць).

3. Як впливають різні фактори на лужність оборотної води й інтенсивність карбонатних відкладень?:

1) з підвищенням температури оборотної води інтенсивність карбонатних відкладень у системі x і глибина розпаду бікарбонатів h різко зростають!

2) на x і h впливає також зміна концентрації вуглекислоти. Її добавка приводить до зменшення відкладень і збільшенню $L_{об.}$

3) водяний режим P_1, P_2, P_3 . K_y бікарбонатів звичайно значно менше K_y солей, які не випадають в осад. При інтенсивному процесі розпаду бікарбонату

$$K_y \text{ навіть } < 1 \quad L_{об.} < L_{дод.}$$

При експлуатації систем оборотного водопостачання найчастіше намагаються досягти зменшення інтенсивності карбонатних відкладень шляхом збільшення кількості води, що додається в систему, і відповідно збільшення продувки, керуючись при цьому поширеною думкою, що чим більше «свіжої» води додається в систему, тим менше в ній буде карбонатних відкладень. Неправильно! При 20-% продувці, $L_{\text{дод.}}=5,9\text{ мг-экв/л}$, $L_{\text{об.}}=3,8\text{ мг-экв/л}$ і $Q=800\text{ м}^3/\text{год}$ інтенсивність карбонатних відкладень досягає 75 кг/год , а при необхідній $P_3=20\text{ кг/год}$, що в 4 рази менше. Крім цього, необхідно не забувати, що інтенсивні відкладення карбонату кальцію по тракту руху води на стінках трубопроводів приводять до погіршення теплопередачі і до різкого погіршення теплового режиму системи оборотного водопостачання.

Необхідно скоротити кількість додаткової води до мінімуму при $L_{\text{об.}} < L_{\text{дод.}}$. При $L_{\text{об.}} > L_{\text{дод.}}$, що спостерігаються, як правило, при обробці води, інтенсивність карбонатних відкладень у системі зменшується і може бути зведена до нуля при збільшенні витрати додаткової води до визначених меж.

4. Інгібітори корозії. Дія полягає в гальмуванні катодного або анодного процесу корозії чи обох процесів одночасно. Уповільнення корозії відповідно до цього поділяються на анодні, катодні і змішані. Гексаметофосфат добре гідролізується до ортофосфату натрію. Цьому сприяє підвищення температури. Гексаметафосфат дисоціює з утворенням двох катіонів натрію і комплексного аніону $[\text{Na}_4(\text{PO}_4)_6]^{2-}$. При розчиненні $(\text{NaPO}_3)_6$ у природних водах (вміщуючих Ca^{2+} і Mg^{2+}) утворюються розчинні комплексні з'єднання, у яких атоми Na обмінюються на Ca^{2+} , Mg^{2+} і $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Na}_2[\text{Ca}_2(\text{PO}_3)_6]$, $\text{Na}_2[\text{Mg}_2(\text{PO}_3)_6]$, $\text{Na}_2[\text{Fe}_2(\text{PO}_3)_6]$. Якщо немає надлишку гексаметофосфату натрію, то відбувається утворення малорозчинних з'єднань - $\text{Ca}[\text{Ca}_2(\text{PO}_3)_6]$, які ущільнюють карбонатні відкладення, роблять їх міцними. Захисна метафосфатная плівка! У нових трубопроводах дають – спочатку 100 мг/л $(\text{NaPO}_3)_6$ в розрахунку по P_2O_5 , а потім $5\text{--}10\text{ мг/л}$ і періодично обробляти $5\text{--}10\text{ мг/л}$. Запобігає карбонатним заростанням – утворюється адсорбційна плівка метафосфатних з'єднань на мікрочисталах CaCO_3 . Гексаметофосфат погано розчиняється.

За кордоном знайшли застосування метафосфати, що повільно розчиняються.

5. Для вод із рН-6-7 рекомендується застосування рідкого скла з модулем 2,4-2,8, для вод з рН – 7...8 з модулем 2,8-3,2. Доза від 7 до 30 мг/л. Після формування захисної плівки переходять на дозу 3-4 мл по SiO_2 . Концентрація рідкого скла мусить бути менше 3% по SiO_2 .

Питання для повторювання

1. В чому проявляються агресивні властивості води?
2. Які причини недоліку вуглекислоти в оборотній воді?
3. Які фактори впливають на лужність оборотної води та інтенсивність карбонатних відкладень?
4. Для чого застосовуються поліфосфати?