

УДК 621.311.22.620.191.8

Изучение эффективности нового реагентного состава для снижения жесткости воды и накипеобразования “Гидро-Фос”

И. И. БРАЗОВСКИЙ, Г. И. КАТИБНИКОВА, И. А. САЛЬНИКОВА, В. В. САМОЙЛЕНКО

Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны
Национальной академии наук Беларуси,
ул. Академика А. К. Красина, 99, Минск 220109 (Беларусь)

E-mail: radchem@tut.by

(Поступила 22.12.04; после доработки 01.03.05)

Аннотация

Проведены исследования по разработке реагентного состава “Гидро-Фос”, предотвращающего образование накипи в котлах теплоэнергетических установок и сетях тепло- и водоснабжения. Изучены химические, технологические и эксплуатационные свойства реагентного состава “Гидро-Фос”. Показано, что при использовании данного состава обеспечивается эффективная защита от коррозии и накипеобразования на внутренних стенках нагревательных элементов, существенно снижается жесткость воды и растворяются ранее накопленные продукты коррозии.

ВВЕДЕНИЕ

Один из важнейших факторов, влияющих на надежность и эффективность работ котельного и теплообменного оборудования систем центрального водоснабжения, – это качество циркулирующей воды. Рост содержания растворенных и взвешенных частиц в воде приводит к их осаждению на поверхности нагрева теплофикационного оборудования, снижению эффективности теплопередачи и КПД теплообменного оборудования, а также значительному перерасходу топлива.

В настоящее время общепризнана целесообразность применения химических добавок в качестве ингибиторов солеотложений (антинакипинов), использование которых значительно упрощает эксплуатацию и повышает надежность теплофикационных систем в целом. Их отличительная особенность состоит в том, что даже в малых количествах (2–5 мг/л) они способны стабилизировать водные растворы, предотвращая кристаллизацию труд-

норастворимых соединений. К настоящему времени получен ряд органических антинакипинов, содержащих анионные, катионные или неионогенные активные группы типа сульфоновых, гидроксильных, фосфоновых и т.п. [1–4].

В последнее время в России для наиболее распространенных типов паровых и водогрейных котлов при проведении дополнительной водоподготовки все более широко используется датский реагентный состав Hydro-X [5]. С его помощью проводят необходимую коррекционную обработку воды для паровых и водогрейных котлов давлением до 3.9 МПа, а также закрытых систем теплоснабжения. При этом предотвращается появление накипи и коррозии металла.

Разработка и внедрение новых, более дешевых высокоэффективных реагентных составов – аналогов Hydro-X – актуальная и экономически целесообразная задача.

В то же время большое количество различных факторов, влияющих на эффектив-

ность действия антинакипинов, а также слабая изученность самого механизма не позволяют дать однозначную теоретическую оценку эффективности нового реагентного состава.

Цель настоящей работы – разработка нового ингибитора кристаллизации солей и опытная проверка эффективности его действия.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Экспериментальное исследование эффективности действия разработанного реагентного состава, предотвращающего накипеобразование в зонах интенсивного парообразования, проводилось на лабораторном стенде, моделирующем работу теплообменных систем с испарительным и конденсационным контурами и естественной циркуляцией.

При проведении лабораторных испытаний использовали модельный раствор, содержащий ионы Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} . Данная система выбрана, исходя из следующих соображений:

- остаточная концентрация ионов Ca^{2+} в растворе в случае использования CaSO_4 может достигать 16.2 мг-экв/л, что позволяет обеспечить массу отложений, необходимую для проведения весового анализа;

- скорость кристаллизации зависит от пересыщения раствора;

- малорастворимое вещество – сульфат кальция, образующийся при смешивании растворов CaCl_2 и Na_2SO_4 , – склонно к образованию перенасыщенных растворов.

Таким образом, в системе можно поддерживать заданную концентрацию ионов Ca^{2+} , обуславливающую требуемую жесткость воды в течение длительного времени.

Во время эксперимента фиксировались время пропускания пароводяной смеси, температура, давление, pH среды, общая жесткость раствора, прирост массы образцов-свидетелей, размещенных в различных местах лабораторной установки.

После каждого эксперимента проводился качественный и количественный анализы солей жесткости, осажденных на образцах-свидетелях, и состояния теплопередающих поверхностей экспериментального участка.

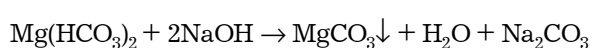
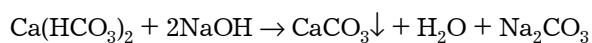
Образцы-свидетели представляли собой сетки из нержавеющей стали с ячейкой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

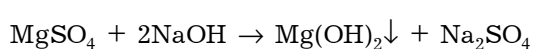
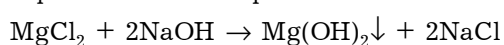
В результате проведенного анализа используемых в промышленных котельных и тепловых сетях химических способов и реагентов водоподготовки разработан новый высокоэффективный реагентный состав “Гидро-Фос”, предотвращающий образование накипи на внутренних теплопередающих поверхностях и трактах сетевой воды. При разработке реагента внимание уделялось не только техническим характеристикам состава, но и его технологическим, экономическим и экологическим показателям.

“Гидро-Фос” представляет собой многокомпонентную, сбалансированную физико-химическую систему, в которой каждый из компонентов, равно как и его содержание, играют важную роль.

Так, гидроксид натрия снижает жесткость воды (за счет осаждения солей жесткости), нейтрализует растворенный диоксид углерода, регулирует pH воды и предохраняет слой магнетита. Кроме того, присутствие NaOH в питательной воде необходимо не только для более эффективной обработки солей карбонатной жесткости за счет реакций



но, главным образом, для осаждения в шлам сернокислых и хлористых солей:



При расчете дозировки едкого натра необходимо иметь в виду, что для более полного осаждения солей магния необходимо вводить его в питательную воду с некоторым избытком, повышая щелочность воды pH 8.5–10.0.

Триполифосфат натрия препятствует образованию накипи, ингибирует рост кристаллов образующихся солей жесткости, защищает поверхность от коррозии.

Благодаря своим адсорбционным и комплексообразующим свойствам триполифосфаты оказывают существенное влияние на коллоидные системы. Они известны как дефлокирующие, пептизирующие, диспергирующие, солибизирующие и стабилизирующие

агенты [5, 6]. В литературе многократно возникали дискуссии по поводу преимущества того или иного фосфата, вызванные чаще всего тем фактом, что секвестрирующая способность одного и того же соединения может изменяться в зависимости от температуры, рН, природы катиона, присутствия посторонних ионов, растворенных веществ и т. д. Преимущество полифосфата натрия помимо высокой эффективности состоит в том, что он хорошо сочетается с другими добавками. К тому же технический триполифосфат натрия в 3.5 раза дешевле соли Грэма (гексаметафосфат), растворяется значительно быстрее и в меньшей степени склонен к слипанию. Обработка воды триполифосфатами обычно преследует несколько целей: предотвратить осаждение солей жесткости, уменьшить коррозионную агрессивность воды, удерживать в растворе ионы железа и марганца. Помимо стабилизации и ингибирования коррозии, происходит устранение или уменьшение слоя накипи на теплообменных поверхностях, снятие или разрыхление с последующим удалением старой накипи.

Альгинат натрия ускоряет процесс осаждения солей жесткости, предотвращает образование накипи.

Крахмал повышает скорость образования хлопьев коагулированной взвеси.

Полиакриламид-гель образует пространственные сетчатые флокуляционные структуры из частиц солей жесткости, ингибирует процесс образования накипи и рост кристаллов солей жесткости.

Полиэтиленгликоль (ПЭГ-400) предотвращает образование пены и унос влаги.

Применение высокомолекулярных флокулянтов позволяет резко ускорить образование и осаждение хлопьев коагулированной взвеси. Флокулянты, используемые в водоподготовке, представляют собой природные или синтетические водорастворимые и линейные полимеры анионного, катионного, амфотерного и неионогенного типов. Альгинатсодержащие флокулянты получают путем щелочной обработки морских водорослей и частично применяют для очистки воды [4]. Более широкое применение получили синтетические флокулянты: полиакрилат натрия, полиакриламиды и их сополимеры. Это связано с их

гораздо лучшими флокуляционными свойствами и меньшими затратами на их производство. Флокуляция в процессах водоподготовки рассматривается как “сшивание микрохлопьев, их объединение в более крупные и тяжелые агрегаты (флокулы)” [2].

“Гидро-Фос” представляет собой почти бесцветную жидкость без запаха, плотностью 1.12 г/см³. Он не опасен и не требует специальных мер обращения и хранения, легко дозируется в воду и при длительном хранении не теряет своих качеств.

Проведенные лабораторные исследования показали, что “Гидро-Фос” обеспечивает эффективную защиту от коррозии и образования накипи на внутренних стенках нагревательных элементов, а в объеме – образование мелкодисперсной взвеси, легко удаляемой в процессе штатных продувок котлоагрегатов. Кроме того, он является эффективным умягчителем воды и постепенно удаляет старые продукты коррозии, накопленные до его использования.

Так, при циркуляции пароводяной смеси с расходом 20 л/ч через рабочий участок лабораторной установки (имитатор водогрейного котла) при заданной жесткости воды, равной 8.95 мг-экв/л, в течение 96 ч в образце-свидетеле осадилось 0.04 г солей жесткости. Качественно в отложениях определены ионы Ca^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , OH^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} . Жесткость воды колебалась в пределах 8.95–10.2 мг-экв/л.

Очевидно, что отложения представляли собой продукты коррозии материала нагревателя (сталь) и ионы Ca^{2+} и Ca^{2-} .

Добавление в модельный раствор датского реагентного состава Hydro-X (дозировка 1–2 мл/л) снижало жесткость воды до 3.9 мг-экв/л, щелочность раствора изменялась в пределах рН 9.7–8.9. В объеме наблюдалось образование мелкодисперсной кристаллической твердой фазы, которая в дальнейшем уплотнялась. Эти частицы свободно циркулировали по рабочему контуру, постепенно накапливаясь у механического фильтра. Масса отложений на контрольном образце-свидетеле в течение 96 ч составляла 0.02 г.

Дозирование в систему “Гидро-Фос” (1–2 мл/л) позволило поддерживать качество воды при следующих показателях:

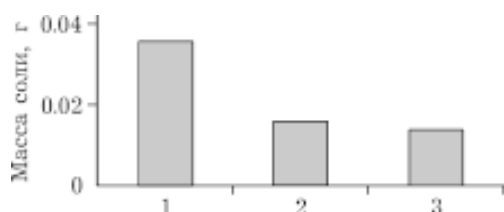


Рис. 1. Осаждение солей жесткости на образцах-свидетелях при времени циркуляции пароводяной смеси в течение 96 ч: 1 – без добавок, 2 – с использованием «Гидро-Икс», 3 – с использованием «Гидро-Фос».

жесткость общая 2.9 мг-экв/л, карбонатная – 2.1 мг-экв/л, pH 10.8.

Масса отложений на контрольном образце-свидетеле через 96 ч после начала дозирования «Гидро-Фос» составила 0.0157 г, что почти на порядок выше, чем без использования ингибитора коррозии. Как видно из полученных данных (рис. 1), по своей эффективности «Гидро-Фос» не уступает импортному аналогу Hydro-X, который широко применяется в Европе.

Разработанный реагентный состав «Гидро-Фос» является высокоэффективным ингибитором солеобразования и умягчителем воды. Кроме того, при его применении постепенно удаляются ранее накопленные продукты коррозии. Реагентный состав универсален и может использоваться для очистки воды с различными примесями, включая соли железа.

Накипь под действием «Гидро-Фоса» отделяется от стенок и преобразуется в мелкодисперсную взвесь (шлам), которая, не создавая помех в работе оборудования, циркулирует в системе и при периодических продувках котлов и промывке фильтров легко удаляется.

В основе механизма действия реагентного состава «Гидро-Фос» лежат процессы, в ходе которых осадкообразующие катионы частично связываются в растворимые в воде комплексы, а частично выпадают в виде шлама труднорастворимых солей Ca и Mg. Большую роль играют в его действии и органические составляющие. Хотя их количество минимально, за счет глубокого диспергирования их активная реакционная поверхность достаточно велика. Большая молекулярная масса органических составляющих обеспечивает физический эффект притягивания молекул

загрязнителей воды, что позволяет собрать и сконцентрировать молекулы, создающие жесткость, – соли железа, кальция, кремниевой кислоты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные лабораторные исследования обработки воды в теплофикационном режиме свидетельствует о том, что реагентный состав «Гидро-Фос» является эффективным ингибитором солеобразования на внутренних поверхностях теплообменного оборудования и элементов тракта сетевой воды. При небольшом добавлении в подпиточную воду «Гидро-Фоса» (до 0.5–1 л на каждый кубический метр воды) наблюдалось образование мелкодисперсной взвеси (шлама), которая, не создавая помех в работе оборудования, циркулирует в системе и при периодических продувках котлов и промывке или очистке фильтров легко удаляется.

«Гидро-Фос», готовый для использования раствор, представляет собой опалесцирующую бесцветную жидкость с небольшим осадком, легко гомогенизирующуюся при перемешивании. Он не огнеопасен и не требует специальных мер обращения и хранения, легко дозируется в воду. Состав раствора стабилен и при длительном хранении разделения жидкости не происходит.

К достоинствам этого продукта можно отнести следующие:

- простота и эффективность химической водоподготовки;
- поступает к потребителю в готовом для использования виде;
- в воду подается на порядок меньше по сравнению с традиционными методами обработки воды активных химических соединений;
- экологическая безопасность, так как не содержит токсических компонентов;
- нейтрализует кислород и пассивирует металл с образованием фосфатной пленки.

Применение нового реагентного состава «Гидро-Фос» позволяет значительно повысить экономическую эффективность эксплуатации систем водо- и теплоснабжения, увеличить бесперебойную работу и срок службы оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Т. Х. Маргулова, Применение комплексонов в энергетике, Энергоатомиздат, Москва, 1986, 280.
- 2 А. К. Запольский, Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды, Химия, Ленинград, 1987, 230 с.
- 3 Е. М. Марченко, А. Б. Пермяков, *Энергосбережение и водоподготовка*, 3 (2003) 87.
- 4 Е. Д. Бабенко, Очистка воды коагулянтами, Наука, Москва, 1977, 205 с.
- 5 Ингибиторы отложений неорганических солей: Обз. информация, Энергия, Москва, 1978, 44.
- 6 Л. Г. Васина, О. В. Гусева, *Теплоэнергетика*, 7 (1999) 35.