Виды промышленных проточных водонагревателей

Проточные водонагреватели имеют конструктивные особенности в зависимости от назначения, от направления движения рабочих сред, от компоновки теплообменной поверхности, градиента температур теплоносителей, материала из которого изготовлен аппарат, от конфигурации теплообменной поверхности. Требования к промышленным теплообменным аппаратам в зависимости от конкретных условий применения весьма разнообразны. проточный водонагреватель теплообменный

Основными требованиями являются:

обеспечение наиболее высокого коэффициента теплопередачи при возможно меньшем гидравлическом сопротивлении;

компактность и наименьший расход материала;

надежность и герметичность в сочетании с разборностью и доступностью поверхности теплообмена для механической очистки ее от загрязнений;

унификация узлов и деталей;

технологичность механизированного изготовления широких рядов поверхностей теплообмена для различного диапазона рабочих температур, давлений и т.д.

По способу передачи тепла теплообменные аппараты делят на поверхностные и смесительные. В поверхностных аппаратах рабочие среды обмениваются теплом через стенки из теплопроводного материала, а в смесительных аппаратах тепло передается при непосредственном перемешивании рабочих сред.

Смесительные проточные водонагреватели проще по конструкции по сравнению с поверхностными, тепло в них используется полнее. Но они пригодны лишь в тех случаях, когда по технологическим условиям производства допустимо смешение рабочих сред.

Поверхностные теплообменные аппараты, в свою очередь, делятся на рекуперативные и регенеративные. В рекуперативных аппаратах теплообмен между различными теплоносителями происходит через разделительные стенки. При этом тепловой поток в каждой точке стенки сохраняет одно и то же направление. В регенеративных теплообменниках теплоноситель попеременно соприкасается с одной и той же поверхностью нагрева. При этом направление теплового потока в каждой точке стенки периодически меняется. Рекуперативные поверхностные проточные водонагреватели непрерывного действия наиболее распространенны в промышленности.

Кожухотрубные проточные водонагреватели могут быть вертикальными, горизонтальными и наклонными в соответствии с требованиями технологического процесса или удобства монтажа. В зависимости от величины температурных удлинений трубок и корпуса применяют кожухотрубные проточные водонагреватели жесткой, полужесткой и нежесткой конструкции.

Элементные (секционные) проточные водонагреватели состоят из последовательно соединенных элементов-секций. Сочетание нескольких элементов с малым числом труб соответствует принципу многоходового кожухотрубчатого аппарата, работающего на наиболее выгодной схеме - противоточной. Элементные проточные водонагреватели эффективны в случае изменения агрегатного состояния теплоносителя. Их также целесообразно применять при высоком давлении рабочих сред.

Двухтрубные проточные водонагреватели типа "труба в трубе" состоят из ряда последовательно соединенных звеньев. Каждое звено представляет собой две соосные трубы. Для удобства чистки и замены внутренние трубы обычно соединяют между собой "калачами" или коленами. Подбором диаметров внутренней и наружной труб можно обеспечить обеим рабочим средам, участвующим в теплообмене, необходимую скорость для достижения высокой интенсивности теплообмена. Преимущества двухтрубного теплообменника: высокий коэффициент теплоотдачи, пригодность для нагрева или охлаждения сред при высоком давлении, простота изготовления, монтажа и обслуживания. Недостатки: громоздкость, высокая стоимость вследствие большого расхода металла на наружные трубы, не участвующие в теплообмене, сложность очистки кольцевого пространства.

Поверхность нагрева витых водонагревателей компонуется из ряда концентрических змеевиков, заключенных в кожух и закрепленных в соответствующих головках. Теплоносители движутся по трубному и межтрубному пространствам. Витые проточные водонагреватели широко применяют в аппаратуре высокого давления для процессов разделения газовых смесей методом глубокого охлаждения. Эти проточные водонагреватели характеризуются способностью к самокомпенсации, достаточной для восприятия деформаций от температурных напряжений.

Проточные водонагреватели погружного типа состоят из плоских или цилиндрических змеевиков (аналогично витым), погруженных в сосуд с жидкой рабочей средой. Вследствие малой скорости омывания жидкостью и низкой теплоотдачи снаружи змеевика погруженные проточные водонагреватели являются недостаточно эффективными аппаратами. Их целесообразно использовать, когда жидкая рабочая среда находится в состоянии кипения или имеет механические включения, а также при необходимости приме нения поверхности нагрева из специальных материалов (свинец, керамика, ферросилид и др.), для которых форма змеевика наиболее приемлема.

В последнее время распространены пластинчатые разборные проточные водонагреватели, отличающиеся интенсивным теплообменом, простотой изготовления, компактностью, малыми гидравлическими сопротивлениями, удобством монтажа и очистки от загрязнений. Это проточные водонагреватели состоят из отдельных пластин, разделенных резиновыми прокладками, двух концевых камер, рамы и стяжных болтов. Пластины штампуют из тонколистовой стали. Для увеличения поверхности теплообмена и турбулизации потока теплоносителя проточную часть пластин выполняют гофрированной или ребристой, причем гофры могут быть горизонтальными или расположены «в елку». К пластинам приклеивают резиновые прокладки круглой и специальной формы для герметизации конструкции; теплоноситель направляют либо вдоль пластины, либо через отверстие в следующий канал.

Техническое обслуживание и ремонт проточных водонагревателей

Теплообменные аппараты должны постоянно находиться в технически исправном состоянии и эксплуатироваться в соответствии с нормативными документами, утвержденными в установленном порядке, и рекомендациям или инструкциям завода-изготовителя.

Для надежной и экономичной эксплуатации оборудования необходимо своевременное проведение планово-предупредительного ремонта и содержание водонагревателей исправности. Выявленные аварийные ситуации должны немедленно устраняться, не допуская дальнейшего развития. После ремонта теплообменники должны быть испытаны с участием лица, ответственного за безопасную эксплуатацию с составлением соответствующего акта.

Персонал, обслуживающий водонагреватели, должен быть аттестован с проверкой знаний по технике безопасности: инженерно-технический персонал и руководящие работники один раз в три года; остальные не реже одного раза в год.

Инженерно-технические работники и рабочие, обслуживающие теплообменные аппараты, обязаны:

изучить характеристики, принцип действия, особенности аппаратов по документации, ознакомиться с оборудованием в действительности;

обеспечить исправную работу оборудования, устраняя выявленные недостатки.

Проточные водонагреватели следует не реже одного раза в год проверять на плотность под давлением водопровода или сети, а также подвергать гидравлическим испытаниям, результаты проверок заносить в журнал.

Анализ существующих способов обслуживания проточных водонагревателей

В процессе эксплуатации водонагревателей на поверхностях теплообмена с обеих сторон образуются отложения. Со стороны нагреваемой воды образуются отложения, представленные двумя компонентами - карбонатом кальция и продуктами коррозии стали (наносные отложения продуктов коррозии трубопроводов). Со стороны теплоносителя отложения представлены исключительно наносными продуктами коррозии. Толщина отложений составляет обычно десятые доли миллиметра, но встречаются случаи, когда слой отложений достигает 1 мм и более.

В результате образования отложений толщиной 0,7-1,0 мм коэффициент теплопередачи снижается на 42-56%, что приводит к соответствующему снижению эффективности теплообмена и повышению энергетических потерь, снижение общего коэффициента теплопередачи водонагревателей за 1 год эксплуатации составляет 5-7%, за два года - до 30%, за три года - 50% и более. Кроме того, образование отложений в трубках водонагревателей вызывает значительное повышение их гидравлического сопротивления, которое достигает 18-20 м.в.ст.

Для предотвращения образования отложений проводят предварительную химическую обработку воды используемой в качестве теплоносителя, но данные мероприятия не обеспечивают 100% защиты от отложений. Поэтому в теплообменном оборудовании постоянно происходит образование различных отложений ухудшающих его работу и требующих периодической очистки.

Фактически существует два принципиальных метода очистки теплообменного оборудования - механический и химический. Обязательными требованиями для всех применяемых методов является полное удаление отложений из очищаемого оборудования и сохранение целостности его конструкций. Эти требования должны выполняться в условиях безопасности для персонала, в приемлемые сроки, с минимальным воздействием на окружающую среду.

Для очистки водонагревателей, как и других теплообменных аппаратов, нередко прибегают к механическим способам, что связано с трудоемкими работами по разборке этих аппаратов и индивидуальной очистке каждой трубки. Следует отметить, к тому же, что при характерных для водонагревателей очень прочных отложениях карбоната кальция толщиной в десятые доли мм механические способы не обеспечивают эффективной очистки. Особенно это относится к пластинчатым водонагревателям с рифлеными поверхностями теплообмена.

В настоящее время используются преимущественно химические методы - химические промывки. Химические способы в основном обеспечивают достаточно эффективную очистку теплообменных аппаратов от солевых отложений, однако нередко имеют и свои существенные недостатки:

многие из них в той или иной мере вызывают повреждение конструкционных материалов теплообменных аппаратов, в результате чего после нескольких химических чисток их приходится менять;

отработанные технологические растворы необходимо нейтрализовать или обезвреживать до кондиций, разрешенных к сбросу в канализацию. В частности, практически на всех котельных широкое применение для очистки поверхностей нагрева получил метод кислотной химической очистки ингибированной соляной кислотой с последующим щелочением. Но при этом необходимо учитывать, что соляная кислота хорошо и быстро растворяет только карбонатные отложения. Если в отложениях присутствуют сульфатные и силикатные соли, которые фактически не растворимы соляной кислотой, то для проведения химочистки в соляную кислоту необходимо добавлять фтористые соединения. Как известно, фтористые соединения токсичны и, следовательно, возникают проблемы со сточными водами.

Кроме того, образование накипных отложений по периметру труб не равномерно. Обычно с "огневой" стороны их толщина в 2-3 раза больше. Следовательно, при проведении химической очистки кислотой часть поверхности труб очистится раньше и кислота будет реагировать с чистым металлом, подвергая его коррозии. Коррозионные процессы протекают более активно в заклёпочных соединениях, вальцованных соединениях, сварных швах и т.д.

Необходимо помнить, что проведение химических очисток теплоэнергетического оборудования требует строгого соблюдения техники безопасности, т.к. все применяемые реагенты в той или иной степени ядовиты, при работе могут вызвать химические ожоги, а при подогреве раствора - дополнительные тепловые. Необходимо также помнить, что при взаимодействии моющих растворов с отложениями и металлом оборудования выделяется водород, который в смеси с кислородом воздуха может привести к образованию легковоспламеняющейся и взрывоопасной "гремучей" смеси.

Около 30 лет назад был предложен способ борьбы с отложениями с помощью комплексонов, содержащих фосфоновые группировки - РО(ОН)2 и коплексонатов, производных от комплексонов. Данный химически метод основан на образовании прочных комплексных соединений с кальцием, магнием, железом и некоторыми другими соединениями в результате постоянного ввода в теплоноситель комплексона. При нагревании до определенной температуры эти комплексы остаются в растворенном состоянии и поэтому соединения кальция и магния не откладываются на поверхностях нагрева в виде накипи. Но необходимо учитывать, что в жесткой воде при температуре 120-125 °С комплексы распадаются.

Таким образом, несмотря на столь широкое распространение методов химических очисток теплообменных поверхностей, нельзя не отметить присущих им серьезных недостатков:

необходимость останова оборудования, сбора специальных промывочных схем с трубопроводами, арматурой, насосами и емкостями;

расход дорогостоящих реагентов и воды для собственно промывок и последующих отмывок поверхностей нагрева;

невозможность эффективной очистки оборудования из-за неравномерного распределения накипи по поверхности нагрева, как следствие - неполное удаление накипи;

необходимость пассивации металлических поверхностей после химочистки;

износ металла вследствие коррозионных процессов после трех-четырех химочисток;

образование большого объема сточных вод, зачастую содержащих токсичные вещества.

Кроме того, с первого же дня эксплуатации оборудования после химической очистки накипь начинает образовываться снова.

Перспективные способы очистки проточных водонагревателей

В последнее время все большее внимание уделяется физическим методам очистки и защиты теплообменного оборудования и в частности с использованием ультразвуковых генераторов, электрогидроимпульсных аппаратов, магнитных устройств. Среди названных методов магнитная обработка обладает следующими преимуществами:

простое и удобное обслуживание магнитных аппаратов;

небольшие габаритные размеры установки;

практически исключается загрязнение окружающей среды, за счет исключения использования химических реагентов;

накипеобразование не только предотвращается, но и удаляется старая накипь;

за счет образования тонкого слоя магнетита снижается скорость коррозии металла.

Обработка воды магнитным способом заключается в воздействии магнитных полей на поток воды. При прохождении воды в межполюсном пространстве магнитного аппарата при наличии ферромагнетиков (например, частиц железа) в пересыщенном по накипеобразователю растворе (воде) образуются зародыши центров кристаллизации, которые начинают расти, вызывая объемную кристаллизацию солей жидкости. В результате вместо накипи образуется тонкодисперсная взвесь, частицы которой, достигнув определенного размера, образуют шлам.

Источниками магнитного поля в аппаратах магнитной обработки воды могут быть как постоянные магниты, так и электромагниты. Собственно аппараты подразделяются на две группы:

с постоянными магнитами - для обработки подпиточной воды паровых котлов низкого и среднего давления;

с электромагнитами на постоянном и переменном токе - для обработки воды водогрейных котлов, теплосетей, систем оборотного охлаждения.

Противонакипной эффект, получаемый при наложении магнитного поля, определяется как параметрами аппарата (магнитная индукция, скорость потока обрабатываемой воды, время воздействия и т.п.), так и во многом показателями качества обрабатываемой воды.

Метод магнитной обработки воды и предотвращения образования накипи на поверхностях нагрева теплообменных аппаратов получил свое продолжение в методе магнитоимпульсной очистки реализованной в электромагнитных пульсаторах. Суть метода состоит в воздействии на очищаемые поверхности переменного магнитного поля определенных оптимальных параметров по амплитуде, частоте, скорости нарастания и убывания, изменения во времени. Электронный блок формирует импульсный ток, поступающий на электромагнитные преобразователи. Переменное магнитное поле, создаваемое преобразователями, вызывает на поверхностях нагрева магнитострикционные колебания сдвига на межатомном уровне, приводящие к отслоению отложений. В результате происходит отслаивание, дробление, частичное превращение в сметанообразную массу солей накипи и частичное растворение ее намагниченной водой, что позволяет удалять ее из теплообменного оборудования в процессе продувок и дренирования.

Система защиты от отложений на базе электромагнитного пульсатора устанавливается на работающем оборудовании на весь период эксплуатации и предназначена для магнитной обработки воды с целью разрыхления накипи и шлама и препятствия в дальнейшем ее образования на поверхностях нагрева теплоэнергетического и теплообменного оборудования.

Определенный интерес представляет технология, при которой очистка теплообменных аппаратов от карбонатных отложений осуществляется посредством естественных процессов, обратных тем, которые происходят при их образовании.

Существует технология поэтапной очистки теплообменных аппаратов, которая дает возможность управлять процессами очистки и контролировать их по количеству отмываемых отложений, определяемых анализом воды, циркулирующей в замкнутом контуре. В процессе производственных исследований установлено, в частности, что жесткость воды, циркулирующей в замкнутом контуре, быстро возрастает в самом начале цикла, затем рост ее замедляется и, наконец, полностью прекращается - величина жесткости циркуляционной воды, равно как и щелочности, устанавливается на определенном уровне, зависящем от исходного загрязнения теплообменников карбонатными отложениями. По достижении указанного стабильного состояния цикл заканчивается, система промывается водопроводной водой и начинается новый цикл. Количество удаляемых отложений постепенно снижается, наконец, наступает такой момент, когда количество удаленных за цикл отложений не превышает 0,1-0,2 мг-экв/л, что свидетельствует о том, что очистка данной группы теплообменников заканчивается.

Таким образом, данная технология дает возможность достигать полной очистки теплообменных аппаратов от карбонатных отложений независимо от степени первоначальной загрязненности и расходовать на очистку каждой группы теплообменников только такое количество реагентов, которое необходимо и соответствует количеству образовавшихся карбонатных отложений. Реагенты являются экологически чистыми, допускаемыми для использования в системах питьевого водоснабжения. Расход их незначителен, они не вызывают повреждения конструкционных материалов теплообменных аппаратов, что чрезвычайно важно.

Что же касается продуктов электрохимической коррозии, образующихся в местах контакта латунных трубок со стальной трубной доской, то для их удаления данным методом требуется достаточно большое время, которое не всегда может быть предоставлено.

1.