

# Теплообменник- ДОЛГОЖИТЕЛЬ

Как увеличить срок жизни  
химического оборудования

**Владимир Лисовских**, кандидат  
физико-математических наук

**Михаил Головачев**, кандидат технических наук

**Ольга Громова**, кандидат технических наук



**Т**еплообменник или теплообменный аппарат — устройство, в котором осуществляется теплообмен между двумя или несколькими теплоносителями либо между теплоносителем и поверхностью твердого тела. Процесс передачи теплоты от одного теплоносителя к другому — один из наиболее важных и часто используемых в технике процессов, в том числе в химической промышленности и энергетических установках.

## Виды теплообменников

В зависимости от способа передачи теплоты различают две основные группы теплообменников: поверхностные теплообменники, в которых перенос теплоты между средами происходит через разделяющую их поверхность теплообмена — глухую стенку, и теплообменники смешения, в которых теплота передается от одной среды к другой при их непосредственном соприкосновении.

Значительно реже применяют в химической промышленности регенеративные теплообменники, в которых нагрев жидких сред происходит за счет их соприкосновения с ранее нагретым твердым телом — насадкой, которая заполняет аппарат и периодически нагревается другим теплоносителем.

Теплообменники первой группы наиболее распространены, и их конструкции весьма разнообразны. Так как теплоносители в них не смешиваются, поверхностные теплообменники могут применяться во всех случаях, когда необходим нагрев или охлаждение химических реагентов независимо от их свойств и агрегатного состояния.

**Выбор той или иной  
конструкции теплообменника  
зависит от конкретных  
условий протекания  
процесса теплообмена.**

Во внимание принимаются тепловая нагрузка аппарата, температура, давление, при которых осуществляется процесс, агрегатное состояние и физико-химические свойства теплоносителей, их химическая агрессивность, условия теплоотдачи, возможность загрязнения рабочей поверхности аппарата и т. д.

При выборе теплообменника необходимо учитывать также простоту устройства и компактность аппарата, расход материала на единицу теплоты и др.

На практике ни одна из конструкций не удовлетворяет полностью всем требованиям, и приходится ограничиваться выбором наиболее подходящей для конкретных условий конструкции. Так, например, одноходовые кожухотрубчатые теплообменники рационально использовать, когда скорость процесса определяется величиной коэффициента теплоотдачи в межтрубном пространстве, а также в процессе испарения жидкостей. Их часто применяют в выпарных аппаратах. Многоходовые (по трубному пространству) кожухотрубчатые тепло-

обменники применяются для процесса теплообмена в системах жидкость-жидкость при больших тепловых нагрузках. Теплообменники с двойными трубами применяют в основном в контактно-каталитических и реакционных процессах, протекающих при высоких температурах.

Змеевиковые теплообменники (погрузные, оросительные) эффективно использовать для нагрева и охлаждения высокоагрессивных, коррозионно-активных сред (растворов кислот, щелочей). Основные преимущества спиральных и пластинчатых теплообменников — их компактность и высокая интенсивность теплообмена. Спиральные теплообменники используются для нагрева и охлаждения жидкостей, газов, парогазовых смесей. Область применения пластинчатых теплообменников — процессы теплообмена между жидкостями.

Теплообменники второй группы используют при охлаждении дымовых газов, воздуха и в качестве конденсаторов, но только в тех случаях, когда возможно смешение получаемого конденсата с хладагентом. Например, в производстве серной кислоты из сероводорода, для конденсации паров  $H_2SO_4$  в башне с насадкой, орошаемой водой. При этом количество воды, поступающей на орошение, должно быть не больше, чем требуется для образования серной кислоты заданной концентрации и для поглощения основного количества выделяющегося в башне тепла.

Значительно реже применяют в химической промышленности регенеративные теплообменники. Однако такие теплообменники широко применяют в энергетических установках по использованию тепла отходящих печных газов для нагрева воздуха, идущего на сжигание топлива.

## Главный враг — коррозия

Изготавливают теплообменники из различных материалов: углеродистых и легированных сталей, меди, титана, тантала, а также из неметаллов: керамики, антегмита (графитопласта), графита, стеклоуглерода и др. Выбор материала диктуется в основном его коррозионной стойкостью и теплопроводностью, а также экономическими возможностями. Коррозионная стойкость во многом определяет эксплуатационную надежность и срок службы теплообменного оборудования. Для эффективной работы теплообменников важно отсутствие на поверхностях загрязнений и илстых отложений, увеличивающих термическое сопротивление и снижающих ко-

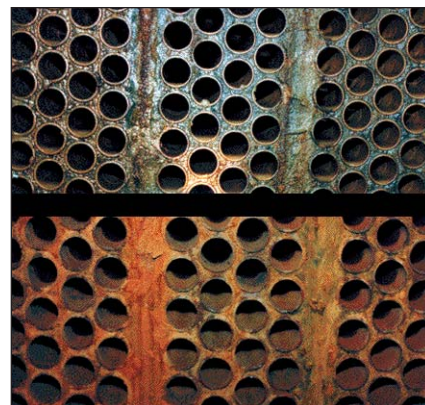
эффициент теплопередачи.

Если теплообменник изготовлен из металла, при взаимодействии последнего с омывающей его средой в результате физико-химических и химических процессов может происходить разрушение металла — коррозия.

**Теплоносителями зачастую являются растворы электролитов, поэтому наряду с химической коррозией встречается точечная (питтинговая) коррозия электрохимической природы.**

На склонность сталей к точечной коррозии значительное влияние оказывает состояние поверхности. Механическая полировка способствует снижению возможности возникновения коррозии такого типа. Эффективна предварительная пассивация металла (окислителями азотной кислоты, бихроматом калия) или окисление соприкасающейся с электролитом поверхности металла постоянным электрическим током. Точечная коррозия, как правило, возникает в растворах, содержащих галоидные анионы, из которых наиболее агрессивны  $Cl^-$  и  $Br^-$ , в то время как  $F^-$  точечную коррозию не вызывает, обеспечивая значительное и равномерное растравливание поверхности металла. Точечная коррозия происходит, если концентрация галоидного иона равна критической или превышает ее. В свою очередь, концентрация галоидного иона зависит от природы металла и некоторых других факторов.

Некоторые кислородсодержащие анионы ингибируют точечную коррозию за счет вытеснения ионов  $Cl^-$  с поверхности. Зависимость точечной коррозии от pH среды для стали имеет сложный характер. Наиболее опасная область — кислые растворы. Пониженная щелочность устраняется путем промывки раствором соды. С повышением температуры число питтингов на стали 08 х 18Н10Т возрастает, а глубина питтингов, как средняя, так и максимальная, остается практически постоянной. Для предотвращения точечной коррозии применима катодная и анодная (в присутствии ингибирующих анионов) электрохимическая защита. Однако этот метод довольно трудоемок и требует значительных затрат. Самый простой способ решения проблемы — введение в



Коррозия — основная причина сокращения срока службы теплообменного оборудования

теплообменные системы ингибиторов точечной коррозии: нитратов, хроматов, сульфатов, соды.

## Технология долголетия

Специалистами Свердловского филиала Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники совместно с технологами Первоуральского новотрубного завода была разработана технология пассивации внутренней поверхности теплообменных трубок, которая включает комплекс мероприятий, осуществляемых в период проведения монтажных работ и в процессе эксплуатации. Необходимость разработки такой технологии была вызвана тем, что теплообменник, изготовленный из стали 08 х 18Н10Т, работающий в температурном диапазоне от 14 до 60 °С при небольшом избыточном давлении (до 2,6 атмосфер), с 1975 по 1980 год выходил из строя дважды. Необходимо было установить причину повреждений и разработать рекомендации по повышению надежности работы теплообменника.

Теплообменник состоит из несущей конструкции, изготовленной из стали 1 х 18Н10Т, и 1 072 теплообменных U-образных трубок 18 х 1,4 мм радиусом сгиба 116 мм из аустенитной хромоникелевой стали 08 х 18Н10Т. Теплообменник четырехходовой по технической воде, циркулирующей по трубкам, и одноходовой по дистиллату (обессоленная вода), прокачиваемому через межтрубное пространство. По данным химического анализа, состав технической воды в процессе эксплуатации теплообменника соответствовал нормам для водоемов 2-й категории, причем количество хлоридов не превышало 37 мг/л по хлор-ионам. Дистиллат соответствовал требованиям эксплуатации ▶

◀ теплообменника. Выбор конструкционного материала для теплообменных трубок был обусловлен высокими механическими и технологическими свойствами, а также хорошей коррозионной стойкостью (особенно к щелочной и межкристаллитной коррозии).

Массовый выход из строя теплообменных трубок в период до 1980 года был результатом образования сквозных отверстий, зарождавшихся со стороны поверхности, омываемой технической водой с температурой 10–25 °С. В момент извлечения теплообменных трубок было обнаружено, что контактирующая с технической водой сторона покрыта слоем черного вязкого ила толщиной до 1,5 мм. Поверхность трубок со стороны дистиллята имела светлый цвет с матовым оттенком без каких-либо признаков отложений. Основной причиной сквозного перфорирования теплообменных трубок стала точечная коррозия электрохимической природы, которую спровоцировали неоднородные илестые отложения и сопутствующий этому недостаток окислителя (кислорода) на поверхности со стороны технической воды. Коррозионному разрушению способствовало и

различие в пластичности поверхностных слоев и объема аустенитной стали 08 x 18H10T.

Перед монтажом теплообменник подвергали химической обработке в проточном азотно-плавиковом растворе (2 % HF + 13 % HNO<sub>3</sub> + обессоленная вода) при температуре 40–50 °С с последующей дополнительной пассивацией поверхности в 5-процентном водном растворе бихромата калия при тех же условиях. При эксплуатации теплообменника проводились периодические промывки внутренних поверхностей теплообменных трубок 1–2 раза в год последовательно: 1,5-процентными водными растворами кальцинированной соды и щавелевой кислоты при температуре 60–70 °С в течение 24 часов с последующей промывкой обессоленной водой до уровня pH 5,5.

В результате теплообменник с сентября 1980 года работает без повреждений и нарушений режимов работы. До настоящего времени было проведено 22 отмыток от отложений. При работе теплообменника после отмыток отмечалось ухудшение его теплофизических характеристик во времени, что связано с про-

цессом нового заиливания теплопередающих поверхностей и снижением коэффициента теплопередачи. Темп заиливания таков, что в течение месяца работы эффективность теплообмена постепенно снижалась на 40 % и далее оставалась без изменений. Общее коррозионное состояние теплообменника по результатам осмотров поверхностей, контактирующих с технической водой, после удаления отложений удовлетворительное.

Положительный опыт длительной работы теплообменника стал основой отраслевого стандарта ОСТ 95 10134-91 «Режим воднохимический первого контура исследовательских ядерных реакторов бассейнового типа, средства его поддержания и контроля. Общие требования по коррозионной стойкости конструкционных материалов».

Описанная методика пассивации поверхности теплообменника с успехом может применяться и в химической технологии, если теплоносителями являются техническая вода и слабые электролиты: растворы кислот, щелочей, солей (галогениды) невысокой концентрации. ■

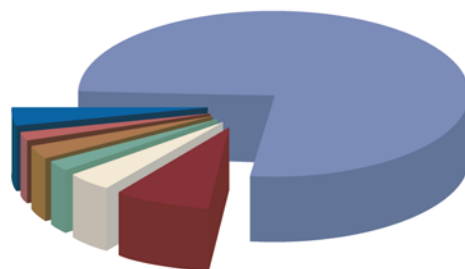


RCC Intelligence Unit объявляет о начале выпуска нового электронного периодического издания, посвященного рынку полипропилена.

Издание будет содержать детальную информацию о состоянии рынка и оценку перспектив развития на ближайший период. Распространение будет осуществляться по электронной почте на платной основе.

Издание содержит в себе следующую информацию:

- Ценовые обзоры
- Новостная лента
- Характеристика основных участников рынка
- Динамика производства по компаниям
- Инвестиционные планы компаний
- Динамика экспорта и импорта
- Перспективы внешнеэкономической деятельности
- Прогноз цен с учетом предыдущей динамики



По вопросам подписки обращайтесь по тел. (095) 748–43-88 или по e-mail: anshakov@rcc.ru

Контактное лицо — Аньшаков Владимир Игоревич