УДК 621.565.93:669.295

Применение титановых сплавов в кожухотрубных теплообменных аппаратах для морской воды

Ю.В. МИЛЮТИН, Р.М. МИФТАХОВ, А.А. СИДЕЛЬНИКОВ
НТК «Криогенная техника», г. Омск
М.В. РЕБЕЦ, И.А. РУДЕНКО
ФГУП ЦКБ МТ «Рубин», г. Санкт-Петербург

The benefits and drawbacks of the use of titan and titan alloys in heat exchange shell and tube apparatuses chilled with sea water are considered. The geometrical dimensions of titan condensers and evaporators of refrigerating machines, as produced by OAO «Corporation VSMPO-AVISMA» (V.Salda) according to the project of NTK «Cryogenic technique», are presented.

В последние годы в изделиях, разработанных НТК «Криогенная техника», титан и титановые сплавы широко применяются для кожухотрубных теплообменных аппаратов, в которых хладоносителем или охлаждающей средой является морская вода. К изделиям с такими теплообменниками относятся холодильная установка УХПК-1,6М, холодильная машина МХМВ-0,1, автономные кондиционеры К-12Б, К-24Б и др.

Применение титана в качестве конструкционного материала обеспечивает высокую надежность и долговечность теплообменных аппаратов и обусловлено его хорошими физико-техническими характеристиками, в частности коррозионной стойкостью.

Морская вода является агрессивной средой, вызывающей коррозию металлов, поэтому материал деталей теплообменников (особенно тонкостенных теплообменных трубок), контактирующих с ней, должен обладать высокой коррозионной стойкостью. К широко распространенным конструкционным материалам, отвечающим этому условию, наряду с титаном относятся коррозионно-стойкие стали, медные и медно-никелевые сплавы (латунь, бронза, мельхиор).

Скорость коррозии этих материалов (мм/год) в морской воде при 20 °С составляет [1]: для бронз – 0,04...0,05, для латуней – не более 0,02, для стали 12Х18Н10Т и титана – не более 0,001 (при этом у стали 12Х18Н10Т возможна точечная коррозия со скоростью до 1,8 мм/год). Установлено [2], что в условиях воздействия морской воды титановые сплавы по стойкости к общей коррозии превосходят наиболее стойкие медные и медно-никелевые сплавы и нержавеющие стали аустенитного класса в 10 – 20 раз. При этом титан практически не подвержен язвенной, струевой и щелевой коррозии при температурах до 80 °С.

Другим положительным фактором, способствующим применению титана в теплообменниках, является его повышенная теплопроводность [4] (на 12,5 % выше, чем у нержавеющей стали, и на 95 % выше, чем у сталей с 6 % молибдена), что обеспечивает экономичность теплообменников для агрессивных условий за счет более интенсивного теплообмена.

В НТК «Криогенная техника» разработаны и на предприятии ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» (г. Верхняя Салда, Свердловская обл.) изготовлены следующие теплообменники:

✓ *конденсатор-ресивер холодильной установки УХПК-1,6*: длина трубного пучка 740 мм, наружный диаметр обечайки 188 мм;

✓ *конденсатор холодильной машины МХМВ-0,1*: длина трубного пучка 1850 мм, наружный диаметр обечайки 336 мм;

✓ *испаритель (внутритрубного кипения) холодильной машины МХМВ-0,1*: длина трубного пучка 1850 мм, наружный диаметр обечайки 270 мм;

✓ *конденсатор автономного кондиционера К12-Б*: длина трубного пучка 730 мм, наружный диаметр обечайки 237 мм;

✓ *конденсатор автономного кондиционера К24-Б*: длина трубного пучка 1030 мм, наружный диаметр обечайки 278 мм.

Число труб с наружным оребрением в этих теплообменниках составляет 14 – 180, число ходов по воде – 2 – 8.

Для деталей теплообменников в основном применяют технический титан ВТ1-0 и среднепрочный сплав ПТ-3В, относящийся к псевдо-α-структурному классу. Приведенные марки соответствуют ГОСТ 19807 – 91. Возможно также применение сплавов ПТ-1М и ПТ-3М, указанных в [3]. Для отливок применяется α-структурный сплав ВТ5Л по ТУ 1-92-184 – 91.

В теплообменниках используются, как правило, трубы с толщиной стенки 1...2 мм из титанового сплава ВТ1-0 повышенного качества по ОСТ 1 90065 – 72. Для улучшения теплопередачи возможно нанесение на трубы с толщиной стенки 2 мм наружных винтовых канавок треугольного сечения. Трубные доски и обечайки также выполняются из титана или титанового сплава и соединяются между собой сваркой. Соединение теплообменных труб с трубными досками производится комбинированным способом (сварка с последующей развальцовкой) аналогично соединению по ОСТ 26-02-1015 – 85. Для повышения надежности соединения возможно выполнение неглубоких кольцевых канавок прямоугольного сечения (по ОСТ 26-02-1015 – 85) или округлого сечения в отверстиях трубных досок в зонах развальцовки. Круглые канавки выполняются шаровыми раскатниками производства НИТЛ ГМТУ, г. СПб. [2].

Применение титана (в отличие от медных сплавов) сопряжено с необходимостью борьбы с морскими микроорганизмами, отложение которых на рабочих поверхностях отрицательно влияет на работу теплообменника. При отсутствии мер воздействия на морскую воду вне теплообменных аппаратов необходимо предусматривать внутренние (конструктивные) способы защиты от обрастания поверхностей. В [3] рекомендуются гидродинамический и электрохимический способы. Первый предусматривает установление скорости движения воды в теплообменных трубах не менее 0,7...0,8 м/с, что не позволяет личинкам микроорганизмов закрепиться на поверхности. Такая скорость обеспечивается соответствующим выбором параметров теплообменного аппарата, в том числе и диаметров труб. Второй способ состоит в повышении концентрации ионов меди в морской воде до величины не менее $1 \cdot 10^{-5}$ г/л, что обеспечивается установкой в рабочих полостях сменных медных пластин (биопротекторов). При этом происходит угнетение жизнедеятельности микроорганизмов. Комбинирование обоих способов обеспечивает защиту теплообменного аппарата как в работающем, так и в выключенном состоянии. Титановые теплообменные трубы допускают при необходимости механическую очистку внутренней поверхности, так как возможные при таком способе очистки повреждения не снижают их коррозионную стойкость труб.

В испарителях обрастание практически отсутствует из-за низкой температуры хладоносителя (морской воды), составляющей 5...8 °С, что препятствует жизнедеятельности микроорганизмов (за исключением арктических видов). При необходимости можно производить периодическую химическую очистку рабочих полостей испарителя от отложений специальным раствором на основе 10%-ной соляной кислоты [3].

К недостаткам использования титана как конструкционного материала для теплообменников относятся его сравнительно плохая обрабатываемость резанием, а также повышенные требования к качеству подготовки и выполнения сварных швов и заметная разница в стоимости по сравнению с более дешевыми альтернативными материалами.

Однако, если рассматривать весь срок службы теплообменника, то высокие капитальные затраты компенсируются повышением долговечности, снижением расходов на обслуживание и ремонт, что позволяет говорить о титане, как о вполне конкурентоспособном, а в некоторых случаях и единственно возможном материале.

Список литературы

1. *Воробьева Г.Я.* Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств. – Изд. 2-е. – М.: Химия, 1975.
2. *Инструмент* для изготовления и ремонта теплообменного оборудования. Каталог НИТЛ НПУТЦ ГМТУ. – СПб.
3. *ПК ЦНТУ «Прометей»*. Рекомендации ... при проектировании теплообменных аппаратов холодильных машин, 2001.
4. *Шашкова Ю.Е., Ананьин С.В.* Титан – как коррозионностойкий конструкционный материал в сравнении с традиционно применяемыми материалами. Реферат (материалы АО ВСМПО, г.В.Салда).