

Ремонт коррозионных поражений многослойных корпусов аппаратов высокого давления

А.К. Тузов (ОАО «НИИК»)

В производствах карбамида наряду с колоннами синтеза с однослойной стенкой (кованосварные, штампосварные и вальцованосварные колонны) достаточно широко используются колонны с многослойным корпусом (рулонированные и многослойные). Многослойные сосуды высокого давления более экономичны благодаря меньшей металлоемкости, меньшей трудоемкости изготовления и отсутствия необходимости в проведении трудоемкой и дорогостоящей операции термообработки сварных швов, соединяющих обечайки между собой и с концевыми элементами.

Конструкция колонны с многослойным корпусом

Колонны синтеза с многослойным корпусом, изготовленные фирмой Thyssen Industrie AG (ФРГ), используются в производстве карбамида фирмы Tecnimont проектной мощностью 1500 т/сут. Такие аппараты установлены в цехах по производству карбамида в КОАО «Азот» (г. Кеме-

рово), ПАО «Концерн Стирол» (г. Горловка) и в филиале «Азот» ОХК «Уралхим» (г. Березники).

Цилиндрическая часть корпуса колонн (рис. 1) выполнена из семи многослойных обечайек внутренним диаметром 1658 мм, длиной 5000 мм каждая с толщиной стенки 110 мм. Каждая обечайка изготовлена по методу поэтапного выполнения

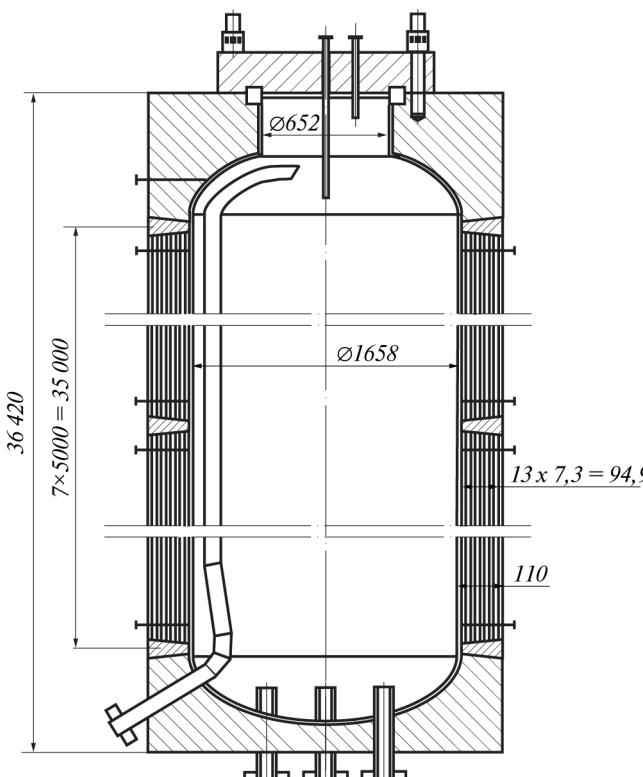


Рис. 1. Конструкция колонны синтеза карбамида с многослойным корпусом

концентрических слоев до достижения расчетной толщины стенки. Концентрические слои выполнены из листовой углеродистой стали марки ВН54М (аналог 18Г2НФ) толщиной 7,3 мм. Футеровка колонны изготовлена из стали марки Х2CrNi-Mo1812 (аналог 03Х17Н14М3) толщиной 11 мм.

Между футеровкой и многослойной стенкой колонны имеется промежуточный слой из углеродистой стали толщиной 4 мм. Каждый слой корпуса состоит из трех элементов, т.е. на каждом слое имеется три продольных сварных шва. Изготовление цилиндрических корпусов колонн такого типа начинается с изготовления футеровки:

- обечайки футеровки собирают из трех элементов на специальном кондукторе, сваривают изнутри и обрабатывают на станке по наружной поверхности;
- обечайки изнутри свариваются между собой, усиление со стороны корня шва (снаружи) также снимается на станке.

После этого начинают поэтапную сборку и сварку слоев многослойного корпуса колонны:

- для исключения приварки футеровки к корпусу из углеродистой стали в зоне сварки элементов многослойного корпуса устанавливается подкладное кольцо (рис. 2, 3);
- для компенсации высоты подкладного кольца на футеровке устанавливается промежуточный слой, который фиксируется прихватками;
- последовательно устанавливаются и свариваются необходимое число слоев корпуса колонны.

Как показывает наш опыт обследований и ремонтов колонн такой конструкции, на футеровке с обратной стороны кольцевых сварных швов имеется кольцевая проточка глубиной от 1 до 3 мм, не предусмотренная проектом колонны, которая выполняется изготовителями, видимо, для фиксации подкладных

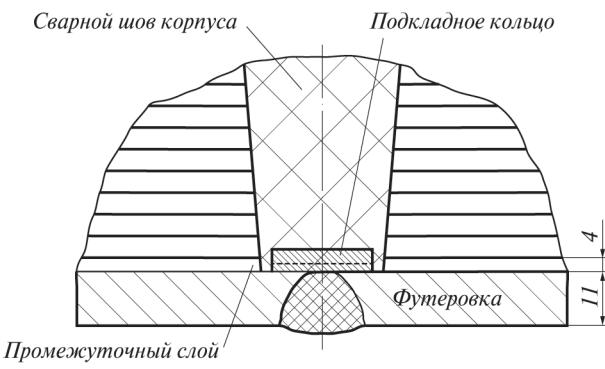


Рис. 2. Установка подкладного кольца согласно проекту

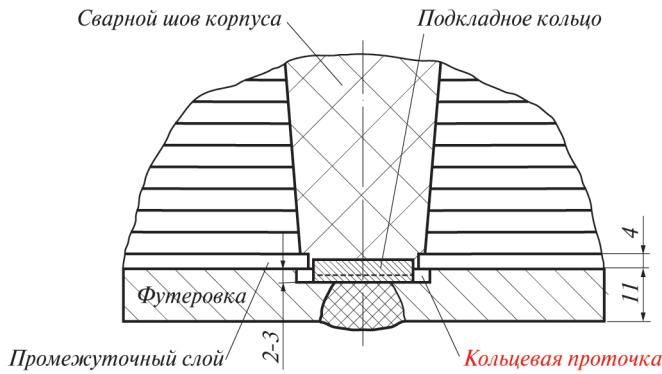


Рис. 3. Фактическая установка подкладного кольца

колец от смещений при сборке элементов многослойного корпуса.

В результате толщина футеровки в наиболее опасной с точки зрения коррозии зоне – зоне термического влияния (ЗТВ) сварного шва – заведомо уменьшается на глубину проточки (1...3 мм).

Характер коррозионного износа сварных швов футеровки колонн с многослойным корпусом

Характер коррозионного износа футеровки колонн синтеза таков, что максимальное утонение футеровки наблюдается именно в ЗТВ сварных швов. Из-за небольших размеров (ширина проточки ~15 мм, что фактически соответствует ширине сварного шва) при проведении ультразвуковой толщинометрии футеровки определить наличие такой проточки, а значит, и определить истинную минимальную остаточную толщину футеровки невозможно.

Когда толщина футеровки в околосшовной зоне, ослабленной проточкой, достигает критических значений,

создаются идеальные условия для возникновения деформаций футеровки, трещин и, как следствие, возникновения сквозных дефектов.

Колонны синтеза карбамида с многослойным корпусом в Кемерово, Березниках и Горловке были扑щены в эксплуатацию примерно в одно время – с 1979 по 1982 гг., и проблемы с футеровкой у них возникли также практически одновременно.

В июне 2011 г. был зарегистрирован пропуск продуктов реакции в систему контроля герметичности колонны синтеза карбамида филиала «Азот» ОАО «ОХК «Уралхим» (г. Березники). При обследовании был выявлен дефектный участок сварного шва длиной ~150 мм на кольцевом шве между второй и третьей (отсчет сверху) обечайками футеровки (рис. 4–6).

В Березниках утечку удалось быстро обнаружить и оперативно остановить производство, несущий корпус колонны не пострадал, чего нельзя сказать об аналогичных колоннах в Кемерово и Горловке,



Рис. 4. Кольцевая проточка с обратной стороны футеровки

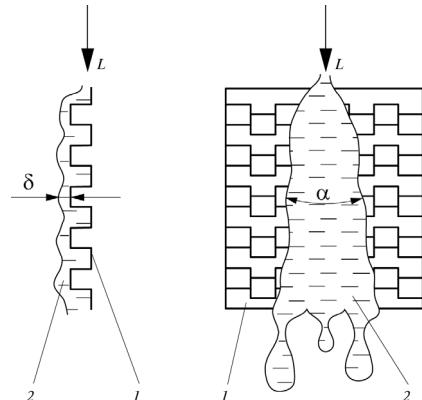


Рис. 5. Утонение футеровки в ЗТВ сварного шва до 1мм



Рис. 6. Критическое утонение футеровки

о восстановлении многослойных корпусов которых и пойдет речь в дальнейшем.

Ремонт корпуса колонны синтеза карбамида КОАО «Азот»

8 июня 2012 г. в системе контроля герметичности футеровки колонны синтеза карбамида поз. R-901, находящейся в эксплуатации с 1982 г., был обнаружен аммиак. После установки агрегата и вскрытия колонны



Рис. 7. Трешина на кольцевом сварном шве между 2-й и 3-й обечайкой футеровки



Рис. 8. Коррозионное поражение многослойного корпуса колонны



Рис. 9. Демонтаж участков футеровки и слоев многослойного корпуса в зоне коррозионного поражения

был проведен внутренний осмотр сварных швов футеровки. В результате осмотра был выявлен сквозной дефект в виде трещины на кольцевом сварном шве между второй и третьей (отсчет сверху) обечайками футеровки (рис. 7–8).

Для оценки масштабов коррозионного поражения было принято решение вырезать часть футеровки в районе расположения дефекта размером 400×200 мм.

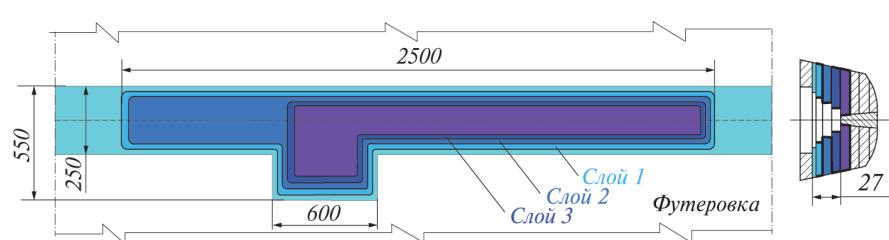


Рис. 10. Схема вырезки дефектных участков корпуса

После удаления участка футеровки было обнаружено следующее:

- с обратной стороны футеровки имеется проточка размером 15×1,5 мм, не указанная в чертеже на колонну;
- многослойный корпус колонны и кольцевой сварной шов корпуса подвергся коррозии глубиной около 25 мм;
- границы поражения корпуса не определены, дефект распространяется под футеровкой далее влево и вправо.

При ремонте были поэтапно (послойно) удалены все пораженные участки основного металла и кольцевого шва многослойного корпуса (рис. 9). При разметке вырезаемых участков в каждом слое многослойной обечайки обеспечивалось смещение линий реза относительно друг друга не менее, чем на 30 мм. В углах вырезаемых участков выполнялся переход радиусом 50 мм (кроме линий сопряжения с кольцевым сварным швом обечаек корпуса).

Схема вырезки дефектных участков корпуса приведена на рис. 10.

Согласно данной схеме были вырезаны:

- кольцевой участок футеровки в районе кольцевого сварного шва высотой 250 мм (кольцевой сварной шов футеровки удален полностью);
- участок промежуточного слоя на длине 2500 мм;
- дефектные участки трех из 13 слоев корпуса колонны
- участок кольцевого сварного шва многослойного корпуса длиной 2000 мм на глубину трех слоев.

Для восстановления удаленных участков каждого слоя корпуса были изготовлены вставки из стали 09Г2С. Вставка каждого слоя вальцовывалась на радиус, соответствующий данному слою. На вставках и кромкам каждого слоя были вы-

полнены фаски с общим углом раскрытия 50°.

Вставки последовательно устанавливались по месту, плотно прижимались к корпусу домкратами и приваривались ручной дуговой сваркой электродами УОНИ 13/55 Ш3 мм. Сварка велась с предварительным и сопутствующим подогревом до 150...200°C.

После восстановления всех слоев многослойного корпуса (рис. 11), включая промежуточный, была восстановлена и футеровка колонны (рис. 12). Новая футеровка была изготовлена из стали 02Х25Н22АМ2 толщиной 8 мм. Сварные швы футе-



Рис. 11. Восстановление многослойного корпуса колонны



Рис. 12. Восстановление футеровки



Рис. 13. Сквозной дефект футеровки колонны (до разделки)



Рис. 14. Сквозной дефект футеровки колонны (после разделки)

ровки выполнялись аргонодуговой сваркой с присадочной проволокой ЭП-690 Ш2 мм.

По завершению ремонтных работ были проведены гидроиспытания колонны горячим конденсатом (температура 60...70°C) под давлением 23 МПа. При осмотре после гидроопрессовки дефектов не было выявлено, колонны была успешно пущена в работу. Продолжительность ремонта составила 20 суток (при круглосуточной работе).

Ремонт корпуса колонны синтеза карбамида поз. R-901 (Концерн «Стирол»)

4 июля 2012 г. был обнаружен пропуск продуктов реакции в систему контроля герметичности футеровки колонны синтеза карбамида поз. R-901, находящейся в эксплуатации с 1979 г.

Агрегат был аварийно остановлен, колонна вскрыта для осмотра и определения причин утечки.

Во время осмотра специалиста-

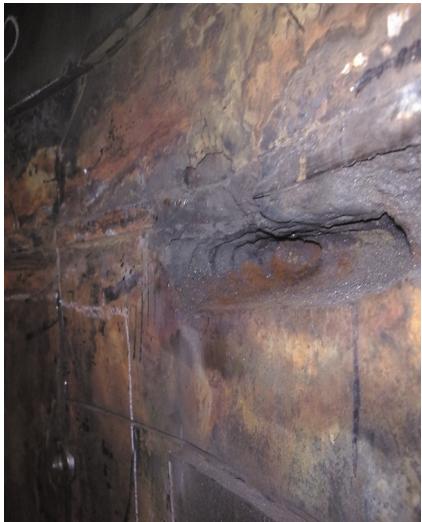


Рис. 15. Коррозионное поражение многослойного корпуса колонны



Рис. 16. Демонтаж участков футеровки и слоев многослойного корпуса в зоне коррозионного поражения

мии ОАО «НИИК» была обнаружена трещина по окантовочной зоне кольцевого сварного шва между первой и второй (отсчет сверху) обечайками футеровки цилиндрической части колонны (рис. 13, 14).

Был демонтирован участок футеровки в районе расположения дефекта размером 550×2800 мм.

После удаления участка футеровки было обнаружено следующее:

- с обратной стороны футеровки имеется проточка размером 15×1,5 мм, не указанная в чертеже

на колонну;

- многослойный корпус колонны подвергся коррозии глубиной ~45 мм (рис. 15);
- оражения кольцевого сварного шва силового корпуса незначительные.

При ремонте были поэтапно (послойно) удалены все пораженные участки основного металла и кольцевого шва многослойного корпуса (рис. 16). При разметке вырезаемых участков в каждом слое многослойной обечайки обеспечивалось смещение линий реза относительно друг друга не менее, чем на 30 мм. В углах вырезаемых участков выполнялся переход радиусом 50 мм (кроме линий сопряжения с кольцевым сварным швом обечаек корпуса).

Схема вырезки дефектных участков корпуса приведена на рис. 17.

Согласно данной схеме были вырезаны:

- участок футеровки в районе дефекта размером 550×2800 мм;
- участок промежуточного слоя толщиной 4 мм в районе дефекта;
- дефектные участки пяти из 13 слоев корпуса колонны.

При ремонте колонны в Кемерово сварной шов обечаек силового корпуса вырезался вместе с дефектными участками отдельных слоев, а затем после установки новых элементов каждого слоя восстанавливался. В данном случае при вырезке дефектных участков сварной шов силового корпуса не удалялся. Пораженные участки сварного шва корпуса были восстановлены сваркой. Новые элементы многослойного корпуса приваривались непосредственно к сварному шву.

Для восстановления удаленных участков каждого слоя корпуса были изготовлены вставки из стали 09Г2С. Вставки последовательно устанавливались по месту, плотно прижимались к корпусу домкратами и приварива-

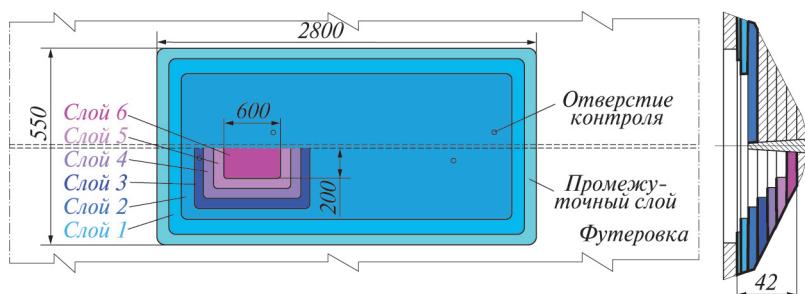


Рис. 17. Схема вырезки дефектных участков корпуса



Рис. 18. Восстановление многослойного корпуса колонны

ривались ручной дуговой сваркой электродами FOX EV-50 диаметром 3 мм. Для предотвращения образования горячих трещин сварка велась с предварительным и сопутствующим подогревом до 150...200°C.

После восстановления всех слоев корпуса, включая промежуточный, была восстановлена и футеровка колонны (рис. 18, 19). Новая футеровка была изготовлена из стали типа 03Х17Н14М3 толщиной 8 мм. Свар-



Рис. 19. Восстановление футеровки

ные швы футеровки выполнялись аргонодуговой сваркой с присадочной проволокой марки ЭП-690 диаметром 2 мм.

После завершения ремонтных работ были проведены гидроиспытания колонны и внутренний осмотр. Дефектов при осмотре не обнаружено, колонна была успешно пущена в эксплуатацию.

Контроль качества выполнения сборочных и сварочных работ

На всех этапах разметки, резки, подготовки кромок, монтажа и сварки специалистами ОАО «НИИК» осуществлялось техническое руководство и постоянный технический контроль над качеством проведения работ.

Все стыковые сварные соединения элементов многослойного корпуса и футеровки подвергались следующим видам контроля:

- внешнему осмотру и измерению – 100% длины швов;
- цветной дефектоскопии – 100% длины швов;
- ультразвуковой дефектоскопии – 100% длины швов;
- механическим испытаниям образцов;
- металлографическим исследованиям образцов.

Таким образом, как показала практика, многослойные корпусы колонн синтеза карбамида наряду с монолитными толстостенными корпусами вполне ремонтопригодны.