

Применение газотермического напыления для защиты оборудования нефтепереработки и нефтехимии

В. С. Пичев, главный технолог АО «Плакарт»

Современные технологии плакирования аппаратов методами газотермического напыления металлических и металлокерамических покрытий, о которых часто забывают проектировщики, позволяют обеспечить защиту внутренних поверхностей аппаратов от различных видов коррозии, эрозии и кавитации при высоких (до 1000 °С) температурах, в химически агрессивных средах и в присутствии абразивных материалов.

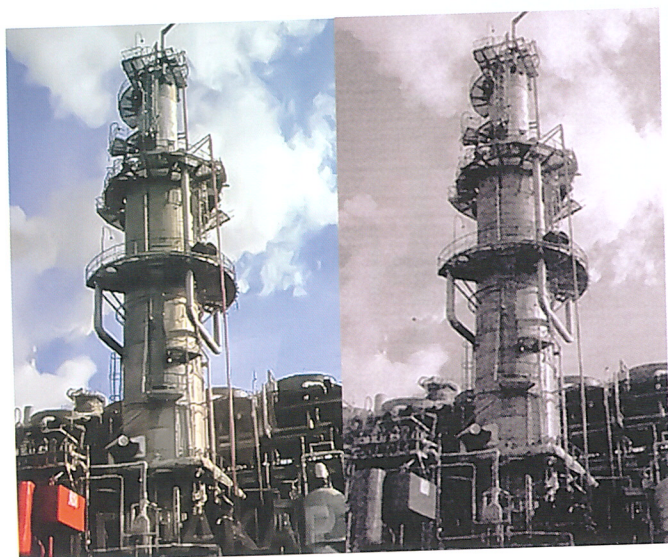
Коррозия технологического оборудования – одна из самых серьезных проблем, с которой сталкиваются нефтеперерабатывающие предприятия, поскольку затраты при повреждениях и авариях оборудования огромны: по причине возникшей коррозии нередко возникают взрывы и пожары. Установлено, что общемировые расходы нефтяной промышленности на борьбу с коррозией составляют 3,7 миллиарда долларов в год. Некоторые виды коррозии, возникающие в оборудовании нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств, приведены в таблице 1.

Стандартными методами предотвращения указанных опасных факторов принято считать изготовление аппаратов из нержавеющей стали, специальных сплавов или биметаллов. Известными недостатками такого решения являются не только высокая стоимость материального исполнения аппаратов, но и постоянно возникающие проблемы коррозии сварных швов. Ингибирование и электрохимическая защита не всегда применимы, а полимерные покрытия работоспособны только при температуре не более 150–200 °С. К сожалению, при разработке проектов антикоррозионной защиты проектировщики нередко забывают о такой альтернативе, как газотермическое напыление металлических покрытий.

Нанесение антикоррозионных плакирующих покрытий на внутренние поверхности корпусов газо- и нефте-

перерабатывающих установок, резервуаров и сосудов для хранения нефти и продуктов нефтепереработки проводится различными методами газотермического напыления – как в условиях изготовления, так и в условиях эксплуатации данных объектов.

Напылением могут наноситься такие материалы, как нержавеющие стали, алюминий, цинк, и их сплавы, монель, инконель, хастеллой, твердосплавные металлокерамические материалы. Напыление может производиться как ручным оборудованием, так и с применением роботизированных систем, как при изготовлении, в т. ч. сборке, так и при ремонте оборудования. При нанесении покрытия поверхность не нагревается выше 150 °С, что гарантирует сохранение структуры основного металла и не ведет к снижению прочности конструкции. Твердость покрытий составляет от 30 до 70 HRC, адгезия – 30–80 МПа, в зависимости от материала покрытия и метода его нанесения. Покрытия стойки к температурам до 800–1000 °С, возможен подбор покрытия, стойкого практически к любой химически агрессивной среде. Качество покрытия обеспечивается как технологией нанесения, так и методами контроля. Практика показала, что различные типы колонн, резервуаров и сосудов требуют применения различных технологий напыления и разных видов нестандартного оборудования для нанесения покрытий. Так, например, для напыления



корпусов аппаратов вертикального и горизонтального типа требуются конструктивно различные манипуляторы. Как правило, доступ во внутренние полости аппаратов весьма ограничен. Все оборудование для газотермического напыления монтируется и демонтируется внутри объекта через люки-лазы. Автоматизация процесса напыления позволяет исключить присутствие оператора внутри объекта непосредственно в процессе напыления.

Ниже приведены примеры практической реализации и перспективы применения технических решений для газотермического напыления аппаратов нефтепереработки и нефтехимии.

Оборудование для выездных работ (выполнение работ по ГТН непосредственно на территории заказчика):

- Манипулятор с СУ и системой видеонаблюдения для нанесения защитных покрытий на внутренние поверхности вертикальных аппаратов переработки в автоматическом режиме.

К настоящему времени нанесено защитное покрытие более чем на 50 колонн – абсорберов очистки и доочистки природного газа от сероводорода. На НПЗ успешно

прошли испытания образцы – свидетели с антикоррозионным покрытием на установке фенольной очистки масел. Манипулятор для нанесения защитных покрытий на внутренние поверхности горизонтальных аппаратов.

Нанесено защитное покрытие на несколько емкостей расширения установок аминовой очистки. Зарубежных средств механизации для напыления горизонтальных аппаратов в условиях эксплуатации не имеется. При производстве аналогичного оборудования в западных странах защитные покрытия наносятся в процессе его изготовления.

Горизонтальный вращатель на магнитных опорах. Применяется при необходимости напыления на оборудование, выполненное из магнитных материалов.

- Мачтовый подъемник для напыления резервуаров – хранилищ нефти и нефтепродуктов.

Используется при нанесении защитных покрытий на корпуса резервуаров с большой площадью поверхности. Газотермическим напылением покрытий были восстановлены и защищены от коррозии различные аппараты и технологическое оборудование по заказам ОАО «Газпром», ОАО

Таблица 1.

Виды повреждений оборудования	Описание
Точечная коррозия (питтинг)	Локализованное разрушение защитной пленки вызывает возникновение небольших точек, которые развиваются в глубину. Возникает уже при низкой температуре.
Щелевая коррозия	Форма локализованной коррозии, возникающая внутри щелей или под прокладками при наличии застойной зоны. Часто возникает в среде, содержащей хлориды.
Межкристаллитная коррозия	Характеризуется уменьшением содержания хрома и снижением коррозионной стойкости по границам зерен в результате нагревания или охлаждения при температуре 400–850 °С.
Коррозионное растрескивание под напряжением (SCC)	Вызывается одновременным воздействием механических напряжений и коррозионной среды (хлориды, кислоты с содержанием серы, если кислород или влага вступают в реакцию с осажденными солями сероводородной кислоты). Такие стали, как 304 и 316, в высокой степени подвержены коррозионному растрескиванию под напряжением в присутствии хлоридов.
Сероводородное растрескивание под напряжением (SSC)	Происходит, когда сталь вступает в реакцию с H ₂ S или другими солями сероводородной кислоты при низкой температуре, при которой вода находится в жидком виде. Одними специалистами SSC рассматривается как один из вариантов SCC, а другими – как разновидность водородного охрупчивания (см. ниже). Такое расхождение во мнениях говорит о том, что механизм образования растрескивания под действием напряжений в среде сероводорода в полной мере не изучен (см. также стандарты NACE, относящиеся к материалам, применяемым в сульфидсодержащих средах).
Образование сульфидов	Вид растрескивания под действием напряжений в сульфидсодержащей среде, вызываемый при воздействии на серу высокой температуры.
Водородное охрупчивание	Металлы становятся хрупкими и трескаются в присутствии H ₂ S.
Коррозия под действием щелочной воды с содержанием сероводорода	Вызывается щелочью, растворенной в водной среде с содержанием сероводорода, при этом повышается значение pH и, таким образом, растворимость H ₂ S, что, в свою очередь, увеличивает концентрацию ионов бисульфидов и коррозионную активность.
Эрозия	Обычно возникает в отсутствие воды при высокой температуре. На нефтеперерабатывающих заводах эрозии особенно подвержены патрубки, насосы, арматура и детали установки крекинга с псевдосжиженным катализатором, подвергающиеся воздействию твердых каталитических частиц, перемещающихся с высокой скоростью.
Кавитация	Образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков или каверн), заполненных паром. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить при увеличении ее скорости. Химическая агрессивность газов в пузырьках, имеющих к тому же высокую температуру, вызывает эрозию материалов, с которыми соприкасается жидкость, в которой развивается кавитация. Эта эрозия и составляет один из факторов вредного воздействия кавитации. Второй фактор обусловлен большими забросами давления, возникающими при схлопывании пузырьков и воздействующими на поверхности указанных материалов.

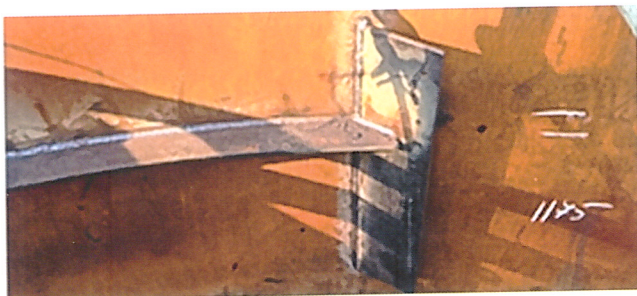
«ЛУКОЙЛ», ОАО «ТНК-ВР», ОАО «Салаватнефтеоргсинтез». Экономический эффект заказчиков плакирования методами ГТН исчисляется сотнями миллионов рублей в год.

Кейс 1. На ОАО «ЛУКОЙЛ» в 2007 году в процессе изготовления ОАО «Салаватнефтемаш» сепаратора продуктов гидроочистки для ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка» из биметалла. ОАО «ВНИИНЕФТЕМАШ»аложило в проект исполнение биметаллического корпуса по технологии газотермического напыления. В 2011 году ООО «ЛУКОЛ-Волгограднефтепереработка» провело ревизию сепаратора, выяснило, что газотермическое покрытие работает в проектном режиме, после чего было принято решение о проведении защиты поверхности теплообменника другой установки. В 2010 г. выполнены работы по защите внутренней поверхности десорбера на ООО «ЛУКОЙЛ-Пермьнефтегазпереработка». В 2011 году был произведен осмотр покрытия, замечаний к нему нет, десорбер продолжает работу.

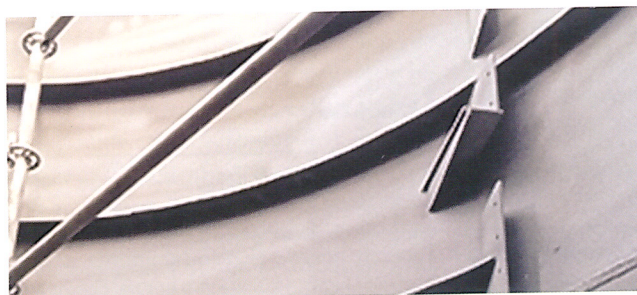
Кейс 2. В 2015 г. на НПЗ в Плоешти «Петротел ЛУКОЙЛ» СА, Румыния. Значительная площадь поверхности с большим количеством выступающих деталей, а также

тяжелые погодные условия и чрезвычайно сжатые сроки (2 недели вместо 2 месяцев) существенно усложнили выполнение работ по газотермическому напылению защитного покрытия. По техническим условиям необходимо было нанести на внутреннюю поверхность колонны двухслойное покрытие – нержавеющую сталь на подслое из никель-титанового сплава, обеспечив исключительно высокую термостойкость до 480 градусов С и защиту от износа и коррозии. Проект с газотермическим покрытием оказался для «Петротел ЛУКОЙЛ» в 2 раза выгоднее по бюджету рассматривавшегося варианта плакирования нержавеющей сталью. Качество и свойства нанесенного покрытия позволяют противостоять процессу коррозии и износу в течение примерно 20 лет.

Нанесение покрытия проводилось с помощью электродугового металлатора. Установка разработана для нанесения различных, в т. ч. износостойких и коррозионностойких, покрытий на большие площади различных металлоконструкций, таких как дымовые трубы, дымо- и газоходы, емкости для хранения, мосты, выхлопные шахты ГПА и другие.



Поверхность колонны до нанесения защитного покрытия.



Поверхность после нанесения газотермического антикоррозионного покрытия.



Газотермическое напыление и лазерная/плазменная наплавка

Нанесение антикоррозионных плакирующих покрытий на внутренние поверхности корпусов газо- и нефтеперерабатывающих установок и резервуары для хранения нефти и продуктов нефтепереработки с использованием газотермических методов напыления как в условиях изготовления, так и в условиях эксплуатации данных объектов.

- Отсутствие следов появления коррозии до **20 лет**
- Увеличение ресурса работы колонного оборудования
- Экономия до **40%** на ремонте и закупке оборудования

Газотермическое напыление обеспечивает равномерную защиту антикоррозионным сплавом основной металл, сварные швы, фитинги, отводы, тарелки сосудов под давлением. По согласованию с Технадзором мы напыляем антикоррозионные металлические покрытия на аппараты переработки нефти и сероочистки, начиная с 2002 года.

- Химстойкие твердые противокоррозионные покрытия для емкостей
- Алитирование металлизацией внутренних поверхностей газоходов. Износостойкие антикоррозионные термостойкие внутренние покрытия
- Защита от коррозии внутренних поверхностей установок переработки нефти с помощью изолирующих металлических покрытий



АО «Плакарт»

+7 (495) 565 38 83

info@plakart.pro

plakart.pro