
ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ УГЛЕВОДОРОДОВ

**А.Ю. Андриюшкин, кандидат технических наук, доцент.
Балтийский государственный технический университет
«ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.**

Е.Н. Кадочникова, кандидат технических наук;

С.А. Пугачев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена эффективная антикоррозионная защита полимерными покрытиями, используемыми для защиты металлических внутренних и наружных поверхностей объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов. Проведен анализ традиционных технологий нанесения полимерных покрытий.

Ключевые слова: покрытие, напыление, углеводороды

IMPROVEMENT OF METHODS OF SAFETY ON OBJECTS OF PROCESSING, STORAGE AND TRANSPORTATION OF HYDROCARBONS

A.Yu. Andryushkin. Baltic state technical university «VOENMEH» named after D.F. Ustinov

E.N. Kadochnikova;

S.A. Pugachev.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Effective corrosion protection by polymer coatings used to protect metal interior and exterior surfaces of objects of processing, storage and transportation of hydrocarbons is examined. Analysis of the traditional methods of applying of polymer coatings is made.

Keywords: coating, spraying, hydrocarbons

Агрессивное воздействие на металлоконструкции оказывают как перерабатываемые или транспортируемые углеводороды, так и окружающая среда, что приводит к интенсивному коррозионно-эрозионному износу стали и далее к разгерметизации труб и корпусов оборудования. Вызванная механическими и химическими воздействиями агрессивных сред коррозия и эрозия способствуют образованию опасных дефектов в металлических конструкциях (трубопроводах, резервуарах, цистернах), часто находящихся под давлением.

С точки зрения возникновения взрывов и пожаров наиболее опасна разгерметизация объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов, обусловленная образованием и развитием дефектов в металлоконструкциях [1].

На сегодняшний день утечки углеводородов объектов переработки, хранения и транспортировки вследствие разгерметизации причиняют большой экономический и экологический ущерб.

По данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за период 2014–2016 гг. произошло 95 аварий, связанных с отказом и разгерметизацией технических устройств, нарушением технологии производства работ, из них 35,6 % произошли по причине коррозии. За 2014 г. было зафиксировано 32 аварии, причиной 9 из которых послужила коррозия, в 2015 г. таких аварий произошло 34 и 8 – вследствие коррозии, в 2016 г. соотношение составило 29 к 13. Три крупнейшие аварии нанесли материальный ущерб более чем на 300 млн руб.

По статистическим данным, за последние годы количество аварий, вызванных разгерметизацией оборудования, на предприятиях нефтегазовой отрасли не снижается. Поэтому проблема повышения надежности и остаточного ресурса объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов, его способности противостоять развитию дефектов и повреждений, актуальна и требует поиска эффективных технических решений.

Применение изоляционных покрытий – это один из способов пассивной защиты объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов от коррозии и эрозии. Наиболее эффективна защита внутренней и наружной поверхности оборудования и трубопроводов антикоррозионными полимерными покрытиями.

Выбор наружного и внутреннего покрытия для защиты объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов основывается на оценке влияния окружающей среды, транспортируемого продукта и предполагаемого срока службы покрытия.

Основными критериями при выборе полимерного покрытия являются:

- высокая адгезия к стальной поверхности;
- стойкость к абразивному износу;
- устойчивость при температурных колебаниях от -50 до +160 °С;
- простота и производительность технологии нанесения покрытия.

Полимерные покрытия подвержены старению, поэтому свойства полимеров под воздействием нагрузок необратимо ухудшаются. В результате образуются разрывы основной цепи макромолекулы, разрывы поперечных связей между ними, образование двойных связей в основной цепи и другие изменения химического строения полимера.

Результатом старения является повышение твердости покрытия, потеря эластичности, что приводит к растрескиванию материала и потере изолирующих свойств.

На полимерное покрытие чаще всего оказывается одновременно температурное, механическое и химическое воздействие. При температурном воздействии ускоряются релаксационные процессы, которые изменяют надмолекулярную структуру полимера, а, следовательно, и физико-механические свойства. Кроме того, при повышении температуры ускоряются химические процессы разрушения макромолекул.

Механические воздействия способствуют старению полимеров за счет разрыва полимерных цепей, в результате возникают свободные радикалы, вступающие в химическую реакцию и, как следствие, приводящие к дальнейшему разрушению.

Химическое воздействие заключается в проникновении газов и жидкостей вглубь покрытий и вступлению их в химические реакции с макромолекулами полимера, а, следовательно, его разрушению.

Основным параметром, определяющим долговечность полимерного покрытия, является его толщина, так как она влияет на скорость проникновения агрессивной среды к поверхности металла. Поэтому толщина полимерного покрытия устанавливается в соответствии со степенью агрессивности среды, при этом толщина покрытия должна гарантировать отсутствие капиллярной проницаемости.

Необходимо отметить, что увеличение толщины полимерного покрытия приводит к росту внутренних напряжений, приводящих к растрескиванию.

Наиболее подходящими покрытиями, удовлетворяющими разнообразным требованиям эксплуатации объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов, являются эпоксидные и полиуретановые покрытия.

Эпоксидные и полиуретановые покрытия отличаются высокими барьерными свойствами:

- высокая химостойкость к действию агрессивных сред и перекачиваемого продукта;
- светостойкость;
- атмосферостойкость;
- водостойкость;
- низкая газопроницаемость.

Механические свойства полимерных покрытий выражаются в стойкости к прорезанию, сдиру, абразивному износу, характеризуются высокой адгезией и когезией. Уменьшению внутренних напряжений в эпоксидных и полиуретановых покрытиях способствует минимальная усадка при отверждении.

Полимерные покрытия формируют из одной или нескольких композиций, в процессе отверждения которых проходят химические и физические взаимодействия компонентов, в результате которых образуется полимер с плотной трехмерной сетчатой структурой. Например, полиуретановые покрытия формируют из изоцианатной и полиэфирной композиций, которые перемешиваются при непосредственном нанесении на защищаемую поверхность, и после прохождения химических реакций образуется полимерное покрытие. Кроме защиты от коррозии, внутренние эпоксидные и полиуретановые покрытия обладают гладкой поверхностью, что уменьшает сопротивление потоку транспортируемого углеводорода, упрощает очистку оборудования, сокращает количество осадений.

Высокой изоляционной эффективностью обладают двух- и трёхслойные покрытия. Толщина напыленного полимерного покрытия как для наружных, так и для внутренних поверхностей оборудования чаще всего составляет 1 500–2 000 мкм. Слои покрытия могут быть получены из полимеров на одинаковой основе, например эпоксидных или из полимеров на разной основе, например эпоксидных и полиуретановых.

Последовательность нанесения слоев и их толщина должны обеспечивать высокую устойчивость к растрескиванию, отслаиванию и прочим повреждениям при чрезмерной механической нагрузке и химическом воздействии агрессивных сред. Многослойное покрытие может содержать вспененные слои или слои с дискретным наполнителем. Например, основным является прилегающий к металлу эпоксидный слой, а наружный эпоксидный слой выполнен вспененным или содержит дискретный наполнитель.

Перспективно напыление полимерных покрытий, армированных рубленым стекловолокном.

Для металлических конструкций объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов широкое применение получили многослойные покрытия, содержащие наполненные цинком эпоксидные функциональные слои. Частицы цинкового наполнителя исполняют роль катодной защиты от коррозии. Даже при механическом повреждении наполненный цинком слой является надежным барьером, препятствующим возникновению коррозии на стальной поверхности.

Для обеспечения тепловой изоляции металлических конструкций объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов широко используют многослойные покрытия, включающие пенополиуретановый функциональный слой, обладающий превосходными антикоррозионными и теплоизолирующими свойствами. Срок службы оборудования и трубопроводов, имеющих многослойное покрытие с пенополиуретановым функциональным слоем, достигает 30 лет [2–6].

Полимерные покрытия значительно увеличивают срок службы металлоконструкций, при этом они имеют приемлемую стоимость, а технология их нанесения отличается простотой и высокой производительностью. Полимерные покрытия могут наноситься в заводских или трассовых условиях, при этом срок службы покрытий во многом зависит

от технологии нанесения [1–6].

К основным методам нанесения жидких полимерных композиций относятся:

- ручное нанесение кистью, шпателем или валиком;
- окунание в ванну, заполненную жидкой полимерной композицией;
- струйный облив;
- пневматическое или гидравлическое распыление.

Традиционные технологические методы нанесения покрытий на внутренние и наружные поверхности оборудования и трубопроводов не позволяют обеспечить равномерного распределения наносимых полимерных слоев, соответственно, переизбыток или недостаток материала на определенных участках покрытия будет снижать его качество и приводить к снижению эксплуатационных характеристик полимерного покрытия.

Напыление получило широкое распространение при нанесении полимерных покрытий из-за своей экономичности, производительности и относительной простоты технологического оборудования.

Работоспособность напыленного полимерного покрытия обусловлена его качественными показателями:

- минимальной разнотолщинностью;
- однородностью состава;
- отсутствием дефектов (раковин, пор, трещин);
- адгезионной и когезионной прочностью;
- отсутствием внутренних напряжений;
- точностью размеров и форм.

С течением времени возникновение и развитие дефектов в напыленном полимерном покрытии снижает его работоспособность, так как уменьшается его несущая способность и ухудшаются антикоррозионные свойства.

Анализ напылительного оборудования показывает, что однородность нанесенной на защищаемую поверхность жидкой композиции или смеси из нескольких жидких композиций зависит от следующих технологических факторов:

- способа перемешивания и распыления композиций;
- вида сопел и характера истечения струй из них;
- состояния (температура, шероховатость, наличие загрязнений) покрываемой поверхности;
- точности дозировки композиций;
- температуры и влажности окружающего воздуха;
- расстояния от распылительной головки до покрываемой поверхности;
- скорости перемещения распылительной головки относительно покрываемой поверхности.

В традиционном оборудовании для подачи воздуха используется сопла в виде цилиндрического отверстия или в виде кольцевой щели, из которых истекают дозвуковые или околосзвуковые струи. При этом эффективная диспергация, то есть получение частиц (капель) малых размеров, высоковязких композиций затруднена, поэтому приходится предусматривать предварительное перемешивание композиций между собой перед их распылением.

Традиционные технологии не обеспечивают равномерность нанесения полимерного покрытия на поверхность объекта, такие покрытия характеризуются существенной разнотолщинностью.

Таким образом, эффективная антикоррозионная защита полимерными покрытиями внутренних и наружных поверхностей объектов переработки, хранения и транспортировки углеводородов при агрессивном воздействии окружающей среды и транспортируемого продукта обеспечивает длительный период их эксплуатации. Коррозионная стойкость и долговечность покрытия во многом определяется его толщиной.

Высокую антикоррозионную стойкость имеют многослойные покрытия, содержащие

эпоксидные и полиуретановые слои, при этом свойства этих слоев могут быть значительно повышены за счет введения в их состав наполнителей, например рубленного стекловолокна или вспенивания слоя.

Литература

1. Демехин В.Н. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: учеб. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2003. 656 с.
2. РД-05.00-45.21.30-КТН-005-1-05. Правила антикоррозионной защиты резервуаров. М., 2005.
3. РД-23.040.00-КТН-189-06. Правила антикоррозионной защиты надземных трубопроводов, конструкций и оборудования магистральных нефтепроводов. М.: ОАО «АК «Транснефть», 2006.
4. ОТТ-25.220.01-КТН-215-10. Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Наружное антикоррозионное покрытие труб, соединительных деталей и механотехнологического оборудования. М., 2011. 53 с.
5. РД-23.020.00-КТН-184-10. Правила антикоррозионной защиты резервуаров для хранения нефти и светлых нефтепродуктов. М.: ОАО «АК «Транснефть», 2009.
6. РД-23.040.01-КТН-149-10. Правила антикоррозионной защиты надземных трубопроводов, конструкций и оборудования объектов магистральных нефтепроводов. М.: ОАО «АК «Транснефть», 2010.

References

1. Demekhin V.N. Zdaniya, sooruzheniya i ih ustojchivost' pri pozhare: ucheb. M.: Akad. GPS MCHS Rossii, 2003. 656 s.
2. RD-05.00-45.21.30-КТН-005-1-05. Pravila antikorrozionnoj zashchity rezervuarov. M., 2005.
3. RD-23.040.00-КТН-189-06. Pravila antikorrozionnoj zashchity nadzemnyh truboprovodov, konstrukcij i oborudovaniya magistral'nyh nefteprovodov. M.: ОАО «АК «Transneft'», 2006.
4. OTT-25.220.01-КТН-215-10. Magistral'nyj truboprovodnyj transport nefti i nefteproduktov. Naruzhnoe antikorrozionnoe pokrytie trub, soedinitel'nyh detalej i mekhanotekhnologicheskogo oborudovaniya. M., 2011. 53 s.
5. RD-23.020.00-КТН-184-10. Pravila antikorrozionnoj zashchity rezervuarov dlya hraneniya nefti i svetlyh nefteproduktov. M.: ОАО «АК «Transneft'», 2009.
6. RD-23.040.01-КТН-149-10. Pravila antikorrozionnoj zashchity nadzemnyh truboprovodov, konstrukcij i oborudovaniya ob"ektov magistral'nyh nefteprovodov. M.: ОАО «АК «Transneft'», 2010.