

## Алюмокерамическая защита трубопроводов от коррозии

И в Украине, и в России постепенно растет понимание значимости ресурсосберегающих технологий и оборудования. От этого просто никуда не деться – в новых экономических условиях всякое производственное развитие неизбежно будет подчиняться условиям коммерческой и экономической рентабельности. При модернизации ныне действующих и при строительстве новых трубопроводов ресурсосбережение должно выражаться прежде всего в их надежной гидроизоляции и защите от коррозии. Причем, выполнять защитные покрытия надо уже в заводских условиях, в процессе изготовления труб.

«МТТ»

Опасения относительно повышенной стоимости таких труб, конечно, обоснованы, однако вовсе не начальная стоимость изоляции является определяющей в выборе конструкции трубопровода. По большому счету, исходить нужно из совокупности следующих факторов:

- снижение сроков строительства и затрат на монтаж;
- снижение эксплуатационных расходов;
- снижение потерь тепла, воды, нефтепродуктов и т. д.;
- увеличение срока службы без ремонтов до 30–50 лет;
- повышение надежности и живучести трубопроводных сетей.

Радикальным методом защиты стальной трубы от коррозии, методом, который при всех условиях эксплуатации резко повысит надежность трубопровода в целом и снизит текущие эксплуатационные расходы, является новое протекторное пассивирующее алюмокерамическое покрытие.

Первоначально данное покрытие разрабатывалось для защиты корпусов ледоколов, нефтяных платформ и других изделий, которые эксплуатируются в сильно и слабо агрессивных средах с pH = 2–12 и растворах солей. Наряду с обеспечением коррозионной стойкости оно должно было обладать высокими механическими харак-

Рис. 4. Изделия с напыленным покрытием



теристиками – износостойкостью, способностью сохранять свои свойства при гибке и холодной штамповке изделия, эффективно защищать сварные швы и в течение всего периода эксплуатации сохранять защитные и декоративные свойства. Покрытие композиционное, хорошо сцеплено с основой. Состоит из алюминиевой матрицы с равномерно распределенными в ней металлургически связанными частицами керамики и интерметаллидов.

Благодаря двум внедренным новшествам газотермическое покрытие на основе алюминия получило качественный скачок, улучшивший и технологичность производства и служебные свойства покрытий. Первое новшество заключается в том, что в качестве исходного сырья используется механическая смесь порошков алюминия с керамикой. Второе – использование в качестве греющей и разгонной среды сверхзвукового потока плазмы продуктов сгорания углеводородного газа с воздухом. Промышленная реализация такой технологии стала возможной с появлением новой техники сверхзвукового плазменного напыления. Она позволила повысить скорость напыляемых частиц с 150–250 до 500–700 м/с, что способствовало улучшению всех служебных свойств покрытий.

При транспортировке в сверхзвуковом плазменном потоке расплавленных частиц алюминия и керамики создаются такие условия, что в полете до основы максимально интенсифицируются процессы их столкновения и коагуляции. Это способствует зарождению химического взаимодей-

ствия между разнородными материалами с образованием интерметаллидов за чрезвычайно короткое время (тысячные доли секунды). При ударе о поверхность расплавленные частицы деформируются, внедряются в неровности основы и образуют очаги схватывания. Частицы керамики в сравнении с алюминием имеют больший запас тепловой энергии и при формировании покрытия образуют участки микросплавления с интерметаллидами по границам контакта. Вокруг частиц керамики образуются участки с повышенной когезионной прочностью и плотностью. Все эти обстоятельства приводят к формированию хорошо сцепленного с основой и плотного композиционного алюмокерамического покрытия (пористость ~ 0,5%) с равномерно распределенными в алюминиевой матрице частицами керамики с интерметаллидными прослойками (Рис. 1).

Такое покрытие имеет повышенные коррозионные и механические характеристики. Наличие твердых частиц керамики в мягкой матрице алюминия приводит к многократному повышению механической прочности и износостойкости.

По современным представлениям защита металла от коррозии определяется следующими факторами: механической изоляцией металла от агрессивной среды;

адгезией покрытия к изделию, препятствующей образованию новой фазы (ржавчины) на границе раздела металл-покрытие; торможением электродных реакций, обуславливающих коррозионный процесс, путем создания предпосылок для пассивации металла; структурными превращениями, определяющими свойства покрытий. Все эти факторы присутствуют в алюмокерамическом покрытии. За счет композиционного строения в нем под воздействием агрессивной среды образуется множество микрогальванических элементов (Рис. 1), которые стимулируют химические реакции образования нерастворимого осадка. Он плотно закупоривает поры и покрывает шероховатости, выполняет роль диффузионного барьера или пассиватора, предотвращая доступ агрессивной среды к металлу. Поэтому алюмокерамическое покрытие является протекторным пассивирующимся.

На сегодняшний день в России алюмокерамическое покрытие нашло применение для защиты труб (в основном тепловых сетей) от коррозии.

Для напыления алюмокерамических покрытий на трубы (Рис. 2) в стационарных условиях используется специализированная плазменная аппаратура «ТОПАС-80», «ТОПАС-180», в полевых условиях (на соединениях труб) – установка «ТОПАС-40» (Рис. 3).

Выполненные испытания алюмокерамического покрытия при стендовом моделировании эксплуатационных условий работы трубопроводов тепловых сетей в ОАО «ОРГРЭС» Минтопэнерго России показали следующее. Испытуемое покрытие под воздействием основных эксплуатационных факторов старения (совместно температуры, влаги, агрессивных сред, электрических потенциалов) не изменяет своих первоначальных свойств и выполняет роль протекторной защиты в течение всего периода эксплуатации (50 лет). Изолированные изделия (Рис. 4) могут эксплуатироваться и храниться при любой температуре окружающей среды, при этом не требуется дополнительная установка катодной защиты.

На основании выполненных испытаний в новую «Типовую инструкцию по защите тепловых сетей от наружной коррозии» РД 34.20.518-95, введенную в действие с 01.01.1996 г., включено алюмокерамическое покрытие. С 1996 г. на Капотненской базе «Мосттеплоэнергоремонт» начат выпуск труб и соединений к ним с таким покрытием для Москвы с производительностью 50 км/год. Опыт многолетней эксплуатации показал, что освоен новый промышленный процесс нанесения высококачественных антикоррозионных покрытий с повышенными механическими свойствами на наружную поверхность труб. Преимуществами разработанного процесса являются высокая производительность (50 м<sup>2</sup>/ч покрываемой поверхности), легкость автоматизации, высокий коэффициент использования напыляемого материала (90%), эффективное использование сырьевой базы Украины, низкие удельные энергозатраты – 1 кВт/ч на квадратный метр покрытия. Процесс может быть применен и для

нанесение защитного антикоррозионного с повышенными механическими свойствами покрытия на внутренние поверхности труб, фасонину, конструкции, стыки труб в полевых условиях.

**Характеристики покрытия:**

Толщина, мм	0,25 – 0,3
Прочность сцепления на стальной основе, МПа	35
Прочность при ударе, кгс/см	50
Пористость, %	0,5

Пропитка покрытия не требуется при любых условиях эксплуатации тепловых сетей. Возможна безканальная прокладка труб с покрытием.

На основе полученного опыта разработано ТУ 1394-002-18550818-99 и технологический регламент на процесс плазменного нанесения алюмокерамического покрытия на трубы и соединительные детали диаметром 57 – 820 мм, а с 2002 года оно включено в СНиП.

Все это послужило толчком для нового этапа в расширении масштабов использования алюмокерамического покрытия в России и для строительства предприятия ОАО «АКОР» в г. Ульяновске, специализирующемся на производстве антикоррозионной и теплогидроизоляционной защиты труб и фасонных изделий, предназначенных для сооружения систем тепло- и водоснабжения, газопроводов, нефтепродуктопроводов, технологических и промышленных трубопроводов.

Строительство производства фирмы «АКОР» осуществилось по целевой программе РАО «ЕЭС» и возведено на средства почти двух десятков региональных энергосистем. Своевременное и полное финансирование строительства дало возможность в намеченные сроки осуществлять ввод в эксплуатацию объектов и начать производство продукции. Продукция производства направлена на ресурсосберегающие технологии хозяйствования.

Антикоррозионная и теплогидроизоляционная защита труб обеспечивает долговременную прочность, надежность в эксплуатации и энергосбережение. При обновлении городских водо-, теплосетей и газопроводов применение защитных труб дает большой экономический эффект.

Общий вид линии алюмокерамического покрытия труб диаметром 57 – 325 мм и 426 – 820 мм методом плазменного напыления приведен на рис. 5.

Использование труб с внутренним алюмокерамическим покрытием позволяет предотвратить их абразивный износ, отложения на стенках парафина, продуктов полимеризации и других осадков, обеспечивает высокое качество и чистоту транспортируемого продукта, позволяет увеличить пропускную способность, использовать трубы меньшего диаметра, снизить расход электроэнергии на транспортировку до 20%; исключить потерю продукта из-за ремонта трубопроводных систем, уменьшить вероятность загрязнения окружающей среды, экологических катастроф.

Созданное производство является полигоном для отработки новых технологических процессов по антикоррозионной и тепловой защите трубопроводов, направленных, в том числе, и на выполнение программы по газификации Ульяновской области.

Использование антикоррозионного алюмокерамического и теплозащитного пенополиуретанового покрытий для труб тепловых сетей позволяет:

- дополнительно снизить потери тепловой энергии при транспорте на 7-15%;
- повысить надежность теплоснабжения населения и промышленности в 3 раза;
- снизить частоту высокотемпературных катастроф и аварий тепловых сетей и соответственно повысить надежность работы теплофикационных турбогенераторов ТЭЦ;

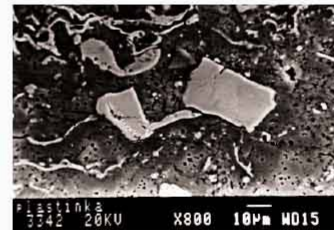


Рис. 1. Микроструктура алюмокерамического покрытия, увеличение – х800. Образование микрогальванических элементов в покрытии под воздействием влаги

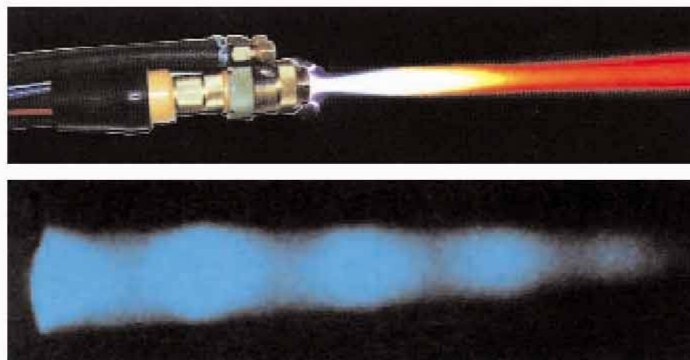


Рис. 2. Плазматрон



Рис. 3. Блок управления аппарата плазменного напыления «ТОПАС - 80»

- снизить протяженность и число ежегодных переключений сетей и капитальных затрат на земляные работы на 50-70%;
- снизить расход стальных труб на 40-60%;
- снизить воздействие на окружающую среду за счет уменьшения выбросов продуктов сгорания, снижения теплового загрязнения окружающей среды, исключения оттаивания и эрозии почв на значительных площадях, снижения экологического вреда от высокотемпературных аварий.

Специализированные исследования защитных свойств алюмокерамического покрытия выполнены в 2001 г. в лаборатории электрохимической защиты ВНИИГАЗ г. Москва и даны рекомендации по его применению на объектах «Газпрома»: на трубах в различных вариантах активно-пассивной защиты, в том числе в условиях атмосферной коррозии при надземных прокладках трубопроводов, на коммуникациях промплощадок в зонах переменного смачивания (на границах земля - воздух), на промысло-

вых трубопроводах различного исполнения. По результатам испытаний ВНИИГАЗ секция НТС «Защита трубопроводов от коррозии» ОАО «РОСНЕФТЕАЗСТРОЙ» отметила научную новизну и практическое значение плазменной технологии и оборудования для нанесения алюмокерамических покрытий на трубы и соединительные детали с целью защиты трубопроводов от коррозии, разработанных НПП «ТОПАС». Рекомендовано проектным институтам и производственным организациям при выборе способа защиты от коррозии трубопроводов, включая газопроводы, нефтепроводы, продуктопроводы рассматривать использование технологии и оборудования для нанесения алюмокерамических покрытий на трубы и соединительные детали к ним.

*С. В. Петров, д. т. н.,  
А. Г. Сааков, к.т.н., НПП «ТОПАС», г. Киев  
А. А. Сиротинский, к.т.н., ОАО ВНИИСТ,  
г. Москва*

**ОАО «БУДІДРОПРИВОД»**

**ПРОИЗВОДИМ И РЕАЛИЗУЕМ ГИДРОЦИЛИНДРЫ**

**ДЛЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ:**  
Акселераторы: 20-100 БСК 050 Д3 100  
Скопелаторы: 20 2021 20 2022 20 2023 20 2024  
Бульдозеры: 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП  
Дефляторы: 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП  
Катки дорожные: 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП  
Плуги земледельческие: 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП

**ДЛЯ КОММУНАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ:**  
Акселераторы: 20 2021 20 2022 20 2023 20 2024  
Специальная техника по обслуживанию дорог: 1-4 ГИП

**ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ И ЛЕСОТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ:**  
Тракторы: 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП  
Комбайны: 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП  
Помпы для перекачки, оросительная техника: 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП  
Пилорамы: 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП 1-4 ГИП

г. Харьков, ул. Каштановая, 14.  
Тел.: (0572) 52-51-21, 51-74-44, факс 52-80-10.  
E-mail: hydros@lc.kharkov.ua

**ГалПідшипник** ТОРГОВИЙ ДІМ

**НАДІЙНЕ ВИРІШЕННЯ НА ВСІ ВИПАДКИ ЖИТТЯ**

- \* Підшипники всіх типів
- \* Привідні паси
- \* Сальники
- \* Кільця стопорні
- \* Набивка сальникова
- \* Кільця ущільнювальні
- \* Інструмент для монтажу, демонтажу і діагностики підшипників

**ГОЛОВНИЙ ОФІС**  
Торговий дім «ГалПідшипник»  
79006, Івано-Франківська обл., Івано-Франківськ, вул. Шевченка, 27/а,  
телефони: (0372) 752581,  
571 522, 752 173

**ФІЛІАЛ**  
П.П.ТД «ГалПідшипник» - Київ  
04209 Київ, вул. Валерійська, 7,  
телефони: (044) 405-16-67,  
413-84-93,  
412-52-02  
E-mail: gal@pdp.kiev.net

**П.П.ТД «ГалПідшипник» - Дніпропетровськ**  
83 028 Дніпропетровська обл., Дніпропетровськ, вул. Річковий, 8,  
телефони: (0529) 3829474, 3829600  
E-mail: galpdp@ukr.net

**П.П.ТД «ГалПідшипник» - 3-а міська**  
64004 Закарпатська обл., Рахівський р-он,  
телефони: (0512) 189126, 657647  
E-mail: gal@pdp.net