

# 30

## НОВЫЕ АНТИКОРРОЗИЙНЫЕ И ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ

Чуйко А.Г., Чуйко К.А., Чуйко А.А., Швецов А.Ю., ООО «ПЛАЗМА»

Возрастающие темпы добычи нефти с одновременным извлечением очень большого количества высокоминерализованных пластовых жидкостей, увеличивающиеся объемы закачки в нефтяные пласты агрессивных сточных вод, а также широкомасштабное применение химических реагентов для увеличения нефтеотдачи пластов приводят к ускоренному коррозионному и эрозионному износу погружного нефтедобывающего оборудования, запорной арматуры, насосно-компрессорных труб (НКТ), нефтегазопроводов, водоводов для поддержания пластового давления и других видов нефтяного оборудования.

Нефтегазовая отрасль занимает одно из первых мест в промышленности по затратам, связанным с коррозией и эрозией металла. Ускоренный коррозионный износ погружного оборудования для добычи нефти и НКТ приводит к необходимости останавливать скважинное оборудование, производить его подъем, замену и обратный спуск. Аварии из-за коррозионно-

эрозионных разрушений нефтепромысловых трубопроводов приводят не только к потерям большого количества металлических труб и простоям добывающего оборудования, но и к значительному нарушению экологии. В последние годы наблюдается увеличение потерь от коррозионного износа оборудования и труб. Это можно объяснить увеличивающейся агрессивно-

стью транспортируемых сред и невысоким качеством труб.

Другими важнейшими проблемами в нефтедобыче являются такие факторы, как отложение солей, асфальто-смоло-парафиновые отложения и повышенное содержание твердых частиц в добываемых и транспортируемых средах. Эти факторы также существенно затрудняют нефтедобычу вследствие уменьшения проходного сечения труб и проточной части рабочих органов погружных насосных установок. В результате возникает необходимость проведения ремонта оборудования и НКТ. Повышенная концентрация песка вызывает ускоренный выход из строя погружных установок вследствие разрушения рабочих органов.

Сотрудники компании «ПЛАЗМА» разработали и освоили серийное производство по нанесению высокоэффективных металлических, керамических и полимерных коррозионно-эрозийноустойчивых покрытий, как на внешнюю, так и на внутреннюю поверхность труб с широким диапазоном диаметров. Созданы рабочие органы погружных насосов и запорной арматуры (шары и седла) с износостойким и коррозионноустойчивым керамическим покрытием.

#### АНТИКОРРОЗИОННО-ГЛАДКОСТНОЕ ПОКРЫТИЕ POLYPLEX

Одной из уникальных разработок специалистов нашей компании является антикоррозионно-гладкостное полиуретановое однокомпонентное покрытие PolyPlex для защиты внутренних поверхностей трубопроводов, резервуаров и различных стальных конструкций. Это покрытие обладает высокой атмосферо- и влагостойкостью, температуростойкостью. PolyPlex стойко к таким агрессивным средам, как нефть-вода, сероводородсодержащим пластовым жидкостям, морской воде, артезианской

Время полимеризации	24 час
Полный набор прочностных свойств покрытия	7-10 суток
Адгезия	3,5 МПа
Водопоглощение за 7 суток	0,2%
Коэффициент паропроницаемости	0,6*10 <sup>-6</sup> кг/м <sup>2</sup> *с*Па
Усадка, не более	0,3%
Нижний предел рабочей температуры	-150 °С
Теплостойкость (длительная)	150 °С
Теплостойкость (кратковременная)	200 °С
Биологическая устойчивость	Хорошая
Сухой остаток после отверждения	90%
Срок службы	8-15 лет

#### Основные технические данные покрытия PolyPlex

воде, светлым и темным нефтепродуктам, природному газу, газовому конденсату, этиленгликолю, диэтиленгликолю, метанолу, бытовым и промышленным стокам, соевым растворам, щелочам, минеральным и органическим кислотам, минеральным удобрениям и др.

Нанесение антикоррозионно-гладкостного покрытия PolyPlex на внутреннюю поверхность емкостей, НКТ и трубопроводов различного назначения создает надежную защиту от коррозии и обеспечивает значительное снижение парафинообразования и сопротивления потоку перекачиваемой среды. Покрытие способствует увеличению пропускной способности, снижению эксплуатационных затрат, увеличению межремонтных периодов и срока службы трубопроводов, емкостей, сооружений и конструкций. PolyPlex сохраняет свои защитные свойства при кратковременной обработке водяным паром. После окончательного отверждения покрытие

обладает исключительно высокими износостойкостью, гидрофобностью, адгезией и эластичностью. Покрытие в процессе его нанесения обладает способностью проникать глубоко в поры и в свежую, не шелушащуюся ржавчину, что повышает адгезию и существенно снижает требования к подготовке поверхности. Покрытие PolyPlex имеет высокий сухой остаток и не содержит растворителей, что позволяет улучшить санитарно-гигиенические условия труда и обеспечивает получение практически беспористого покрытия с более высокими защитными свойствами. Отсутствие выбросов паров растворителя делает производство экологически более чистым. Состав трудно горюч и не взрывоопасен.

ООО «ПЛАЗМА» производит нанесение антиадгезионно-гладкостного покрытия на внутреннюю поверхность НКТ и трубопроводов с внутренним сечением от 50 до 1500 мм. Нанесение покрытия производится как на собственной базе, так и на базе заказчика, что при больших объемах позволяет значительно снизить транспортные расходы и сократить сроки выполнения работ.

#### КОРРОЗИОННО-ИЗНОСОСТОЙКОЕ ПОКРЫТИЕ SUPER STAINLESS

Наше предприятие серийно производит работы по нанесению коррозионно-износостойкого покрытия Super Stainless. Это покрытие обеспечивает высокоэффективную защиту наружных поверхностей от коррозии в высокоагрессивных средах, в том числе в сероводородсодержащих пластовых жидкостях с экстремально высоким содержанием сероводорода.

Применение данного покрытия на оборудовании для добычи нефти (корпуса насосов, электродвигателей, гидрозащиты, насосно-компрессорных труб и др.) в сероводородсодержащих скважинах в десятки раз снижает скорость коррозии. Кроме того, данные покрытия эффективно защищают изделия от различного рода износа, что в совокупности позволяет в несколько раз увеличить межремонтный период оборудования и его жизненный цикл. Область применения данного рода покрытий в первую очередь относится к нефтегазодобыче, нефтегазопереработке, химической промышленности, энергетике, добывающей промышленности и т.д.

Покрытие Super Stainless наносится на наружную поверхность корпусных эле-

Внешний вид покрытия	Светло-серый
Адгезия покрытия	не менее 8 кг/мм <sup>2</sup>
Микротвердость покрытия	Не менее 600 НВ
Массовый показатель коррозии покрытия	0,089 мм/год
Глубинный показатель коррозии покрытия	0,101 мм/год
Показатель питтинговой коррозии	0,014 г/м <sup>2</sup> *час
Электрохимический потенциал коррозии	-0,190 В

#### Результаты лабораторных испытаний покрытия Super Stainless в сероводородной среде, проведенных в ЦНИИКС

ментов погружного нефтедобывающего оборудования и трубы нефтяного сортамента, в частности на насосно-компрессорные трубы. Нанесение покрытия производится по оригинальной технологии методом высокоскоростного напыления HVAF. Технология нанесения покрытия, корпусные детали насосного оборудования и трубы НКТ с покрытием защищены тремя действующими российскими патентами. Оригинальная технология обеспечивает гарантированно высокие технические характеристики покрытия Super Stainless, дополнительную высокоэффективную активацию обрабатываемой поверхности в зоне пятна сверхзвуковой струи непосредственно в момент формирования покрытия. Это позволяет обеспечить высокую



адгезию. Кроме того, технология исключает вероятность расплавления и перегрева мельчайших частиц порошка на участке всей траектории их движения от места его подачи до подложки. Отсутствие перегрева порошка позволяет формировать покрытие точно заданного химического состава практически без окисления материала покрытия. Super Stainless надежно работает даже при существенных контактных нагрузках. Покрытие, сформированное по оригинальной технологии, обладает высокой эластичностью, что позволяет без ограничений использовать Super Stainless для защиты наружных поверхностей НКТ.

В компании «ТНК-ВР» на скважинах №244 и №272 Бобровского месторождения проведены подконтрольные промышленные испытания погружного оборудования и колонн НКТ с покрытием Super Stainless. При спуске колонны НКТ в скважину не было зафиксировано ни одного случая повреждения покрытия от чрезмерных контактных нагрузок в местах воздействия на трубу гидравлического ключа и губок зажимного механизма. Содержание

сероводорода в двух скважинах составило 78 и 55 г/дм<sup>3</sup> соответственно. Минимальная наработка оборудования без покрытия составляла 19 суток, а средняя за весь период эксплуатации – 73 суток. Первая скважина при испытаниях отработала 386 суток. Причиной отказа оборудования явилось повреждение торцевого уплотнения гидрозашиты. После подъема колонны все трубы НКТ были пропущены через дефектоскоп. При дефектации не было обнаружено следов коррозии на покрытии и уменьшение стенки трубы. Покрытие поднятых НКТ на 100% было полностью герметичным. Контроль НКТ показал полную их пригодность для дальнейшей эксплуатации. Все трубы после дефектации были спущены в другую



скважину. Вторая скважина работает с 10 августа 2006 года до настоящего времени в штатном режиме без единой остановки.

### РАБОЧИЕ ОРГАНЫ ПОГРУЖНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С ПОКРЫТИЕМ MICROCERAMIC

В 2007 году в компании «Плазма» разработаны рабочие органы погружных центробежных насосов (рабочие колеса и направляющие аппараты) для добычи нефти с керамическим покрытием MicroCeramic. Разработка защищена тремя патентами. Основа рабочих органов изготовлена из высокопрочного алюминиевого сплава. На всю без исключения поверхность рабочих органов наносится керамическое покрытие оксида алюминия. Технология нанесения покрытия позволяет гарантированно обеспечить абсолютно плотное (герметичное) покрытие. Фактически же технология обеспечивает полную управляемость пористостью покрытия в диапазоне от 0 до 50%. Кроме того, в процессе нанесения покрытия осуществляется контроль над структурой формируе-

мых слоев керамического покрытия, фазовым составом, адгезией и другими характеристиками. Необходимо отметить, что при формировании покрытия даже с максимально высокой пористостью в его нижних слоях, в зоне перехода от основного металла к покрытию, достигается очень плотный (практически беспористый) слой оксида алюминия. Все это, в свою очередь, обеспечивает возможность придания рабочим органам погружного оборудования практически всех необходимых эксплуатационных свойств, как по отдельным параметрам, так и в любом сочетании параметров, включая полную их совокупность применительно к одному покрытию - «все в одном».

Благодаря чрезвычайно высокой хими-



ческой инертности и полной герметичности керамического покрытия MicroCeramic рабочие органы обладают непревзойденной коррозионной стойкостью. Регулируемая пористость покрытия позволяет дополнительно наносить на рабочие органы полимерное покрытие с обеспечением очень высокой адгезии. Например, нанесение на пористое керамическое покрытие фторопластового покрытия также обеспечивает высочайшую химическую защиту рабочих органов и придает ряд других свойств.

Рабочие органы с керамическим покрытием рекомендуется применять в скважинах с повышенным солеотложением. Покрытие MicroCeramic является превосходным диэлектриком, что является необходимым условием для снижения солеотложения в рабочих органах. Существенному снижению солеотложения также способствуют и другие свойства покрытия. Благодаря послойному формированию покрытия MicroCeramic его наружные слои относительно легко удаляются и поверхности придается очень низкая шероховатость. Эта поверхность обладает пре-

восходными антиадгезионными свойствами и низкой смачиваемостью.

Средние и нижние слои покрытия имеют высокую микротвердость. Обработанная поверхность покрытия обладает низким коэффициентом трения.

Рабочие органы из высокопрочных алюминиевых сплавов практически в три раза легче чугунных рабочих органов. Уменьшение веса рабочих органов позволяет снизить пусковые токи электродвигателя и вибрации насосного оборудования.

Ускоренные стендовые испытания рабочих органов на абразивный износ при концентрации твердых частиц до 339 г/литр (339000 мг/л) показали, что рабочие органы с керамическим покрытием обеспечивают полную работоспособность проточной части. Покрытие пары трения при данной концентрации также работает, но с определенными ограничениями. Сдерживающим фактором при такой концентрации абразива является уплотняющая шайба. При концентрации твердых частиц до 10-15 г/л пара трения «покрытие-текстолит» работает нормально. Несмотря на низкий коэффициент трения покрытия при концентрации твердых частиц свыше 20 г/л текстолитовая шайба практически мгновенно приходит в негодность. Использование шайбы из карбонита хотя и несколько увеличивает работоспособность рабочих органов, но проблемы не решает, поскольку при концентрациях песка свыше 100 г/л она также быстро выходит из строя. До момента полного износа уплотняющей шайбы покрытие в зоне пары трения великолепно работает и не вызывает никаких проблем. В настоящее время производится подбор материала уплотняющей шайбы с целью обеспечения абсолютной работоспособности рабочих органов в экстремальных условиях. Предварительные данные показали, что при столь высокой концентрации твердых частиц вполне удовлетворительные результаты показывает пара «покрытие-латунь». Производится более глубокое изучение работы этой и других пар трения.

### **ЗАПОРНЫЕ ОРГАНЫ ДЛЯ ШАРОВОГО КРАНА С КЕРАМИЧЕСКИМ ПОКРЫТИЕМ MICROCEMIC**

Новейшей разработкой компании «Плазма» являются запорные органы шаровых кранов (шары и седла) с керамическим покрытием MicroCeramic. Создана рабочая пара «металл по ме-

Толщина рабочего покрытия	80...150 мкм
Микротвердость	1600...1900 HV
РН	1...13
Адгезия	8 кг/мм <sup>2</sup>
Коэффициент трения	0,01...0,02
Напряжение пробоя	4000 В
Рабочая температура	до 400°C

### **Основные свойства покрытия MicroCeramic**

таллу» (керамика по керамике). Оксидное покрытие Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> благодаря своей высокой твердости и коррозионной стойкости надежно защищает рабочую поверхность шарового крана от коррозии, кавитации, эрозии, абразивного износа, гидроабразивного износа, задиров, прикипания, налипания смол и прочих веществ.

Запорные органы шарового крана с керамическим покрытием предназначены для комплектации трубопроводной арматуры для транспортировки газа, нефти, нефтепродуктов, пластовой жидкости с повышенным содержанием сероводорода, буровой жидкости, густых веществ, воды, пара, продуктов химической и нефтехимической промышленности, солевых растворов, кислот и слабых щелочей, а также других жидкостей, преимущественно для вязких, коррозионных, эрозионных, абразивных сред и условий повышенного износа. Рабочие органы и технология защищены тремя патентами. Запорные органы для шарового крана изготавливаются из высокопрочного алюминиевого сплава. На всю поверхность шара и седла наносится керамическое покрытие MicroCeramic. Покрытие для шаровых кранов имеет абсолютную герметичность. Сочетание плотного покрытия с его химической инертностью обеспечивает очень высокую химическую стойкость запорных органов. Сформированное керамическое покрытие из оксида алюминия имеет переменный по толщине слоя фазовый состав. В покрытии содержание α-фазы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> возрастает в направлении от наружных к внутренним слоям. Кроме того, толщина покрытия задается в диапазоне от 80 до 150 мкм, содержание α-фазы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в покрытии находится в диапазоне от 40 до 100%. Способ изготовления запорного органа для шарового крана включает форми-

рование на его поверхности защитного покрытия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с переменным по толщине покрытия содержанием α-фазы и его финишную обработку. При финишной обработке верхние слои покрытия с низким содержанием α-фазы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> удаляются. Технический результат – повышение коррозионной стойкости, стойкости против абразивного износа, а также герметичности запорного органа и седла шарового крана. Переменный по глубине покрытия фазовый состав обеспечивает эффект самопритирки пары трения. Наружные слои покрытия с более низким содержанием α-фазы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> имеют и более низкую микротвердость. Поэтому при трении шара о седло постепенно происходит износ более мягких наружных слоев. Чем больше снимается слой, тем тверже становится покрытие. Кроме того, шероховатость покрытия снижается и коэффициент трения уменьшается.

Вышеперечисленный комплекс свойств производимого покрытия позволяет обеспечить надежную герметизацию шарового крана в особо тяжелых реальных условиях его эксплуатации. В процессе эксплуатации происходит дальнейшая притирка пары запорный орган – седло, в результате чего улучшается герметизация. При этом тяжелые условия эксплуатации никак не сказываются на надежности работы шарового крана.

Рабочие органы шарового крана с оригинальным покрытием испытаны в ОАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ» на буровой установке в экстремально тяжелых условиях (абразив, соли, кислоты и др.). Срок межремонтного периода увеличен в два раза. На основе анализа результатов промысловых испытаний производится дальнейшая доработка запорных органов.

**Приглашаем Вас посетить стенд компании «Плазма» на выставке «НЕФТЕГАЗ-2008» с 23 по 27 июня 2008 года в Экспоцентре на Краснопресненской набережной, г. Москва. Павильон № 1, 2-й этаж, стенд 12А50.**



**ООО «ПЛАЗМА»**

423230, Республика Татарстан,  
г. Бугульма, ул. Строительная, 26  
тел.: 8 (85594) 4-04-87, 4-89-30  
e-mail: plazma@cwcc.ru  
www.cwcc.ru