

Насосно-компрессорные трубы с диффузионным цинковым покрытием для осложнённых условий нефтедобычи – опыт промышленной эксплуатации

Коротков А.Н.,

ОАО «Интерпайп Нижнеднепровский трубопрокатный завод»

Козловский А.И., Проскуркин Е.В., Чуев А.В.

Институт развития ОАО «Интерпайп НТЗ»

В докладе приводятся данные длительной промышленной эксплуатации насосно-компрессорных труб (НКТ) с диффузионным цинковым покрытием на глубоких нефтяных скважинах, характерных для нефтедобычи Украины. Опыт украинских специалистов по повышению срока службы и эксплуатационной надёжности НКТ и их резьбовых соединений представляют большой практический интерес и для нефтяников России, Азербайджана, Казахстана и др. стран, условия нефтедобычи которых также характеризуются сложными эксплуатационными параметрами.

Одной из характерных особенностей современной нефтегазодобычи является тенденция к ужесточению режимов эксплуатации скважинного оборудования, в том числе и трубных колонн. В последние годы нефтяные компании резко увеличили использование методов интенсификации добычи и анализ показывает, что такая тенденция будет сохраняться в обозримой перспективе. Использование интенсивных методов разработки нефтяных месторождений резко увеличило коррозию труб и другого оборудования, используемого в нефтедобыче.

По убыткам вследствие коррозии нефтегазовая отрасль занимает одно из первых мест среди всех отраслей промышленности. Аварии из-за коррозионно-эрозионных разрушений нефтепромысловых трубопроводов приводят не только к потерям большого количества труб (металла), простоям оборудования и недобору нефти, но ведут к загрязнению окружающей среды нефтью и сточными водами. По имеющимся данным, затраты на ликвидацию неблагоприятных последствий коррозионных разрушений составляют до 30% от затрат на добычу нефти и газа. Это свидетельствует об актуальности проблемы повышения коррозионной стойкости и долговечности труб нефтяного сортамента.

Говоря о сроке службы труб нефтяного сортамента, следует отметить, что герметичность и коррозионная стойкость их резьбовых соединений взаимосвязаны и во многом определяют их срок службы. По данным Американского нефтяного института (API) по причине разрушения резьбовых соединений количество аварий НКТ составляет 55%. На рис. 1 представлена картина распределения отказа в НКТ по видам.

Соединения труб нефтяного сортамента типа API или ГОСТ с треугольной резьбой являются широко распространёнными на практике. Соединения с треугольной резьбой обладая рядом преимуществ – просты в изготовлении, относительно дешёвы, достаточно герметичны при небольших внутренних давлениях, тем не менее не обеспечивают требуемый ресурс работы соединения в жёстких условиях нефтегазодобычи.

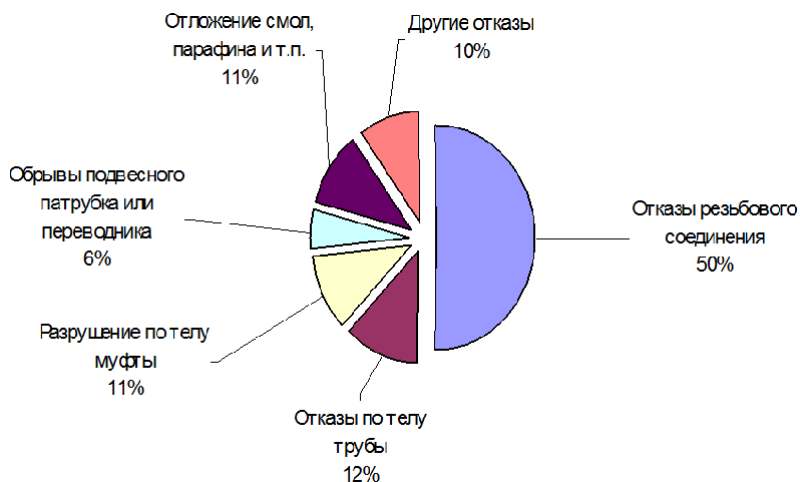


Рисунок 1. Распределение отказов в НКТ по видам

Практический опыт показывает, что применение для защиты от коррозии труб нефтяного сортамента с нарезными концами неметаллических (полимерных, стеклоэмалевых, силикатно-эмалевых и др.) покрытий хотя и повышает их коррозионную стойкость, однако отсутствие на резьбе труб и муфт износостойкого и коррозионностойкого покрытия (в связи с особенностями технологий нанесения таких покрытий) не обеспечивает эффективную защиту труб в целом.

В настоящее время трубные заводы России и Украины, производящие трубы нефтяного сортамента, **не выпускают НКТ с покрытиями**. Лишь на резьбу муфт для НКТ наносят гальваническое цинковое покрытие или производят фосфатирование муфт, однако практический опыт показывает, что такие покрытия не обеспечивают необходимую защиту резьбовым соединениям НКТ. После 3-4-х операций свинчивания – развинчивания эти покрытия полностью разрушаются и резьба труб и муфт подвергается активному коррозионному и механическому воздействию, что быстро выводит из строя резьбовое соединение труб.

Анализ мирового производства труб нефтяного сортамента показывает, что в настоящее время наиболее широко организовано производство НКТ из низколегированной и легированной стали.

НКТ (из низколегированной и легированной стали)

Вместе с тем, отдельные производители трубной продукции выпускают стальные НКТ, которые имеют на внутренней поверхности покрытие следующих видов:

НКТ (с эпоксидным покрытием)

НКТ (с эмалевым/силикатно-эмалевым покрытием)

Применение труб из низколегированных и легированных сталей позволяет увеличить срок их службы, однако не решает проблему надёжности резьбового соединения, особенно с треугольной резьбой.

Недостатком полимерных и силикатно-эмалевых покрытий состоит в том, что их наносят только на внутреннюю поверхность НКТ, а резьбовые концы труб остаются незащищёнными.

Кроме того, в США разработана технология производства НКТ из стеклопластика.

НКТ (из стеклопластика)

Однако эксплуатационные испытания показали, что у этого вида НКТ имеются большие проблемы с резьбовыми соединениями, которые не выдерживают многократное свинчивание-развинчивание.

Научно-практический опыт показывает, что среди многочисленных способов увеличения качества и эксплуатационной надёжности (коррозионной стойкости, срока службы и др.) труб нефтяного сортамента **одним из перспективных является способ термохимического диффузионного цинкования**. Этот способ позволяет наносить защитное диффузионное покрытие не только на гладкие, но и на трубы с нарезными концами и муфты к ним. При этом способе цинкования защитное покрытие из коррозионно-эрозийностойкого железозинкового сплава образуется как на внутренней и наружной поверхности труб и муфт, так и на их резьбовых участках.

НКТ с диффузионным цинковым покрытием

Прошедшие диффузионное цинкование НКТ получают надёжную, долговременную защиту по всей поверхности, включая нарезные концы, от коррозионно-эрозионного воздействия агрессивных сред, характерных для условий нефтедобычи.

Диффузионные цинковые покрытия являются эффективным средством защиты НКТ от коррозионно-эрозионного воздействия агрессивных сред при нефтедобыче. В отличие от не проникающих внутрь изделия покрытий (гальванических, фосфатных, полимерных), которые просто экранируют поверхность защищаемого изделия, диффузионные покрытия проникают в поверхностные слои металлоизделия, улучшая их физико-химические свойства с одновременным их упрочнением, повышением коррозионной стойкости и других эксплуатационных характеристик. Это, в первую очередь, гарантирует исключение случайных повреждений покрытия и минимизирует снижение защитных свойств после механических воздействий при транспортировке, хранении и эксплуатации.

Широкие исследования свойств и промышленные испытания диффузионно оцинкованных труб и других изделий показали, что такие покрытия надёжно защищают трубы в условиях не только нефтедобычи на суше, но и в протоке морской, технической и горячей воды.

Достоинства диффузионных цинковых покрытий подтверждаются их свойствами: по сравнению с гальваническими, фосфатными и металлизационными покрытиями **они обладают более высокой твердостью и износостойкостью**, а также (за счет диффузионной связи) степенью сцепления с поверхностью трубы. По сравнению с полимерными **они не склонны к старению и повреждению от механических воздействий**.

Уникальные свойства диффузионного цинкового покрытия обусловлены его структурой, взаимопроникновением и равномерным изменением концентрации цинка и железа по толщине слоя покрытия с максимальным содержанием цинка в наружных слоях, что обеспечивает покрытию достаточную пластичность, протекторные свойства и **выполнение наружными, более мягкими слоями, роли твердой смазки**. Это особенно важно для резьбовых соединений труб, их эксплуатационной долговечности и надежности.

Указанный комплекс свойств диффузионного цинкового покрытия обеспечивает повышение стойкости резьбы нарезных труб и исключает потерю герметичности соединения при многократных (до 20-30 и более раз) операциях «свинчивания - развинчивания» при обустройстве, эксплуатации и ремонте скважин. Длительные промышленные испытания насосно-компрессорных труб размером 73x5,5 мм группы прочности Е с высаженными наружу концами с диффузионным цинковым покрытием, изготовленных на ООО «Интерпайп Нико Тьюб» и диффузионно оцинкованных на предприятии ООО «Институт Инновационных Исследований», г. Запорожье, проводятся в осложнённых условиях нефтедобычи на глубоких (3800 м) газлифтных скважинах Чижевского нефтяного месторождения НГДУ «Полтаванефтегаз» (ОАО «Укрнефть»). На рис.2. показаны НКТ с диффузионным цинковым покрытием.



Рисунок 2. Пакет НКТ с диффузионным цинковым покрытием

Промышленные испытания диффузионно оцинкованных НКТ показали их высокую эксплуатационную надёжность и коррозионную стойкость. При осмотре колонны НКТ после 5 лет 5 месяцев эксплуатации **ни одной трубы не было отбраковано** и они снова были спущены в скважину для дальнейшей работы. Испытания НКТ с диффузионным цинковым покрытием продолжаются с 15.01.2003г. и в табл.1 приведены обобщённые результаты осмотров НКТ с диффузионным цинковым покрытием в период промышленных испытаний на Чижевском нефтяном месторождении НГДУ «Полтаванефтегаз» (скважина №37, газлифтная, глубина 3800м) В процессе испытаний проводится мониторинг условий работы нефтяной скважины, в которой испытываются НКТ. Ниже приведены данные о кислотности (рН) пластовой воды нефтяной скважины №37.

Данные о кислотности (рН) пластовой воды нефтяной скважины №37 в период испытаний НКТ

Месторождение: Чижевское
 Горизонт: В-15
 Тип воды: Хлоркальциевый
 Интервал перфорации: 3788-3809, 3843-3847
 Место отбора: устье

Дата отбора:	14.01.04г	28.02.05г	02.02.06г	26.06.06г	24.01.07г.
Плотность, г/см ³	1,093	1,121	1,135	1,138	1,139
рН	5,40	4,40	4,39	3,68	3,57

Таблица 1.

Состояние поверхности НКТ после испытаний в течение		
1 года и 9 месяцев	3 лет и 4 месяцев	5 лет и 5 месяцев (испытания продолжаются)
<p>Наружная поверхность Гладкая, тёмно-серого цвета, без коррозионных повреждений и нарушения слоя покрытия.</p> <p>Внутренняя поверхность Без повреждений, покрыта остатками нефти после удаления которых наблюдался слой покрытия</p> <p>Резьбовые (нипельные) концы НКТ Повреждения витков резьбы отсутствовали, резьба была гладкой без забоин. Покрытие по профилю резьбы полностью сохранилось и не имело коррозионных повреждений. На трубах без покрытия (контрольных) были зафиксированы повреждения (срезы резьбы) при их развинчивании.</p>	<p>Наружная поверхность Гладкая, слой диффузионного цинкового покрытия без коррозионных повреждений.</p> <p>Внутренняя поверхность Без повреждений, покрыта остатками нефти после удаления которых наблюдался сплошной слой покрытия.</p> <p>Резьбовые (нипельные) концы НКТ и резьба муфт Ниппельные концы труб и резьба муфт не имели следов коррозии и повреждений. Развинчивание труб с диффузионным цинковым покрытием проходило без срывов и повреждений резьбы.</p>	<p>После подъема и визуального осмотра труб из скважины №37, эксплуатирующейся газлифтным способом, установлено:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Наружная поверхность труб покрыта темным налетом, после удаления которого наблюдается гладкая поверхность без коррозионных повреждений. • Резьба муфт и ниппельных концов труб не имеет следов механических повреждений. Развинчивание труб с ДЦП проходило без срывов и повреждений резьбы. • Внутренняя поверхность труб покрыта остатками нефти. • При подъеме колонны НКТ ни одной трубы не было отбраковано.

На рис.3 представлен внешний вид резьбового (ниппельного) конца НКТ, а на рис.4 внешний вид наружной поверхности НКТ после длительных промышленных испытаний. Следует отметить, что в процессе эксплуатации поверхность НКТ покрывается тонким слоем песчано-глинистых отложений, которые легко удаляются влажной протиркой, что и сделано перед фотографированием трубы.



Рис. 3. Внешний вид резьбового (ниппельного) конца НКТ после промышленных испытаний в нефтяной скважине:

а - в течение 3 года и 4 месяца

б - в течение 5 лет и 5 месяцев



Рис. 4. Внешний вид поверхности НКТ после промышленных испытаний в газлифтной нефтяной скважине в течение 5 лет и 5 месяцев

Длительные промышленные испытания показали, что диффузионное цинковое покрытие полностью сохранилось на резьбовых (ниппельных) концах НКТ, что обеспечивает резьбовому соединению труб полную защиту от воздействия агрессивных сред.

Таким образом, диффузионные цинковые покрытия позволяют не только обеспечить резьбовому соединению НКТ эффективную и длительную защиту от воздействия агрессивных сред, но и создают защиту НКТ на время транспортирования и хранения.

Из рис.4. видно, что поверхность диффузионно оцинкованных НКТ находится в отличном состоянии; на трубах даже сохранилась маркировка завода-изготовителя НКТ. На поверхности труб видны следы от захвата инструментом при спуско-подъемных операциях (СПО). В этих местах верхний слой покрытия был нарушен, однако в отличие от других видов покрытий, на диффузионном цинковом покрытии не создаются очаги коррозии, что связано с природой образования этого покрытия и его особыми свойствами.

Известно, что одним из факторов, сдерживающих развитие производства НКТ с покрытием в России и Украине – основных производителей трубной продукции в СНГ, является невысокая доля нанесения в заводских условиях антикоррозионных, износостойких покрытий. Представленные выше данные показывают, что имеется реальная возможность значительно повысить коррозионную стойкость и эксплуатационную надежность труб нефтяного сортамента (включая их резьбовые соединения) путем применения диффузионных цинковых покрытий нового поколения.

Экономические аспекты играют важную роль в вопросах действующего или вновь организуемого производства труб с защитными покрытиями и, в частности, диффузионно оцинкованных труб.

Как известно, потребительские свойства труб (срок службы, коррозионная стойкость, эксплуатационная надежность и др.) трансформированы в показатели качества, которые могут быть измерены и проверены в процессе производства труб. Эти показатели включаются в стандарты (технические условия).

Таким образом, критерий качества продукции должен синтезировать различные стороны потребительских свойств продукции и иметь количественное выражение; в необходимых случаях он должен дополняться системой вспомогательных показателей.

Приобретая НКТ, потребитель, главным образом, интересуется их сроком службы, то есть способностью металла противостоять воздействию эксплуатационной среды. При этом основное внимание уделяется резьбовому соединению - паре "труба-муфта".

В нефтедобывающей отрасли рациональной системой разработки залежей считается такая система размещения скважин, которая обеспечивала бы достижение максимальной экономической эффективности в виде накопленной дисконтированной чистой прибыли. Поэтому важно, чтобы трубы, используемые в нефтедобывающей отрасли, снижали объем среднегодовых капитальных вложений и, соответственно, увеличивали бы экономический эффект в виде доли дисконтированной чистой прибыли.

Выводы

1. Комплексное изучение свойств покрытия и широкие промышленные испытания НКТ и муфт с диффузионным цинковым покрытием показали, что данное покрытие является эффективным и экономически выгодным средством защиты резьбовых соединений труб нефтяного сортамента.

2. Использование диффузионных цинковых покрытий нового поколения (заданного состава и соответствующей структуры) для защиты НКТ и муфт к ним позволяет одновременно:

- **увеличить срок службы НКТ** и обеспечить надежность работы трубной колонны,
- **повысить коррозионную стойкость и износостойкость** резьбовой пары "труба-муфта",
- **улучшить герметичность** резьбовых соединений труб,
- **увеличить количество операций "свинчивание-развинчивание"** (не менее 25-30 раз),
- **уменьшить образование** глино-песчаных **пробок** и парафиновых **отложений**,
- **снизить число и трудоёмкость ремонтных работ** скважин

3. Полученный опыт промышленного использования диффузионно оцинкованных НКТ позволит расширить их применение не только в России и Украине, но и в других регионах нефтедобычи (Казахстан, Азербайджан, Туркменистан, Узбекистан, страны Центральной и Юго-Восточной Азии и др.).

Автор : Коротков А.Н., Козловский А.И., Проскуркин Е.В., Чуев А.В.

Опубликована : 21.11.2008