

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХЗВУКОВЫХ ТЕРМОИНСТРУМЕНТОВ ПРИ РЕМОНТЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Поветкин В.В., Керимжанова М.Ф., Букаева А.З.

(Казахский национальный исследовательский технический университет

им. К.И.Сатпаева, г. Алматы, Казахстан)

Тел./8 (727) 292-69-19; E-mail: vv1940_povetkin@mail.ru

Abstract: *The article presents the data analysis of existing methods and pipeline repair technologies. It offers a promising way to destruction of insulation coatings using a gas jet (torch). The basic parameters and modes of operation of the proposed termoinstruments.*

Key words: *supersonic termoinstrument, repair, insulation coating, destruction, performance.*

По территории Республики Казахстан проложены тысячи километров нефте- и газопроводов, соединяющие крупные города не только нашей страны, но и близлежащие государства. С каждым днем растут территории городов и других населенных пунктов, одним из важных элементов которых является строительство газопроводов и нефтепроводов.

Протяженность магистральных газопроводов в Республике Казахстан составляет более 87 тыс. км. Из них более 12 тыс. км входят в сеть международного значения государств СНГ.

Резкие климатические условия, и нарушение технологии, допущенные при строительстве трубопроводной магистрали приводят к быстрому износу и разрушению поверхностей труб.

При этом традиционным является проведение выборочного ремонта покрытия с перекрытием его новым слоем изоляции.

Значительный прогресс в технологии ремонта действующего и вышедшего из эксплуатации трубопроводного транспорта возможен после внедрения высокопроизводительного оборудования для снятия старых покрытия и нанесение новых.

Одним из перспективных способов разрушения пленочных изоляционных покрытий при ремонте является газоструйный способ [1, 2], имеющий высокие термодинамические показатели (скорость истечения газа из камеры сгорания углеводородных топлив порядка 2000 м/с и температура газовой струи – 3500 ОК), а также отсутствием механического контакта инструмента с разрушаемой поверхностью.

Повышение эффективности процессов снятия старых покрытия с магистральных трубопроводов с применением термогазоструйных и комбинированных термомеханических инструментов, совершенствование технологии механизированного ремонта труб, является актуальными задачами, решение которых позволит создать высокоэффективную технологию ремонта трубопроводного транспорта, а также расширить область научного познания теории и практики применения породоразрушающих инструментов с высокими энергетическими показателями.

Изоляционное покрытие - первая мера защиты трубопровода от агрессивной окружающей среды. Правильно подготовленная стальная поверхность в значительной степени повышает эксплуатационные качества нанесенного на нее изоляционного покрытия. Процесс подготовки поверхности включает не только удаление ржавчины и грязи. Загрязнители, видимые или невидимые, также могут влиять на поведение изоляционного покрытия.

Хорошее долгосрочное служение изоляционного покрытия обычно требует:

- максимального начального сцепления с поверхностью;
- сохранения сцепления в условиях обнажения трубопровода.

Причины выхода трубопроводов из строя и подготовка их к ремонту.

Дефекты в изоляционном покрытии могут иметь различную природу. Это могут быть задиры, пробои, отслоения, пропуски, образующиеся в большинстве случаев при нанесении полимерного ленточного покрытия в трассовых условиях. Диапазон размеров дефектов меняется от долей миллиметра до нескольких метров. Одним из самых опасных типов повреждений защитных изоляционных покрытий трубопроводов являются, "карманы" и "пузыри". Поверхность металла под отслоившемся покрытием подвергается подпленочной коррозии преимущественно с образованием коррозионных питтингов или язв.

Высокое качество изоляции - это сведение к минимуму опасности стресс-коррозионных разрушений и подпленочной коррозии. Под высоким качеством изоляции подразумевается сплошность покрытия и требуемая адгезия. Создание надежных изоляционных покрытий, разработка технологии строительства, исключая повреждения изоляции, и применение комплекса контрольно-измерительных средств в процессе всего периода

Среднестатистический срок службы до капитального ремонта трубопроводов с битумными и пленочными покрытиями, выполненными в соответствии с ГОСТ 25812-83, по данным ФМИ им. Карпенко АН Украины, составляет 12 лет. В результате можно сделать вывод, что более половины газопроводов превысили срок надежной эксплуатации. На деле коррозионные повреждения трубопроводов, изолированных битумными и пленочными покрытиями, проявляются уже к 5...10 годам эксплуатации. Необходимость широкомасштабного капитального ремонта газопроводов стала очевидной.

Причиной возникновения коррозии также являлась недостаточная очистка и подготовка поверхности металла. Опыт показывает, что инструменты (скребки, щетки), которые используются в выпускаемых до настоящего времени машинах, не обеспечивают необходимого уровня качества подготовки поверхности трубопроводов.

Комплекс оборудования для ремонта труб диаметром от 1020 мм до 1220 мм, разработанный и изготовленный в 1997 г., имел в своем составе дизельнасосный агрегат, абразивоструйную систему подготовки поверхности и улучшенную систему безвоздушного нанесения нового покрытия, предусматривающую блок подготовки материала с системой транспортировки тары.

При проведении ремонтных работ по ликвидации дефектов на магистральных газопроводах диаметром 1420 мм (в период аварий или при плановых остановках) возникали большие трудности из-за отсутствия специального оборудования по снятию старых пленочных изоляционных покрытий и нанесению новых. Данные работы приходилось проводить вручную или с минимальными средствами механизации, что требовало больших трудозатрат, с привлечением больших людских ресурсов. В то же время качество изоляционных работ было низким. Поэтому встал вопрос о комплексной механизации ремонта изоляционных покрытий.

В настоящее время существует множество способов снятия старого изоляционного покрытия.

Анализируя существующие способы и устройства для очистки трубопроводов от пленочных покрытий [3, 4], можно прийти к выводу о дальнейшем совершенствовании этих устройств и применение высокоэффективных не традиционных способов очистки, основанных на воздействии на поверхность разрушения высокотемпературных и высокоскоростных газовых струй малогабаритных ракетных горелок, а также способов снижающих адгезионную прочность изоляционных соединений за счет нагрева труб изнутри и передачей тепла через металл.

Экспериментальная проверка применения высокотемпературных огневых струй для снятия изоляционного покрытия с трубопроводов нефти и газа проведена в России и Казахстане. Другим направлением совершенствования способов снятия изоляцион-

ных покрытий является усовершенствование применения механических и комбинированных термомеханических способов.

Для оценки эффективности применения термореактивного инструмента при снятии старых изоляционных покрытий с газовых труб большого диаметра, на полигоне ТОО «Кристалл» в цехе по термической обработке гранитного камня, были проведены опытные испытания термогазоструйного метода снятия изоляционного покрытия с газовой трубы с наружным диаметром $D_n=0,53$ м, длиной равной $L=1$ м с пленочной изоляцией до 3 мм.

В качестве термоинструмента использовалась реактивная горелка типа ТРВ-12М; со следующими расходными характеристиками: расход дизтоплива – 10 л/час, расход воздуха – 5 м³/мин; при давлении топливных компонентов – 0,7 МПа.

В результате обработки по снятию изоляции была установлена производительность – 10 м²/час снятого изоляционного покрытия. При этом температура внутренней поверхности стенки трубы достигала 60...70 °С.

Угол наклона горелки к обрабатываемой поверхности варьировался от 50 до 90°, причем наибольшая производительность обработки достигалась при углах встречи газовой струи горелки в пределах 50...100°. В этом случае газовый поток, в том числе отраженных газов проникал под изоляционное покрытие, образуя вздутие и отрыв больших кусков материала покрытия.

Процесс разрушения пленки праймера происходил за счет их сгорания в высокотемпературной (2000...2500 °С) газовой струи. После термоструйной обработки трубы ее поверхность была чистой без следов изоляции покрытия.

На рисунке 1 изображен фрагмент процесса обработки трубы ручным термоинструментом в производственных условиях.



Рис. 1. Положение реактивной газовой горелки по отношению к обрабатываемой поверхности трубы

Анализируя графики экспериментальной обработки по разрушению пленочных покрытий можно сделать вывод, что рациональным расстоянием от среза сопла является $L=80...120$ мм, а угол наклона струи лежит в пределах $\varphi=50...100$ °.

На рисунках 2 и 3 представлены результаты экспериментальных исследований, а именно, зависимости производительности разрушения покрытий от угла факела горелки к обрабатываемой поверхности и от расстояния от среза сопла горелки.

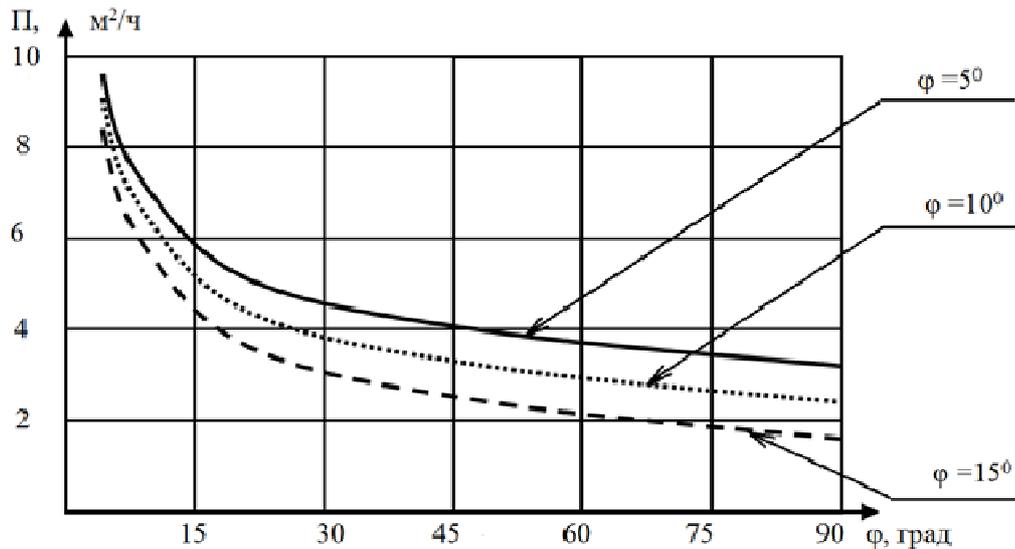


Рис. 2. Графики зависимости производительности разрушения от угла встречи факела горелки с поверхностью обработки

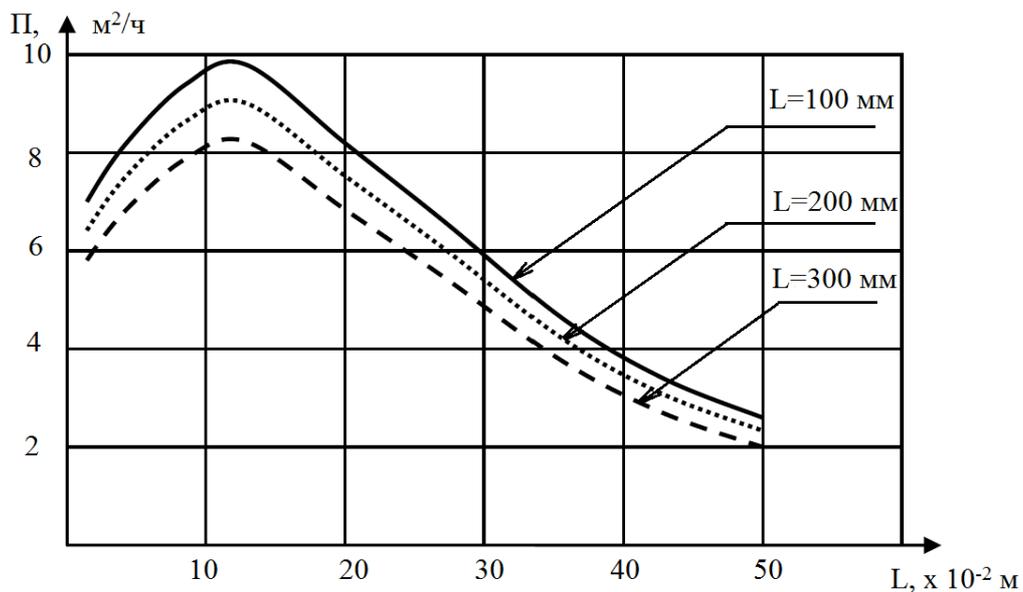


Рис. 3. Графики зависимости производительности разрушения от расстояния от среза сопла горелки

Для расчета теплообмена между факелом пламени горелки и полиэтиленовым покрытием трубы, принимаем размеры площади поверхности нагрева равной площади пятна растекания факела и приблизительно равной площади прямоугольной полосы шириной d_c равной диаметру струи - $B_{нагр} \approx d_c$ и длиной l_0 , считая факел полосовым источником тепла, т.е. $F'' \approx d_c \cdot l_0$, где $d_c = 0,02 \dots 0,03$ м, $l_0 = 0,1 \dots 0,15$ м; при длине факела $L \approx 0,2 \dots 0,3$ м; $d_c = 2h$ и $a = d_c/3$.

Заменяя d_c расчетной шириной пятна нагрева, получим:

$$B_{НР} = \frac{1}{2}(B_{НАГР} + B_{ПР}) = \frac{1}{2}(d_c + 2d_c) = \frac{3}{2}d_c = \frac{3}{2}0,015 \text{ м}; \quad (1)$$

и принимая $l_0 = L \approx 0,2...0,3$ м, где L – длина факела пламени горелки с учетом растека струи на криволинейной поверхности трубы. Тогда расчетная площадь поверхности передачи тепла от факела пламени горелки к поверхности трубы будет равна:

$$F'' \approx V_{HP} \cdot L = 0,0225 \cdot 0,3 \approx 0,00675 = 675 \cdot 10^{-5}, \text{ м}^2.$$

Эффективность расплавления и испарения полиэтилена в пределах расчетной площади F'' , будет пропорциональна количеству теплоты, поступающей через расчетную поверхность пятна растекания F'' факела пламени горелки, в единицу времени t , при коэффициенте передачи α и передаче температур - $\Delta T = T_u - T_n$, где $T_u = 2200$ °К – температура источника (газовой струи); $T_n = 290$ °К – значение расчетной температуры поверхности покрытия трубы.

Принимая приближенно ширину фронта пламени $B_\Gamma = 0,013$ м, где B_Γ - ширина зоны горения слоя полиэтилена на трубе, находим скорость распространения пламени по поверхности покрытия:

$$U_{P\Pi} = \frac{a}{B_\Gamma} = \frac{5,18}{0,013} = 398,6 \frac{\text{м}}{\text{час}} = 0,11 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

что меньше максимальной скорости распространения пламени - смеси углеводородов с воздухом, и в частности этилена (C_2H_4) при его содержании в воздухе до 7,5%, полученной экспериментально.

$$a = \frac{\lambda_{ГС}}{C_p^0 \cdot \rho_{\Pi}} = \frac{0,257}{0,324 \cdot 0,153} = 5,18$$

где $\lambda_{ГС}$ - коэффициент температуропроводности газовой смеси, $\text{м}^2/\text{с}$; $\rho_n = 0,153$ - плотность этилена в паровой фазе, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Исходя из того, что скорость перемещения горелки V_Γ относительно трубы (или трубы относительно горелки) не должна превышать скорости распространения пламени по поверхности ее покрытия, принимаем:

$$V_\Gamma < U_{P\Pi} = 0,11 \frac{\text{м}}{\text{с}},$$

В этом случае производительность процесса снятия полиэтиленового покрытия с труб, может быть рассчитана с учетом длины факела пламени горелок – $L = 0,3$ м, располагающихся по касательной к поверхности труб, и охватывающих их по округленности в количестве

$$n_\Gamma \leq \pi D_H / L \cdot \sin \alpha_\Gamma, \quad (2)$$

где $\alpha_\Gamma = 60^\circ$ – угол наклона факела пламени горелки к продольной оси трубы (рисунок 4); D_H – наружный диаметр трубы.

При толщине покрытия – $S_4 = 0,003$ м, за один проход, одной горелкой, с одного погонного метра трубы будет удаляться полоса покрытия объемом:

При объеме покрытия на 1 п.м. трубы:

$$V'_{\Pi} = \pi \cdot D_H \cdot S_4. \quad (3)$$

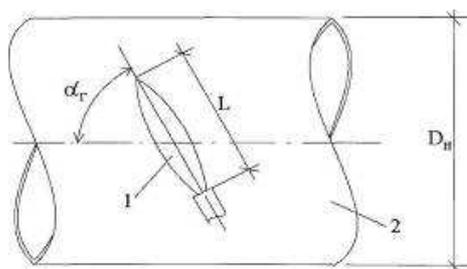


Рис. 4 Рабочее положение факела пламени горелки 1 относительно оси трубы 2

Число проходов, необходимых для удаления покрытия будет равно:

$$n_{\Pi} = \frac{V'_{\Pi}}{V'_{\text{УП}}} = \frac{\pi D_H \cdot S_4}{S_4 \cdot L \cdot \sin \alpha_{\Gamma}} = \frac{\pi D_H}{L \cdot \sin \alpha_{\Gamma}}; \quad (4)$$

Или числу горелок n_{Γ} , факелы которых охватывают всю окружность трубы.

При скорости перемещения горелки V_{Γ} , время, затрачиваемое на очистку 1 п.м. трубы, будет равно:

$$t'_{OT} = \frac{n_{\Pi}}{V_{\Gamma}}, \quad (5)$$

а часовая производительность процесса очистки:

$$\Pi'_V = \frac{3600}{t'_{OT}} = 3600 \cdot V_{\Gamma} \frac{L \cdot \sin \alpha_{\Gamma}}{\pi D_H}, \text{ п.м./час.} \quad (6)$$

По изложенной методике может быть определена производительность процесса удаления полимерных покрытий разных толщин S_4 , с труб разных диаметров D_H , термоинструментами, обеспечивающих соответствующий тепловой режим обработки труб с покрытиями. На основе разработанной методики расчета производительности процесса удаления полимерных покрытий с труб, даются рекомендации, которых необходимо придерживаться при проектировании механизированных установок.

Рекомендации по применению термического метода разрушения изоляционных покрытий термодинамическим рабочим органом:

- Газовая струя горелки обеспечивает эффективное разрушение покрытия труб на небольших расстояниях от среза сопла термоинструмента в том случае, если она направлена на поверхность под острым углом и обтекает ее с большой скоростью, что подтверждается практикой термической резки и обработки искусственных и минеральных сред.

- Теоретические исследования струй, получаемых при истечении газа из сопла воздушно-реактивной горелки, показывают, что угол встречи, обеспечивающий отсутствие прямого скачка (уплотнения) в струе перед разрушаемой поверхностью, колеблется от 23° до 30° .

- Разработаны рекомендации для создания технологии и машины для разрушения изоляционных покрытий газовых и нефтяных труб при их ремонте и реставрации с применением высокоскоростных и высокотемпературных газовых струй термоинструментов (малогабаритных ракетных горелок).

Список литературы: 1. Поветкин В.В. Теоретические основы расчета потоков тепловой энергии при разрушении горной породы термическим способом. «Поиск». Научный журнал МО РК. - Алматы. 1998, №4. **2.** Поветкин В.В. Определение параметров тепловых потоков при обработке каменных изделий. // «Поиск». Научный журнал МО РК. - Алматы. 1998, №4. **3.** Климов П.В., Байшуаков А.А., Поветкин В.В. Новые технические решения при ремонте магистральных трубопроводов. / Научно-технический журнал «Нефть и газ». – Алматы, 2006. - С.89-95. **4.** Байшуаков А.А., Поветкин В.В., Климов П.В., Способ очистки поверхности труб и устройство для его осуществления. Предварительный патент №14999-2004.