

МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ
(ВНИИводполимер)

ПОЛИМЕРЫ В МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

ВЫПУСК 5
СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ВНИИводполимер
ЕЛГАВА 1978

*Ф. В. Рекнер, А. В. Янсон, М. Я. Дзенис, В. Я. Грунте,
Е. Н. Иеевлев, В. Я. Зелтиньш*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗОЛЯЦИИ НАРУЖНОЙ И ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ СТАЛЬНЫХ ТРУБ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ПОЛИЭТИЛЕНОВОЙ ПЛЕНКОЙ

Технологические процессы антикоррозионной изоляции труб порошковыми материалами, жидкими и высоковязкими пленкообразующими, пленками и рукавами, как правило, являются многостадийными, включающими нанесение полимерного изоляционного материала, термообработку покрытия и охлаждение готовой продукции [1—8]. В некоторых случаях для обеспечения достаточно высоких значений прочности адгезионной связи применяются связующие прослойки [5—7].

Исходя из особенностей формирования адгезионной связи в системе модифицированный полиэтилен (ПЭ) — сталь [9—10] и опыта производства металлопласта [11—12] была предложена технология [13] и установлены основные технологические параметры антикоррозионной изоляции стальных труб модифицированной ПЭ-пленкой, влияющей на качество покрытия.

Особенностями данного технологического процесса являются:

а) одновременное нанесение наружного и внутреннего покрытия;

б) использование в качестве изоляционного материала модифицированной ПЭ-пленки;

в) применение индукционного нагрева с использованием переменного тока частотой 50 Гц;

г) контактирование ПЭ-пленки с внутренней поверхностью труб сжатым воздухом;

д) нанесение наружной изоляции в виде отдельных полос в продольном направлении труб.

Приведенные особенности в значительной степени определяют оптимальные значения технологических параметров и последовательность их исследования.

В настоящей статье приводятся результаты исследований влияния температуры предварительного нагрева трубы, температуры и продолжительности адгезирования покрытия, давления контактирования и прикатки пленки к наружной и внутренней поверхности труб на качество покрытия, а также другие технологические факторы, учитываемые при изоляции труб.

Температура предварительного нагрева трубы лимитируется требованиями, предъявляемыми к нанесению внутреннего изоляционного покрытия. Она должна обеспечивать образование плотного первичного контакта между внутренней поверхностью трубы и ПЭ-пленкой без включений воздуха на поверхности раздела полимера — металл.

Учитывая, что сталь является относительно плохим проводником тепла, исследовалась кинетика нагрева трубы в индукторе. Индуктор представляет собой двухслойный соленоид длиной 500 мм с внутренним диаметром 400 мм, питающийся однофазным переменным током. Мощность индуктора 19 кВт.

Для определения влияния концевого эффекта на расстоянии 10, 80, 160 и 265 мм от конца трубы были вмонтированы термопары. Изменение температуры фиксировалось автоматически самопишущим прибором ПСПИ-01. При нагреве труба длиной 1 м, диаметром 300 мм с толщиной стенки 4 мм плавно перемещалась через индуктор со скоростью 0,3 м/мин.

Как видно из рис. 1, температура поверхности металла увеличивается в сторону середины при прохождении трубы через индуктор и начиная с расстояния 160 мм от конца трубы остается постоянной. Следовательно, на расстоянии 160 мм от конца трубы наблюдается градиент температур, что необходимо учитывать в технологическом процессе изоляции труб.

При охлаждении в стационарном режиме температура по длине трубы постепенно выравнивается и после 14 минут становится одинаковой.

Таким образом, устранить градиент температур перед нанесением покрытия, на наш взгляд, можно двумя способами: дополнительным подогревом концов трубы путем изменения скорости перемещения трубы через индуктор или увеличением числа витков на концах индуктора, подключение которых регулируется.

Согласно технологии, учитывая, что одновременно с изоляцией наружных сварных швов и поверхности труб происходит адгезирование внутреннего покрытия, которое в данном случае является определяющим процессом, исследовался интервал температур, при которых образовывался плотный контакт между внутренним пленочным покрытием и поверхностью трубы. Проведенные исследования в области температур 130—240°C показали, что оптимальным интервалом температур, при которых

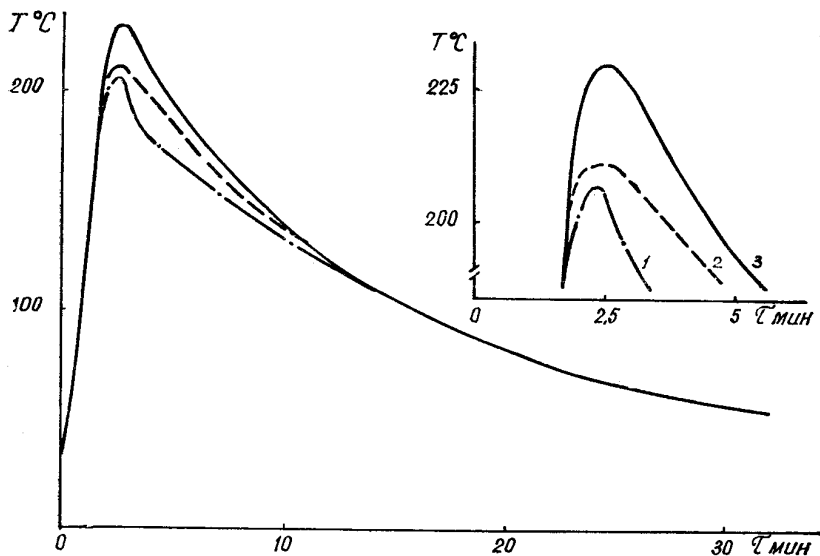


Рис. 1. Кинетика предварительного нагрева и охлаждения стальной трубы на воздухе. Температура металла на расстоянии от конца трубы, мм: 1 — 10; 2 — 80; 3 — 160

отсутствуют включения воздуха на разделе внутреннее покрытие — труба, в том числе вдоль сварных внутренних швов, является $140\text{--}160^\circ\text{C}$. Это определяет температуру предварительного нагрева трубы при защите наружных сварных швов и нанесения полос наружного покрытия.

При изоляции труб особое внимание следует обращать на нанесение защитного покрытия на сварные швы и прилегающие к ним участки. Это вызвано определенными трудностями формирования покрытия вдоль и повреждением или утончением его на вершинах сварных швов. Основными путями устранения этих недостатков до сих пор являются снятие или дополнительная защита сварных швов нанесением пленки в виде лент или экструдированием расплава с последующей прикаткой ПЭ-полосы охлаждаемым роликом [14]. Температура нагрева зоны сварного шва должна обеспечивать надежное сцепление ленты или расплава со швом.

В этой связи исследовалась температурно-временная зависимость образования первичного контакта между поверхностью трубы и модифицированной ПЭ-пленкой.

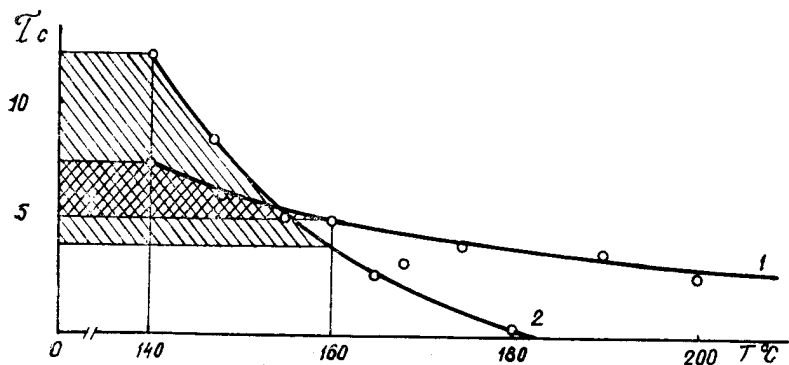


Рис. 2. Температурно-временная зависимость: 1 — образования первичного контакта между стальной поверхностью и модифицированной ПЭ пленкой; 2 — наступление когезионного характера разрушения при отслаивании ПЭ-пленки от расплава

Прочность первичного контакта покрытия с металлом определялась методом отрыва и считалась удовлетворительной, если адгезионная прочность покрытия превышала когезионную прочность пленки при заданной температуре.

Как видно из рис. 2, прочность адгезионной связи, превышающая когезионную прочность материала, и полное отсутствие пузырьков воздуха на разделе полимер — металл при температуре 140—160°С достигается в течение 5—7 с. С увеличением температуры поверхности трубы увеличивается скорость образования первичного контакта, возрастает прочность адгезионной связи. Оптимальным интервалом температуры предварительного нагрева трубы при нанесении наружного пленочного покрытия является 190—220°С.

Учитывая, что наружное защитное покрытие в виде отдельных полос наносится на предварительно изолированные сварные швы, а также с перекрытием ПЭ-пленок в местах нахлеста в продольном направлении трубы, исследовалась температурно-временная зависимость образования контакта между пленкой и расплавом ПЭ.

Исследования показали (рис. 2), что при температуре полимерного расплава на поверхности трубы 150°С когезионный характер разрушения, определенный методом расслаивания, наблюдается после продолжительности контактирования 6—7 с, а начиная с температуры 180°С и выше — меньше 1 с. Следовательно, наиболее благоприятные условия для нанесения полос пленок в продольном направлении трубы наступают при температуре поверхности трубы и расплава выше 180°С.

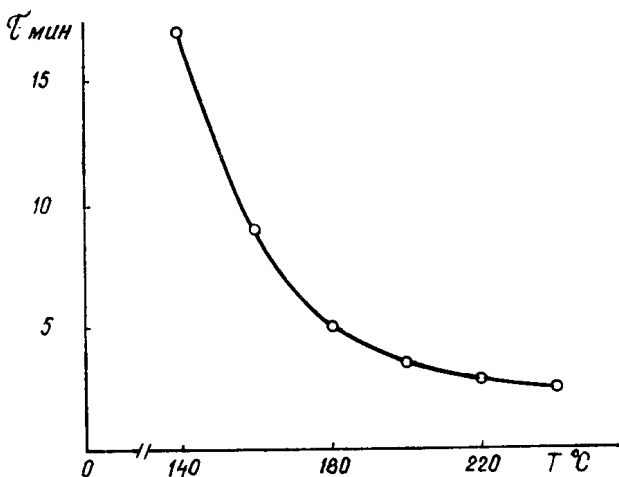


Рис. 3. Температурно-временная зависимость адгезирования изолированных стальных труб

Полученные результаты показывают, что оптимальные значения температуры предварительного нагрева трубы при нанесении внутреннего покрытия сдвинуты в сторону низких температур и препятствуют нанесению наружного покрытия в его оптимальном интервале. Для устранения этого недостатка необходимо искать пути дополнительного нагрева района сварных швов и поверхности покрытия, нанесенного на сварные швы, разработать специальные конструкции прикатных валков.

Для обеспечения образования прочной адгезионной связи и окончательного оформления покрытия изолированная труба подвергается адгезированию, т. е. проходит дополнительную термическую обработку.

С целью исследования влияния температурно-временного фактора на процесс адгезирования определялась продолжительность выдержки плакированной системы при заданной температуре, которая обеспечивала образование адгезионной связи, превышающей когезионную прочность ПЭ-пленки.

Как видно из рис. 3, с увеличением температуры снижается продолжительность адгезирования, при которой достигается когезионный характер разрушения покрытия.

Учитывая, что технологический процесс изоляции труб требует более низких значений продолжительности контактирования, оптимальным температурным интервалом адгезирования является 190—230°C, что соответствует продолжительности операции 2,5—3,5 мин.

Скорость роста прочности адгезионной связи возрастает с увеличением внешнего давления контактирования в результате роста напряжения, а следовательно, и скорости сдвига в процессе заполнения неровностей металла. Ускоряющее действие давления на процесс формирования контакта возрастает с увеличением относительной вязкости расплава. Однако максимальные значения прочности адгезионной связи после установления равновесия практически не зависят от вязкости расплава и давления контактирования [15].

В процессе формирования внутреннего покрытия избыточное давление внутри трубы варьировалось в пределах 0,1—0,2 атм. Как показали исследования, при равномерном перемещении трубы через индуктор и нагреве ее до температуры 140—160°C давление 0,1—0,2 атм обеспечивает полное удаление воздуха с раздела ПЭ — труба даже вдоль продольных сварных швов и может быть принято минимальным для создания качественного внутреннего покрытия. Повышение давления вызывает увеличение скорости образования адгезионной связи, однако значительно увеличивается и расход воздуха, что требует использования более мощных компрессоров или изменения конструкции установки.

При нанесении ленты на наружные сварные швы и прикатке полос пленки в продольном направлении трубы усилие плакирования менялось от 0,5 до 5 кгс/см. Было установлено, что усилие от 0,5 до 1 кгс/см обеспечивает образование плотного первичного контакта при соблюдении других оптимальных параметров. Однако для ускорения процесса образования первичного контакта следует увеличить усилие контактирования до 2 кгс/см.

Определенное влияние на качество покрытия, а также на размещение технологического оборудования оказывает кинетика схлаждения изолированных труб. В конкретном случае незначительная скорость охлаждения трубы на воздухе способствует увеличению прочности адгезионной связи и снижению уровня внутренних напряжений. С другой стороны, в результате повышенной температуры снижаются прочностные свойства покрытия.

Кинетика охлаждения изолированной трубы определялась в разных условиях: на воздухе, в струе воздуха (скорость подачи воздуха 7 м/с) и окунанием в ванну с водой (температура воды 10°C).

Температура поверхности трубы измерялась в двух точках: посередине и в 80 мм от конца трубы. Разница температур в начальный период охлаждения во всех случаях составляла 4—5°C; с увеличением продолжительности охлаждения она снижалась и выравнивалась после 30-минутного охлаждения на воздухе.

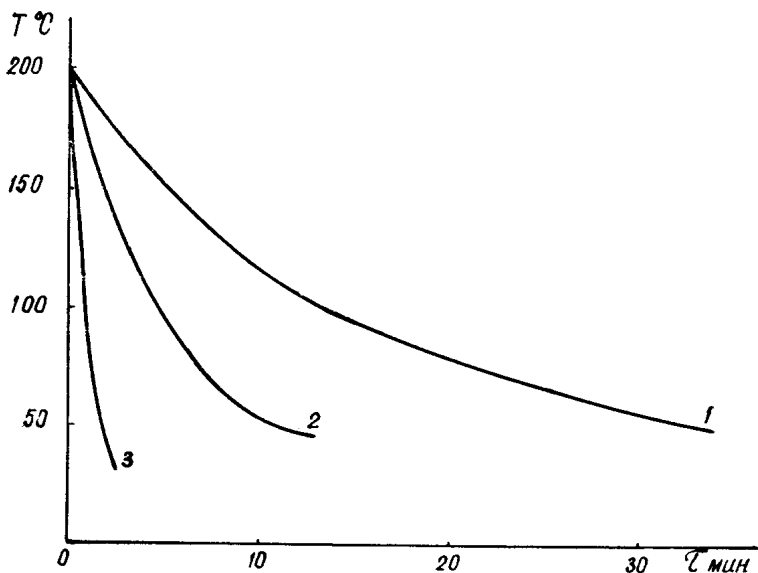


Рис. 4. Зависимость температуры поверхности изолированной трубы, определенной посередине, от продолжительности охлаждения:

1 — на воздухе; 2 — в струе воздуха; 3 — окунанием в ванну с водой

Как видно из рис. 4, охлаждение трубы до 70°C окунанием в ванну с водой позволяет сократить процесс в 20 раз, а в струе воздуха — в 6 раз по сравнению с охлаждением на воздухе.

Таким образом, выбор метода охлаждения изолированной трубы определяется конкретными условиями, т. е. наличием пространства для размещения труб при охлаждении, способом их транспортировки и т. д.

ВЫВОДЫ

1. Температура предварительного нагрева труб перед нанесением защитного покрытия на наружные сварные швы и поверхность определяется температурой контактирования пленки с внутренней поверхностью трубы.

2. Усилие контактирования между покрытием и металлом от 0,5 до 1 кгс/см обеспечивает образование первичного контакта. Для ускоренного контактирования рекомендуется усилие до 2 кгс/см.

ЛИТЕРАТУРА

1. Marshall S. Plastic-lined piping: correct manufacture gives best performance. «Process Eng.», 1973, Oct., 92—95.
2. Гоц В. Л., Рейзин Б. Л. и др. Опыт защиты тонкостенных труб для нужд сельского хозяйства. — «Лакокрасочные материалы и их применение», 1976, № 1, с. 61—63.
3. Howers M. F. Pipeline protection: the role of the coating contractor. «Anti-corros. Meth. and Mater.», 1975, No. 11.
4. The coating of steel pipelines. «Corros. Prev. and Contr.», 1974, No 1, 7—8.
5. Demand for plastic coated pipe growing. «Jap. Iron and Steel Mon.», 1972, No. 213, 10—11.
6. Hollyer R. R. The corrosion protection of pipelines using cold applied PVC-backed wrapping tapes. «Hung. J. Ind. Chem.», 1974, 2, suppl. 1, 159—170.
7. Stucke W., Landgraf A. A method of sheathing articles. Англ. пат., кл. В5 А (В 29 Г 3/10), № 1427260, заявл. 11/VI 1973 г., № 27746/73, опубл. 10/III 1976 г.
8. René A. Factory applied coating system combines materials, application methods. «Pipeline and Gas J.», 1975, 202, No. 2, 40—42.
9. Калнинь М. М., Карливан В. П. О специфичности термического адгезионного взаимодействия системы наполненный полиэтилен — металл. — В кн.: Модификация полимерных материалов, вып. 2. Рига, «Зинатне», 1969, с. 3—9.
10. Калнинь М. М., Метнице Е. О., Карливан В. П. О температурно-временной зависимости процесса образования адгезионной связи системы наполненный полиэтилен — сталь. — «Высокомолекулярные соединения», А 13, 1971, № 1, с. 38—43.
11. Соболевский Ч. А., Калнинь М. М. и др. Получение металлопласта на основе наполненных композиций полиэтилена. — В кн.: Модификация полимерных материалов. Рига, «Зинатне», 1967, с. 59—71.
12. Калнинь М. М., Карливан В. П. и др. Металлопласт на основе модифицированного полиэтилена. — «Пластические массы», 1972, № 10, с. 31—33.
13. Метра А. Я., Дзенис М. Я. и др. Общее состояние вопроса антикоррозионной защиты трубопроводов. — В кн.: Полимеры в мелиорации и водном хозяйстве, вып. 4. Елгава, 1976, с. 45—50. (ВНИИводполимер).
14. Защитные ленты «Sellotape». Проспект фирмы «Sellotape Products Ltd.» (ВНИИСТ, перев. № 71/38716).
15. Рейхманис П. К., Калнинь М. М. Влияние вязкости расплава наполненного полиэтилена, рельефа стального субстрата и давления контактирования на процесс формирования адгезионной связи. — В кн.: Модификация полимерных материалов, вып. 3, Рига, 1972, с. 45—51.

Статья поступила в редакцию 26/V 1977 г.