Тема 3. Неметаллические покрытия

Вопрос 3.1. Механизм защитного действия неметаллических покрытий от коррозии

Вопрос 3.2. Применение неметаллических защитных покрытий

Тема 3 Неметаллические покрытия

Защитные неметаллические покрытия успешно применяют для защиты газонефтепромыслового и добывающего оборудования, бурильных и насосно-компрессорных труб, магистральных и промысловых газопроводов, резервуаров и различных технологических емкостей, деталей насосов и др. Нанесение полимерных покрытий на дешевые и недефицитные стали дает значительную экономию средств при сооружении и эксплуатации различных объектов нефтяной промышленности.

К неметаллическим покрытиям, применяемым для повышения долговечности нефтегазопромыслового и добывающего оборудования, предъявляется комплекс общих требований, таких, как высокая химическая стойкость, эластичность, термостойкость, прочность сцепления с основой, отсутствие отрицательного влияния покрытия на материал основы. В зависимости от условий эксплуатации покрытие выполняет определенные специфические функции: защищает от механического и гидроабразивного износа, обеспечивает термоизоляцию системы, препятствует отложению солей и парафина, создает защиту в условиях различных видов силовых нагружений и при коррозионно-механическом воздействии в наводороживающих средах,

По данным различных зарубежных фирм, полимерные покрытия увеличивают срок службы труб, применяемых в бурении, в 2—4 раза, а применяемых в добыче — в 10—12 раз. Так, на нефтегазовых разработках Западного Техаса (США) срок службы насосно-компрессорных труб, используемых для нагнетания в пласт воды с углекислым газом при температуре до 323 К, увеличился с 3 мес (без покрытия) до 6 лет (трубы с полимерным покрытием).

Вопрос 3.1 Механизм защитного действия неметаллических покрытий от коррозии [1]

Согласно современным представлениям, механизм защитного действия неметаллических покрытий связан как с изолирующим действием, так и с влиянием на электрохимические процессы, протекающие под неметаллической пленкой. Экранирующее действие неметаллических покрытий обусловлено их способностью замедлять диффузию и перенос через покрытие компонентов коррозионно-активной среды к поверхности металла и определяется в значительной степени пористости покрытий.

Проникновение электролита через поры покрытия или через межмолекулярные несовершенства пленкообразующего вещества (в процессе теплового движения) происходит под действием капиллярных сил. Осмотическое давление, возникающее вследствие перепада концентрации электролита на поверхности капиллярной пленки, контактирующей с внешней средой, прилегающей к защищаемому металлу, способствует диффузии среды через покрытие. При осмотическом перемещении влаги через пленку давление может быть больше, чем сила адгезии пленки к металлу, в результате чего происходит локальный отрыв пленки от поверхности металла, что приводит к образованию вздутий и пузырей, являющихся первоначальным очагом коррозионного поражения металлической основы.

На скорость и направление электроосмотического переноса влаги через мембрану (покрытие) оказывает влияние знак электрического заряда на стенках капилляра пленки. Электроосмотическая активность пленки снижается с уменьшением величины заряда. На защитное действие покрытия оказывает влияние ионная проводимость полимерной пленки, которая зависит от свойства и структуры полимера. Наличии преимущественно катионной проводимости свидетельствует об отрицательном заряде, а анионной проводимости — о положительном заряде пленки.

На диффузионные свойства полимерных покрытий оказывает влияние структура пленки, которая зависит от природы полимера и способа его нанесения.

Покрытия на основе линейных полимеров с волокнистой структурой имеют более высокую проницаемость, чем на основе полимеров с трехмерной сетчатой структурой. Покрытия, сформированные из полимеров, образующих кристаллическую структуру, имеют низкий коэффициент диффузии

.

Покрытие	Эпоксидная шпатлевка ЭН-0010	Эпоксидн порошко краска П-ЭП-117	Полиэт высоког давлени	Пено
Коэффици проницаем ости (г • см) / (см^2 • с)	9,98 • 10^{12}	6 •10^{-12}	6,2 •10^{-13}	1,42 •10^{-13}

Эти данные показывают, что время диффузии воды через пленку незначительно по сравнению со сроком службы полимерных покрытий, поэтому решающая роль принадлежит не экранирующей функции пленки, а электрохимическому поведению металла под покрытием.

В зависимости от природы вводимых компонентов механизм защитного действия неметаллических покрытий связывают с влиянием их на протекание электрохимических реакций: с пассивирующим действием на покрываемый металл, обеспечением за счет вводимых компонентов катодной защиты, образованием труднорастворимых продуктов коррозии, которые снижают скорость диффузии агрессивного агента к металлу.

Введение в покрытие ингибирующих добавок, растворимых в воде; приводит к их адсорбции на активных центрах металла под пленкой покрытия. Однако в этом случае снижаются барьерные функции пленки за счет вымывания водой добавок, происходит усиление осмотического явления, а также может снижаться адгезионная связь пленок с металлом в результате конкурентной адсорбции ингибитора и функциональных групп полимерной пленки.

Повышение адгезионной связи покрытия с основой является более эффективным методом улучшения защитной способности неметаллических покрытий. Высокая прочность сцепления покрытия с металлом обеспечивается за счет хемосорбционной связи при взаимодействии активных функциональных групп как самих пленкообразующих, так и отвердителей, вулканизаторов, модифицирующих добавок с активными центрами поверхности металла. ПАВ могут служить также применяемые органические растворители: толуол, гептан и др.

При этом снижается вероятность адсорбции ионов электролита, проникающего через поры к поверхности металла, затрудняется реакция ионизации металла, хемосорбционная пленка препятствует образованию продуктов коррозии, приводящих к снижению адсорбционной связи.

Величина адгезионной связи покрытия с металлом зависит прежде всего от наличия полярных функциональных групп (табл. 17). Покрытия на основе фенолформальдегидных, алкидных, эпоксидных смол имеют активные функциональные группы и обладают более значительной прочностью сцепления, чем покрытия на основе полиэтилена, пентапласта, фторопласта, в то время как их сопротивление потоку электролита и водопоглощению незначительно. Защитный эффект усиливается ингибирующие действием компонентов, приводящих поверхность металла в адсорбционно-пассивное состояние.

Для покрытий, характеризующихся отсутствием явно выраженных функциональных групп (полиэтилен, пенопласт, фторопласт), образование хемосорбированной адгезионной связи полимера с металлом может достигаться оптимальным режимом термической обработки, а также за счет химического модифицирования поверхности, приводящего к повышению стабильности адгезии в воде и электролитах. Например, термообработка фторлонового покрытия на основе сополимера 32Л приводит к деструкции полимера с образованием реакционноспособных центров, взаимодействующих с активными центрами металла: прочность сцепления покрытия с основой достигает 12—20 МПа .

Совмещение полимерных материалов различных классов и

Таблица 17

Основные функциональные группы, осуществляющие адсорбционную связь с металлом, и прототипы ингибиторов

Типы смол и	Близкое по структуре соединение	Функциональные
Дивинилацетиленовый этиноль	Производные пропаргилового спирта	Ненасыщенная ацетиле овая связь
Поливинилпиридинов смолы	Винилпиридин	Атом азота в ле
Эпоксидные смолы	Окись этилена,	Гетероатом в эпокси-группах
Каменноугольные смолы	Производные пиридина, хинолина	Атомы азота в гетероциклах компонентов Каменноугольной смолы
Сополимеры алифатических соединений с карбоновыми кислотами (стирол с малеиновым ангидридом)	Малеиновая кислота	Карбоксильные группы
Отвердители	Гетероциклические ами ны: пиридины, пиперазин, пиперидин, морфолин, анабазин производные	Гетероатом азота в цикле
Отвердитель,	Мочевина, меламин, дазол, нитрозамины	Гетероатомы азота, аминогруппы
Вулканизирующие агенты	Тизалин, меркаптоими-дазалин, и меркаптобензоти-	Гетероатомы азота серы

создание многослойных систем позволяют обеспечить долговременную защиту оборудования. Наиболее перспективное направление повышения эффективности антикоррозионных полимерных покрытий — это разработка

полимерных композиций адгезионно-ингибирующего действия, компоненты которой обеспечивают прочную хемосорбционную адгезионную связь с поверхностью металла в процессе формирования полимерного слоя и ингибирующее действие в процессе эксплуатации покрытия.

3.2.ПРИМЕНЕНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ [1]

В настоящее время наиболее широко используют покрытия на основе фенолформальдегидных, фуриловых, эпоксидных, полиэфирных смол, а также на основе различных полимерных композиций. Для изоляции наружной и внутренней поверхностей трубопроводов используют полимерные материалы на основе термопластов.

Для формирования фенолформальдегидных покрытий применяют бакелитовые краски ФЛ-723, ФЛ-724-1, ФЛ-724-2, представляющие собой суспензию цинка и алюминия в бакелитовом лаке. Эти краски поставляются в виде трех полуфабрикатов: бакелитового лака марки А, спиртовой пасты цинкового крона и алюминиевой пудры.

Покрытия на основе фенолформальдегидной смолы используют для защиты от коррозии внутренних поверхностей нефтепромысловых резервуаров и емкостей всех типов и назначений для слабоагрессивных условий эксплуатации, когда содержание кислорода не превышает 0,2 мг/л, а скорость коррозионного разрушения металла в среде находится в пределах 0,02-0,05 г/ ($м^2$ • ч).

Модификация таких покрытий различными компонентами позволяет улучшить технологические и эксплуатационные свойства. Например, хорошие эксплуатационные характеристики для защиты от коррозии труб и водоводов показало покрытие на основе бакелитового и эпоксидного лака с добавлением титанового порошка и уротропина. Преимущество покрытия — его способность к самоотверждению. Введение уротропина — активатора сушки, обладающего ингибирующим действием, обеспечивает снижение времени сушки изделия с покрытием и увеличивает коррозионно-защитные свойства покрытия. В качестве наполнителя применяют сферический порошок титана с химической активностью 88—90 %. Введение порошка титана увеличивает коррозионную стойкость покрытия.

В качестве грунтовки под покрытия применяют состав ФЛ-ОЗК коричневый представляющий собой суспензию пиментов и наполнителей в лаках на основе синтетических фенолформальдегидных солей, в которую перед применением добавляют 5 % сиккатива НФ-1, растворителем служит ксилол или сольвент каменноугольный. Время сушки при температуре 291-294 К не более 12 ч, при 373-383 К - 35 мин.

Грунтовки на основе фенольных смол улучшают адгезию и противокоррозионные свойства системы покрытий. В США широко используют опыт нанесения грунтовки на основе фенольных смол на поверхность бурильных труб, на которые напыляют эпоксидно-фенольные полимерные материалы.

Повышение защитных свойств полимерных покрытий на основе эпоксидно-фенольных композиций, эксплуатирующихся при перепаде температур 233-333 К в кислых и щелочных средах, достигается введением в качестве наполнителя графита.

Наиболее широкое промышленное использование имеют эпоксидные покрытия, которые могут быть получены на основе немодифицированных эпоксидных смол.

Для защиты от коррозии в морской и пресной воде металлических поверхностей гидротехнических сооружений успешно применяют эмали ЭП-419 (на основе смолы ЭД-14, ЭД-16) и ЭП-420 (на основе смолы ЭД-20), представляющие собой суспензию пигментов и наполнителей в растворе эпоксидной смолы с добавлением пластификатора—сланцепиролизного ЛСП-1. Для эксплуатации изделий в условиях повышенной влажности применяют эмали ЭП-969, ЭП-793 (на основе смолы ЭД-20), которые сохраняют длительное время свои защитные свойства при значительном перепаде температур (213-423 К).

Покрытия на основе эпоксидных смол обладают высокими защитными свойствами в сероводородсодержащих средах.

В табл. 18 приведены да1шые о скорости коррозии стали с полимерными покрытиями в 3 %-ном растворе NaC1, насыщенном сероводородом | до 2,1-2,2 г/л.

Барьерный эффект для эпоксидных покрытий выражен менее значительно и на порядок ниже, чем для полиэтилена, пентапласта.

Защитный эффект композиций на основе эпоксидных смол к наводороживанию связан в основном с высокой адгезионной способностью этой группы полимеров к стали. Прочная хемосорбционная связь покрытия со сталью происходит за счет гетероатома кислорода в эпокси-группах и гетероатома азота в отвердителе.

Таблица 18. Скорость коррозии стали 20 мм/год

5	Время испытаний, сут			
	50	100	150	200
Без покрытия	0,28	0,149	0,125	0,134
Эпоксирдный				
П-ЭП-177	0	0	0,0043	0,0062
ЭП-00-10	0	0,008	0,0326	0,0368
Пентапласт	0	0	0	0

В условиях статической водородной усталости применение эпоксидных покрытий так же эффективно.

Влияние величины растягивающих напряжений на наводороживание стали и на изменение ее пластичности видно из табл. 19

Повышение пластичности полимерных пленок способствует сохранению защитных свойств покрытий в условиях знакопеременных и растягивающих нагрузок в коррозионно-активных средах, в том числе при наводороживании, при этом важна способность покрытий сохранять свою эластичность в процессе длительной эксплуатации и при изменении температур. В качестве пластификаторов, обеспечивающих сохранение эластичности эпоксидных покрытий, применяют дибутилфталат, маслоэфир ЛЭ-5 (на базе синтетических кислот фракции C_5 - C_6 и диэтиленгликоля),

П-3 - сложный эфир пентаэритрита и синтетических жирных фракций C_5-C_9 и др. Высокими пластифицирующими свойствами обладает маслоэфир ЛЭ-5, введение которого в эпоксидную композицию обеспечивает эластичность покрытия на длительное время, в том числе при низких температурах. Эпоксидные компаунды, пластифицированные маслоэфиром ЛЭ-5, применяют для защиты от коррозии внутренней поверхности насосно-компрессорных труб, которые эксплуатируют на сероводородсодержащих нефтяных месторождениях.

Для обеспечения долговечности стали с полимерным покрытием при циклических и растягивающих нагрузках в сероводородсодержащих средах необходимо понизить проницаемость пленки. Поэтому используют многослойные системы покрытий, в том числе на основе различных материалов. Для защиты от коррозии оборудования в жестких условиях, содержащих сероводород и кислород, используют систему покрытий, состоящую из 5 слоев шпатлевки ЭП-0010 и 5 слоев эмали ЭП-773 при общей толщине слоя 190 мкм.

Эпоксидно-каменнугольные и эпоксифенольно-каменноугольные композиции обладают высокой коррозионной стойкостью, которая обеспечивается высокой адгезионной прочностью покрытия к металлу, а также ингибирующим действием входящих в них ароматических и

Таблица19. Количество адсорбированного сталью водорода, $см^3/100$ г

Растягивающ напряжение О	Без	С	
		эпоксидная грунт-	эпоксидная порош-

		шпатлевка ЭП-0010	ковая краска П-ЭП-177 (серая)
0	1,36	0,13	0,05
0,5 O_t	2,11	0,31	0,25
0,7 O_t	2,76	0,54	0,42
0,9 O_t	3,55	0,71	0,53

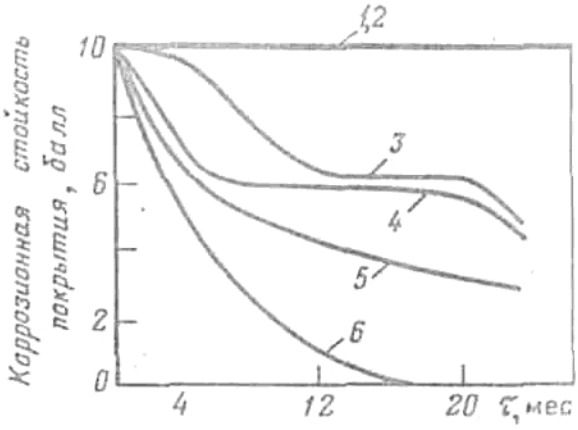

Рис. 25. Зависимость стойкости покрытия от времени испытаний в минерализованной (2,7 г/л) артезианской воде. Покрытия:

1 - эпоксидно-каменноугольное; 2 - дивинилацетиленовое; 3 - перхлорви-ниловое; 4 - эпоксидное; 5 - поливинилбутиральное; 6 - алкидностирольное

Эпоксидно-лаковую композицию типа эмали СП-ЭК-4 на основе эпоксидной ЭД-16 и каменноугольной смол успешно используют для защиты водоводов, морских трубопроводов.

Для повышения износостойкости покрытий на основе эпоксидных смол в них вводят различные наполнители. Введение железного порошка в эпоксидную композицию состава, мас.ч: 100 — смолы ЭД-5 или ЭД-6;

10-15 дибутилфталата (ДБФ); 10-15 отвердителя полиэтиленполиамин позволило в 3—5 раз повысить износостойкость поверхности по сравнению с покрытием без наполнителя. Покрытие используют для защиты от коррозии и износа внутренней поверхности насосных труб, применяемых при насосном способе добычи нефти.

В отечественной практике широко применяют кремнийорганические лакокрасочные материалы, такие, как КО-08, КО-835, КО-831, КО- 075,

КО-85, обладающие морозоустойчивостью, атмосферостойкостью при наличии высокого содержания O_2 и H_2 8.

Эмаль КО-198, изготовленная с использованием лака КО-831 и ингибирующего пигмента, показала высокие противокоррозионные свойства

при защите стальных поверхностей резервуаров. Для работы оборудования при перепаде температур 233—303 К рекомендуются эмали КО-811 и-КО-334.

Защита от коррозии крупногабаритных изделий, например труб, может быть достигнута применением полиэтиленовой пленки.

С начала 70-х годов в качестве изолирующего покрытия для защиты внешней поверхности труб от коррозии (особенно труб большого диаметра) вместо применяемых покрытий на битумной основе используют покрытие на основе полиэтилена, наносимое различными способами. Полиэтиленовые покрытия имеют преимущества по сравнению с покрытиями на битумной основе. Они хорошо сохраняются в условиях значительного перепада температур, обладают высокой механической прочностью, стойкостью при воздействиях агрессивных компонентов почвенной коррозии и микроорганизмов, а также стойки в атмосферных условиях нефтяных и газовых сред. Преимущество этого типа покрытия - возможность значительного уменьшения тока катодной защиты (0,001-0,007 А/м^2) по сравнению с битумными покрытиями (0,01-0,025 А/м^2).

Одно из основных направлений в отечественной и зарубежной практике строительства трубопроводов большого диаметра — нанесение противокоррозионных покрытий на трубы непосредственно на металлургических заводах и изоляционно-сварочных базах. Это позволяет повысить качество защитных покрытий, исключить влияние погодных условий на выполнение изоляционных работ, снизить трудоемкость трассовых работ при изоляции труб. Основные изолирующие материалы - это полиэтиленовые и поливинилхлоридные; по стабильности механических, химических и защитных свойств предпочтение отдается полиэтиленовым покрытиям, которые при толщине 100 мкм способны обеспечить защиту трубопроводов от коррозии в условиях подземной прокладки на срок эксплуатации не менее 20 лет.

Для нанесения полиэтиленовых покрытий на трубы в заводских условиях широко применяют напыление порошков, экструзию, намотку лент с подклеивающим слоем.

Промышленность выпускает пленку на клеевой основе и без клея. Клейкая пленка наносится на трубы, подвергнутые дробеструйной обработке, и обезжиренные. В зависимости от условий эксплуатации пленка может наноситься в один и несколько слоев.

В современных полимерных изоляционных лентах в качестве липкового подклеивающего слоя обычно применяют бутилкаучук (БК), который характеризуется высокой теплостойкостью, морозостойкостью и химической стабильностью, а также низкой влагокислородпроницаемостью. Введение в БК серы и тиурама повышает теплостойкость подслоя.

Фирмы ФРГ и Японии используют подклеивающий слой на основе полиолефинов или их сополимеров, а также смесь битума с каучуком и синтетическими смолами.

Пленка без клейкой основы также наносится на трубы, предварительно подготовленные под покрытие. Для сцепления пленочного покрытия с основой трубы нагревают токами высокой частоты. Пленка при соприкосновении с горячей поверхностью оплавляется, что позволяет получить требуемое сцепление покрытия с основой.

Хорошие результаты дает комбинированное покрытие. На трубу наносят слой полиэтилена газопламенным методом и тут же на растекающееся покрытие наматывают пленку. В результате получается герметичное покрытие высокого качества с высокой адгезией к металлической основе.

Нанесение полиэтиленовых покрытий неизбежно связано с окислением полимера и его термической деструкцией. Эти факторы существенно снижают эффективность покрытий, сокращают срок их службы. Явный признак окисления полимера и его термодеструкции — образование на поверхности покрытия сетки трещин, часто это микротрещины, постепенно разрастающиеся и приводящие к разрушению покрытия.

Полиэтиленовые покрытия могут быть стабилизированы модификацией соединениями, снижающими интенсивность процессов окисления и термической деструкции как при формировании покрытия, так и в процессе эксплуатации.

В качестве модифицирующих добавок, препятствующих интенсивной окислительной и термической деструкции, предложены неорганические соединения $NaN0_2$, CdO, V_2O_5, TiO_2, $Сг_2Оз$, Мп02, $Fc_2Оз$. Эти вещества не только выполняют роль стабилизаторов, но и оказывают ингибирующее действие на материал основы. Кроме того, они повышают температуру начала и максимума окисления расплава полимера в среднем на 10—20 %, что важно при нанесении покрытий, где строгий контроль и соблюдение температуры затруднительны.

Эффективно использование хлорсульфированного полиэтилена, отверждаемого кремпийорганическими агентами, такими, как циклосиламин, силамин и др. Использование хлорсульфированного полиэтилена с кремнийорганическими отвердителями повышает стойкость материала покрытия в минерализованных и сероводородсодержащих средах. Недостатки: необходимость соблюдения строгого температурного режима нанесения (543—593 К), малый температурный диапазон применения, склонность к растрескиванию, слабая адгезия к металлу. Покрытие наносят по грунту, в качестве которого используют фенольную смолу.

В нашей стране эксплуатируются месторождения природного газа с температурой на выходе 373—393 К. В связи с этим повышаются требования к теплостойкости покрытий.

Для расширения температурного диапазона ПЭ-пленки проводят ее радиационное облучение, которое позволяет изменить физико-механические и защитные свойства ПЭ за счет образования в аморфной части полимера пространственно-сшитой структуры (табл. 20).

Для термостабилизации пленки, подвергающейся радиационному окислению, в йее вводят специальные антиокислители и стабилизирующие

добавки. В качестве клейкого подслоя используют бутилкаучук, модифицированный серой и тиураном, что приводит к структурированию и снижению текучести БК-подслоя. Натурные испытания дублированных радиационно-модифицированных ПЭ-лент на шлейфовом трубопроводе Шатлыкского газопровода при температуре 363—368 К показали, что нестабилизированная лента значительно утрачивает свои прочностные и эластичные свойства за первый год испытания, в то время как физико-механические и защитные свойства стабилизированных лент после 2,5 лет испытания практически не изменились.

Для защиты трубопроводов от коррозии широко применяют также многослойные покрытия. Для защиты сварных стыков трубопроводов от доступа воздух и коррозии английская фирма "Кануза Шоу" применяет специальные стягивают муфты из полиэтилена, которые монтируют

Таблица 20. Физико-механические и защитные характеристики ПЭ-пленки, облученной различными дозами

Показатели	Доза облучения, МГр				
	0	0,1	0,2	0,3	0,5
Содержание римой гель-фракции, %	—	35	70	75	80
Температура, К:					
теплостойкости	383	423	463	493	503
хрупкости	200	173	163	152	152
Разрушающее напря-жение при растяже-нии, МПа	14,5	18	15,	13,5	13
Относительное ние при разрыве,	320	360	340	265	220
Модуль упругости, МПа	200	210	220	225	10
Ударная вязкость, Дж/см'^{2}	0,6-0,7	0,8-1.0	1,0-1,2	1,2-1.4	1,0-1,2
Стойкость к растрески-ванию, ч	2-3	500	100 0	100 0	100 0

Коэффициент ницаемости, кг/(м.с.Па)	1 x 10^{-15}	0,79 x 10^{-15}	0,45x 1X	0.4 10-^{15}

в горячем состоянии, а также термоусадочные муфты из радиационно-сшитого полиэтилена, выпускаемые в виде рукавов и в разъемном состоянии.

Для изоляции наружной поверхности труб как в России, так и за рубежом наряду с битумными и полиэтиленовыми покрытиями широко используют покрытия на основе поливинилхлорида.

В России для антикоррозионной защиты выпускаются поливинилхлоридные изоляционные ленты марок ПИЛ (летние), ПВХ-СЛ и М ИЛ (морозостойкие).

Для изоляции газонефтепродуктопроводов применяют ленты ПВХБК с температурным интервалом эксплуатации 228—313 К. Основные физико-механические и электрические свойства поливинилхлоридной лент, предназначенных для антикоррозионной защиты подземных нефтегазопроводов, должны быть не менее:

Прочность при растяжении, МПа .....……. 20

Относительное удлинение при разрыве, %.....…..... 200

Липкость, с ..... ……...20

Прилипаемость к премированной стальной поверхности, кг/см ширины 0,15

Удельное объемное сопротивление, Ом см ..... 1-10^{11}

Температура хрупкости, К .....……..... 233

Ленту ПИЛ-251 широко используют для защиты трубопроводов от коррозии. Ее изготовляют из поливинилхлоридного пластика с нанесением перхлорвинилового клеевого слоя. Однако перхлорвиниловая смола полярна, обладает высокой степенью набухания и вымывания. Наличие в клее пластификаторов приводит к ужесточению клеевого слоя, а отсутствие стабилизатора ускоряет деструкцию перхлорвинилевой ленты.

Нанесение на трубопроводы допускается только при положительных температурах не ниже 278 К.

Модификацией ленты ПВХ-СЛ создана лента ПВХ-Л, в которой сланцевый пластификатор заменен сложноэфирным и фосфатным, что позволяет повысить адгезию и защитные свойства пленки.

Данные по диффузионной, сорбционной и защитной способности поливинилхлоридных пленок в атмосферных условиях приведены ниже (в числителе при температуре 293 К, в знаменателе — при 333 К).

Марка материала.....	ПИЛ-251	ПВХ СТИЛ-1	ПВХ СТИЛ-2
Толщина слоя,	0,033	0,038	0,038
Коэффициент:			
влагопроницаемости, кг/ (м • с • Па)	0,26• 10^{-15}	7,1•10^{-15}	1,56•10^{-15}
диффузии, $см^2$ /ч.....	1.8 • 4•10^{-5}	1.04- 10^{-14} 1,05 • 10-^{5}	1.19- 10^{-5} 1,88•10-
Скорость коррозии стали под пленкой, мм/год.....	12,1 • 0,12	1,28 • 10 -^{5} 5 0,077	5,35 • 0,036

В качестве праймеров для улучшения термостойкости пленки ПВХ-СТИЛ берут битумно-полимерную грунтовку ГТ-754, ГТ-752. Адгезионная прочность покрытий на основе ПВХ-СТИЛ, определенная по критерию стойкости к катодному отслаиванию, находится на уровне одного из лучших зарубежных образцов Плайкофлекс-340-20.

Изоляци материа	..ПИЛ-	Плайкофле 340-20	ПВХ	ПВХ
Адгезионный праймер	Битумный кс-105	Плайкофле	ГТ-752	ГТ-752
Площадь отслаиван	Полная за 7 сут	4,74	4,8	4,8

Перспективно применение покрытий на основе полиуретана, которые обладают высокой адгезией к металлу, упругостью, абразивостойкостью, устойчивостью к минеральным кислотам и углеводородным растворителям широком диапазоне температур (233 — 323 К). На основе полиуретана созданы различные защитные композиции, такие, как УР-930, УР-19, УЛ-1, эмаль 2Р-176 и др., среди которых наиболее широкое промышленное применение для защиты от коррозии хранилищ нефтепродуктов, труб получил лак УР-930 с диэтиленгликольуретаном (ДГУ).

Высокая защитная способность ДГУ в условиях электрохимической коррозии в двухфазных средах электролит—углеводород связана с наличием в композиции изоционата, который реагирует с водой на поверхности металла, снижает скорость коррозионного разрушения, увеличивая адгезию с подложкой. По данным нефтяных фирм США, покрытия на основе полиуретанов с толщиной слоя 250 мкм, применяемые для защиты трубопроводов различного диаметра, обеспечивают защитное действие в течение 20 лег. Сообщается также об эффективности защиты насосно-компрессорных труб в условиях гидроабразивного потока, содержащего агрессивные хлор- и сероводородсодержащие компоненты.

Согласно данным фирмы "Брайер", для антикоррозионной защиты сооружений, эксплуатируемых в атмосферах с повышенной влажностью, применяется новый эффективный однослойный праймер, состоящий из полиуретана с добавлением цинкового порошка Десмодур типа Е, толщиной пленки 120 мкм. К достоинствам пленки относятся быстрое высыхание, возможность нанесения при любых метеорологических условиях, стойкость к механическим нагрузкам и химическому