

**Альтернативные гуммировочные материалы для антикоррозионной защиты оборудования.
Материалы серии «КОНСТАКОР» для защиты оборудования, работающего в сильно- и
среднеагрессивных средах. (ООО «Константа-2»)**

*ООО «Константа-2», Зерциков Константин Юрьевич, Генеральный директор
Семенов Ю.В.*

Известно, что защитные функции покрытий при воздействии агрессивных сред зависят от скорости проникновения коррозионно-активных компонентов среды через покрытие к защищаемой поверхности и степени адгезионного взаимодействия покрытия с подложкой, определяющей скорость образования очагов коррозии [1]. Соответственно, по механизму защитного действия выделены три основных типа: «адгезионный», «барьерный» и «смешанный»[2].

В лакокрасочных покрытиях защита осуществляется преимущественно по «адгезионному» механизму. Защита металла методом гуммирования каландрованной резиной осуществляется по механизму «барьерного» типа, то есть за счет полного воспрепятствования проникновению агрессивной среды к защищаемой поверхности [3], но этот метод не технологичен и имеет низкую ремонтпригодность. Получение покрытий большой толщины для достижения «барьерного» эффекта методами лакокрасочных технологий практически невозможно, во-первых, из-за большой длительности технологического цикла, необходимого при этом, во-вторых, при таких значениях толщины антикоррозионного покрытия высока вероятность растрескивания или отслаивания покрытия из-за высокого уровня внутренних напряжений [4].

Поэтому, основными задачами при разработке материалов серии «Констакор» были достижение высокого уровня адгезионной прочности в системе («адгезионный» механизм) наряду с низким уровнем остаточных напряжений и диффузионной проницаемости («барьерный» механизм защиты) при высоком уровне технологичности.

Многие технологические процессы в энергетике, металлургии, химии, машиностроении связаны с использованием жидких сред различной степени агрессивности (коррозионной активности). Рассмотрим известные в настоящее время и применяющиеся в России схемы антикоррозионной защиты металлического оборудования, подвергающегося воздействию агрессивных агентов (таблица 1). Наибольшее распространение в силу своей технологичности получили эпоксидные, эпоксифенольные материалы — отлично защищают от щелочных сред, технологичные, но разрушаются в растворах кислот. Для защиты в атмосфере предприятий и для работы в слабых растворах кислот продолжают применять поливинилхлоридные материалы, которые обладают удовлетворительными защитными свойствами, но менее технологичны из-за малого сухого остатка и соответственно необходимости нанесения большого количества слоев, кроме того они не стойки в растворах щелочей. Расширяется применение полиуретановых покрытий, но занимая лидирующие позиции по атмосферостойкости, они неудовлетворительно работают в кислых средах, то же относится к цинкэтилсиликатным и другим цинкнаполненным покрытиям.

Одним из самых надежных с точки зрения защиты от коррозии продолжает оставаться гуммирование резиновыми листами, что объясняется высокой химической стойкостью, низкой диффузионной проницаемостью, что суммарно приводит к повышенной долговечности гуммированных аппаратов, которая подтверждена десятилетиями эксплуатации в реальных условиях. Однако, существующие технологии гуммирования имеют несколько существенных недостатков: высокая трудоемкость работ, необходимость производить операцию вулканизации острым паром, что не всегда возможно как с конструктивной, так и технологической точек зрения, высокие требования к подготовке поверхности, что в купе с большими расходами материала (до 15 кг/м²), обуславливает высокую их себестоимость.

В настоящее время существует ряд материалов, в той или иной степени способных выступить альтернативой гуммировочного покрытия. К ним относятся жидкие тиоколы, карбоцепные олигомеры с концевыми гидроксильными группами, латексные смеси на основе бутадиен-стирольных каучуков, хлорсульфированный полиэтилен. Однако, существующие схемы гуммирования оборудования жидкими резиновыми смесями не отвечают требованиям долговечности (межремонтный срок не менее 5 лет) и экономичности из-за высокой стоимости материалов.

Таблица 1. Сравнительная характеристика существующих схем антикоррозионной защиты.

Материал	Технологичность	Экономичность	Химстойкость	Долговечность	Теплостойкость
ЛКМ на основе эпоксидных смол	+	+	±	±	±
ЛКМ на основе перхлорвиниловых смол	±	+	±	±	-

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ И КАТАЛОГ ВТОРОЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА-2011»**

Материал	Технологичность	Экономичность	Химстойкость	Долговечность	Теплостойкость
Жидкие гуммировочные составы	±	-	±	±	-
ЛКМ на основе полиуртанов	+	±	-	±	±
Листовые гуммировочные резины	-	-	+	+	+

+ - хорошо; ± - удовлетворительно; - - плохо

В связи с вышесказанным, альтернативная система антикоррозионного покрытия должна характеризоваться высоким уровнем адгезии к защищаемой подложке и отличными антидиффузионными свойствами, достигаемыми за счет увеличения толщины покрытия. Снижение значения внутренних напряжений при увеличенной толщине достигается путем использования пленкообразующего, характеризующегося высокоэластическими свойствами. Другим существенным преимуществом эластичных покрытий является высокая стойкость к воздействию абразива и механических нагрузок, что немаловажно в случае антикоррозионной защиты внутренней поверхности оборудования, загружаемого фильтрующими материалами (кольца Рашига, кварцевый песок, ионообменные смолы и т.п.). Очевидно, что сам материал покрытия должен характеризоваться достаточно высокой химической стойкостью к агрессивным средам.

В результате учета всех вышеперечисленных факторов разработана система антикоррозионного покрытия на основе химически структурированного диен-стирольного термоэластопласта – “Констакор – ТЭП”, обладающее следующими характеристиками:

- покрытие наносят методами лакокрасочных технологий: кисть, валик, методы воздушного и безвоздушного напыления;
- формирование покрытия и структурирование с образованием поперечных связей происходит при нормальных температурах и не требует наличия высоких температур, в том числе острого пара;
- покрытие имеет повышенную долговечность, так как материал покрытия характеризуется высоким уровнем упруго-прочностных и антикоррозионных свойств;
- покрытие обладает высокой химической стойкостью к растворам кислот и щелочей средней концентрации.

Жидкий гуммировочный состав “Констакор – ТЭП” представляет собой двухкомпонентный материал. Состав может наноситься непосредственно на металл или на грунт “Констакор – Праймер” в зависимости от условий эксплуатации. Степень подготовки поверхности защищаемого металла - Sa 2^{1/2} по ИСО 8501-1:1988. Рекомендуемая шероховатость поверхности 40-60 мкм. В таблице 2 представлены основные технологические характеристики гуммировочного покрытия “Констакор – ТЭП”. Основные эксплуатационные и технико-экономические характеристики разработанного гуммировочного состава в сравнении с наиболее распространенной гуммировочной системой на основе листовой резиновой смеси ГХ-2566 (аналог 60-341) представлены в таблице 3. Для оценки используют такие важные показатели, как физико-механические свойства покрытия, его адгезионные характеристики, практический расход материалов, производительность труда при выполнении антикоррозионных работ и их относительная себестоимость, а также среднестатистический срок эксплуатации покрытия в условиях воздействия агрессивных сред кислотно-основного характера (5% - ые растворы серной кислоты и натриевой щелочи) при температуре 40 - 50 °С. Как видно из таблицы 3, антикоррозионный гуммировочный состав “Констакор – ТЭП” превосходит стандартную гуммировочную резину по ряду физико-механических и эксплуатационных показателей. Благодаря механизации процесса нанесения покрытия (метод безвоздушного распыления) производительность труда при выполнении антикоррозионных работ значительно выше. Данный фактор, в совокупности с низким значением практического расхода материалов, способствует значительному снижению себестоимости одного квадратного метра готового покрытия.

Таблица 2. Основные технологические характеристики системы антикоррозионного покрытия на основе гуммировочного состава “Констакор – ТЭП” ТУ 2513-003-34724672-2007.

Наименование показателя	Значение	Примечание
Массовая доля нелетучих веществ, %	38±3	По ГОСТ 17537-72
Время высыхания до степени 3 при температуре 20±2 °С, ч	2	По ГОСТ 19007-73
Рекомендуемая толщина сухого покрытия, мкм	≥600	Общая толщина определяется условиями эксплуатации
Способ нанесения	Кисть, валик, безвоздушное распыление	

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ И КАТАЛОГ ВТОРОЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА-2011»**

Наименование показателя	Значение	Примечание
Рекомендуемые разбавители	Толуол, ксилол, Р-4	
Температура нанесения, °С	10 – 40	
Практический расход, кг/м ²	≥ 2,2	
Количество слоев	≥ 6	
Вязкость по прибору типа ВЗ-246 (диаметр сопла 4 мм при температуре 20±0,5 °С), с		
Ручное нанесение (кисть, валик) Метод безвоздушного распыления	120 – 150 180 -220	Необходимая вязкость достигается путем добавки в композицию разбавителя
Основные технологические параметры нанесения методом безвоздушного распыления		
давление распыла, атм диаметр сопла, дюйм угол распыла, °	350-380 0,021 – 0,027 40-60	

Таблица 3. Сравнительные эксплуатационные и технико-экономические характеристики гуммировочного состава «Констакор –ТЭП» и листовой гуммировочной резины марки ГХ-2566 (аналог 60-341).

Наименование показателя	Антикоррозионный материал	
	«Констакор – ТЭП»	Резина ГХ-2566
Условная прочность в момент разрыва, МПа	10,0	5,0
Относительное удлинение в момент разрыва, %	700	550
Твердость, Шор А, усл. ед.	65-75	40-55
Прочность связи при отслаивании от стали Ст.3, кгс/см	6,8	5,0
Практический расход, кг/м ²	3,2	5,2
Производительность труда при нанесении, м ² /чел*час	0,83	0,40
Относительная себестоимость, усл. ед.	0,5	1,0
Среднестатистический срок эксплуатации, лет	Более 4 лет (эксплуатация продолжается)	8-10 лет

Относительная новизна разработанного антикоррозионного материала не позволяет достоверно определить среднестатистический срок эксплуатации, однако ускоренные испытания и первые результаты промышленных испытаний на реальных объектах позволяют утверждать, что «Констакор – ТЭП» не уступает по агрессивностойкости наиболее распространенным маркам гуммировочных резин на основе каучуков общего назначения и может эксплуатироваться в условиях воздействия серной (до 40% масс.), соляной (до 36% масс.) и азотной (до 10% масс.) кислот, а также концентрированных растворов калиевой и натриевой щелочи (до 40% масс.) в диапазоне температур 5 - 80 °С. Материал сертифицирован.

На основе материала «Констакор-ТЭП» был разработан материал для антикоррозионной защиты оборудования, находящегося в контакте с водными средами хозяйственно-питьевого назначения - «Констакор-Аква». Его отличие от применяемых в настоящее время эпоксидных составов-высокая химическая стойкость в кислых и щелочных средах, эластичность и соответственно возможность выдерживать без нарушения сплошности деформации резервуаров, долговечность за счет высоких показателей механической и адгезионной прочности, стойкость к эрозионному воздействию среды (пульпы). Материал имеет гигиенический сертификат соответствия.

Большинство производственных процессов включают в себя ряд технологических стадий, связанных с применением высокоагрессивных химических агентов, таких как неорганические кислоты, их растворы, смеси кислот (травление, металлизация) с высокой температурой. Эти операции предполагают наличие специального технологического и емкостного оборудования, подвергающегося периодическому или постоянному воздействию высокоагрессивных сред. В таблице 4. представлены основные параметры агрессивных сред, которые применяются в травильных отделениях металлургических производств, отделениях травления и металлизации, отделениях водоподготовки энергетических и машиностроительных предприятий, в химических и нефтехимических производствах.

Предварительные исследования агрессивностойкости и эффективности использования ряда традиционно применяемых материалов показали, что для защиты оборудования от воздействия вышеуказанных сред необходимо применять покрытия с «барьерным» механизмом защиты. Использование технологии защиты с механизмами «адгезионного» или «смешанного» действия не приемлемо, так как в обоих случаях предполагается диффузия коррозионноактивных компонентов среды к подложке. К антикоррозионным покрытиям «барьерного» типа относятся гуммировочные резины, футеровочные кислотоупорные штучные и листовые материалы.

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ И КАТАЛОГ ВТОРОЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
«АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА-2011»**

Таблица 4. Типичные среды и режимы эксплуатации оборудования.

Температура среды, °С	Состав среды	Характер воздействия коррозионно-активной среды
15 - 75	1) HF – 40-60 г/л и H ₂ SO ₄ – 120-140 г/л; 2) HF – 40-60 г/л и HNO ₃ – 120-140 г/л	Периодический. Высокие механические нагрузки, абразив, давление.
50-75	То же	Постоянный. Высокие нагрузки ударно-вибрационного характера, абразив
15-30	Концентрированная плавиковая, серная, соляная, азотная кислота	Постоянный
15-100	HF – 40-60 г/л, H ₂ SO ₄ – 120-140 г/л, HNO ₃ – 120-140 г/л с содержанием ионов железа	Периодический

Основными проблемами при проектировании защитных футеровочных покрытий являются их низкая ударная прочность и трещиностойкость и нестойкость к высоким обратимым деформациям, невозможность их использования в некоторых конструкциях аппаратов, низкая производительность труда и высокая стоимость материалов.

Известная стойкость гуммировочных материалов к высоким обратимым деформациям, механическому и абразивному воздействию, а также универсальная стойкость к средам кислотного и щелочного характера в том числе и к окислителям, а также зарубежный опыт защиты подобных объектов и отсутствие предопределили их выбор для разработки новых гуммировочных смесей на основе карбоцепных каучуков получивших фирменное название «Констакор ХБК».

Учитывая доступность, высокие упруго-прочностные свойства, а также способность к низкотемпературной вулканизации нами в качестве основы были выбраны этилен-пропиленовый (СКЭПТ), бутил- (БК) и хлорбутилкаучуки (ХБК). Резины на их основе также характеризуются высокими показателями агрессивности и теплостойкости, достаточными упруго-прочностными свойствами, а наличие атома хлора в основной цепи каучука ХБК способствует увеличению адгезии к металлическим субстратам и вулканизирующей способности под действием агентов различной природы. Поэтому материалы на основе хлорбутилкаучука характеризуются наилучшими технологическими и эксплуатационными свойствами по сравнению со СКЭПТ и БК. Проведенные исследования позволили разработать серию резиновых смесей «Констакор ХБК» с хорошими технологическими и эксплуатационными свойствами для различных задач. Результаты лабораторных и полупромышленных испытаний показали высокую антикоррозионную стойкость разработанной резины.

Таблица 5. Сравнительные свойства гуммировочных резин на основе насыщенных карбоцепных каучуков.

Наименование показателя	Тип каучуковой основы резины		
	СКЭПТ	БК	ХБК
Прочность, МПа	8,2	5,3	8,4
Относительное удлинение, %	210	470	290
Твердость Шор А, усл. ед.	60-65	50-55	65-70
Адгезия к металлу (Ст. 3), Н/м	1,6	1,4	2,9
Способность к вулканизации паром при температуре 110-120° С	Хорошая	Средняя	Отличная
Вязкость по Муни при 100° С, усл. ед.	79	53	67
Степень набухания в азотно-плавиковом растворе при температуре 75° С (время экспозиции 500 часов),%	13,6	2,4	2,6

Представленные материалы позволяют осуществлять долговременную надежную антикоррозионную защиту оборудования, подверженного воздействию сред средней и высокой агрессивности.

Литература:

1. Елисаветский А.М., Елисаветская И.В., Ратников В.Н. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями // ЛКМ. – 2000. - №2-3. – С. 17 – 22.
2. Пятахин Л.И., Карякина М.И., Куварзин И.Н. Роль адгезии и проницаемости в защитном действии лакокрасочных покрытий. // ЛКМ. – 1971. - №1. – С. 54-57.
3. Богатков Л.Г., Шпайзман Л.Б., Иорданский А.Л., Заиков Г.Е. Диффузия соляной кислоты в гуммировочные резины // Каучук и резина. – 1980. - №1. – С. 25 – 27.
4. Кудасов Б.К. Внутренние напряжения в эпоксидных покрытиях // ЛКМ. – 1976. - №5. – С. 48-49.
5. РД 24.023.52-90 Изделия химического машиностроения. Гуммирование. Типовой технологический процесс. М.: Минтяжмаш СССР. – 1990.

Константа-2, ООО

Россия, 400120, г. Волгоград, ул. Елисеева, 3;

Почтовый адрес: 400120 г.Волгоград а/я 2656

т./ф. (8442) 94-55-56, 97-26-40, 95-54-79, 95-99-23

secret@constanta-2.ru www.constanta-2.ru