

5. ТИПЫ И СВОЙСТВА КРАСОК	5-3
5.1. Общие аспекты выбора красок.	5-3
5.2. Классификация красок	5-4
5.2.1. Классификация ЛКМ на предмет наличия растворителей.	5-4
5.2.2. Классификация ЛКМ по функциональному назначению.	5-4
5.2.3. Типы ЛКМ по природе плёнообразующего вещества	5-5
5.2.4. Типы ЛКМ по механизму образования пленки покрытия.	5-6
5.2.4.1. Не превращаемые в нерастворимую форму (физически высыхающие) краски.	5-7
5.2.4.2. Краски, твердеющие на воздухе.	5-9
5.2.4.3. Химически твердеющие краски.	5-10
5.2.4.4. Краски, отвердевающие при помощи влаги воздуха (гидратация).	5-12
5.2.4.5. Сплавление порошковых красок.	5-13
5.3. Характеристика различных типов красок.	5-14
5.3.1. Твердеющие на воздухе алкидные краски.	5-14
5.3.2. Модифицированные алкидные краски.	5-15
5.3.3. Физически высыхающие виниловые краски.	5-16
5.3.4. Физически высыхающие хлоркаучуковые краски.	5-18
5.3.5. Физически высыхающие акриловые краски.	5-19
5.3.5.1. Акриловые краски на основе растворителей.	5-19
5.3.5.2. Акриловые краски на водной основе.	5-20
5.3.6. Физически высыхающие битумные краски.	5-22
5.3.7. Краски химической полимеризации: эпоксидные краски.	5-22
5.3.7.1. Общие сведения об эпоксидных красках	5-22
5.3.7.1.1. Область применения эпоксидных красок.	5-23
5.3.7.1.2. Свойства и практические аспекты эпоксидных красок.	5-24
5.3.7.1.3. Руководство по нанесению эпоксидных красок.	5-24
5.3.7.1.4. Химический состав эпоксидных красок.	5-25
5.3.7.1.5. Опасность для здоровья эпоксидных красок.	5-26
5.3.7.2. Чистые, не модифицированные, эпоксиды.	5-27
5.3.7.3. Эпоксидно-фенольные покрытия.	5-27
5.3.7.4. Модифицированные эпоксиды: эпоксидно-каменноугольные покрытия.	5-28
5.3.7.5. Модифицированные эпоксиды: эпоксидные мастики.	5-28
5.3.7.6. Не содержащие растворитель эпоксидные покрытия.	5-30
5.3.7.7. Эпоксиды на водной основе.	5-30
5.3.8. Краски химической полимеризации: полиуретановые краски.	5-32
5.3.9. Полимочевинные покрытия (полиуретан).	5-33
5.3.10. Краски химической полимеризации: полиэфирные (полиэстеровые) покрытия.	5-34
5.3.11. Краски химической полимеризации: винилэфирные покрытия.	5-36
5.3.12. Отверждаемые влагой воздуха полиуретановые краски.	5-37
5.3.13. Неорганические покрытия.	5-41
5.3.13.1. Этилсиликатные покрытия.	5-41
5.3.13.2. Силиконы.	5-45
5.3.13.3. Полисилоксаны.	5-46
5.3.14. Цинкорганические покрытия.	5-46
5.3.15. Полиаспартовые покрытия.	5-46
5.3.16. Фенольные покрытия.	5-47
5.3.17. Латексные эмульсии.	5-47
5.3.18. Общие свойства различных типов красок.	5-48

5.4. Основные соображения инспекции.	5-49
5.5. Контрольный лист инспектора.	5-49
Основные термины и определения.	5-50
Руководство по изучению раздела.	5-51

5. ТИПЫ И СВОЙСТВА КРАСОК.

5.1. Общие аспекты выбора красок.

Разработку и применение систем покрытий можно сравнить с проектированием и строительством здания (таблица 5.1). Для того, чтобы здание было устойчивым, необходимо иметь тщательно обоснованное основание. Чтобы быть прочным и долговечным, оно должно быть тщательно спроектированным и построенным. Как и в случае здания, окрасочная система включает несколько этапов разработки и несколько составных частей, каждая из которых выполняет свои функции.

Таблица 5.1. – Сравнение системы окраски со зданием.

Здание	→	Система покрытий
Проектирование	→	Выбор системы (разработка спецификации)
Проект производства строительных работ	→	Технологический регламент нанесения покрытий
Основание	→	Подготовка поверхности
Строительство	→	Нанесение
Фундамент	→	Грунтовка
Несущие конструкции	→	Промежуточные слои
Кровля	→	Отделочные слои

Выбор типа красок преимущественно зависит от нескольких аспектов и во многом от цели их использования. Например, противообрастающие краски должны обладать основным свойством – подавление роста живых организмов или водорослей на конструкциях. Огнезащитные краски должны противостоять огню или, по крайней мере, замедлять горение материала подложки. Покрытие, наносимое на бетон, должно быть стойким к сильным щелочам. Все коррозионностойкие покрытия должны быть в состоянии противостоять агрессивности среды и предотвратить ее воздействие на защищаемые конструкции.

Вместе с тем, для защиты стальных и бетонных конструкций, например, могут применяться окрасочные материалы как химической, так и физической сушки. Но выбор системы зависит от типа защищаемых конструкций, требуемого срока службы системы, условий окружающей среды, возможных методов подготовки поверхности и нанесения красок, и, наконец, условий эксплуатации.

Поэтому, при выборе лакокрасочного материала недостаточно ориентироваться только на целевое назначение краски и тип окружающей среды. Необходимо учитывать ряд эксплуатационных, технологических и экономических факторов, в том числе:

- условия окружающей среды;
- материал окрашиваемой конструкции;
- требуемая долговечность покрытия;
- необходимая степень и возможные методы подготовки поверхности;
- совместимость с другими методами защиты (например, с катодной защитой);
- технологичность и условия нанесения материала;
- требования декоративности;
- требования взрыво- и пожаробезопасности;
- санитарно-гигиенические требования;
- экономическая целесообразность;
- ремонтпригодность.

Следует также отметить, что даже в пределах одной группы красок их свойства и способ обращения с ними могут отличаться. В связи с чем, очень важно изучать технические описания

красок, а также внимательно следить за рекомендациями поставщиков красок при их применении.

Различные покрытия обладают различными свойствами. Для того, чтобы выбрать правильную краску системы для конкретного применения требуются некоторые базовые знания о различных их видах. Типичные свойства наиболее часто используемых универсальных типов краски описаны ниже.

5.2. Классификация красок.

Для защиты стальных и бетонных конструкций применяются лаки, краски и шпатлевки. Самый распространенный класс защитных материалов – краски. Они классифицируются:

- На предмет наличия растворителей;
- По функциональному назначению в системе покрытия;
- По виду плёнообразующего вещества;
- По типу механизма пленкообразования.

5.2.1. Классификация ЛКМ на предмет наличия растворителей.

В зависимости от наличия органических растворителей, влияющих на окружающую среду при производстве и нанесении, краски могут быть классифицированы:

- На основе органических растворителей;
- На водной основе;
- Не содержащие растворитель.

5.2.2. Классификация ЛКМ по функциональному назначению.

В зависимости от функционального назначения покрытия подразделяют:

Шпатлевка – продукт пастообразной или жидкой консистенции, применяемый для устранения небольших дефектов поверхности перед окраской.

Грунтовка – состав, наносимый первым слоем на подготовленную к окраске достаточно шероховатую и чистую металлическую поверхность и/или очищенное старое покрытие для создания первичного слоя лакокрасочного покрытия, обеспечивающего надёжное адгезионное сцепление верхних (кроющих) слоёв покрытия с окрашиваемой поверхностью и выравнивание (для пористых поверхностей) её впитывающей способности. Она обычно также обеспечивает антикоррозионную защиту в течение всего срока службы окрасочной системы.

Межоперационная/заводская грунтовка (шоппраймер) – это особая, очень быстро высыхающая грунтовка, предназначенная для нанесения в заводских условиях на автоматических поточных линиях тонким слоем (15-20 мкм) с целью обеспечения временной защиты на открытом воздухе стальных листов и профилей после их прогрева и дробеструйной очистки на период производства металлоконструкций (6 – 12 месяцев) до нанесения собственно грунтовки.

– **Связующее покрытие** – покрытие, предназначенное для улучшения межслойной адгезии и для недопущения дефектов в течение нанесения.

– **Промежуточное покрытие** – это содержащий пигменты слой (слои) между грунтовочным покрытием и верхним слоем, который после нанесения на первичный слой лакокрасочного покрытия образует непрозрачную пленку, обладающую защитными или специальными техническими свойствами.

В Английском языке, иногда синонимично используется термин «undercoat – грунтовка», обычно для слоя, применяемого непосредственно перед верхним слоем.

В качестве краски для промежуточного слоя может применяться грунтовка.

– **Отделочная краска (верхнее покрытие)** – последний слой покрытия системы краски, предназначенный для защиты находящихся ниже слоев от окружающей среды, способствует общей антикоррозионной защите, и придает системе необходимый цвет и декоративные свойства.

– **Грунтовка-отделочная краска** – продукт, одновременно выполняющий функции и грунтовки, и отделочной краски.

– **Лак** – продукт, который после нанесения на поверхность образует твердую прозрачную пленку, обладающую защитными, декоративными или специальными техническими свойствами.

5.2.3. Типы ЛКМ по природе плёнкообразующего вещества.

Пленкообразующее вещество для лакокрасочных материалов – нелетучая часть лакокрасочной среды, которая, отверждаясь, образует пленку и связывает пигмент.

Лакокрасочные материалы по природе пленкообразующего вещества в общем виде можно разделить на две группы **органические, неорганические** или их комбинации. Основное применение в борьбе с коррозией имеют органические покрытия.

Пленкообразующие вещества органических покрытий производятся из живых организмов или древних остатков живых организмов. До начала 1900-х большинство покрытий производились из растительных или животных масел (**натуральные пленкообразующие вещества**). Большинство покрытий в настоящее время производят из нефтепродуктов, которые синтезируют и модифицируют для придания желаемых свойств в покрытии (**искусственные пленкообразующие вещества**). Все органические покрытия содержат углеводороды.

Неорганические покрытия используют неорганические связующие, наиболее часто из жидкого калийного стекла (силикатные краски). Металлические покрытия (например, металлизация и гальванизация) также являются неорганическими, но они не относятся к ЛКМ.

Кремнийорганические полимеры – особая группа высокомолекулярных соединений, представляющих собой большую группу разнообразных смол, в молекулах которых имеется связь между атомами кремния и углерода.

Разновидность кремнийорганических полимеров – **полиорганосилоксаны (полисилоксаны, силиконы)**, основная молекулярная цепь которых построена из чередующихся атомов кремния и кислорода, а атомы углерода входят в состав боковых (обрамляющих) групп, связанных с атомом кремния.

Грубо говоря, основное различие в характеристиках между органическими и неорганическими покрытиями является теплостойкость. Органические покрытия имеют меньшее сопротивление из-за относительной слабости связи углерод-углерод.

Промышленные и морские покрытия обычно называют **по типу применяемого связующего вещества**, например, алкидные, эпоксидные, полиуретановые и т.д. Кроме того, они могут называться по типу смолы и используемого отвердителя, например, **аминноэпоксидное** покрытие, где амин используется как отвердитель. Вместе с тем, другие продукты содержат комбинацию смол, такие как эпоксидно-акриловые, алкидно-уретановые или силикон-алкидные.

В общем, аналогичные материалы от двух разных производителей могут иметь существенно различные свойства, в зависимости от применяемой каждым из них точной формулы и технологического процесса. Каждый производитель имеет свою собственную формулу покрытия, включающую смесь смол, пигментов, добавок и растворителей, в результате чего и возникают основные различия в эффективности каждого конкретного покрытия.

Наиболее употребляемые типы ЛКМ для защиты стальных конструкций от коррозии в зависимости от природы их плёнкообразующего вещества следующие:

- АК = Алкидная краска (глифталевая – ГФ и пентафталева – ПФ краска);
- CR = Хлоркаучуковая краска;
- АУ = Акриловая краска;
- PVC = Поливинилхлоридная краска;
- EP = Эпоксидная краска;
- EPC = Эпоксидно-углеводородная (комбинированная) краска;
- ESI = Этилсиликатная краска;
- PUR = Полиуретановая краска;
- BIT = Битумная краска;
- PURC = Полиуретаново-углеводородная (комбинированная) краска.

Возможно также много других модификаций или комбинаций этих пленкообразующих веществ.

5.2.4. Типы ЛКМ по механизму образования пленки покрытия.

Стандарт ISO 12944-5 подразделяет краски по типам в зависимости от механизма образования ими пленки покрытия.

Механизм отверждения связующего вещества определяет способ перехода покрытия из жидкого состояния в твердое. Для большинства покрытий, используемых в промышленных и морских сферах, пленкообразование включает в себя химические реакции, однако, некоторые виды покрытий могут твердеть просто путем испарения растворителей.

Понимание механизма отверждения очень важно для профессионального применения покрытия. Многочисленные факторы: временные рамки, используемые элементы окружающей среды во время отверждения, нанесенные толщины пленки, а также смешивание компонентов покрытия оказывают влияние на отверждение пленки и в конечном итоге на срок службы покрытия. Тестирование и запись этих событий требует значительных затрат времени инспектора.

Существуют два основных типа механизмов отверждения:

- Не превращаемые (в нерастворимую форму);
- Превращаемые (в нерастворимую форму).

Процесс сушки не превращаемых (в нерастворимую форму) красок состоит исключительно из испарения растворителей и разбавителей при отсутствии химических превращений. Покрытия из этих материалов термопластичны и обратно растворимы.

Превращаемые покрытия твердеют с помощью одного из нескольких механизмов полимеризации, даже когда испарение растворителя также участвует. Смолы, используемые в превращаемых покрытиях подвергаются химическому изменению, по мере того как полимеризация прогрессирует. Полученная в результате пленка не легко снова растворяется растворителем, используемого при нанесении. Эти виды покрытий известны также как термореактивные материалы.

Есть несколько типов химических реакций, основные из которых рассматриваются в этой главе:

- Окисление;
- Полимеризация;
- Гидратация.

Стандарт ISO 12944-5:1998 подразделяет краски по типам в зависимости от механизма образования ими пленки покрытия.

Независимо от механизма пленкообразования жидких красок, внешним его проявлением является постепенное или скачкообразное увеличение вязкости материала. Жидкая краска на определенной стадии процесса становится вязкотекучей, а затем приобретает свойства твердого стеклообразного тела.

Жидким краскам на основе растворителей, независимо от механизма пленкообразования, присущ процесс испарения растворителей, который делится на две стадии:

- 1-я стадия: Испарение растворителя из жидкой пленки. Скорость испарения в первой стадии возрастает с увеличением температуры и уменьшением относительной влажности воздуха;
- 2-я стадия: Испарение растворителя из сформировавшейся пленки, скорость которого контролируется диффузией растворителя внутри пленки. Скорость испарения второй стадии возрастает с увеличением скорости движения воздуха вблизи окрашенной поверхности и повышением температуры.

Сформированные в естественных условиях покрытия всегда содержат некоторое количество (0,1-2%) остаточных растворителей, которые нередко сохраняются длительное время, отрицательно сказываясь на свойствах покрытий и ухудшая условия эксплуатации окрашенных конструкций. Эти дефекты возникают в случае применения очень летучих растворителей и их можно избежать, применяя менее летучий растворитель.

Связующее вещество также определяет механизм отверждения краски (таблица 5.2.). Более подробно механизмы отверждения красок будут рассмотрены ниже.

Таблица 5.2. – Основные механизмы отверждения красок

Краски физической сушки (испарение растворителя)	Краски кислородного окисления (реакция между связующим и кислородом воздуха)	Краски химического отверждения (два или более компонента реагируют друг с другом)	Отверждаемые влагой краски (реакция между связующим и атмосферной влагой)
Виниловые	Алкидные	Эпоксидные	Эпоксидные
Хлоркаучуковые	Масляные	Полиуретановые двухкомпонентные	Полиуретановые однокомпонентные
Акриловые	Эпоксистеровые	Полиэстеровые	Силикатные однокомпонентные
Битумные			Силикатные двухкомпонентные

Ниже приводится информация о существующих типах красок и об основных видах связующих веществ для них. Приведенная информация касается только химических и физических свойств красок, но не способа их применения. Указанные здесь ограничения для температур сушки и выдержки, могут отличаться для различных типов краски в зависимости от ее состава.

5.2.4.1. Не превращаемые в нерастворимую форму (физически высыхающие) краски.

Эти краски могут быть на основе растворителей или на водной основе.

Пленкообразование красок, разбавляемых растворителем, происходит при отсутствии химических превращений (пленка формируется лишь за счет физических процессов – испарения растворителя). Покрытия из этих материалов термопластичны и обратно растворимы.

Связующие смолы в физически высыхающих покрытиях состоят из длинноцепочечных молекул, что для их растворения требует применения высокого содержания растворителей.

Процесс сушки в этом типе красок состоит исключительно из испарения растворителей и разбавителей. Схема физического высыхания красок показана на рисунке 5.1. Большинство растворителей являются быстро летучими, что делает процесс сушки достаточно быстрым.

Типовым для красок физической сушки является то, что сухой слой повторно растворяется исходным или подобным по растворяющей способности растворителем. Когда наносится второй слой, то предыдущий размягчается и частично растворяется, и происходит перемешивание обоих слоев. Слишком толстый второй слой может вызвать потеки. Смешивание слоев делает затруднительным замеры толщины мокрого слоя для наносимого покрытия.

Время сушки будет зависеть от движения воздуха и от температуры. Краски физической сушки могут наноситься при низких температурах, даже ниже нуля. При пониженных температурах процесс испарения растворителей замедляется.

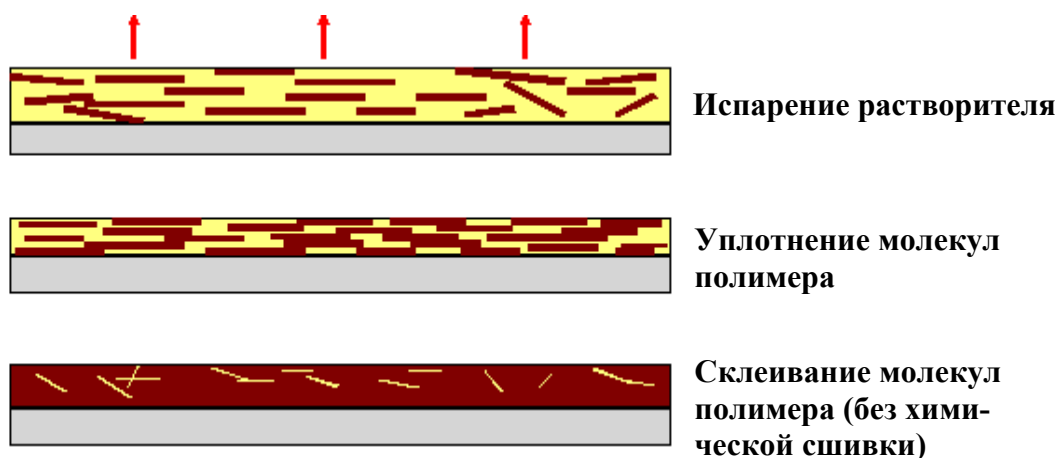


Рисунок 5.1. – Схема физического высыхания красок.

Типичными связующими веществами физически высыхающих красок являются:

- Хлоркаучуковые;
- Винил хлоридные сополимеры (также известный как PVC);
- Акриловые смолы;
- Битумные.

Свойства материала пленки, как правило, соответствуют свойствам исходных связующих.

Разбавляемые растворителями краски физической сушки долго служили в качестве промышленных и морских покрытий. Одна из причин ограничения применений этих красок в настоящее время – высокое содержание летучих органических соединений (ЛОС), что противоречит современным тенденциям по ограничению загрязнения окружающей среды. Из-за этого во многих частях мира использование непревращаемых покрытий было ограничено правилами ЛОС.

Многие из противоположающихся покрытий, используемых на судах, являются непревращаемыми, но в связи с характером покрытий и небольшими объемами их применения, как правило, они освобождаются от правил ЛОС.

Другой недостаток таких красок – невозможность нанесения покрытий толстым слоем.

Проблемными областями этих покрытий для инспектора являются:

- Толщина пленки (как правило, очень тонкая);

- Время высыхания (как правило, короткое);
- Вентиляция в области окрашивания;
- Перекрытие этих материалов может быть проблематичным, поскольку растворители, используемые в материале перекрывающего слоя, могут смягчить или растворить нижний слой.

В красках на водной основе связывающее вещество растворено в воде. Процесс отвердевания пленки в таких красках является специализированным случаем отвердевания вследствие испарения, называемым коалесценцией (слипанием). В этих покрытиях, мельчайшие частицы смолы диспергированы в воде с помощью специальных добавок, называемых поверхностно-активными веществами. Когда вода испаряется, частицы смолы слипаются вместе с образованием пленки. Слиянию частиц помогает небольшое количество органических растворителей (коалесцирующих растворителей). Этот процесс не обратим, то есть этот тип покрытия не растворяется в воде после высыхания. Эти типы покрытий, также известны как латексы или акриловые латексы, все больше и больше используются для защиты от коррозии.

Типичными связующими веществами являются:

- Акриловые диспергированные вещества;
- Виниловые диспергированные вещества;
- Полиуретановые диспергированные вещества.

Время высыхания этих красок будет зависеть в основном от движения воздуха, относительной влажности и температуры. Высыхание может происходить начиная от температуры +3°C, но при низких температурах оно будет происходить намного медленнее.

К проблемным областям покрытия для инспектора относятся:

5.2.4.2. Краски, твердеющие на воздухе.

Их пленка затвердевает при испарении органических растворителей или воды при одновременной реакции связующего вещества с кислородом воздуха. Схема высыхания красок на воздухе показана на рисунке 5.2. Происходит сшивка молекул друг с другом кислородными мостиками, причем верхняя часть пленок всегда более обогащена кислородом, чем нижняя. Сшивка молекул связующего вещества кислородом никогда не происходит на 100%, поэтому пленка остается реакционноспособной и во время эксплуатации покрытия процесс его окислительной полимеризации продолжается. Этим объясняется постепенное увеличение во времени жесткости таких типов покрытий. При воздействии солнечных лучей процесс ускоряется за счет инициирования образования свободных радикалов ультрафиолетовым излучением.

Типичными связующими веществами такого типа красок являются:

- Алкидные;
- Уретано-алкидные;
- Эфирно-эпоксидные;
- Маслянные.

Характерным для красок кислородного окисления является то, что такие краски однокомпонентные. После высыхания они не растворяются в первоначальных растворителях. В то же время сильные растворители могут вызвать проблемы лифтинга этих красок.

Новые и старые краски кислородного окисления, такие как алкидные, могут начать отслаиваться (вздуваться), если поверх них нанесены краски физической сушки или химического отверждения, содержащие сильные растворители. Нижний слой не будет растворен, но адгезия последующего слоя к подложке будет потеряна.

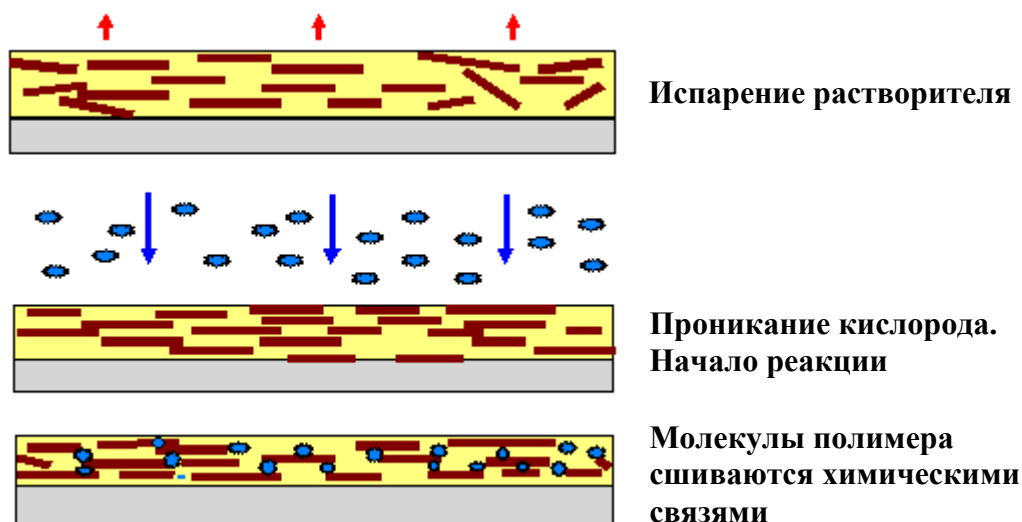


Рис. 5.2. Схема высыхания красок кислородного окисления

Время высыхания этих красок будет зависеть от типа и количества применяемых специальных добавок (сиккативов), ускоряющих процесс сушки, типа и количества растворителей, и температуры. Реакция с кислородом может происходить и при 0°C, хотя при низких температурах она проходит намного медленнее.

Покрyтия кислородного окисления непригодны для эксплуатации в режиме погружения и не могут выдерживать щелочную среду из-за реакции щелочных материалов с частью масла в смоле (омыления). Следует отметить, что неорганические цинковые покрытия и оцинкование не подходят в качестве подложки для большинства красок окислительного отверждения.

Основной проблемой для инспектора покрытий при использовании материалов окислительного отверждения является чрезмерная толщина пленки. Даже небольшое переутолщение покрытия может замедлить прохождение молекул кислорода через верхнюю часть пленки и остановить отверждение нижней части пленки покрытия. Сморщивание верхней части покрытия является видимым сигналом чрезмерной толщины пленки.

5.2.4.3. Химически твердеющие краски.

Химически твердеющие покрытия отверждаются путем реакций полимеризации по меньшей мере двух химических соединений. Полимеризация в основном означает, что небольшие молекулы превращаются в крупные молекулы с помощью различных механизмов. Полимеризацию также называют сшивкой.

Химически твердеющие покрытия охватывают широкий спектр химических составов. Основные примеры из них:

- Эпоксиды;
- Полиуретаны;
- Полимочевины;
- Полиаспартики;
- Другие.

Этот тип красок в большинстве случаев состоит из базового компонента (основы) и отвердителя или катализатора. Эти два компонента смешивают вместе непосредственно перед нанесением. Соотношения смешивания колеблются в пределах от 1:1 до 100:1 или более, в зависимости от химического состава материала. После смешивания молекулы отвердителя прикрепляются к молекулам основы, а затем другие молекулы основы прикрепляются в другое место к

молекулам, где процесс полимеризации уже начался и так далее до тех пор, пока почти все молекулы не будут связаны друг с другом в виде одной молекулярной цепи (рис. 5.3). Получаемые покрытия, как правило, необратимы.

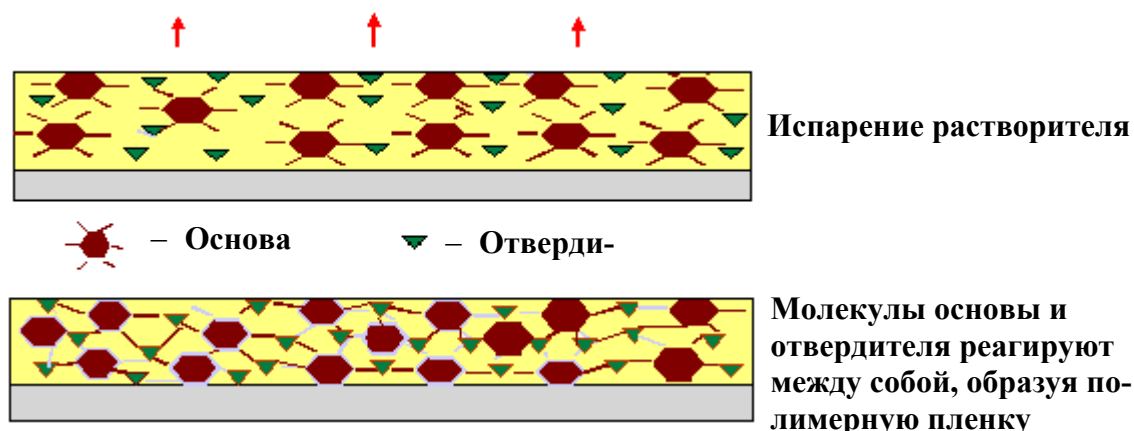


Рис. 5.3. Схема химического отвердевания двухкомпонентных красок.

Для большинства содержащих растворитель покрытий (требующих его применения для нанесения) первым шагом в процессе отверждения является испарение растворителя. Для покрытий химического отверждения второй шаг – полимеризация, которая может занять несколько дней или даже несколько недель до того, как пленка пройдет полную полимеризацию и приобретет все свои свойства. Такие лакокрасочные материалы обычно содержат минимальное количество растворителей, их можно наносить в широком интервале толщин.

Как компонент основы, так и отвердитель сами по себе могут храниться достаточно долго, но, как только они смешиваются, начинают взаимодействовать друг с другом. Вязкость смешанного материала возрастает со временем и постепенно становится настолько высокой, что краска становится непригодной к нанесению. Максимальное время, в течение которого продукт, состоящий из отдельных компонентов, должен быть использован после их смешения, называется "**жизнеспособностью**". Период времени жизнеспособности варьируется в зависимости от природы и массы материала и от температуры: чем выше температура, тем короче жизнеспособность.

Некоторые реакции химически отверждаемых покрытий также требуют периода времени после смешивания компонентов перед началом нанесения для начала химической реакции. Это время называется **временем индукции**.

Инспектор покрытия должен подтвердить, что:

- Компоненты покрытия являются правильными;
- Соотношение при смешивании правильно;
- Материалы полностью смешаны;
- Применение соответствующих растворителей;
- Соблюдается время индукции (при необходимости);
- Жизнеспособность не превышена.

Еще одна проблема с множеством покрытий химического отверждения – **перекрытие верхними слоями**. Они должны быть перекрыты в предписанные сроки, известные как «**максимальный интервал перекрытия**». Он может составлять всего лишь несколько часов, или несколько дней. Несоблюдение интервала перекрытия уменьшает адгезию верхнего слоя к покрытию и может привести к преждевременному повреждению системы покрытия. Некоторые

продукты не могут быть перекрыты сверху вообще и их используют в качестве самостоятельной однослойной системы покрытий.

Из материалов химического отверждения чаще всего применяют эпоксидные и полиуретановые.

Продолжительность формирования покрытий определяется скоростью протекания химических реакций, а их свойства – степенью завершенности процесса.

Покрытия формируются при положительных температурах, скорость отверждения возрастает с увеличением температуры.

Физико-механические характеристики и химстойкость таких покрытий, как правило, высокая, особенно в случае получения покрытия с трехмерной пространственной структурой.

Химические высыхающие краски также имеет свои отрицательные стороны:

– У каждой краски соотношение смешивания подбирается из условия получения самых длинных полимерных молекул. При нарушении этого соотношения изменяется структура получаемых молекул, вследствие чего и свойства краски ухудшаются.

– Возможность ошибки при смешивании – применение отвердителей других красок, не предназначенных для данного материала. Например, если в основу эпоксидной краски добавить отвердитель из полиуретановой краски, то внешне ничего не произойдет, но реакция полимеризации протекать не будет. Но, если в такую смесь, оставшуюся на стенках банки, долить правильно замешанную эпоксидную краску, то она моментально превратится в гель.

5.2.4.4. Краски, отвердевающие при помощи влаги воздуха (гидратация)

Подобно цементу, для гидратации таких покрытий требуется определенное количество воды, чтобы совершить их полимеризацию.

Пленка высыхает при испарении воды или растворителя, но краска отвердевает химически, взаимодействуя с влагой в воздухе.

Типичные примеры таких красок:

- этилсиликат (2 компонентный);
- этилсиликат (1 компонентный).
- полиуретан (1 компонентный);

Примером гидратации 2-компонентных этилсиликатов может служить наполненное цинком неорганическое покрытие на основе этилсиликатной смолы, разведенной в растворителе. После нанесения и испарения растворителя атмосферная влага реагирует с силикатом с образованием кремниевой кислоты. Кремниевая кислота реагирует с цинковым пигментом и полимеризация протекает до полного отверждения.

Несколько иная реакция отверждения происходит при использовании 1-компонентных неорганических цинковых покрытий на водной основе. Эти материалы используют некоторое количество воды, которое находится в продукте, но и требуют углекислого газа из окружающей атмосферы, чтобы завершить процесс отверждения.

Эти материалы на вид высыхают очень быстро – иногда в течение нескольких минут, и, как минимум, кажутся сухими и твердыми менее чем за час, но может пройти 24 часа и более, пока они не полимеризуются до возможности нанесения верхнего покрытия.

Механизм полимеризации однокомпонентных полиуретанов (рисунок 5.4) состоит в следующем: функциональные изоцианатные группы под воздействием влаги переходят в аминные

с выделением углекислого газа. Аминные группы, в свою очередь, взаимодействуют с изоционатными группами с образованием сшитого полимерного материала.

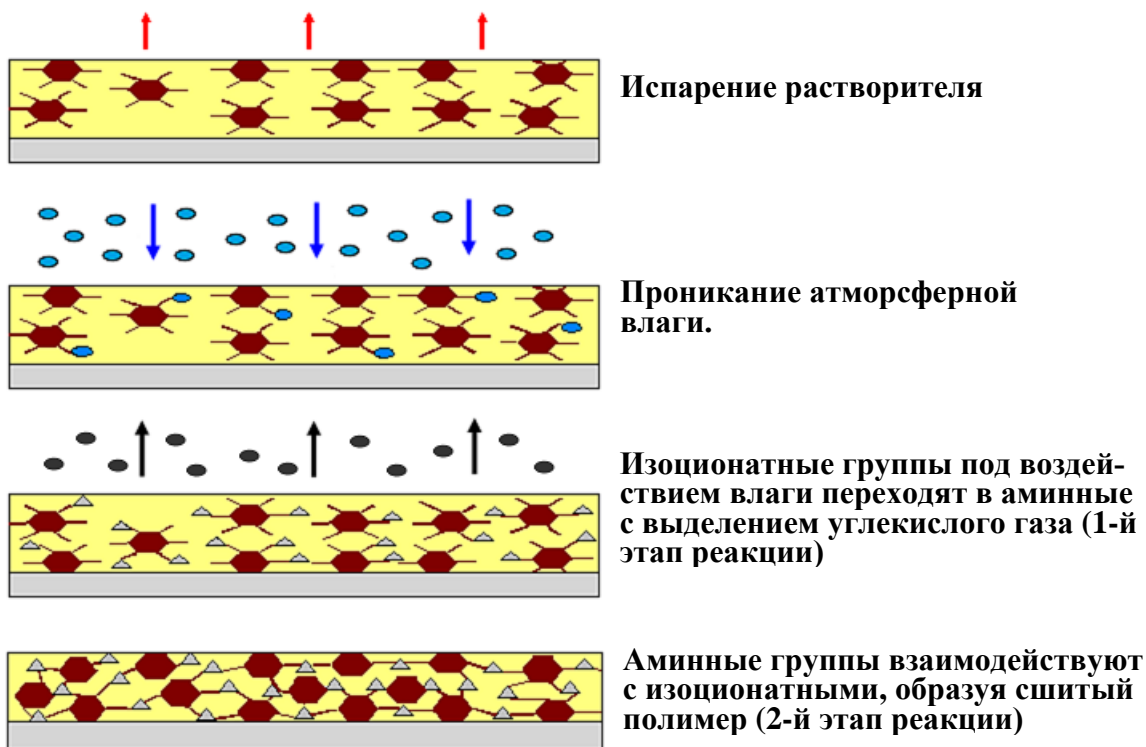


Рисунок 5.4. – Схема химической полимеризации отверждаемых влагой однокомпонентных полиуретанов

Полиуретановое покрытие формируется как при положительных, так и при отрицательных температурах, а скорость отверждения зависит от содержания влаги в воздухе, и, как правило, с увеличением температуры возрастает. Время сушки, помимо всего прочего, будет также зависеть от движения воздуха и толщины пленки. Продолжительность формирования покрытий определяется скоростью протекания химической реакции, а их свойства – степенью завершенности процесса.

В результате химической реакции образуется покрытие с трехмерной пространственной структурой. Физико-механические характеристики и химстойкость таких покрытий, как правило, высокая.

Инспектор по нанесению отверждаемых влагой покрытий должен контролировать на обеспечение следующих требований:

- Наносимая толщина пленки не должна превышать заданную толщину;
- Материал не перекрывается верхним покрытием, пока он полностью не полимеризуется – это касается этилсиликатных покрытий.

5.2.4.5. Сплавление порошковых красок.

Сплавление является принудительной термообработкой для полимеризации порошковых красок, требующих определенной температуры, чтобы завершить отверждение. Отверждаемые сплавлением покрытия могут быть одно- или двухкомпонентными материалами.

Примером могут быть наплавляемые эпоксидные покрытия (fusion-bonded epoxy – FBE) обычно используемые для покрытия трубопроводов в нефтехимической промышленности.

Область, контролируемая инспектором – гарантировать, что оператор по наплавке порошковых покрытий соблюдает предписанный температурный цикл для наносимого покрытия.

5.3. Характеристика различных типов красок.

5.3.1. Твердеющие на воздухе алкидные краски.

Отверждаемые на воздухе алкидные покрытия иногда называемые «покрытия на масляной основе» используются в той или иной форме тысячелетиями. Современные алкидные краски обычно представляют собой сочетание натуральных олиф и синтетических смол.

Полезным свойством алкидных красок является то, что они однокомпонентные и просты в нанесении при низкой стоимости оборудования. Отрицательная их особенность состоит в том, что они могут очень медленно высыхать.

Алкидные краски включают много различных типов. Классические алкиды производятся из спиртов (**alcohol**) и кислот (**acid**) с добавлением жирных кислот или растительного или животного масла, предназначенного для придания алкидным смолам растворимости, а покрытиям на их основе водостойкости и эластичности.

В зависимости от спирта, используемого при изготовлении, различают глифталевые (на основе глицерина), пентафталевые (на основе пентаэритрита) и другие смолы.

В зависимости от содержания масла в алкидах их разделяют на жирные, средние и тощие, содержащие соответственно более 60%, 40-60% и менее 40% масла. Для глифталевых смол наименьшая водонепроницаемость и наибольшая атмосферостойкость лаковых пленок наблюдается при содержании масла около 50%, для пентафталевых – при 60-65%.

Алкидные краски с высоким содержанием масла довольно часто используются для наружной окраски деревянных конструкций, декоративной окраски и как антикоррозионные покрытия.

Алкидные краски со средним содержанием масла широко используются в декоративных целях, а также для полов и в других местах, где требуется высокая износостойкость. Сформулированные в качестве антикоррозионных покрытий, они особенно часто используются в качестве финишного покрытия.

Краски с низким содержанием масла используются в промышленности, например, как эмали горячей сушки и различные грунтовки.

Алкидные грунтовки содержат антикоррозионные пигменты, например, фосфат цинка, которые предотвращают коррозию стальных поверхностей.

Алкидные краски в антикоррозионных системах применяются по традиции, и сохраняют определенные позиции в конкуренции с продуктами на основе новых, так называемых передовых связующих, прежде всего из-за их дешевизны, толерантности к подготовке поверхности и простоты обслуживания в процессе их эксплуатации.

Алкидные системы используются как атмосферостойкие покрытия. Водостойкость алкидных красок не достаточна для непрерывного воздействия высокой влажности или воды.

Алкидные грунтовки не рекомендуется использовать для окраски наполненных цинком грунтовок или оцинкованных поверхностей, так как их связующие (алкидные смолы), как правило, имеют слабую устойчивость к воздействию продуктов коррозии цинка, следствием чего может стать деструкция алкидной смолы (омыление) с последующей потерей адгезии.

Алкидные краски имеют хорошие проникающие свойства и в помещениях обычно достаточно подготовка поверхности до степени St2 или St 3. Однако, при воздействии более тяжелых

условий, пескоструйная очистка сварных швов и поврежденных участков грунтовки являются предпочтительнее.

Алкидные краски не рекомендуются для использования на бетонных поверхностях и на относительно новых кладках из-за плохой устойчивостью к щелочам. При взаимодействии со щелочами алкиды омыляются.

Обобщенные характеристики алкидных красок приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Обобщенные характеристики алкидных красок.

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> • однокомпонентность; • низкая стоимость; • хорошо смачивают поверхность; • хорошая адгезия к металлу, дереву; • хорошая межслойная адгезия; • хорошая проникаемость, в связи с чем низкие требования к подготовке поверхности; • простота ремонта; • хорошая атмосферная стойкость, хорошая стабильность цвета и блеска; • высокая технологичность; 	<ul style="list-style-type: none"> • длительный срок высыхания; • высокое содержание органических растворителей; • небольшая толщина однослойного покрытия (30 - 50 мкм, до 80 мкм для специальных видов); • нанесение при температуре выше +5°C; • слабая водо и химстойкость, особенно к щелочам; • ограниченная стойкость к растворителям; • нельзя перекрывать красками на сильных растворителях ("лифтинг"); • не может наноситься на оцинкованные металлы и на содержащие цинк грунтовки (омыление); • не наносится на бетон (слабая стойкость к щелочам).

5.3.2. Модифицированные алкидные краски.

Алкиды могут быть модифицированы несколькими способами. Ниже приведены несколько примеров:

Тиксотропные алкидные краски. Алкиды модифицируются определенными полиамидами, производимыми путем сгущения димерных жирных кислот и диаминов, в результате чего получают тиксотропные алкидные краски.

Преимуществом тиксотропных алкидных красок является возможность их нанесения толстым слоем. Недостаток в том, что они часто имеют худший блеск, и их трудно использовать в жарком климате.

Алкидстирольные краски получают путем добавления стирола в процессе производства, обычно с пероксидами в качестве катализатора. Эти алкиды быстро высыхают, но требуют более сильных растворителей (ароматические) и существует опасность подрыва существующей краски в случае применения нескольких слоев.

Алкидсиликатные краски обладают особенно хорошим блеском и стабильностью цвета. Они часто используются в качестве верхних покрытий. ВМС США использует силиконовые алкидные смолы в качестве внешнего верхнего покрытия на всех надводных кораблях.

Алкидно-уретановые краски. В ходе производства алкид-уретанов фталевая кислота полностью или частично замещается изоцианатами с получением твердой и прочной пленки. Алкидно-уретановые краски сохнут быстрее и обычно имеют худшую стойкость к ультрафиолету, чем стандартные алкидные, но имеют немного лучшую стойкость воздействию воды и химических веществ и более высокую износостойкость. Блеск и стабильность цвета может быть плохой, в зависимости от типа изоцианатов.

Эпоксифирные краски получают добавлением в алкидную смолу небольшого количества эпоксидной смолы. Это одноупаковочное покрытие имеет лучшую стойкость к воде и химическому воздействию, чем обычные алкиды. Но их не следует путать с двухкомпонентными эпоксидными покрытиями, которые имеют гораздо более высокую стойкость к воде и химическому влиянию.

Область инспекторского надзора:

- Необходимо знать конкретный тип используемых алкидных покрытий и следовать рекомендованному производителем времени отверждения и информации о времени перекрытия.
- Очень важно не допускать переутолщения пленки.
- Когда используется алкидная грунтовка в качестве шоппраймера для промышленного оборудования, может возникнуть необходимость полного его удаления перед нанесением двухкомпонентной грунтовки основной системы.
- Покрытия на основе алкидов обычно не совместимы с бетоном или материалами на основе цинка.

5.3.3. Физически высыхающие виниловые краски.

Виниловые краски широко использовались в качестве промышленных покрытий на химических и нефтеперерабатывающих заводах, нефтебазах, мостах, и в судостроении ниже ватерлинии.

Виниловые краски имеют отличные барьерные свойства для влаги и кислорода, превосходную стойкость к воде и очень хорошую к кислотам и щелочам. Они однокомпонентны, и легко наносятся методом безвоздушного распыления, кистью или валиком.

Как все краски физического высыхания, их покрытия обратнорастворимы и, следовательно, не имеют ограничений по максимальному времени перекрытия последующими слоями. Это качество красок обеспечивает хорошую межслойную адгезию. Их преимуществом является также то, что они быстро сохнут, даже при низких температурах.

Одно из ограничений применения этих материалов – высокие требования к подготовке поверхности. Виниловые краски состоят из больших молекул, обладающих высокой способностью к склеиванию. Поэтому, для того, чтобы краска была в жидком состоянии и имела вязкость, пригодную для нанесения, возникает необходимость применять большое количество сильных растворителей. Из-за ограниченной смачивающей способности этих красок необходима абразивоструйная очистка поверхности до степени Sa2½. Их можно также наносить на неповрежденный межоперационный грунт (всех типов).

При нанесении виниловых красок по цинк-силикатным грунтовкам часто возникают проблемы, связанные с образованием игольчатых пор («пин-голов»). Этого можно избежать, применяя специальный связующий слой на виниловой основе или особую технику нанесения "очень тонкий напылённый слой – полное покрытие". Связующий слой следует наносить на сухие цинк-силикатные грунтовки толщиной 20-30 микрон.

Виниловые краски имеют ограничения по толщине наносимой за один раз пленки. При нанесении слишком толстого слоя высокая вероятность захвата воздуха в пленку краски. Поэтому важно следовать рекомендациям производителей относительно толщины сухой и мокрой пленки.

Существует достаточное разнообразие виниловых красок, отличающихся по своим физико-механическим качествам. Все они образуют жесткую пленку, стойкую к воде и химикатам. Механизм сушки основан исключительно на испарении растворителя.

Виниловые краски на основе сополимеров винилхлоридов и винилацетата имеют плохую адгезию к металлам, и поэтому не используются в качестве грунтовок. Для получения краски с хорошей адгезией к металлам или цинкнаполненным грунтовкам используемый в грунтовке сополимер обрабатывается некоторыми кислотными группами (малеиновые кислоты).

Виниловые краски представляют собой термопластичные покрытия. Они становятся мягкими при более высоких температурах и жесткими – при низких. Не рекомендуются их применять при длительном воздействии температур выше 75-80°C. Может происходить разложение краски, ее пожелтение и развитие хрупкости пленки краски.

Со временем эти краски "стареют". Виниловые смолы, как правило, сами по себе слишком хрупки, и поэтому к ним добавляют пластификаторы, в основном хлорированные парафины или фталаты, чтобы придать им эластичности и упругости.

Обобщенные характеристики виниловых красок приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4. – Обобщенные характеристики виниловых красок.

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> • однокомпонентность; • физическое высыхание; • высокая химическая устойчивость; • превосходная водостойкость; • отличные барьерные свойства для кислорода, стойкость к воде • быстрое высыхание, даже при низких температурах; • нанесение не зависит от температуры. • не имеют ограничений по максимальному времени перекрытия. 	<ul style="list-style-type: none"> • низкий сухой остаток; • плохая устойчивость перед сильными; растворителями; • термопластичность; • термостойкость от -20°C до +70°C; • ограничения по толщине наносимой за один раз пленки; • со временем эти краски "стареют".

Для получения специальных характеристик виниловые смолы иногда сочетают с другими связующими. Однако, совместимость таких красок будет ограничена. Вот несколько примеров:

- акриловые смолы принадлежат к подобным виниловому типу смол, но не содержат хлора. Они могут содержать больше сухого остатка в объемных процентах, лучше сохраняют цвет и блеск и легче освобождаются от растворителей по сравнению с чистыми виниловыми смолами;
- углеводородные полимеры (синтетические каучуки) понижают вязкость краски и повышают ее содержание сухого остатка в процентах по объему. Они имеют хорошую смачивающую способность, что имеет особое значение для грунтовок;
- альдегидные полимеры/кетонные полимеры также понижают вязкость краски и повышают ее содержание сухого остатка в процентах по объему. Они также придают отделочным покрытиям более высокий глянец;
- эпоксидные полимеры, при их добавлении в виниловые смолы могут придать покрытию лучшую межслойную адгезию. Небольшие количества определенных типов эпоксидных смол будут выступать в качестве стабилизаторов для виниловых смол.

Шоппраймер на основе связующего поливинилбутираля, пигментированного тетраоксихроматом цинка, показывает очень хорошую адгезию к различным металлам. Такие шоппраймеры, в сочетании с фосфорной кислотой в качестве отвердителя, должны наноситься очень тонким слоем, как правило, в диапазоне 8-13 мкм.

Виниловые краски обычно содержат большое количество летучих органических соединений и были запрещены к использованию в большинстве стран.

При инспектировании этих материалов, контролируйте толщину наносимой мокрой пленки, так как эти материалы могут иметь очень низкий сухой остаток, вплоть до 23%, и при нанесении покрытий толстой мокрой пленкой, значения толщины сухой пленки могут оказаться очень низкими. Для резервуаров и трубопроводов система облицовки из шести-семи слоев не является необычным явлением.

5.3.4. Физически высыхающие хлоркаучуковые краски.

Физически высыхающие хлоркаучуковые покрытия являются одними из самых первых коррозионно-стойких покрытий. Они были разработаны в 1930-х годах и широко используются в качестве промышленных покрытий на химических и нефтеперерабатывающих заводах, нефтехранилищах, мостах, на судах (как выше, так и ниже ватерлинии) и других морских сооружениях.

Виниловые и хлоркаучуковые покрытия, как правило, имеют аналогичные показатели свойств. Они обладают высоким барьерным эффектом, хорошей стойкостью к атмосферной коррозии, химическому воздействию, истиранию и ударным нагрузкам.

Как и все физически высыхающие краски хлоркаучуковые покрытия обратны растворимы. Обратную растворимость можно рассматривать и как положительное, и как отрицательное свойство.

В большинстве случаев растворимость покрытия имеет положительный эффект, поскольку нет ограничений по максимальному времени перекрытия таких красок при хорошей межслойной адгезии.

Отрицательной стороной хлоркаучуковых покрытий является их неустойчивость к большинству растворителей. Это означает, что сильные растворители могут повредить пленку краски и, кроме того, есть опасность, что растворители могут быть вовлеченными в пленку краски. Особенно это опасно, когда предыдущий хлоркаучуковый слой перекрывается толсто-слоистой системой при низких температурах.

Хлоркаучуковые краски имеют очень хорошую устойчивость к воде. Они также весьма устойчивы к кислотам и щелочам и большинству агрессивных химических веществ. Тем не менее, устойчивость к животным и растительным жирам оставляет желать лучшего.

Хлоркаучук состоит из больших, очень плотно связанных молекул, которые обладают высокой силой притяжения друг к другу. По этой причине для того, чтобы сохранить краску в жидком состоянии и иметь вязкость краски пригодной для нанесения, требуется большое количество сильных растворителей.

В связи с ограниченной смачивающей способностью этих красок, нанесение должно выполняться только на поверхности после струйной очистки абразивом до степени Sa2½, либо же непосредственно на неповрежденную межоперационную грунтовку (большинство типов).

Хлоркаучуковые покрытия имеют невысокий предел теплостойкости. Они не рекомендуются для объектов, которые имеют постоянную температуру более 70°C. При более высоких температурах наблюдается тенденция к химическому разложению связующего с выделением соляной кислоты (HCl) в качестве одного из продуктов реакции.

Хлоркаучуковые покрытия защищают сталь благодаря своему барьерному эффекту. Обычно краска включает пигменты, предотвращающие ржавчину. Хлоркаучуковые грунтовки очень часто пигментированы алюминием для увеличения барьерного эффекта.

Хлоркаучуковые покрытия, как правило, наносятся толщиной сухой пленки (ТСП) в 60-80 мкм в одном слое. Трех слоев хлоркаучуковых красок обычно достаточно, чтобы обеспечить удовлетворительный барьер, и тем самым, хорошо защитить поверхность от коррозии. Не сле-

дует наносить хлоркаучуковые краски толщиной более 60-80 мкм (ТСП) за один слой, так как есть большая вероятность захвата воздуха в пленку краски и образования впоследствии пузырей на пленке.

Покрытия физической сушки изготавливают в основном из высокомолекулярных полимеров. Хлоркаучуки могут быть получены путем хлорирования натурального или синтетического каучука. Хлоркаучуковые смолы, как правило, слишком хрупкие, чтобы быть пригодными для использования в качестве самостоятельного связующего для покрытий, и поэтому, должны быть пластифицированы, например, хлорированными парафинами, чтобы смягчить покрытие и сделать его более упругим. Хлоркаучуковые покрытия термопластичны, а это означает, что при повышении температуры они становятся мягкими, а при понижении – жесткими. Со временем краска будет "стареть". Пластификаторы будут поддерживать с течением времени хорошие физические свойства, такие как гибкость, ударопрочность и хорошую адгезию.

Обобщенные характеристики хлоркаучуковых красок приведены в таблице 5.5.

Хлоркаучуковые покрытия содержат большое количество ЛОС (регулируемых материалов), и в настоящее время его использование почти полностью исключено в большинстве стран мира. Они были однокомпонентные материалы, которые демонстрировали отличную устойчивость к воде, солнечному свету и многим продуктам нефтехимии.

Таблица 5.5. – Обобщенные характеристики хлоркаучуковых красок.

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> • однокомпонентность; • физическое высыхание; • обладают высоким барьерным эффектом • отличная водостойкость; • быстрое высыхание; • нанесение не зависит от температуры. • легко перекрывается • хорошая химическая устойчивость • хорошая защита от коррозии 	<ul style="list-style-type: none"> • низкий сухой остаток; • плохая устойчивость к растворителям • относительно низкие проникающие свойства • требует хорошей подготовки поверхности (не менее Sa2½) • термопластичность; • термостойкость от -20°C до +70°C

При работе с хлоркаучуковыми покрытиями инспектор должен:

- Следить, чтобы покрытие в одном слое наносилось только очень тонкой пленкой.
- Понимать, что иногда целых шесть слоев необходимо для достижения полной коррозионной стойкости.
- Понимать, что хлоркаучуковые покрытия не должны перекрываться двухкомпонентными покрытиями.

5.3.5. Физически высыхающие акриловые краски.

5.3.5.1. Акриловые краски на основе растворителей.

Акриловые смолы в первую очередь характеризуются тем, что они бесцветны и обладают идеальной прозрачностью. Акриловые покрытия имеют превосходную стойкость к ультрафиолету и к атмосферным влияниям, и в некоторых случаях, обладают стойкостью к брызгам и проливам некоторых кислот. Они широко используются в качестве верхнего отделочного покрытия в виниловых и хлоркаучуковых системах, поскольку акриловые покрытия обеспечивают лучшую стойкость к внешним воздействиям, по сравнению с покрытиями на основе этих связующих (лучше блеск, меньше налипание грязи, меньшее пожелтение, быстрое высыхание). Акрилы наносятся толщиной сухой пенки до 50 микрон.

Эта группа физически высыхающих покрытий в основном производится из высокомолекулярных полимеров. Чаще всего в качестве акриловых полимеров в покрытиях используют, по-

лиметакрилаты и полиакрилаты. Эти смолы обычно вступают в совместную реакцию с другими смолами. Такие комбинированные материалы имеют увеличенную стойкость к ультрафиолету и общую устойчивость к атмосферным влияниям.

Как и все физически высыхающие покрытия, акриловые покрытия обратно растворимы в растворителях, применяемых при производстве этих красок. Это свойство можно отнести к преимуществам, так как обеспечивается хорошая межслойная адгезия и нет ограничений по максимальному интервалу перекрытия последующими слоями. Акриловые покрытия термопластичны, а это означает, что они станут мягкими при более высоких температурах и жесткими – при низких. Со временем краска будет "стареть", в связи с чем необходимо использовать пластификаторы для поддержания с течением времени таких физических свойств как гибкость, хорошая адгезия и ударостойкость.

Обобщенные характеристики акриловых красок приведены в таблице 5.6.

Механизм сушки акриловых покрытий основан исключительно на испарении растворителя.

Таблица 5.6. – Обобщенные характеристики акриловых красок.

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none">• однокомпонентность;• физическое высыхание;• хороший блеск;• стойкость к налипанию грязи;• стойкость к пожелтению;• быстрое высыхание• нанесение не зависит от температуры.• легко перекрывается	<ul style="list-style-type: none">• низкий сухой остаток;• плохая устойчивость к растворителям• термопластичность;• термостойкость от -20°C до +70°C• со временем краска "старее"

5.3.5.2. Акриловые краски на водной основе.

Акрил также может быть применен в качестве эмульсий и водных дисперсий, которые отверждаются путем коалесценции (слипания) мельчайших частиц акриловой смолы.

Исторически сложилось так, что акриловые краски на водной основе впервые были применены не для защиты от коррозии, а в качестве декоративных покрытий. Однако, последние улучшения в производстве водоразбавляемых акрилов создали акриловые покрытия «промышленного класса» с очень хорошими коррозионностойкими свойствами наряду с улучшенной стойкостью цвета и блеска.

При нанесении водоразбавляемых красок инспектор должен контролировать температуру при их транспортировке и хранении: все, что ниже 0°C (точки замерзания) ухудшает свойства материала.

Химические процессы.

С дисперсиями акриловых сополимеров в воде можно получить гораздо более высокую молекулярную массу (> 200000) полимеров, чем таких же самых в растворителях. Дисперсионный полимер имеет высокое содержание твердых веществ (> 50%), которое обеспечивает быстрое высыхание на воздухе за счет испарения воды.

Высокая молекулярная масса исключает необходимость в каком-либо дополнительном отверждении связующего (нагрев, взаимодействие с кислородом и т.д.). В результате компактного притягивания молекул получается жесткая комплексная пленка, которая сохраняет свою гибкость в течение долгого времени и устойчива к деградации. Схема физического высыхания акриловых красок на водной основе показана на рисунке 5.5.

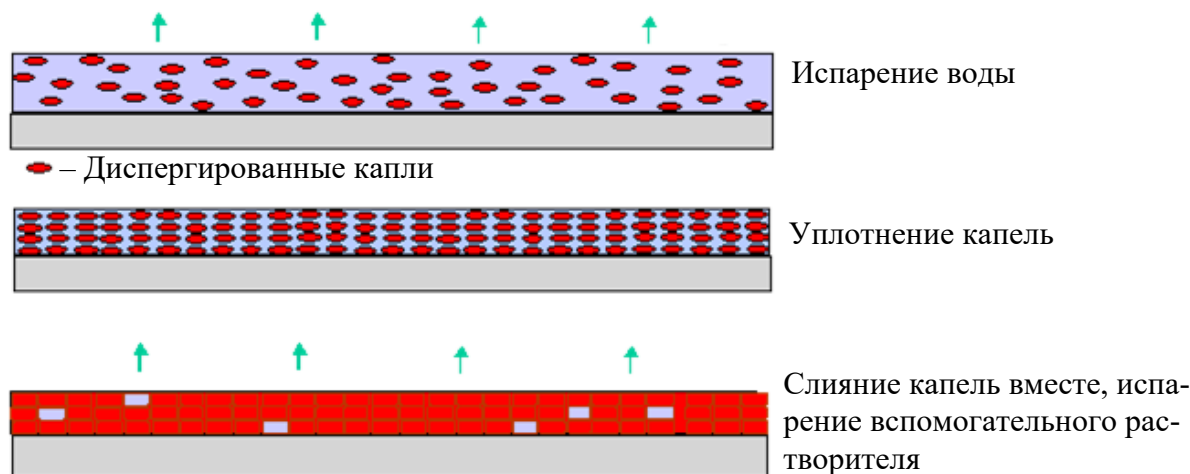


Рисунок 5.5. – Схема физического высыхания акриловых красок на водной основе.

Свойства полимеров могут быть воспроизведены специально для различных областей применения, например, путем сополимеризации двух или более мономеров, таких как метиметакрилат, метакрилат, бутилакрилат, стирол, бутадиеи и т.д. в различных пропорциях. Процесс полимеризации и выбор добавок существенно влияют на свойства связующего. Поэтому один и тот же общий тип связующего может иметь сильно отличающиеся свойства. Так как акрилы термопластичны, в красках используют твердые акриловые и стирол-акриловые полимеры (с высокой температурой стеклования), чтобы получить твердую и стойкую краску для защиты от промышленной коррозии.

Формирование пленки включает в себя слияние полимерных частиц в жидком покрытии. На ранних этапах слияния частиц, пленки характеризуются наличием микроскопических каналов между латексными частицами. В практических условиях окрашивания, эти каналы исчезают в течение определенного периода, поскольку частицы продолжают объединяться вместе. Чтобы ускорить этот процесс, в композицию вводят летучие растворители, называемые коалесцирующими (сцепляющими) добавками. Эти медленно испаряющиеся органические растворители действуют как временные пластификаторы на поверхности частицы и оптимизируют сращивание частиц полимера (они сплавляются вместе).

Присутствие этих коалесцирующих растворителей означает наличие летучих органических соединений. Поэтому содержание ЛОС акриловых красок на водной основе не равно нулю. Содержание летучих органических соединений как для грунтовки, так и отделочной краски составляет приблизительно 45-60 г/л.

Свойства и практические аспекты.

Преимущества применения воды в качестве растворителя/разбавителя в полимерных дисперсиях является очевидными: вода не ядовита, не имеет запаха, не содержит опасных для здоровья или воспламеняющихся (отсутствие риска взрывов) веществ. Выбросы органических растворителей в атмосферу минимальны и передаваемые через воду продукты являются экологически чистыми, поэтому не представляют больших опасностей для пользователей/маляров. Кроме того акрилы имеют хорошую устойчивость к ультрафиолетовым лучам, они быстро высыхают, не желтеют и не подвергаются омылению.

Недостатком водно-полимерных дисперсий является медленное испарение воды при низких температурах и высоком содержании влаги в воздухе. Вода имеет очень высокое поверхностное натяжение и поэтому в состав требуется добавлять некоторые специальные добавки (поверхностно-активные вещества) которые среди прочего улучшают смачиваемость пигментов краски и подложки. Некоторые из этих добавок могут оказывать негативное влияние на во-

достойность и водопроницаемость покрытий. В дополнение к вышесказанному следует отметить, что хорошее формирование пленки для красок на водной основе в большей степени влияет на свойства красок, чем для красок содержащих растворитель. И, конечно же, краска будет замерзать при температуре ниже 0°C.

Акриловые покрытия на водной основе могут выпускаться в виде глянцевых или полуглянцевых покрытий, как грунтуемыми, так и финишными покрытиями. Они могут наноситься на многие различные подложки, в том числе на сталь, оцинкованный металл, алюминий, бетон, каменную кладку и дерево. Акриловая грунтовка на водной основе быстро сохнет и твердеет и через два часа при 23°C способна к перекрытию. Она демонстрирует очень хорошую адгезию к стали, очищенной абразивоструйным способом, оцинкованной стали и алюминию.

Водоразбавляемая акриловая отделочная краска имеет высокую стойкость блеска, хорошую атмосферостойкость, хорошую водостойкость и хорошую устойчивость к ультрафиолетовым лучам и не желтеет. Высыхает до твердой пленки уже через 45 минут после нанесения, и может перекрываться следующим слоем через 2 ч при 23 °С (при ТСП = 50 мкм), и она может высыхать при температуре до 5°C. Она также может быть использована на нескольких покрытиях на основе растворителя в так называемой гибридной системы окраски.

Полуглянцевое водоразбавляемое акриловое верхнее покрытие может быть нанесено толщиной сухой пленки 80 мкм, и имеет такие же хорошие свойства, как и высокоглянцевое покрытие, и даже лучшую водостойкость.

5.3.6. Физически высыхающие битумные краски.

Битумные покрытия являются толстослойными материалы, применяемыми в разжиженном состоянии с помощью растворителей. Они обладают хорошей гидроизолирующей способностью и достаточно хорошей химической стойкостью, но не устойчивы к действию растворителей. Коммерческие битумные продукты рекомендуются к применению в ограниченных объемах для защиты алюминиевых поверхностей, контактирующих с цементсодержащими материалами или для стальных и медных сварных соединений кабелей. Битумные покрытия твердеют в результате испарения растворителей.

5.3.7. Краски химической полимеризации: эпоксидные краски.

5.3.7.1. Общие сведения об эпоксидных красках.

Эпоксидные покрытия впервые были разработаны в середине-конце 1950-х годов и в настоящее время наиболее широко используются в качестве промышленных и морских защитных покрытий.

Основными компонентами любой системы эпоксидных покрытий являются эпоксидная смола и отвердитель. Эпоксидные смолы представляют собой химически активные промежуточные продукты, которые могут быть жидкими или твердыми, и они превращаются в конечном покрытии путем реакции с отвердителями. Отверждающие агенты действуют путем взаимодействия с определенными эпоксидными и гидроксильными группами в молекулах эпоксидной смолы, образуя трехмерную тугоплавкую полимерную сетку.

Хотя смола и отвердитель являются общими для всех эпоксидных покрытий, другие материалы включены для достижения желаемых реологических характеристик, скорость отверждения, внешний вид и свойства пленки.

Есть целый ряд различных видов эпоксидных красок. Каждый из них предназначен отвечать определенным требованиям по условиям применения и времени службы. Тем не менее, они имеют много общих свойств. В настоящем параграфе приводятся общие свойства и особенности эпоксидных смол, а затем и отдельных эпоксидных покрытий.

Эпоксидные смолы могут быть смешаны с другими смолами или специальными пигментами для изменения характеристик сопротивления основного эпоксиды:

- Смешивание с акриловой смолой увеличивает стойкость к ультрафиолетовому излучению;
- Смешивание с фенольной смолой повышает химическую стойкость;
- Добавление стеклянных чешуек увеличивает вязкость и износостойкость;
- Добавление оксида алюминия или других материалов неправильной формы создает противоскользкие покрытия.

Некоторые эпоксидные покрытия, называемые эпоксидные мастики, часто продаются и используются в качестве «толерантных к поверхности покрытий». Это означает, что такие покрытия хорошо прилипают к поверхности, которая не очищена абразивоструйным способом до белого металла. Эти покрытия отлично растекаются и проникают в мельчайшие поры. Они также могут содержать алюминиевый пигмент в форме чешуек, чтобы снизить вероятность проникновения влаги.

Контрольные пункты инспектора для эпоксидов:

- Убедитесь в том, что используются правильные компоненты в правильном соотношении;
- Убедитесь, что во время нанесения достигается заданная толщина пленки;
- Убедитесь, что соблюдены регламентируемые интервалы перекрытия слоев или термин пребывания в эксплуатации;
- Отверждаемые аминами эпоксиды особенно чувствительны к аминному помутнению.

Помутнение вызвано поглощением влаги и углекислого газа из атмосферы в процессе отверждения. Это может произойти, когда покрытие подвергается снижению температуры непосредственно после нанесения. Диоксид углерода, находящийся в воздухе, а также выпавшая на поверхность влага в виде конденсата, в сочетании с аминным отвердителем образует карбамат (уретан) на поверхности покрытия. Карбамат представляет собой маслянистую, липкую на ощупь жидкость, которую нельзя сверху перекрывать. Она должна быть удалена перед перекрытием.

Помутнение относительно легко увидеть невооруженным глазом. Достаточно протереть тампоном или пальцем в перчатке помутневший участок, чтобы нарушить маслянистый слой, и осмотреть поверхность под хорошим освещением. Свет преломляется, и помутнение становится видимым. Иногда достаточным доказательством является жирное ощущение.

Есть целый ряд коммерческих методов, чтобы определить, помутнение на поверхности,

5.3.7.1.1. Область применения эпоксидных красок.

Различные виды эпоксидных смол имеют различные области применения. Краткая информация о наиболее распространенных областях применения приведена в таблице 5.7.

Таблица 5.7. – Область применения различных красок на основе эпоксидной смолы.

Эпоксидные краски.	Обычная область применения
Чистые эпоксиды	Резервуары для хранения химических веществ, питьевой воды, и как универсальная система покрытия на судах и промышленных предприятиях. Требуется струйной очистки до минимальной степени Sa2½.
Эпоксидные мастики	Очень универсальные покрытия, применяемые в промышленности, для окраски судов и морских объектов, над и под водой. При воздействии УФ-излучения требуется отделочное покрытие. Толерантны к большинству подложек благодаря своим хорошим проникающим и адгезионным свойствам.

Продолжение таблицы 5.7.

Эпоксидные краски.	Обычная область применения
Эпоксидно-фенольные	Химические резервуары. Имеют лучшие свойства, по сравнению с чистыми эпоксидными смолами. Требуют струйной очистки до минимальной степени Sa2½.
На основе эпоксидно-каменноугольных смол.	Корабли. Подводные зоны, в частности, балластные танки.
На основе эпоксидных смол, не содержащих растворитель.	Резервуары для питьевой воды, и где предъявляются высокие экологические требования по ограничению летучих органических соединений в атмосфере.
Эпоксидные на водной основе	В промышленности, где условиями при нанесении можно управлять (влажность и температура).

5.3.7.1.2. Свойства и практические аспекты эпоксидных красок.

Эпоксидные краски обладают некоторыми общими характеристиками, наиболее важные из которых приведены в таблице 5.8.

Таблица 5.8. – Обобщенные характеристики всех видов эпоксидных красок.

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> хорошая стойкость к воде; хорошая адгезия к основанию; хорошая химическая стойкость; очень хорошая стойкость к щелочам; большая устойчивость к механическим повреждениям; высокая прочность; термостойкость до 120°C (несколько ниже / выше для некоторых систем); Некоторые системы официально одобрены для резервуаров с питьевой водой и в контакте с пищевыми продуктами; Высокое содержание твердых веществ / низкое содержание летучих органических соединений. 	<ul style="list-style-type: none"> плохая стойкость к УФ-лучам: меление на солнечном свете; нанесение и отверждение зависят от температуры (обычно, выше +10°C), зимние версии до -5°C; могут быть затруднения при перекрытии полимеризовавшихся эпоксидных покрытий; являются двухкомпонентными материалами, поэтому требуют хорошего перемешивания и могут иметь повышенные потери из-за наличия лимита живучести краски; умеренная устойчивость к кислотам; могут вызывать аллергию (экзему); требуют определенной подготовки для правильного нанесения.

5.3.7.1.3. Руководство по нанесению эпоксидных красок.

Эпоксиды относятся к сложным в использовании материалам и требуют определенных знаний и опыта их нанесения. При работе с эпоксидными красками следует руководствоваться следующими правилами:

- Строго соблюдать пропорции при смешивании компонентов и тщательно их перемешивать, чтобы все реактивные группы вступили в контакт друг с другом. Перемешивание продукта выполнять только с помощью механической мешалки!
- Двухкомпонентный продукт после смешения компонентов имеет максимальное время, в течение которого он должен быть использован. Это время называется жизнеспособностью материала. После превышения жизнеспособности краска является непригодной для ее использования. Информацию о жизнеспособности материалов приводят в технических описаниях.

- Поверхность должна быть чистой и сухой, подготовленной до степени не ниже Sa2½. Исключением являются толерантные к поверхности эпоксидные мастики.
- Толщина пленки в одном слое покрытия должна соответствовать требованиям, приведенным в техническом паспорте материала. Это обеспечит хорошую защиту поверхности от коррозии и позволит избежать растрескивания и потеков на пленке.
- Скорость отверждения зависит от температуры. При температуре ниже 10°C реакция химической полимеризации, как правило, протекает слишком медленно и отверждение краски будет неудовлетворительным. Для некоторых продуктов разработаны специальные "зимние версии", которые могут быть использованы до -5°C.
- Максимальные характеристики краски достигаются только после полной полимеризации, как правило, через неделю при температуре 23°C и не менее двух недель при 10°C.
- Эпоксидные краски, как правило, имеют как минимальный, так и максимальный интервал перекрытия, которые необходимо соблюдать для обеспечения максимальной адгезии между слоями.
- Для формирования хорошей пленки покрытия во время процесса отверждения необходима хорошая вентиляция.
- Для разбавления красок следует использовать только указанные производителем разжижители.
- После нанесения все оборудование должно быть очищено до истечения "жизнеспособности" краски.
- При работе с эпоксидной смолой всегда существует опасность для здоровья. Необходимо использовать индивидуальные средства защиты. В закрытых помещениях должна быть обеспечена хорошая вентиляция.

5.3.7.1.4. Химический состав эпоксидных красок.

Связующими веществами в базовом компоненте являются олигомеры эпоксидных групп, которые взаимодействуют с соответствующими отвердителями.

Типичными связующими веществами являются:

- Эпоксидные;
- Эпоксидно виниловые или эпоксидно акриловые;
- Эпоксидные комбинации (эпоксидно гидрокарбонатные смолы или эпоксидно угольные смолы).

Для антикоррозионных покрытий, как правило, используются эпоксидные эпихлоргидриновые смолы и на основе бисфенола А. За счет изменения соотношения смешивания этих смол можно получить широкий спектр молекулярных весов (длин молекул) и свойств. Молекулярный вес может варьироваться от 340 для жидких эпоксидных смол и до 1000 и более (твердые смолы).

Как жидкие, так и твердые смолы, и их сочетания могут быть использованы для производства антикоррозионных покрытий. В комбинации определенного количества отвердителей и различного сочетания доступных эпоксидных смол, последние являются основой для различных коррозионностойких покрытий.

Эпоксидные смолы могут быть на основе растворителей, на водной основе, или не содержащими растворитель. Эпоксидные смолы могут быть также использованы в порошковых покрытиях. Эпоксидные смолы обладают отличной адгезией, химической стойкостью, водостой-

костью и адгезией невысохшего покрытия. Они чувствительны к мелению и, как правило, сверху покрываются покрытием, устойчивым к ультрафиолету при атмосферных воздействиях.

Эпоксидная смола сама по себе не достаточно хороша в качестве связующего вещества в покрытии. Чтобы получить пленку краски, состоящую из нерастворимых, трехмерных молекул, следует добавить отвердитель и перемешать с эпоксидной смолой. Наиболее часто используемыми отвердителями являются **амины, амин-аддукты, полиамиды, кетаминны и изоцианаты**. Эти отвердители обеспечивают полимеризацию эпоксидных смол в нормальных условиях без их подогрева.

Химическая реакция компонентов, имеет также свои отрицательные стороны: как эпоксидные смолы, так и отвердители имеют почти неограниченный срок годности, но сразу же после смешения они начинают взаимодействовать друг с другом. Вязкость смешанного материала возрастает со временем и постепенно становится настолько высокой, что краску не можна наносить. Период времени до момента, когда смешанный материал становится непригодным, называется "жизнеспособностью". Жизнеспособность зависит от температуры: чем выше температура, тем короче жизнеспособность.

Среди эпоксидных покрытий наиболее удобны в работе чистые эпоксиды, т.е. те из них, которые основаны на **полиамидных отвердителях**. Чистые эпоксиды часто имеют разумную жизнеспособность и более высокую толерантность к соотношению смешивания компонентов. С точки зрения свойств, формируемые пленки краски являются более эластичными, и имеют лучшую водо-, влаго- и атмосферостойкость и стойкость к солевым растворам, но они не обеспечивают химическую стойкость по сравнению с красками на основе других отвердителей. Полиамиды больше подходят для грунтовочной окраски, благодаря их увлажняющим качествам.

Амины и амин-аддукты используются в качестве отвердителей в несодержащих растворитель эпоксидных покрытиях для получения хорошей химической стойкости (щелочи, кислоты, и растворитель). Амины очень реактивны, и краски с такими отвердителями имеют короткую жизнеспособность и время отверждения. Если влажность воздуха слишком высока, они могут вступать в реакцию с двуокисью углерода и влагой воздуха с образованием карбамата амина, образуя, как правило, помутнение лаковой плёнки. Они предназначены для подземного применения и погружения в воду и др. среды, но они бледнеют и подвергаются мелению под прямыми солнечными лучами.

С помощью **амин-аддуктов** (аминов, частично прореагировавших с эпоксидной смолой) получают те же основные свойства, что и у эпоксидов с аминным отвердителем, но помутнение лаковой плёнки меньше. Этот тип отвердителя в основном используются в покрытиях для резервуаров (хорошая химическая стойкость), в покрытиях с низким содержанием растворителей или без него.

В молекулах эпоксидных смол имеются функциональные группы двух типов – гидроксильные и эпоксидные. Поэтому они могут отверждаться веществами, способными взаимодействовать не только с эпоксидными, но и с гидроксильными группами. **Изоцианаты** как отвердители для эпоксидных смол, взаимодействующие с гидроксильной группой, имеют достаточно быструю реакцию с эпоксидными, в результате чего краски на их основе имеют короткую жизнеспособность и быстро отверждаются. Покрытия обладают хорошей химической стойкостью. Изоцианаты также используют в красках для достижения низких температур (0°C) отверждения.

5.3.7.1.5. Опасность для здоровья эпоксидных красок.

Самая большая проблема при работе с эпоксидными продуктами – опасность развития аллергической контактной экземы. Аллергическую реакцию вызывает незатвердевший эпоксидный продукт. Она может проявиться после короткого или длительного контакта с эпоксидными продуктами.

Симптомы аллергической реакции чаще всего возникают после первоначального раздражения кожи. Этот тип экземы чаще всего можно увидеть только на руках и подмышках, поскольку эти две части тела главным образом вступают в контакт с продуктом. Если у кого-то появилась аллергия, ему следует избегать контакта с эпоксидной смолой. Она влияет на весь организм – и часто длится всю жизнь. Поэтому при работе с эпоксидными смолами необходимо применять средства защиты кожи.

Полиамины – аллергические сенсибилизаторы, могут вызвать серьезные повреждения глаз при непосредственном контакте, и когда они содержат более 10% свободного амина они также классифицируются как коррозионные. Полиаминные аддукты (т.е. полиамины предварительно подверженные взаимодействию с небольшими количествами эпоксидных смол) имеют очень низкое количество свободных аминов и имеют, следовательно, более мягкую маркировку опасности для здоровья, т.е. маркировка может быть снижена с «опасных для здоровья» на «раздражающие». Также существуют полиаминные аддукты, которые свободны от всякой маркировки. С точки зрения безопасности поли-аминоамины являются предпочтительными, так как они обычно не имеют никакой маркировки опасности для здоровья. Содержание летучих органических соединений может варьироваться от 9 до 110 г/л.

5.3.7.2. Чистые, не модифицированные, эпоксиды.

Эпоксидные покрытия широко используются на заводах и в полевых условиях для новых конструкций и для технического обслуживания. В условиях высокой коррозионной активности среды, где расположены такие объекты как морские нефтяные платформы, стальные конструкции нефтеперерабатывающих заводов, внешние поверхности резервуаров, покрытия резервуаров на борту судов и т.д., широко используются эпоксидные покрытия. Какой тип используемых эпоксидных покрытий зависит от подготовки поверхности, а также условий нанесения и эксплуатации. Чистые эпоксиды требуют абразивоструйной очистки стали как минимум до Sa 2½.

Чистые эпоксиды также широко используются на бетонных поверхностях благодаря их хорошей стойкости к щелочам. Как правило, наносится один слой прозрачного эпоксидного лака в качестве первого слоя. Это позволяет связать пыль и обеспечить хорошую адгезию для последующих слоев. Перед нанесением прозрачной эпоксидной смолы необходимо предварительно очистить от цементного молочка.

Большинство чистых эпоксидных смол выполняют функции барьерного покрытия. Они совместимы с большинством органических и неорганических пигментов. Правильно выбранные инертные наполнители улучшают физические свойства эпоксидного покрытия путем создания более плотной пленки и улучшают барьерные свойства. К таким пигментам относятся тальк, барит, алюминиевые, стеклянные и слюдянистые чешуйки и т.п.

Эпоксидные покрытия доступны в широком цветовом диапазоне и обеспечивают превосходные свойства. Тем не менее, все эпоксидные смолы не устойчивы к действию УФ-излучения. Когда определяющими требованиями к покрытию является стойкость цвета и блеска, в качестве внешнего покрытия необходимо использовать другие общие покрытия, такие как полиуретаны или акрилы.

5.3.7.3. Эпоксидно-фенольные покрытия.

Эпоксидно-фенольные смолы имеют более высокую стойкость к химическому воздействию, чем обычные эпоксиды. Они являются продуктами реакции фенольных новолаков и эпихлоргидрина. Фенолноволачные эпоксиды имеют группы с высокой реакционной способностью, что приводит к более высокой плотности сшивки и некоторых других улучшенных факторов. Эти свойства в совокупности дают краски с очень хорошей химической стойкостью. Таким образом, эпоксидно-фенольные покрытия обеспечивают отличную химическую и корро-

зионную стойкость, например, внутри резервуаров. По сравнению с «нормальными» эпоксидами для достижения максимальных свойств эпоксидно-фенольных покрытий требуется более высокая температура отверждения (прибл. 60°C).

5.3.7.4. Модифицированные эпоксины: эпоксидно-каменноугольные покрытия.

Эпоксидно-каменноугольные покрытия состоят из основы – эпоксидной смолы, модифицированной каменноугольной смолой, и отвердителя. Эпоксидная и каменноугольная смолы сочетают в себе хорошие свойства, формирующие превосходное водостойкое покрытие. Эпоксиды создают химическую стойкость к химикатам и растворителям. Каменноугольная смола обеспечивает эластичность, высокую устойчивость к воде и, благодаря своим хорошим проникающим свойствам, гораздо лучшую толерантность к качеству подготовки поверхности. Добавляя каменноугольную смолу, которая представляет собой связующее вещество с низким молекулярным весом, увеличивается сухой остаток и уменьшается содержание летучих органических соединений по сравнению с чистой эпоксидной смолой.

В морской промышленности, эпоксидно-каменноугольные покрытия используются для погружения в воду: корпуса судов, балластные цистерны и комбинированные грузовые и балластные танки. Кроме того, они используются в канализационной промышленности для защиты стальных и бетонных поверхностей.

Эпоксидно-каменноугольные покрытия полностью работают как барьерная система. Они показали очень хорошую защиту от коррозии на поверхностях, очищенных механическим инструментом, благодаря очень хорошим проникающим свойствам. Типичная система для каменноугольной смолы эпоксидных смол включает в себя 2 слоя по 125-150 мкм ТСП.

К недостаткам эпоксидно-каменноугольных покрытий прежде всего относятся:

- Темный цвет затрудняет нанесение и осмотр в цистернах и закрытых помещениях.
- Каменноугольная смола будет «проявляться» в любом финишном покрытии, что не позволяет применять краски, содержащие каменноугольные смолы над ватерлинией, если к внешнему виду предъявляются высокие требования.
- Эпоксидный компонент может вызвать экзему.
- Каменноугольная смола может раздражать кожу и вызвать рак кожи у маляра.

5.3.7.5. Модифицированные эпоксины: эпоксидные мастики.

Эпоксидные мастики состоят из эпоксидной смолы, модифицированной углеводородной смолой (у разных производителей разные вариации), и отвердителя. Углеводородная смола используется для повышения влагостойкости, гибкости и смачиваемости эпоксидных покрытий. Они также делают краску более удобной и экономичной в использовании.

Эпоксидные мастики во многом похожи на эпоксидно-каменноугольные покрытия. Однако они гораздо более универсальные и почти все недостатки эпоксидно-каменноугольных покрытий уменьшены или устранены:

- Цвет изменен с черного (или темно-коричневого) на светлые тона, что улучшает условия окраски, особенно в условиях ограниченного пространства. Нанесение покрытия упростилось, так как маляр сам может контролировать результат во время нанесения. По той же причине также упрощается осмотр.
- Мастики обладают отличными проникающими свойствами, это означает, что они могут быть использованы практически на всех видах подложек.
- Они имеют высокий сухой остаток по объему (82-87%), что снижает выбросы ЛОС
- Мастики не вызывают пигментации верхнего слоя.
- Они не содержат каменноугольную смолу, которая смолу может вызывать рак.

Эпоксидные мастики специально разработаны, чтобы получить универсальные, толерантные к подготовке поверхностей покрытия. Благодаря небольшим размерам молекул и низкой вязкости связующего, мастики обладают очень хорошими проникающими свойствами, и как следствие, хорошей текучестью (рис. 5.6, 5.7). Как таковые, они могут быть использованы с очень хорошими результатами на поверхностях, очищенных ручными и механическими инструментами, гидроструйной очисткой, с удаленной окалиной магниевыми электродами (электролитической очисткой от окалины) и после абразивоструйной очистки поверхностей.



Рисунок. 5.6. – Сравнение проникающей способности различных типов красок.

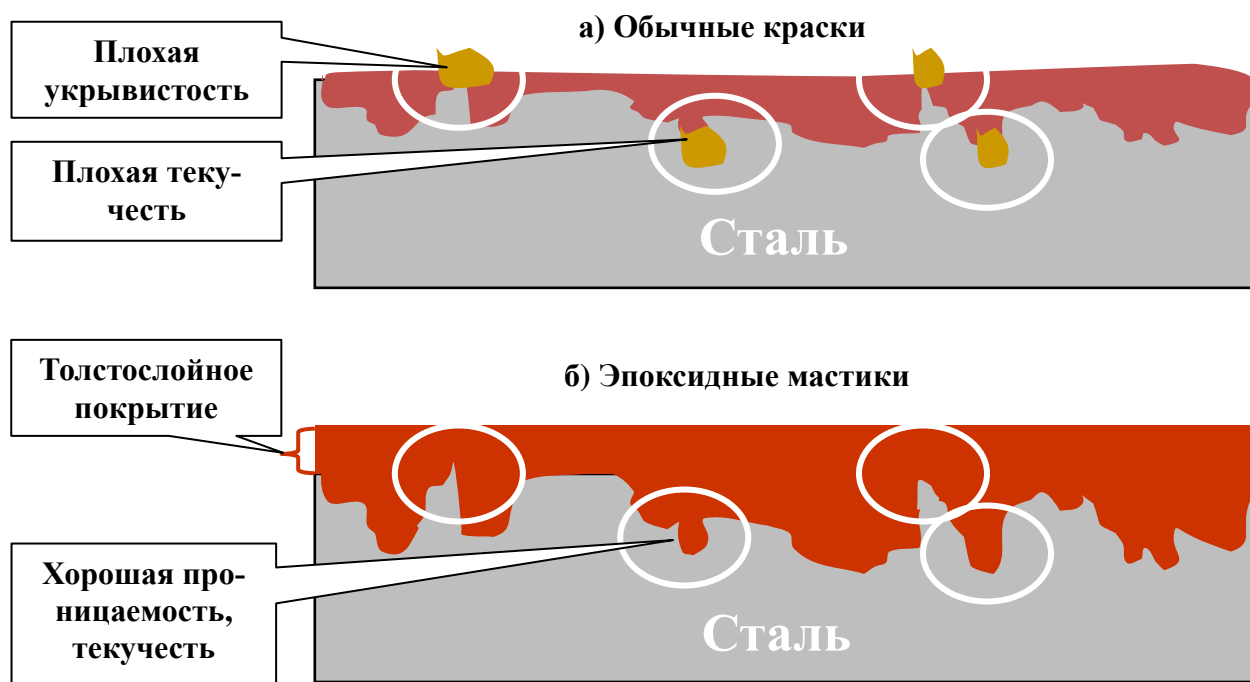


Рисунок. 5.7. – Преимущества эпоксидной мастики над обычными красками.

Абразивоструйная очистка обычно рекомендуется там, где необходимо получить оптимальную устойчивость к коррозии – для эксплуатации в условиях погружения или для использования в очень агрессивных средах. Мастики широко используются для применения на морских судах (все наружные поверхности, грузовые и балластные танки, пустые отсеки и т.д.) и на объектах в прибрежной акватории, тяжелой промышленности, для сточных вод, электростанций, бетона и т.д.

Мастики образуют барьер между подложкой и окружающей средой. Таким образом, они в первую очередь предназначены для применения в качестве двухслойной системы, при минимальной толщине сухой пленки в каждом слое от 125 до 150 мкм. Мастики обычно могут наноситься толщиной до 300 одним слоем без потеков и наплывов. Тем не менее, с точки зрения защиты от коррозии всегда лучше нанести два слоя по 150 микрон, чем один слой в 300 мкм. Для улучшения барьерного эффекта, и, следовательно, последующей устойчивости к коррозии, как правило, рекомендуется нанести первый слой эпоксидной мастики с алюминиевыми чешуйчатыми пигментами. Это позволит эффективно предотвратить или, по крайней мере, замедлить, поглощение воды и обеспечить более высокую эффективность.

Обычно минимальная температура нанесения для эпоксидных мастик составляет +10°C за некоторыми исключениями. Тем не менее, применение так называемых зимних отвердителей взамен традиционных, позволяет расширить температурный диапазон нанесения мастик до -5°C. Зимние версии также можно рассматривать как вариант быстрого отверждения при нормальных условиях применения, так как время отверждения будет значительно короче, чем для стандартных версий, применяемых при температурах выше +10°C. При этом жизнеспособность мастики будет снижаться при более высоких температурах.

При применении мастик в атмосферных условиях следует использовать верхнее покрытие (полиуретановое или акриловое), если требуется обеспечить устойчивость покрытия к ультрафиолетовому излучению.

5.3.7.6. Не содержащие растворитель эпоксидные покрытия.

Область применения.

Не содержащие растворитель эпоксидные покрытия – это толстослойные покрытия, имеющие очень высокую механическую прочность. Они используются для защиты стальных конструкций, эксплуатируемых в подводных и атмосферных условиях, а также для систем снабжения питьевой водой. Кроме того, они показывают очень хорошую химическую стойкость.

Кроме того, к этому семейству относятся покрытия, используемые для очень специальных применений:

- Напольные покрытия: наносятся валиком или штукатурной тёркой толщинами до 5 мм.
- Анодный экран: На стальных конструкциях вокруг анодов в системах катодной защиты с наложенным током.

Химический процесс.

Не содержащие растворитель эпоксидные покрытия имеют высокую вязкость и должны наноситься аппаратами безвоздушного распыления с отдельной подачей и подогревом компонентов. Это сложное оборудование также необходимо из-за короткой жизнеспособности после смешивания. Изменяя рецептуру, например, смешивая с каменноугольной смолой, можно уменьшить вязкость и увеличить жизнеспособность продукта, обеспечив при этом нанесение с помощью обычного безвоздушного распыления.

5.3.7.7. Эпоксиды на водной основе.

Химический процесс.

Для того, чтобы иметь возможность заменить органические растворители водой и получить эпоксидные продукты на водной основе, надо либо путем химической модификации, либо путем добавления/использования внешнего неионного поверхностно-активного вещества (эмульгатора) превратить эпоксидную смолу и аминный отвердитель в гидрофильные («водолюбивые») вещества. В большинстве случаев аминный отверждающий агент растворим в воде,

в то время как эпоксидная смола не растворима, но эмульгируема в воде. Эпоксидные продукты на водной основе можно классифицировать по типу используемой эпоксидной смолы:

Тип I – низкомолекулярный стандартный состав или модифицированный жидкий эпоксид, у которого, как правило, эпоксидная эквивалентная масса (ЭЭМ) равна 190.

Тип II предварительно формируют дисперсии более высокой молекулярной массы твердой эпоксидной смолы, ЭЭМ обычно составляет 500, хотя есть и дисперсии твердой эпоксидной смолы с ЭЭМ примерно равным 650.

Тип III – эмульсия эпоксидной смолы, где стандартный жидкий эпоксид Бисфенол эмульгирует в воде с помощью неионных эмульгаторов.

Отверждающие агенты для эпоксидных смол на водной основе производятся с помощью поверхностно-активных веществ для эмульгирования или диспергирования в воде полиамидами (ПАА) и полиаминов (АА) или используют водорастворимые полиамиды (ПА).

Свойства и практические аспекты.

Эпоксидные смолы на водной основе (водоразбавляемые) имеют слабый запах, не воспламеняются и могут наноситься на влажные/мокрые поверхности. Эпоксидные смолы на водной основе, как правило, имеют отличную адгезию к большинству субстратов и особенно эпоксиды типа I обладает хорошей водостойкостью.

Процесс формирования пленки является более важным, чем у эпоксидных смол на основе растворителя, так как есть два дополнительных этапа в процессе формирования пленки, испарение воды и слияние капель вместе (сращивание), прежде чем начнут испаряться растворители и сшиваться молекулы. Это требует иметь лучший контроль над температурой, относительной влажностью и вентиляцией во время нанесения, по сравнению с эпоксидной смолой на основе растворителя. Если предположить, что предприняты эти меры предосторожности, и что краска правильно наносится, в большинстве случаев можно было бы быть уверенным в соответствии свойств эпоксидным краскам на основе растворителей за исключением химической стойкости, которая немного слабее. Другой недостаток эпоксидной смолы на водной основе является то, что их нельзя безгранично разбавлять водой, так как существует риск дестабилизации или разрушения эпоксидно-аминной эмульсии.

Однако, можно легко разбавлять водой до 20% от общей массы смеси без каких-либо проблем. При разработке эпоксидной грунтовки на водной основе, необходимо добавлять ингибитор коррозии, чтобы предотвратить появление на стали вторичной ржавчины. Ингибиторы, доступные сегодня на рынке, как правило, в определенной степени, уменьшают антикоррозионные свойства красок. Жизнеспособность эпоксидных смол на водной основе короче, чем для эквивалентных эпоксидов на основе растворителей.

Водоразбавляемая эпоксидная грунтовка показывает хорошие антикоррозионные свойства даже на стальной поверхности, очищенной абразивоструйным способом до Sa 1-2. Она имеет очень хорошую водостойкость, не образует ржавчину, твердеет при температурах до 5°C и может перекрываться водорастворимыми красками через 1 час при температуре 23°C. Обычно наносится толщиной сухой пленки 60-120 мкм. Она также обладает хорошей адгезией к алюминию.

Промежуточные слои, как правило, наносятся толщиной в 80-100 мкм и могут быть использованы в сочетании с эпоксидной грунтовкой на водной основе или с покрытиями на основе растворителя (гибридные системы). Твердеют при температуре до 5°C и до 85% R.H.

Водоразбавляемая цинкнаполненная эпоксидная грунтовка для стали, очищенной абразивоструйным способом до степени Sa2½, также может быть использована в чистой эпоксидной системе на водной основе или в сочетании с акрилами на водной основе.

5.3.8. Краски химической полимеризации: полиуретановые краски.

Области применения.

Двухкомпонентные полиуретаны являются одними из самых универсальных типов покрытий. Они заполняют важную нишу для высокоэффективного применения по металлу, бетону, дереву и пластику.

Есть два основных типа полиуретанов: ароматические и алифатические.

Алифатические полиуретаны более устойчивы к действию ультрафиолета и, как правило, в основном используются в качестве верхнего покрытия для наружных конструкций. Алифатические изоцианаты, при использовании в композиции полиуретанов обеспечивают покрытия с превосходной стойкостью блеска и цвета.

Ароматические полиуретаны (содержащие бензольное кольцо и другие подобные замкнутые структуры) обычно наносятся тонкой пленкой ТСП=75-100 мкм в качестве грунтовки и промежуточных покрытий, а также в закрытых пространствах во многих промышленных, морских и коммерческих проектах. **Продукты на основе ароматического изоцианата используются в местах, где устойчивость к атмосферным воздействиям, в частности, солнечного света или ультрафиолетового излучения не так важно.** Толстослойные (ТСП от 1 до 2 мм) ароматические покрытия применяются в качестве изоляции труб подземного и подводного применения.

Свойства и практические аспекты.

Для получения полиуретанового покрытия конечного использования используют два типа изоцианатов – алифатические и ароматические. Полимеры, полученные из любого типа изоцианатов, обладают отличными химическими и физическими свойствами.

Ароматические полиуретаны являются чрезвычайно жесткими и имеют лучшую химическую стойкость при погружении, чем алифатические, но быстро мелеют в солнечном свете, происходит изменение цвета, которое почти всегда проявляется в виде пожелтения. Это происходит вследствие того, что ультрафиолетовое излучение атакует неустойчивые атомы водорода в ароматическом кольце структуры. Пожелтение само по себе приводит к потере эстетического вида, но его причина, и результат не оказывают вредного влияния на механические и защитные свойства.

Когда требуется, чтобы полиуретаны не желтели, необходимо использовать алифатический изоцианат, поскольку их структура имеет отличную стойкость к солнечному свету и ультрафиолетовому излучению, они устойчивы к воздействию химикатов и растворителей. Тем не менее, следует иметь в виду, что алифатические изоцианаты менее активны и более дорогостоящи, чем ароматические изоцианаты.

Полиуретаны – химически отверждаемые краски и в качестве такого отверждения процесс будет зависеть от температуры. Нижний предел температуры 0°C.

Инспекция при нанесении полиуретановых покрытий включает:

- Обеспечение применения надлежащих материалов, компонентов, разбавителей и цвета.
- Большинство полиуретанов, кроме отверждаемых влагой, чувствительны к влаге во время и сразу после нанесения.

Химический состав.

Рассматриваемые полиуретаны являются двухкомпонентными материалами, получаемыми в результате реакции между полиизоцианатами и полифункциональными спиртами. Полиуретан – полимеры (вещества с большой молекулярной массой, структура которых состоит из повторяющихся звеньев – мономеров), содержащие в основе структуры уретановые звенья –NH–CO–O–.

Двухкомпонентные полиуретановые покрытия основаны на применении в качестве отвердителей изоцианатовых смол (компонент В), и сореагентов в качестве основы (компонента А). Сореагенты, как правило, характеризуются своей системообразующей химической структурой. В качестве сореагентов применяют полиолы* и гидроксильированные акрилаты, полиэфир, эпоксины, алкиды, винильные соединения и т.д.

*Примечание: Полиолы (многоатомные спирты, полиспирты) — органические соединения класса спиртов, содержащие в своём составе более одной гидроксильной группы.

В настоящее время на мировом рынке имеется довольно широкий выбор сырьевых компонентов для полиуретановых ЛКМ. Варьирование полиольного и изоцианатного компонентов позволяет получить композиции, пригодные для окраски практически любого изделия. В каждом конкретном случае при выборе полиуретанового ЛКМ следует руководствоваться типом окрашиваемого материала и условиями его эксплуатации:

- *Полиолы* имеют лучшую химическую стойкость, но хуже сопротивляются погодным условиям, чем сореагенты на основе акриловых или полиэфирных смол;
- Покрытия на основе *полиакрилатных смол (акрилоуретановые)* – имеют лучшее сохранение цвета и блеска, характеризуются повышенной устойчивостью к воздействию воды, кислотных дождей и газов;
- *Полиэфируретановые покрытия* имеют хорошую стойкость цвета и блеска (не мелеют) и, кроме того, как правило, отличаются твердостью и химстойкостью, хотя и не выдерживают прямого контакта с жидкими химикалиями
- *Эпоксидуретановые покрытия* обладают превосходной химической и коррозионной стойкостью, но из-за недостаточной атмосферостойкости и склонности к мелению не могут применяться для верхних отделочных покрытий.

Для получения полиуретанового покрытия конечного использования используют два типа изоцианатов – алифатические и ароматические. Полимеры, полученные из любого типа изоцианатов, обладают отличными химическими и физическими свойствами.

Опасности для здоровья.

Основная опасность, связанная с использованием полиуретанов является химическая токсичность изоцианатного компонента. Изоцианаты раздражают глаза, дыхательные органы и кожу. Длительное воздействие изоцианатов может привести к необратимым проблемам чрезмерной чувствительности и затруднению дыхания. Люди, страдающие астмой, должны держаться подальше от таких продуктов.

Пользователи должны следовать мерам предосторожности, указанным в паспорте безопасности.

5.3.9. Полимочевинные покрытия (полиуретан).

Полимочевинное покрытие – это двухкомпонентная высокорективная система, образующая бесшовное монолитное толстокожное эластомерное покрытие, главным образом, путем напыления на различные поверхности. Характеристики полимочевинных покрытий, схожи с полиуретановыми системами, однако их уникальность заключается, в высокой скорости отверждения.

Полимочевинные покрытия находят широкое применение для облицовки кузовов транспортных средств, гидроизоляции пенополиуретановой теплоизоляции кровель, изоляции бетонных сооружений, водоемов и осветителей очистных сооружений.

Эти двухкомпонентные материалы очень гибкие, имеют очень короткое время отверждения и требуют для нанесения специального оборудования, например, аппарат для многокомпонентного распыления со смесительной головкой в пистолете. Время реакции может длиться

всего лишь 9 секунд. Из-за быстрого отверждения после очень короткого периода времени они имеют плохую межслойную адгезию, и обычно наносятся в один слой.

Многие полимочевины требуют эпоксидной грунтовки, так как их адгезия к стали, может быть недостаточной для тяжелых условий эксплуатации. При нанесении полимочевины на бетон необходимо его обработать эпоксидной или полиуретановой пропиткой, чтобы полностью закрыть поры в бетоне. Поскольку полимочевина наносится в разогретом до 70-80°C состоянии, находящийся в незакрытых порах непропитанного бетона воздух будет нагреваться горячим полимочевинным составом, расширяться в объеме и выходить из бетона, образуя сквозные поры в полимочевинном покрытии. Полимочевинные покрытия также могут быть нанесены на армирующую ткань, так называемый геотекстиль, используемый для формирования подкладки для земляного пруда.

Полимочевинный гибрид в настоящее время в основном используется в полевых условиях – по существу очень толстослойный гибкий полиуретан. В таком виде материал обладает отличной адгезией к стали.

Обязанности инспекторов:

- При проверке применения полимочевины или полимочевинного гибрида, обратите особое внимание на соотношение смешивания и температуру нагрева материала;
- Проверьте нанесенную ТСП в начале работы, чтобы избежать проблем в дальнейшем;
- При использовании внутри бетонных резервуаров, ремонт бетона, заполнение пор и трещин, общая разработка системы должны быть завершены до нанесения облицовки.

Пользователи полимочевины имеют свою собственную торговую ассоциацию: «Ассоциация развития полимочевины»: <http://www.pda-online.org/>.

5.3.10. Краски химической полимеризации: полиэфирные (полиэстеровые) покрытия.

Область применения.

Полиэфирные покрытия – быстро твердеющие, армированные стеклянными чешуйками, толстослойные покрытия. Они создают длительную защиту стальных конструкций в целом и, в частности, деталей, подлежащих экстремальному механическому износу в течение длительного периода времени. Полиэфирные покрытия также могут быть использованы для защиты бетона (специально разработанные системы). Покрытия на основе полиэфирных смол, которые также называются облицовочными покрытиями, известны своей хорошей стойкостью к растворителям, химикатам, воде и устойчивостью к эрозии. Они широко использовались с 1960-х годов, когда требовалась высокая химическая стойкость. Полиэфирные покрытия также широко используются на морских сооружениях (как стационарных, так и плавучих) в качестве универсального покрытия на конструкциях, палубах, вертолетных площадках и т.д. Они обладают очень хорошей адгезией к бетону и стали, предпочтительно на поверхностях после абразивной очистки до степени Sa2½.

Свойства и практические аспекты.

Полиэфиры, как правило, двухкомпонентные покрытия, наносимые при нормальной температуре. Покрытия из полиэстера, имеют довольно короткую жизнеспособность и, следовательно, должны наноситься безвоздушным распылителем с отдельной подачей компонентов (обычное безвоздушное распыление также возможно, и на самом деле, часто используется). При температуре 20°C жизнеспособность составляет около 40-45 минут. Причина короткой жизнеспособности обусловлена добавлением пероксида метилэтилкетона, что инициирует начальное отверждение полиэстера. В то же время, при этом выделяется тепло, которое уско-

ряет процесс отверждения. Для того, чтобы сохранить жизнеспособность на уровне 40-45 минут при температурах от 25°C до 40°C необходимо добавить замедлитель (ингибитор) реакции. При температуре ниже 20°C до 10°C (самая низкая температура для нанесения полиэстера на основе стирола) объем пероксида метилэтилкетона должен быть увеличен. Необходимо понимать, насколько важно следовать рекомендациям производителя при добавлении катализаторов и ингибиторов при различных температурах.

Не содержащий стирол полиэстер (где стирол заменяется винилтолуол) может наноситься при температурах до 5°C при нанесении безвоздушным распылителем с отдельной подачей компонентов. При нанесении обычным безвоздушным распылителем температура нанесения должна быть не ниже 10°C. При использовании этого типа полиэстера воздействие на окружающую среду снижается, и запах стирола устраняется.

Полиэфирные покрытия в течение 2 ч (при 23°C) высыхают до состояния, пригодного для обработки и может наноситься толщиной 600-1500 мкм за один слой. Стойкость покрытия к воздействию воды и влаги прекрасная и полиэфирные покрытия широко используются при воздействии соленой и пресной воды. Оно обладает исключительно высокой стойкостью к истиранию, что делает их идеально подходящими для применения на палубах и пешеходных дорожках, корпусах ледоколов, стальных конструкций и бетона в зоне приливов и отливов и в зоне брызг. Они показывают также очень хорошую устойчивость к катодному отслоению.

Полиэфирные покрытия имеют хорошую химическую стойкость к сырой нефти, смазочным маслам, растворам солей, кислот и многих растворителей. Тем не менее, химическая стойкость к щелочной среде ограничена.

Из-за общей высокой толщины этих систем, правильная подготовка поверхности имеет большое значение. Как бетонные, так и стальные поверхности должны быть обработаны абразивоструйной очисткой. На стали – до мин. Sa2½ (ISO 8501-1) и шероховатость 40-100 мкм. На бетонных поверхностях, как правило, применяется прозрачная винилэфирная пропитка бетона для получения хорошей адгезии полиэфирного покрытия.

Химический состав.

Полиэфир представляет собой продукт реакции органической кислоты и спирта. Полимеры, используемые в данном классе материалов, являются ненасыщенными полиэфирами, образованными в результате реакции ненасыщенных двухосновных кислот и двухатомных спиртов. Полимер растворяется в стироловом мономере и после добавления ускорителя (активатора, что одно и то же) и катализатора (иногда его называют "отвердителем") стирол сшивается со смолой и образуется твердая пленка.

Катализатор выступает источником внутреннего теплообразования, за счет которого происходит отверждение, а акселератор делает этот процесс возможным при естественной температуре без применения внешних источников тепла.

Обычно во время изготовления к полиэфире добавляется кобальтовый ускоритель. Путем добавления такого катализатора как пероксид метилэтилкетона (МЭК-пероксид) сложный полиэфир начинает полимеризоваться.

Возможно воздушное торможение реакции полимеризации, т.е. когда на контакте поверхности отверждаемого покрытия с кислородом воздуха, тормозится и, в некоторых случаях, полностью прекращает нормальное отверждение. Чтобы избежать этого к полиэфирам добавляют небольшое количество воска. Добавленный воск всплывает на поверхность пленки, образуя уплотнение, которое эффективно предотвращает контакт с кислородом, и в то же время предотвращает испарение стирола при реакции полимеризации.

Эти покрытия также подвергаются существенной усадке в процессе отверждения, сопровождаемого сильной экзотермической реакцией. По этой причине они почти всегда содержат армирование, как правило, в виде стеклянных чешуек, для уменьшения усадки. Кроме того, стеклокерамические чешуйки эффективны при создании барьера против водонепроницаемости покрытия. Они действуют как алюминиевые чешуйки и образуют барьер, таким образом, что молекулы воды должны проходить значительно большее расстояние через покрытие, чтобы достичь подложки.

5.3.11. Краски химической полимеризации: винилэфирные покрытия.

Область применения.

Винилэфирные покрытия, известны своей хорошей стойкостью к растворителям и химическим веществам. Виниловый эфир часто называют «продукт, решающий проблему», особенно для внутренней защиты резервуаров. Виниловый эфир является эффективным покрытием против широкого спектра химических веществ (в том числе неэтилированного бензина), для установок дымовой очистки газов, солевого раствора, бурового раствора и технологической воды. Винилэфирные покрытия, как правило, имеют лучшую химическую стойкость, чем полиэфирные покрытия. Они обладают лучшей стойкостью к растворителям, гораздо лучшей к щелочам и немного лучшей к действию кислот. Термостойкость также выше.

Сложные виниловые эфиры, часто называют облицовками. Международный термин «облицовка» в индустрии покрытия обычно определяется как материал, используемый для защиты внутренней поверхности резервуаров, емкостей или аналогичных объектов с высокой коррозионной активностью или потенциально очень агрессивными средами.

Свойства и практические аспекты.

Сложные виниловые эфиры, как правило, 2-компонентные покрытия, наносимые при нормальной температуре. Они, как правило, наносятся в два толстых слоя 2×750 мкм. Винилэфирные покрытия имеют довольно короткую жизнеспособность и, следовательно, должны наноситься безвоздушным распылителем с отдельной подачей компонентов (обычное безвоздушное распыление возможно). При температуре 23°C жизнеспособность составляет около 40-45 минут. Причина короткой жизнеспособности обусловлена добавлением пероксида метилэтилкетона, инициирующего начальное отверждение сложного винилового эфира. В то же самое время будет выделяться тепло, ускоряющее отверждение. Для сохранения жизнеспособности на уровне 40-45 минут при температурах от 30°C до 40°C необходимо добавить замедлитель (ингибитор). При температуре до 15°C (самой низкой температуре нанесения винилэфирных покрытий) объем МЭК-пероксида необходимо увеличить. Необходимо понимать, насколько важно следовать рекомендациям производителя при добавлении катализаторов и ингибиторов при различных температурах.

Они имеют очень хорошую адгезию, как к стальным, так и к бетонным поверхностям после абразивоструйной очистки. На стали абразивоструйная очистка перед нанесением должна обеспечить чистоту поверхности до степени как минимум Sa2½ (ISO 8501-1) и шероховатость 75-100 мкм. На бетонных поверхностях, как правило, применяется прозрачная винилэфирная пропитка бетона для получения хорошей адгезии основной системы.

Винилэфирные покрытия не следует наносить на старую краску или оцинкованную сталь.

Химический состав.

Винилэфирные преполимеры образуются при взаимодействии эпоксидной смолы с акриловой или метакриловой кислотой, которая содержит группу винила. Как правило используются бисфенол А и новолачные эпоксидные смолы. Эфир бисфенол А обеспечивает отличную устойчивость к наиболее часто употребляемым химическим веществам, в то время как покры-

тия на основе новолачно-виниловых эфиров обладают также превосходной стойкостью к хлорированным углеводородам и растворителям. Они к тому же устойчивы к более высоким температурам.

Полимер растворяется в стирольном мономере и после добавления ускорителя и катализатора стирол сшивается со смолой и формируется твердая пленка.

Возможно воздушное торможение реакции полимеризации, т.е. когда на контакте поверхности отверждаемого покрытия с кислородом воздуха тормозится и, в некоторых случаях, полностью прекращается нормальное отверждение. Чтобы избежать этого к виниловым эфирам добавляют небольшое количество воска. Добавленный воск всплывает на поверхность пленки, образуя уплотнение, которое эффективно предотвращает контакт с кислородом, и в то же время предотвращает испарение стирола во время сшивания (реакции полимеризации).

Виниловые эфиры подвергаются существенной усадке (но меньше, чем полиэстеровые покрытия) во время отверждения, сопровождаемого сильной экзотермической реакцией. По этой причине они почти всегда содержат армирование, как правило, в виде стеклянных чешуек, для уменьшения усадки. Кроме того, стеклокерамические чешуйки эффективны при создании барьера против водонепроницаемости покрытия. Они действуют как алюминиевые чешуйки и образуют барьер, таким образом, что молекулы воды должны проходить значительно большее расстояние через покрытие, чтобы достичь подложки.

5.3.12. Отверждаемые влагой воздуха полиуретановые краски.

Область применения.

Влагоотверждаемые полиуретановые покрытия зарекомендовали себя в тех областях, где традиционные системы промышленных покрытий имеют ограничения по условиям нанесения. В таблице 5.9. приведено сравнение условий нанесения отверждаемых влагой уретановых и традиционных систем покрытий.

Особенности отверждаемых влагой уретановых продуктов базируются на концепции применения решений защиты от коррозии, которые присущи традиционным способам нанесения распылением, кистью и валиком в условиях окружающей среды, которые обычно требуют осушения и подогрева воздуха для поддержания надлежащих условий нанесения. В отличие от других продуктов, отверждаемые влагой уретановые покрытия могут наноситься в диапазоне температур от -15 до 40°C, и в условиях повышенной влажности до 99% без ограничений по точке росы.

Таблица 5.9. – Сравнение условий нанесения отверждаемых влагой уретановых и традиционных систем покрытий.

Условия нанесения	Двухкомпонентные эпоксидные покрытия	Двухкомпонентные поли-уретановые покрытия	Полиуретановые покрытия, отверждаемые влагой
Относительная влажность воздуха, не выше:	80-85%	80-85%	99%
Температура воздуха и подложки, не ниже:	10°C – для чистых эпоксидов и для стандартных версий эпокси-мастик. -5°C – для зимней версии эпокси-мастик	0-5°C	-15°C
Точка росы:	Температура поверхности основания должна быть выше измеренной точки росы минимум на 3°C.		Нет ограничений по точке росы (поверхность должна быть видимо сухой)

Тенденция на рынке антикоррозионной защиты предполагает «делать больше с меньшими затратами», которые обычно разделяют на:

1. Прогнозируемые затраты:
 - Стоимость материалов.
 - Стоимость работ по подготовке поверхности и нанесению покрытий.
2. Непредвиденные издержки:
 - Потери из-за простоев вследствие прерывания окрасочных работ, вызванных плохими погодными условиями.
 - Стоимость восстановления дефектов покрытия из-за непредвиденных выпадений осадков.
 - Затраты на обеспечение условий для проведения окрасочных работ при неблагоприятной погоде (возведение тепляков и навесов, их отопление, освещение, вентиляция и т.п.).
 - Потери из-за не технологичности материалов (ошибки при смешивании компонентов, ограничения жизнеспособности, минимального и максимального времени перекрытия).

Продукты отверждаемых влагой уретановых покрытий позволяют выполнять работы во время, когда традиционные системы покрытия требуют дорогостоящего управления условиями окружающей среды: в зимних условиях, вблизи водоемов, в открытом море и т.д.

Свойства и практические аспекты.

Основными технологическими достоинствами отверждаемых влагой однокомпонентных полиуретановых покрытий являются:

- Возможность нанесения при относительной влажности от 10 до 99%.
- Могут наноситься при отрицательных температурах до -15°C (при отсутствии льда или инея на поверхности).
- Нет ограничений по точке росы.
- Не боится выпадения осадков уже через 30 мин. после нанесения покрытия.
- Если поверхность чистая, нет ограничений по максимальному времени перекрытия слоя.
- Нет возможности ошибок при смешивании.
- Нет ограничений по жизнеспособности.
- Универсальный материал для различных металлических поверхностей.
- Легко наносится кистью, валиком или методом распыления.
- Стойкость к ударам и истиранию
- Остается эластичным со временем.
- Все вышеперечисленные преимущества обеспечивают надежное и долговечное покрытие и позволяют минимизировать технологические простои при выполнении работ по АКЗ, что, в свою очередь, предотвращает срывы сроков сдачи объектов в эксплуатацию и потери средств из-за зависящих от климатических условий простоев.

Что случится если покрытие нанести на влажную подложку?

Традиционные (эпоксидные и двухкомпонентные полиуретановые) покрытия, нанесенные на влажную подложку, на участках, где присутствует влага, не имеют с ней адгезии (рис. 5.8, а). Влага под пленкой покрытия при низких температурах замерзает и расширяется, а при высоких испаряется, создавая избыточное давление. Как следствие покрытие начинает растрескиваться (рис. 5.8, б). Даже, если покрытие не растрескалось из-за увеличения объема остаточной влаги, кислород проникает к подложке сквозь полупроницаемую пленку покрытия и вызывает в присутствии влаги гальваническую коррозию (рис. 5.8, в), вследствие чего покрытие также будет растрескиваться под воздействием расширяющейся в объеме ржавчины. Насыщенная со-

лью влага, загрязняющие атмосферу газы и кислород проникают к подложке сквозь трещины в покрытии. Коррозия развивается под пленкой покрытия (рис. 5.8, г).

Однокомпонентное, отверждаемое влагой полиуретановое покрытие, будучи нанесено на влажную подложку (рис. 5.8, д), твердеет при взаимодействии с присутствующей на подложке и в воздухе влагой, грунтовка заполняет участки, на которых находилась влага, плотно сцепляясь с подложкой (рис. 5.8, е). Однокомпонентная полиуретановая грунтовка абсорбирует влагу с поверхности подложки, а хорошее сцепление грунтовки с подложкой препятствует прониканию атмосферной влаги извне на поверхность их контакта (рис. 5.8, ж). Гальваническая коррозия не возникает в отсутствии влаги (рис. 5.8, з).

Химический состав.

Отверждаемые влагой однокомпонентные уретановые покрытия, относящиеся к типу II полиуретанов по классификации ASTM D16, формируются из преполимеров, характеризующихся наличием свободных изоцианатных групп, способных превращаться в пригодные для использования пленки путем взаимодействия этих изоцианатных групп с влагой окружающей среды. Органические изоцианаты – соединения, в которых одна или несколько изоцианатных групп $-N=C=O$ соединены с органическим радикалом.

Преполимер, форполимер, – олигомер*, молекулы которого содержат реакционноспособные группы и поэтому способны к росту цепи с образованием высокомолекулярного полимера.

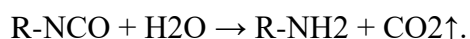
*Примечание: олигомер – молекула в виде цепочки из небольшого числа одинаковых составных звеньев. Этим олигомеры отличаются от полимеров, в которых число звеньев теоретически не ограничено.

Растворы преполимеров на основе таких изоцианатных олигомеров и являются однокомпонентными полиуретановыми материалами, отверждаемыми влагой воздуха.

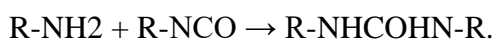
Полиуретановый преполимер представляет собой вязкую массу с высокими адгезивными качествами, жёлтого или светло-коричневого цвета. Продукт производится на основе полимера – дифенилметан диизоцианата (MDI) или толуилендиизоцианата (TDI) с различными добавками. Имеет свойство под воздействием влаги быстро схватываться и затвердевать. После реакции преполимера с молекулами воды образуется твёрдый синтетический материал.

Механизм полимеризации отверждаемых влагой полиуретанов показан на рисунке 5.9.

Полиуретаны II типа связаны с концевыми изоцианатными преполимерами, которые вступают в реакцию с влагой (водой) с образованием аминов и двуокиси углерода:



Полученные амины затем вступают в реакцию с другими изоцианатными группами с образованием мочевины, которая также может дополнительно вступать в реакцию с изоцианатными группами с образованием биуретовых связей (сшивок):



Иначе говоря, полиизоцианат является одновременно и отвердителем, и катализатором-ускорителем реакции полимеризации и пленкообразования, реагируя активно с водородной группой из окружающего воздуха. Окончательное покрытие представляет собой полиуретановое/полимочевинное покрытие.

Пленка высыхает при испарении растворителя, но отверждается химически, взаимодействуя с влагой в воздухе. Скорость полимеризации среди других факторов будет зависеть от температуры, движения воздуха, влажности окружающей среды, толщины пленки и наличия определенных третичных аминных катализаторов, ускоряющих реакцию изоцианатов с водой. То есть, «влага воздуха» всего лишь катализатор, стартовый компонент, которого достаточно 30% для начала реакции формирования ЛКП.

Традиционные (двухкомпонентные эпокси-
дные и полиуретановые) покрытия

Однокомпонентные отверждаемые
влажностью полиуретановые покрытия

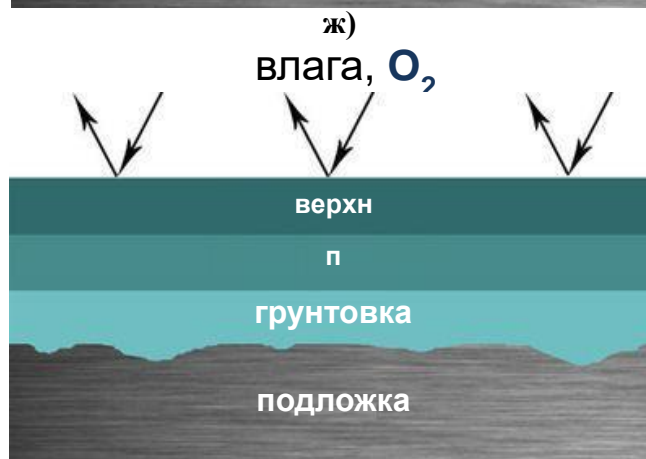
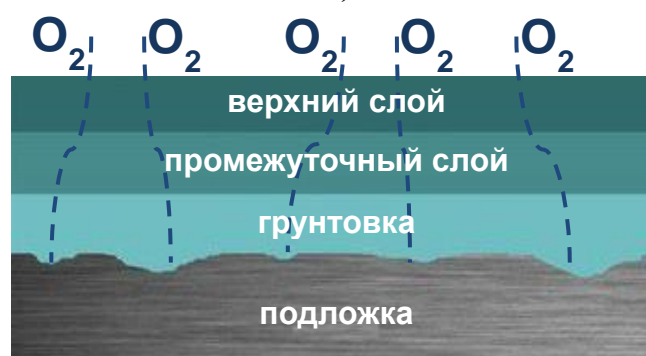
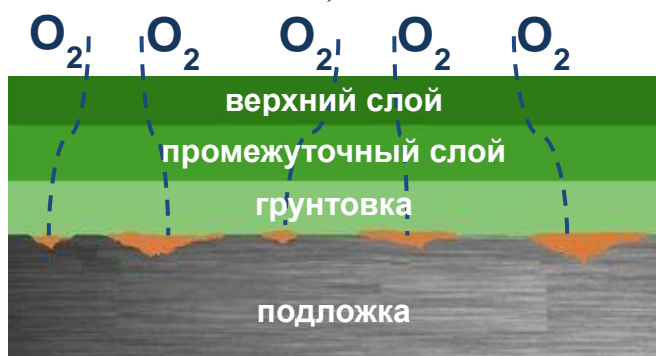
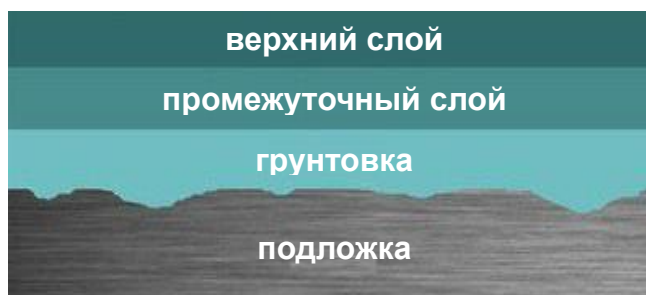
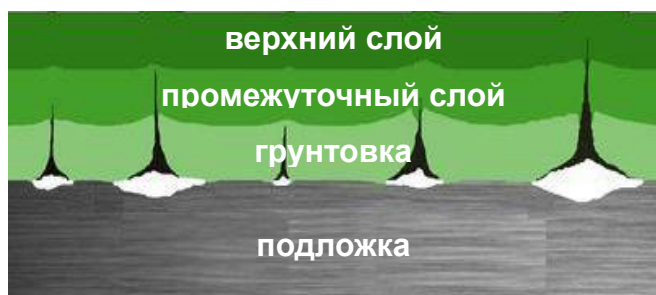
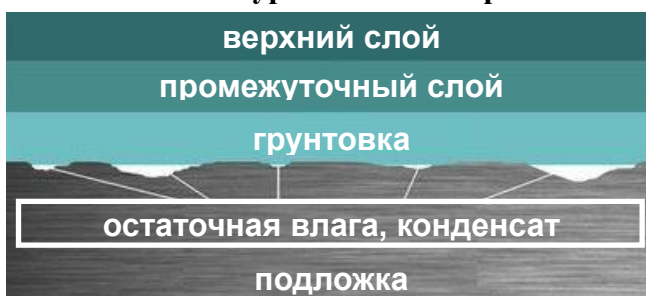
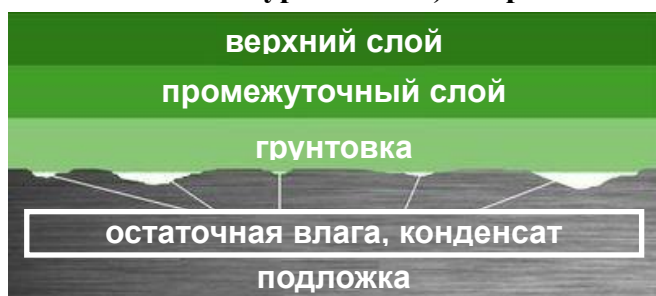


Рисунок 5.8. – Схема взаимодействия нанесенного покрытия с влажной подложкой.

Отверждение может произойти при температуре ниже $0^{\circ}C$, если в воздухе будет влага, Чем ниже относительная влажность, тем медленнее отверждение. Чтобы избежать возникновения пузырчатости, отверстий и отслоения покрытия, необходимо соблюдать инструкции производителя. Хранить данные ЛКМ необходимо в очень плотно упакованной таре без доступа воздуха, срок хранения обычно не превышает 6 месяцев.



Рисунок 5.9. – Механизм полимеризации отверждаемых влагой полиуретанов.

Нанесенный тонким слоем преполимер, взаимодействуя с влагой воздуха и влагой подложки, превращается в нерастворимое твердое покрытие, содержащее уретановые и карбамидные группы. Наличие карбамидных групп способствует повышению адгезии и абразивостойкости покрытия.

В однокомпонентных полиуретановых эмалях применяют специально обработанные пигменты, не содержащие влаги, которая вызывает загустевание и желатинизацию эмали.

Растворителями для форполимеров служат смеси кетонов, ацетатов (марки А) с высоким содержанием эфиров (более 98%), ароматических углеводородов. Растворители не должны содержать гидроксильных групп, а также примесей влаги. Оптимальные условия отверждения однокомпонентных полиуретановых лаков и эмалей создаются при относительной влажности воздуха в пределах 65—85%. При пониженной влажности отверждение покрытия замедляется, а при повышенной — вследствие более быстрого выделения CO_2 могут появляться поры и кратеры.

5.3.13. Неорганические покрытия.

Неорганические силикатные краски представляют суспензии пигментов, наполнителей, отвердителей и др. добавок в растворе силикатов щелочных металлов – жидком стекле. Для приготовления силикатных красок чаще всего используют жидкое калиевое стекло.

Способность жидкого стекла выступать в качестве пленкообразователя обусловлена поликонденсационными процессами, протекающими в нем в присутствии CO_2 или других агентов и приводящих к образованию трехмерных полимеров. Эти полимеры не растворяются в воде, обладают высокой термостойкостью, механической прочностью, хорошей адгезией к бетону, штукатурке и другим материалам. В процессе старения силикатных красок возможно выделение геля кремниевой кислоты.

Кремний органические полимеры – особая группа высокомолекулярных соединений, представляющих собой большую группу разнообразных смол, которые можно рассматривать как органические производные силикатов, содержащих в основной цепи кремний и кислород.

5.3.13.1. Этилсиликатные покрытия.

Один из наиболее простых кремнийорганических продуктов – этилсиликат.

Этилсиликат – синтетическая кремнийорганическая жидкость, получаемая в результате реакции четыреххлористого кремния и этилового спирта.

Развитие неорганических покрытий началось в 1930-х годах в Кембриджском университете. В первый раз они были использованы в 1941 г., когда силикатное покрытие на основе жидкого стекла – водного щелочного раствора силикатов натрия $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ наносили на надзем-

ный трубопровод в Австралии. Оно отверждалось при нагревании и, как сообщается, в отличном состоянии прослужило более чем 50 лет.

Неорганические этилсиликатные антикоррозионные покрытия, как правило, применяются в виде **неорганических наполненных цинком грунтовок**.

Неорганические цинковые грунтовки, очевидно, являются наиболее часто используемыми грунтовками для стальных конструкций в мире в настоящее время. Они были разработаны в конце 1950-х годов и использовались во всем мире с тех пор с очень небольшими изменениями в его основной химической структуре. Возможно, последней разработкой является водоразбавляемая версия, появившаяся на рынке с начала 1990-х годов. Это покрытие всегда используется в качестве грунтовки и может быть нанесено только на очищенную абразивоструйным способом поверхность стали. Общий стандарт для атмосферного применения предусматривает очистку до степени Sa2½ и для эксплуатации в режиме погружения – Sa3.

Основная причина использовать цинковое покрытие – грунтовка должна иметь возможность обеспечить катодную защиту. Для того чтобы процесс катодной защиты мог работать должным образом, чрезвычайно важно, чтобы покрытие содержало достаточное количество цинка, как правило, выше 75% от массы сухой пленки для водоразбавляемых покрытий и 82% - для покрытий на основе растворителей.

Стандарт SSPC-Краски №20 классифицирует неорганические обогащенные цинком покрытия на три категории:

– **Тип 1-А: Принудительно отверждаемые на водной основе.**

Этот тип включает в себя водорастворимые неорганические связующие, такие как силикаты щелочных металлов, фосфаты и их модификации, которые быстро высыхают до твердого состояния. Тем не менее, они будут оставаться растворимыми в воде, пока не затвердеет. Как правило, они должны быть в дальнейшем отверждены нагреванием или применением отверждающего раствора, чтобы преобразовать силикаты щелочных металлов в нерастворимые в воде связующие вещества.

– **Тип 1-В: Самоотверждаемые на водной основе.**

Тип 1-В включает в себя самоотверждающиеся, водоразбавляемые неорганические связующие, такие как водорастворимые силикаты щелочных металлов, четвертичные силикаты аммония, фосфаты и их модификации. Наиболее распространенная теория, что покрытия типа 1-В отверждаются в результате реакции с находящимся в воздухе диоксидом углерода и влагой воздуха. Покрытие остается чувствительным к контакту с водой, пока не испарится вода-растворитель и не произойдет достаточное отверждение. Процесс отверждения происходит постепенно с течением времени, в зависимости от температуры и влажности.

Покрытия типа 1-В (на водной основе) в основном используются для внутренних поверхностей танков и резервуаров, подвергающихся воздействию теплых или жарких климатических условий. Поскольку нет никаких растворителей в пленке, они безопасно могут быть применены внутри закрытых пространств и в помещениях. Вода, испаряясь из самого покрытия, создает достаточную влажность для завершения отверждения покрытия. Этот тип не эффективен для применения в условиях холодного климата, и в крайне влажных условиях, так как вода не будет должным образом испаряться с поверхности в течение разумного периода времени.

– **Тип 1-С: Самоотверждаемые на основе растворителя.**

Покрытия типа 1-С включают разбавляемые растворителями самоотверждающиеся неорганические связующие, такие как органические силикаты и полимерные модификации этих силикатов. Эти системы требуют высокой атмосферной влажности для завершения гидролиза, образуя продукт реакции – полисиликат цинка.

В настоящее время, типы 1-В и 1-С, чаще используются, чем тип 1-А.

Наиболее распространенные покрытия типа 1-С – двухкомпонентные цинкэтилсиликатные грунтовки. В отличие от большинства других красок механизм отверждения цинкэтилсиликатных покрытий очень специфичен. Для быстрого отверждения они требуют определенной температуры и высокой относительной влажности. Влажность должна поддерживаться в течение нескольких часов после нанесения грунта. Наилучший путь для отверждения этого типа красок – использование пара – горячего влажного воздуха. Испытания, проведенные широко во всем мире, показали проблемы, связанные с отверждением цинкэтилсиликатных красок. Существует проблема растрескивания цинкэтилсиликатных красок при небольшом растягивающем усилии. Скорей всего, это не полностью отвержденная грунтовка.

Свойства и практические аспекты.

Неорганические цинковые покрытия очень устойчивы к различным химикатам и растворителям. Цинковая этилсиликатная грунтовка на основе растворителя и щелочно-силикатные (жидкое стекло) на водной основе часто используются внутри резервуаров для хранения растворителей из-за их чрезвычайно хорошей стойкости к действию растворителей. Неорганические цинковые покрытия, как правило, не используются для постоянного погружения в воду.

Неорганические цинковые покрытия очень эффективны при самостоятельном использовании, без верхнего покрытия. Однако, применяя верхний слой, улучшается химическая стойкость, общая стойкость к коррозии и внешний вид. Системы с верхним органическим слоем широко используются для защиты морских сооружений, судов, промышленных предприятий, нефтеперерабатывающих заводов, резервуаров, мостов и т.д.

Обычная практика использования неорганических систем цинковых покрытий зависит от воздействия окружающей среды и типа конструкции. Один слой неорганического цинка, обычно наносится толщиной сухой пленки 75-125 мкм и часто используется для облицовки емкостей. Неорганические цинковые покрытия обладают очень высокой термостойкостью вплоть до 400°C.

Водосодержащие цинксиликаты должны наноситься с помощью обычного распыления. Однако, цинковые этилсиликаты на основе растворителей очень хорошо наносятся безвоздушным распылителем.

Цинковые неорганические покрытия высыхают довольно быстро по сравнению с большинством других видов химически отверждаемых покрытий. Они становятся сухими на ощупь в течение нескольких минут, в то время как типичные химически отверждаемые органические покрытия занимают несколько часов до отверждения.

Неорганические цинковые покрытия, с органической системой верхнего покрытия обеспечивают максимальную устойчивость к коррозии и срок службы для покрытий в жестких коррозионных условиях. До нанесения следующего слоя, неорганические цинковые покрытия должны полностью или почти полностью затвердеть.

С этой же целью может быть применено связующее покрытие. Связующее покрытие должно быть совместимо с цинком, а также верхним покрытием. Как правило, толщина пленки связующего покрытия находится в диапазоне 15-20 мкм.

Для перекрытия цинковых неорганических покрытий могут использоваться почти все основные типы покрытий (эпоксидные, виниловые, хлоркаучуковые или акриловые). Большинство алкидных покрытий не должны использоваться из-за возможного их омыления цинком. В качестве эмалей для промышленного рынка, наиболее подходящими являются двухкомпонентные полиуретановые покрытия, обеспечивающие стабильность цвета и блеска, стойкость к истиранию и химическую стойкость, в сочетании с эластичностью.

Нанесение цинксиликатных покрытий на водной основе должно выполняться обычным распылением, в то время как цинкэтилсиликатные грунтовки на основе растворителей могут наноситься методом безвоздушного распыления.

Для достижения правильного нанесения, отверждения и перекрытия финишным слоем цинкнаполненной неорганической грунтовки требуется более высокий уровень специальных знаний по сравнению с системами, в том числе и с цинкнаполненными органическими грунтовками. Основная причина состоит в том, что толщина пленки неорганических покрытий очень критически влияет на результат покрытия. Рекомендуемая толщина сухой пленки для нее, как правило, находится в диапазоне 50-100 мкм. Чрезмерная толщина пленки, обычно более 125 мкм и более, может привести к растрескиванию грунтовки, что требует немедленного выполнения ремонтных работ.

Во время нанесения и отверждения также необходим тщательный контроль относительной влажности воздуха. Если неорганическое цинковое покрытие не достаточно затвердело, перед нанесением верхнего толстослойного эпоксидного покрытия, внутренние напряжения, возникающие при отверждении эпоксидной смолы, могут превышать прочность сцепления ее с цинкнаполненным неорганическим покрытием и привести к растрескиванию и отслаиванию пленки цинка. Таких проблем с цинкнаполненными органическими покрытиями, как правило, нет.

Неорганические покрытия на водной основе типа 1-B имеют интервал до нанесения следующего слоя вплоть до 1 часа, но, как правило, 16-24 часов. Степень отверждения водорастворимых неорганических покрытий проверяют испытанием на мокрое истирание.

Для неорганических покрытий на основе растворителей (тип 1-C) выполняют тест на определение степени полимеризации слоя краски путем проверки устойчивости пленки к воздействию растворителя – метилэтилкетона, (МЭК-тест) согласно ASTM 4752. (рисунок 5.10) Стойкость к МЭК-тесту наступает через 16-24 часов. Этот тест необходимо всегда выполнять

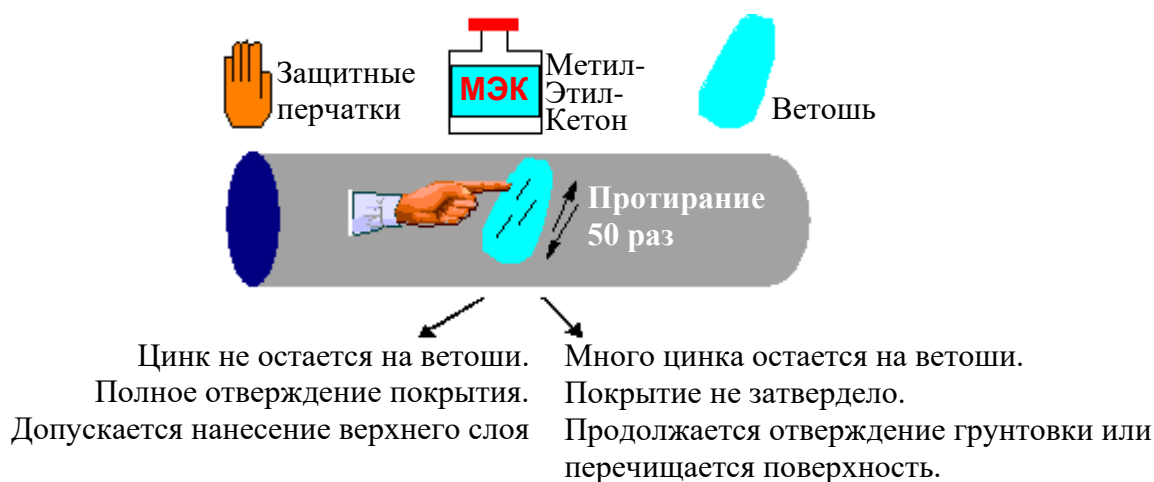


Рисунок 5.10. – Схема проведения МЭК-теста на определение степени полимеризации цинкэтилсиликатной грунтовки.

перед перекрытием цинкэтилсиликатной грунтовки органическими покрытиями.

При нанесении неорганических цинковых покрытий инспектор должен особое внимание обращать на следующие моменты:

- Цинкэтилсиликатные покрытия на основе растворителей для полного отверждения требуют влаги. Они высыхают в течение очень короткого периода времени, но полное вы-

сыхание может занять до 24 часов при относительной влажности 50%, чтобы можно было наносить верхнее покрытие.

- Неорганические цинковые покрытия на основе растворителей могут быть нанесены при очень низких температурах, ниже точки замерзания воды.
- Водоразбавляемые неорганические цинковые покрытия ограничиваются температурой нанесения выше точки замерзания воды, и требует углекислый газ для их отверждения. Отверждение обычно занимает 24 часа, чтобы достичь состояния, при котором покрытие может быть перекрыто верхним слоем.
- Чтобы избежать растрескивания неорганических цинковых покрытий, обычная ТСП составляет 50-75 мкм, но не превышает 125 мкм. Неорганический цинк не имеет межслойную адгезию, поэтому второй слой не может быть нанесен. Если необходимо отремонтировать неорганические цинковые покрытия, инспектор может предложить использовать органический цинк или толерантные к поверхности эпоксидные мастики.
- Поверхность цинкового покрытия достаточно пористая, и во избежание образования пузырей растрескиваний и проколов в последующем слое, должна быть использована специальная техника нанесения: нанесите очень тонкий напылённый слой, едва смачивая поверхность, а затем, как только растворитель потеряет блеск, нанести весь верхний слой. Тонкий напылённый слой помогает «запечатать» пористость неорганической цинковой грунтовки, таким образом, не образуются проколы во время нанесения влажного покрытия.

5.3.13.2. Силиконы.

Силиконы образуются путем химической модификации кварца, песка, или кремния, и могут рассматриваться как гибриды из стекла и органических смол. Они имеют такую же инертность, как стекло, но могут быть введены в покрытия так же легко, как органические смолы. Вследствие этого их основные особенности – отличная стойкость к воздействию высоких температур и УФ-излучения, однако, устойчивость к кислотам не очень хорошая, и они имеют достаточно высокую степень проницаемости. Они, как правило, используются поверх противокоррозионной грунтовки. Они отвердевают с помощью – испарения растворителя и нагрева.

Силиконы также используются в качестве противообрастающих покрытий в морской промышленности. К поверхности противообрастающего покрытия морские организмы трудно прикрепляются или легко отсоединяются. Когда корабли достигают определенной скорости, обрастания морских организмов отсоединяются, так как «скользящее» покрытие снижает адгезию к корпусу судна.

Примером смешанного силикона является алкидсиликатные краски, которые обсуждалось в разделе, посвященном алкидам. Основное применение силиконовых покрытий для защиты от коррозии при высоких температурах. Силиконовые покрытия, пигментированные алюминием, выдерживает температуру до 640°C, а применение керамических пигментов позволяет покрытию выдерживать температуру до 760°C. Силиконовые покрытия обычно используются в качестве отделочных покрытий сверху грунтовки из неорганического цинка, применяемой для защиты наружных поверхностей дымовых и вытяжных труб от воздействия высоких температур.

Контроль проблем покрытия:

- Необходимо следить за нанесением, чтобы не было переутолщений пленки, обычно наносится очень тонкой пленкой толщиной 25-50 мкм;
- Многие силиконы требуют медленного нарастания тепла при первом использовании. Если температура поднимается слишком быстро, силикон имеет тенденцию к расслоению при первом использовании конструкции.
- Убедитесь, что работники тщательно следуют инструкциям изготовителя по термическому отверждению.

5.3.13.3. Полисилоксаны.

Полисилоксановые покрытия используются в секторе услуг, характеризующихся воздействием истирания, химических веществ, ультрафиолета и экстремальных высоких температур. Термин полисилоксан относится к полимеру с кремнекислородным каркасом. Кремнекислородный каркас гораздо более стойкий к воздействию УФ-излучения, чем углерод-углеродные связи органических полимеров.

Успехи в полисилоксановой химии привели к развитию трех основных категорий этого типа покрытия:

- Неорганические полисилоксаны – типичные неорганические полисилоксаны, отверждаемые гидролитической поликонденсацией. Эти покрытия с правильно подобранными добавками и пигментами могут выдерживать температуру приблизительно до 760°C. Изменение пигмента создает покрытия с превосходной стойкостью к действию растворителей.
- Эпоксидно-полисилоксановые гибриды – состав из алифатических эпоксидных смол, силиконовых полупродуктов, оксисиланов и аминсиланов создает стойкие к погодным условиям и коррозионному воздействию гибриды. Процесс отверждения этих покрытий проходит как гидролитической поликонденсацией, так и более традиционными механизмами эпоксидной реакции, в результате чего, образуются взаимопроникающие полимерные сетки. Полученные составы обеспечивают улучшенную устойчивость к атмосферным воздействиям по сравнению с обычными эпоксидными покрытиями.
- Акрилово-полисилоксановые гибриды – объединяя акриловой и силоксановой смолы, получается высоко атмосферостойкое верхнее покрытие с низким содержанием ЛОС. Эти системы могут быть получены в виде одно- или двухкомпонентных систем.

Каждый производитель полисилоксановых покрытий выпускает совместимую грунтовку и промежуточное покрытие (называемое в данном случае связующим покрытием).

Инспектор покрытия должен гарантировать, что используются надлежащие покрытия и наносятся в соответствующей временной рамке.

5.3.14. Цинкорганические покрытия.

Не следует путать цинкорганические покрытия с неорганическим цинком – это очень разные покрытия. Органический цинк является эпоксидным или полиуретановым покрытием с цинковым наполнителем. Эпоксидные и полиуретановые смолы являются очень эффективными изоляторами, благодаря чему они приостанавливают реакцию катодной защиты, если пленка покрытия не повреждена, хотя цинк при этом имеет контакт со сталью.

Эти материалы действительно также используются в качестве ремонтных грунтовок для неорганических цинковых покрытий и для условий погружения в воду, а также для условий, где неорганические цинковые покрытия не рекомендуются.

Органические цинковые покрытия не так чувствительны к нанесению, как неорганические цинковые покрытия, но требуют так же выполнять инспекцию, как и для стандартных покрытий на основе эпоксидной или полиуретановой смолы.

5.3.15. Полиаспартовые покрытия.

Полиаспартовые покрытия, первоначально введенные в 1990-х годах в качестве реакционноспособных разбавителей в традиционных с высоким сухим остатком полиуретановых покрытиях, в настоящее время используются для достижения низкого или близкого к нулю содержания ЛОС.

С технической точки зрения Полиаспартовые покрытия являются алифатическими полимочевинами, так как эти двухкомпонентные материалы предусматривают реакцию между али-

фатическим полиизоцианатом и полиаспартовым эфиром (алифатическим диамином). Тем не менее, они отличаются от полимочевины из-за различных способов нанесения и эксплуатационных свойств.

Полиаспартовые покрытия в настоящее время используются в качестве отделочных покрытий для наружного применения, чтобы заменить полиуретановый финишный слой с высоким содержанием ЛОС. Полиаспартики могут быть созданы с широким диапазоном скоростей реакций, что позволяет получить жизнеспособность от пяти минут до нескольких часов. Таким образом, эти системы могут быть применены с помощью обычного распыления, а также оборудования с отдельной подачей компонентов. Полиаспартики также позволяют наносить пленку ТСП до 380 мкм за один проход.

Инспекторы покрытия выполняют обычные процессы контроля с использованием этих покрытий, в том числе условия окружающей среды, чистота поверхности, сплошность покрытия, и ТСП.

5.3.16. Фенольные покрытия.

Фенол, также известный как карболовая кислота, представляет собой органическое химическое вещество, используемое в самых разнообразных промышленных изделиях, в том числе:

- Пищевая промышленность;
- Лекарственное средство;
- Процедуры бальзамирования;
- Шары для боулинга.

В чистом виде это очень опасное химическое вещество, вызывающее ожоги кожи при контакте.

В качестве покрытия, он имеет широкий спектр применений от тонкопленочных покрытий для фанеры до толстопленочных спекаемых покрытий для облицовки железнодорожных цистерн, перевозящих кислоту. Фенольные смолы могут быть смешаны с эпоксидной смолой с образованием эпоксидного фенольных продуктов, обычно используемых для изоляции зон локализации атомных электростанций.

Фенольные покрытия обеспечивают стойкую защиту высокого качества во многих областях применения, в том числе в режиме погружения для большинства кислот, растворителей и солей. Он обычно используется в средах с низким pH и где высокая температура является одним из факторов. Фенольные покрытия имеют отличную устойчивость к серной кислоте с концентрацией 92-98% при температуре до 49°C. Они также устойчивы к соляной кислоте, фенолу, безводному хлор-бензолу, четыреххлористому углероду и многим другим химическим веществам.

Инспектирование включает:

- Поскольку существует большое разнообразие этих покрытий, тщательно изучите техническое описание (TDS) каждого конкретного продукта.
- Спекаемые фенольные покрытия требуют медленного повышения температуры и строгого соблюдения графика отверждения.

5.3.17. Латексные эмульсии.

Латексные эмульсии являются покрытиями, которые могут содержать множество различных частиц смолы, которые покрыты эмульгатором, чтобы удерживать их друг от друга в жидком состоянии. Смолы, как правило, термопластичные. Чаще всего используют такие смолы:

- Стирол-бутадиен;
- Винилацетат;

- Винил-акриловые смолы;
- Акрилаты (эфиры акриловой кислоты)

По мере того как вода и эмульгатор выходят из пленки, частицы смолы сливаются в сплошную пленку.

Проблемы инспекторов:

- Влажность воздуха в зоне нанесения покрытия должна быть достаточно низкой, чтобы вода эффективно испарялась.

5.3.18. Общие свойства различных типов красок.

Информация о свойствах различных типов красок приведена в таблице 5.10.

Таблица 5.10. – Общие качества различных типов краски.

Обозначения качеств:	Качества различных типов краски								
	Поливинил-хлоридные	Хлор-каучуковые	Акриловые	Алкидные	Полиуретановые ароматические	Полиуретановые, алифатические	Цинкэтил-силикатные	Эпоксидные	Эпоксид-углеводородные
	(PVC)	(CR)	(AY)	(AK)	(PUR)	(PUR)	(ESI)	(EP)	(EPC)
Сохранение блеска	▲	▲	▲	▲	●	■	—	●	●
Сохранение цвета	▲	▲	■	▲	●	■	—	●	●
Устойчивость к химическим веществам									
Погружению в воду	▲	■	▲	●	▲	●	▲	■	■
Дождям, осадкам	■	■	■	▲	■	▲	■	■	■
Растворителям	●	●	●	▲	■	▲	■	■	▲
Растворителям (в виде брызг)	●	●	●	■	■	■	■	■	■
Кислотам	▲	■	▲	▲	■	▲	●	▲	■
Кислотам (в виде брызг)	■	■	▲	▲	■	■	●	■	■
Щелочам	▲	▲	▲	▲	▲	▲	●	■	■
Щелочам (в виде брызг)	■	■	▲	▲	■	■	●	■	■
Устойчивость к сухой высокой температуре									
до 70 °С	●	●	▲	■	■	■	■	■	■
от 70 до 120 °С	—	—	▲	■	■	■	■	■	▲
от 120 до 150 °С	—	—	▲	●	▲	●	■	▲	▲
от 150 до 400°С	—	—	—	—	—	—	■	—	—
Физические свойства:									
Сопротивление истиранию	●	●	●	▲	■	▲	■	■	▲
Ударная прочность	▲	▲	▲	▲	■	▲	▲	■	▲
Гибкость	■	■	■	▲	▲	■	●	▲	▲
Твердость	▲	▲	▲	■	■	▲	■	■	■

Эти данные носят только общий информативный характер. Данные сведения предназначены для помощи в выборе красок, но использовать их необходимо в сочетании с техническими данными производителя красок и опыта их применения в предыдущих проектах.

Информация, представленная в таблице 5.10, составлена из широкого перечня источников и предназначена для того, чтобы сформировать общее представление об общих свойствах различных типов доступных красок. Отклонения могут иметь место внутри отдельных типов свя-

зующих, а также для некоторых продуктов, специально разработанных для обеспечения исключительной стойкости к определенным химическим веществам или условиям применения. В любом случае необходимо консультироваться с производителем определенной краски для конкретного применения.

5.4. Основные соображения инспекции.

Если материалы доставляются к месту работы, инспектор покрытия должен проверить все ли материалы (краски, разбавители, средства для очистки, абразивы, замазки, шпатлевки и т.д.) соответствуют материалам, представленным в спецификации или утверждениям заказчика или его представителем.

Инспектор должен иметь копию технического описания (TDS) каждого утвержденного продукта, чтобы сравнить его наименование, указанное на этикетке тары с наименованием утвержденного материала, указанным в паспорте (техническом описании) продукта. При обнаружении любого несоответствия в наименовании материала следует немедленно сообщить представителю заказчика. Имейте в виду, что даже тогда, когда два продукта имеют одинаковое общее название они не обязательно одинаковы или даже эквивалентны.

Инспектор должен также проверить:

- Срок годности;
- Условия хранения и температуру;
- Номера партий и записать их на каждую единицу продукции.

Номера партий всегда находятся на таре, а не в техническом описании продукта. Может возникнуть необходимость проверки каждой единицы тары в каждой партии груза, чтобы гарантировать, что это надлежащий материал и записать все номера партии.

Примечание: Довольно часто производитель, смешивает продукты на поддоне или отправляет один и тот же продукт, но из разных партий на одном поддоне.

Когда используется двухкомпонентный материал, инспектор должен убедиться, что правильное количество каждого компонента в наличии, исходя из соотношения смеси.

5.5. Контрольный лист инспектора.

- Указанный в спецификации материал находится на площадке;
- Дата окончания хранения материалов, поставленных на площадку;
- Соответствие цветов покрытий;
- Соответствие и достаточное количество каждого компонента;
- Юридические и необходимые условия хранения с предотвращением потерь

Основные термины и определения.

Шпатлевка – продукт пастообразной или жидкой консистенции, применяемый для устранения небольших дефектов поверхности перед окраской.

Грунтовка – состав, наносимый первым слоем на подготовленную к окраске поверхность основания и/или очищенное старое покрытие для создания первичного слоя лакокрасочного покрытия, обеспечивающего надёжное адгезионное сцепление верхних (кроющих) слоёв покрытия с окрашиваемой поверхностью и выравнивание (для пористых поверхностей) её впитывающей способности. Она обычно также обеспечивает антикоррозионную защиту в течение всего срока службы окрасочной системы.

Межоперационная/заводская грунтовка (шоппраймер) – это особая, очень быстро высыхающая грунтовка, предназначенная для нанесения в заводских условиях на автоматических поточных линиях тонким слоем (15-20 мкм) с целью обеспечения временной защиты на открытом воздухе стальных листов и профилей после их прогрева и дробеструйной очистки на период производства металлоконструкций (6 – 12 месяцев) до нанесения собственно грунтовки.

Связующее покрытие – покрытие, предназначенное для улучшения межслойной адгезии и для недопущения дефектов в течение нанесения.

Промежуточное покрытие – это содержащий пигменты слой (слои) между грунтовочным покрытием и верхним слоем, который после нанесения на первичный слой лакокрасочного покрытия образует непрозрачную пленку, обладающую защитными или специальными техническими свойствами.

Отделочная краска (верхнее покрытие) – последний слой покрытия системы краски, предназначенный для защиты находящихся ниже слоев от окружающей среды, способствует общей антикоррозионной защите, и придает системе необходимый цвет и декоративные свойства.

Грунтовка-отделочная краска – продукт, одновременно выполняющий функции и грунтовки, и отделочной краски.

Лак – продукт, который после нанесения на поверхность образует твердую прозрачную пленку, обладающую защитными, декоративными или специальными техническими свойствами.

Связующее / пленкообразующее вещество для лакокрасочных материалов – нелетучая часть лакокрасочной среды, которая, отверждаясь, образует пленку и связывает пигмент.

Кремнийорганические покрытия – продукты, связующими веществами которых являются высокомолекулярные соединения, представляющие собой большую группу разнообразных смол, в молекулах которых имеется связь между атомами кремния и углерода.

Органические покрытия – материалы на основе пленкообразующих веществ, которые производятся из живых организмов или древних остатков живых организмов. Все органические покрытия содержат углеводороды.

Жизнеспособность – максимальное время, в течение которого продукт, состоящий из отдельных компонентов, должен быть использован после их смешения.

Время индукции – период времени после смешивания компонентов перед началом нанесения для начала химической реакции.

Руководство по изучению раздела.

1. Факторы, влияющие на выбор красок.
2. Классификация ЛКМ на предмет наличия растворителей.
3. Классификация ЛКМ по функциональному назначению (Шпатлевка, Грунтовка, Межоперационная/заводская грунтовка (шоппраймер), Связующее покрытие, Промежуточное покрытие, Отделочная краска, Грунтовка-отделочная краска, Лак).
4. Классификация красок на два (2) общие вида (по природе плёнкообразующего вещества). Органические и неорганические покрытия. Основное различие в свойствах между органическими и неорганическими покрытиями.
5. Типы ЛКМ по механизму образования пленки покрытия. Не превращаемые в нерастворимую форму (физически высыхающие) краски. Краски, твердеющие на воздухе. Химически твердеющие краски. Краски, отвердевающие при помощи влаги воздуха (гидратация). Названия красок по типу применяемого связующего вещества.
6. Стадии испарения растворителей из краски и факторы на него влияющие.
7. Распознавание механизма образования пленки
8. Характеристика твердеющих на воздухе алкидных красок. Модифицированные алкидные краски.
9. Характеристика физически высыхающих красок.
10. Эпоксидные краски, их виды, области применения и преимущества.
11. Аминное помутнение – причины появления, способы выявления и устранения.
12. Особенности нанесения эпоксидных красок. Понятия жизнеспособность и время индукции.
13. Характеристики красок на основе чистых эпоксидов.
14. Характеристики эпоксидно-фенольных покрытий.
15. Характеристика эпоксидных мастик.
16. Характеристика эпоксидно-каменноугольных покрытий.
17. Характеристика эпоксидных красок, не содержащих растворитель.
18. Двухкомпонентные полиуретановые краски.
19. Полимочевинные покрытия (полиурея).
20. Полиэфирные (полиэстеровые) покрытия.
21. Отверждаемые влагой воздуха полиуретановые краски.
22. Неорганические этилсиликатные покрытия.
23. Тест на определение степени полимеризации слоя этилсиликатных покрытий.
24. Сравнение свойств различных типов красок.
25. Основные положения инспектирования лакокрасочной продукции.