РАСПИСАНИЕ

занятий на курсах подготовки инспекторов
по контролю качества окрасочных работ

Ирина Павловна

г. Санкт-Петербург 15 марта – 26 марта 2004 г.

День	Время	Темы занятий	Преподаватель
Понедельник 15.03.2004.	10.00-12.00	Вступительное слово. Организационные вопросы.	В.Д. Пирогов
		Задачи учебного курса.	В.Д. Пирогов
		Общие обязанности инспектора. Актуальность и экономические аспекты проблемы коррозии и защиты металлов.	нач. лаб. К.Х.Н. Мария Андреевна
	12.00-14.00	Лакокрасочные материалы. Классификация. Основные компоненты.	М.А. Михайлова 274-17-29
Вторник 16.03.2004.	9.00-11.00	Основные теоретические представления о коррозии металлов.	М.А. Михайлова
	11.00-13.00	Лакокрасочные материалы. Пленкообразование. Принципы выбора.	М.А. Михайлова зам. нач. лаб. Ирина Павловна
	13.00–14.00	Подготовка лакокрасочных материалов перед нанесением. Технология. Оборудование.	И.П. Степанова
	14.00–15.00	Обед	
	15.00–17.00	Контроль лакокрасочных материалов перед нанесением. Стандарты ИСО.	И.П. Степанова
Среда 17.03.2004. каб. 541	9.00-9.30	Обсуждение теста № 1	В.Д. Пирогов
	9.30-11.00	Подготовка поверхности перед нанесением лакокрасочных материалов. Адгезия. Общие требования к подготовке поверхности.	В.Д. Пирогов Влад. Юрьевич
	11.00–14.00	Методы подготовки поверхности перед нанесением лакокрасочных материалов. Технология, оборудование	В.Ю. Григорьев СОО „ГАММА" Эпокс. материалы гл. инж.
	14.00-15.00	Обед	
	15.00-17.00	Лакокрасочные материалы. Совместимость. Противообрастающие материалы.	М.А. Михайлова
Четверг 18.03.2004.	9.00-10.00	Обсуждение теста № 2	В.Д. Пирогов
	10.00-12.00	Контроль качества подготовки поверхности. Практическое занятие по контролю качества подготовки поверхности.	В.Д. Пирогов Унипласт 320-17-65 96 99
	12.00-13.00	Подготовка поверхности. Особенности применения различных абразивных материалов.	И.Б. Колобов Игорь Борисович
	13.00-14.00	Практическое занятие по контролю	И.П. Степанова

15.03.04

День	Время	Темы занятий	Преподаватель
		лакокрасочных материалов.	
	14.00-15.00	Обед	
	15.00-17.00	Практическое занятие по контролю лакокрасочных материалов.	И.П. Степанова
Пятница 19.03.2004.	9.00-10.00	Обсуждение теста № 3	В.Д. Пирогов
	10.00-11.00	Контроль качества подготовки поверхности. Оценка шероховатости. Практическое занятие. Стандарты ИСО.	В.Д. Пирогов
	11.00-12.00	Механизм защитного действия и разрушения лакокрасочных покрытий.	В.Д. Пирогов
	12.00-14.00	Влияние климатических условий на качество лакокрасочных покрытий	М.А. Михайлова
	14.00-15.00	Обед	
	15.00-16.00	Контроль климатических условий.	М.А. Михайлова
Понедельник 22.03.2004.	9.00-10.00	Обсуждение теста № 4	В.Д. Пирогов
	10.00-14.00	Методы нанесения лакокрасочных материалов. Технология. Оборудование.	В.Ю. Григорьев
		Правила безопасности труда и охраны окружающей среды при выполнении очистных и окрасочных работ	В.Ю. Григорьев
	14.00–15.00	Обед	
	15.00–17.00	Практическое занятие по оценке степени разрушения лакокрасочных покрытий.	М.А. Михайлова
Вторник 23.03.2004.	9.00-10.00	Обсуждение теста № 5	В.Д. Пирогов
	10.00-12.00	Методы и средства защиты металлоконструкций от коррозии помимо лакокрасочных покрытий. Методы рационального конструирования.	В.Д. Пирогов
	12.00–14.00	Контроль качества нанесения лакокрасочных материалов. Стандарты ИСО.	И.П. Степанова
	14.00-15.00	Обед	
	15.00–17.00	Практическое занятие по контролю качества нанесения лакокрасочных материалов	И.П. Степанова
Среда 24.03.2004.	9.00-10.00	Обсуждение теста № 6	В.Д. Пирогов
	10.00-11.00	Сопоставление требований отечественных и международных стандартов по контролю лакокрасочных материалов, оценке качества очистных и окрасочных работ.	В.Д. Пирогов
		Оснащение инспектора для контроля качества очистных и окрасочных работ.	
	11.00–12.00	Демонстрация кинофильмов на тему выполнения очистных и окрасочных	В.Д. Пирогов

День	Время	Темы занятий	Преподаватель
		работ.	
	12.00–14.00	Практическое занятие по контролю качества лакокрасочного покрытия. Характерные дефекты покрытий.	М.А. Михайлова
	14.00–15.00	Обед	
	15.00–16.00	Общие правила визуального и измерительного контроля.	М.А. Михайлова
	16.00–17.00	Обсуждение теста № 7	М.А. Михайлова
Четверг 25.03.2004.	9.00-14.00	Самостоятельная подготовка слушателей к экзаменам (вне класса).	
	14.00–17.00	Повторение основных вопросов курса обучения. Самостоятельная работа со средствами контроля.	В.Д. Пирогов М.А. Михайлова И.П. Степанова
Пятница 26.03.2004.	10.00	ЭКЗАМЕНЫ: - Общий стандарты - Специальный - Практический приборы 2 дет. Подведение итогов курса. 2-ой уровень - инженер 1-ой — " — помощник инспектора	Экзаменационная комиссия В.Д. Пирогов

Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов "Прометей"

Бюро Веритас

КУРС ЛЕКЦИЙ

для подготовки инспекторов по контролю и приемке работ по нанесению лакокрасочных покрытий

Санкт-Петербург
1997 г.

15.03.04.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение

2. Основные теоретические представления о коррозии и защите металлов.....

3. Лакокрасочные материалы.....

4. Подготовка лакокрасочных материалов перед их нанесением.....

5. Подготовка поверхности перед нанесением лакокрасочных материалов.....

6. Нанесение лакокрасочных материалов.....

7. Вопросы безопасности труда и охраны окружающей среды.....

8. Литература, рекомендуемая для самостоятельного изучения.....

Раздел 1

ВВЕДЕНИЕ

1.1. Организация и задачи учебного курса

1.2. Общие обязанности инспектора по контролю и приемке лакокрасочных покрытий

1.3. Актуальность и экономические аспекты проблемы коррозии и защиты металлических сооружений

1.1. ОРГАНИЗАЦИЯ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОГО КУРСА

В мае 1994 года Комитет по безопасности ИМО принял Резолюцию по системам противокоррозионной защиты судовых конструкций, предусматривающую усиление контроля за качеством применяемых средств защиты. Данная Резолюция требует от всех участников строительства судов (конструкторских бюро, судостроительных заводов, производителей средств противокоррозионной защиты, судовладельцев, классификационных обществ), наряду с применением современных эффективных средств защиты, привлечения к выполнению и контролю противокоррозионных мероприятий высококвалифицированного персонала.

Новая инициатива ИМО призвана не только повысить уровень безопасности плавания судов, но и существенно увеличить надежность и долговечность конструкций и рентабельность эксплуатации судов.

В этой связи Бюро Веритас совместно с Норвежским национальным институтом технологии и Норвежским советом по обучению и сертификации инспекторов по противокоррозионным покрытиям (FROSIO) организовали учебные курсы по подготовке инспекторов. За прошедшее время в странах Европы и Азии было подготовлено и сертифицировано более тысячи инспекторов.

Бюро Веритас обратилось в ЦНИИ КМ "Прометей" как головную организацию судостроения России в области защиты судов от коррозии и обрастания с предложением организовать подобные курсы в России. Специалисты ЦНИИ КМ "Прометей" на основе многолетнего положительного опыта научных исследований, разработок и практического осуществления комплексной защиты судов от коррозии и обрастания разработали программу учебного курса, которая была одобрена FROSIO 26 сентября 1996 г.

Настоящий курс лекций подготовлен в соответствии с указанной программой. В лекциях не ставится цели полного и подробного изложения всех затронутых аспектов проблемы коррозии и защиты металлов, в них изложен только тот круг вопросов, с которыми инспектор по лакокрасочным покрытиям может сталкиваться в своей повседневной деятельности. Для более полного и детального изучения тех или иных аспектов проблемы необходимо воспользоваться рекомендуемой технической литературой.

Курс обучения рассчитан на инженеров и техников, имеющих опыт работы в области нанесения и контроля лакокрасочных покрытий. Это могут быть специалисты малярных цехов, технологических отделов, отделов технического контроля судостроительных и судоремонтных заводов; разработчики, исследователи и изготовители лакокрасочной продукции; специалисты технологических отделов конструкторских бюро, пароходств, рыбопромысловых предприятий и другие специалисты.

Задачей учебного курса является подготовка квалифицированных специалистов-контролеров, обладающих:

- необходимыми теоретическими знаниями для понимания сущности физико-химических процессов коррозии металла и ее предотвращения;

- знаниями и опытом качественного выполнения очистных и окрасочных работ;
- умением полно, тщательно и детально проконтролировать и зафиксировать документально качество всех технологических операций по подготовке поверхности и нанесению лакокрасочных покрытий;
- навыками использования современных приборов и средств контроля;
- знанием своих обязанностей, полномочий и умением правильно построить взаимоотношения со всеми участниками работ.

После окончания курса и успешной сдачи экзамена слушатель аттестуется в качестве инспектора по контролю и приемке работ по нанесению лакокрасочных покрытий. Ему выдается соответствующий документ.

Курс лекций подготовлен начальником отделения защиты судов от коррозии и обрастания ЦНИИ КМ "Прометей" доктором технических наук В.Д. Пироговым.

Адрес: 193015, Россия, Санкт-Петербург, ул.Шпалерная, д.49
ЦНИИ КМ "Прометей"
Телефон: 274-18-14
Факс: 274-17-07

100% трудоемк. + 50%
Sa-2,0 → Sa-2,5 → Sa3
Лист согласования окрасочных работ

1.2. ОБЩИЕ ОБЯЗАННОСТИ ИНСПЕКТОРА ПО КОНТРОЛЮ И ПРИЕМКЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Главная задача и обязанность инспектора – контроль за выполнением очистных и окрасочных работ и оценка соответствия качества работ требованиям соответствующих стандартов.

Инспектор является частью общей системы обеспечения качества продукции, основанной на соответствующих стандартах (например, ISO 9001-9003) и может действовать от лица поставщика лакокрасочных материалов, заказчика судна (или другого объекта) или строителя данного объекта.

Инспектор должен знать досконально:

- современные технологии, методы организации и выполнения очистных и окрасочных работ;
- области рационального применения, технические характеристики, правила наилучшего использования очистного и окрасочного оборудования, применяемой технологической оснастки;
- области рационального применения, свойства и методы нанесения используемых лакокрасочных материалов;
- требования всех стандартов, регламентирующих выполнение всех операций по подготовке поверхности и нанесению покрытий;
- методы проведения всех необходимых контрольных операций;
- современные приборы и приспособления для выполнения всех контрольных операций;
- требования национальных стандартов по технике безопасности и охране окружающей среды;
- II уровень теорию коррозии и защиты металла в объеме, необходимом для понимания и разъяснения принципов противокоррозионной защиты, и требований к выполнению очистных и окрасочных работ.

Общие обязанности инспектора включают в себя контроль выполнения следующих основных требований:

1) Контроль качества и приемка должны производиться по всем стадиям и операциям очистных и окрасочных работ от проверки используемых материалов и оборудования до окончательной приемки покрытия.
2) Все используемые материалы (краски, растворители, абразив и др.) должны иметь необходимую сопроводительную документацию, подтверждающую их качество, и храниться должным образом.
3) Технологическое оборудование и оснастка должны быть в работоспособном состоянии.
4) Приборы контроля должны быть поверены в установленном порядке и иметь соответствующее клеймо.
5) На все работы должны быть необходимые технологические документы (инструкции, методики и т.п.), соответствующие требованиям стандартов на эти работы.
6) Рабочие и обслуживающий персонал должны быть ознакомлены с документацией и требованиями к выполнению очистных и окрасочных работ и иметь соответствующую квалификацию.
7) Условия окружающей среды должны соответствовать требованиям, указанным в соответствующих стандартах и технологической документации на конкретные виды работ.

8) Все работы должны выполняться с точным соблюдением правил техники безопасности и охраны окружающей среды.

9) Все контрольные операции должны документироваться, по окончании окрасочных работ должен составляться отчет.

10) Инспектор должен разъяснять всем участникам работ свои функции и требования, добиваться полного взаимопонимания и хороших взаимоотношений.

Инспектор в принципе должен контролировать весь технологический процесс подготовки поверхности и нанесения покрытия, однако с точки зрения его личной ответственности за нарушения отдельных требований его функции следует разделить на три группы:

1) Нарушения, определяющие качество работ и, в конечном итоге, качество покрытия. Здесь инспектор действует самостоятельно, запрещая проведение работы или требуя ее исправления.

2) Нарушения, не влияющие на качество покрытия, но отражающиеся на безопасности или эффективности работ (нарушение правил безопасности, неэкономное расходование материалов и т.п.). По таким вопросам инспектор должен докладывать руководству предприятия.

3) Вопросы, касающиеся неэффективных, неэкономичных способов, приемов, навыков выполнения работы операторами или способов организации этих работ. По таким вопросам инспектор должен дать соответствующие советы и рекомендации операторам и руководству окрасочного цеха.

Выполнение всех контрольных операций и результаты контроля в обязательном порядке оформляются документально на всех стадиях выполнения очистных и окрасочных работ.

Формы отчетной документации могут быть различными и устанавливаются организацией, от имени которой действует инспектор. Обычно используются четыре формы отчетной документации:

- рабочий журнал;
- акты контроля по отдельным этапам работы;
- уведомления о нарушениях требований к выполнению отдельных работ;
- сводный отчет о контроле качества выполнения очистных и окрасочных работ на объекте.

В рабочем журнале инспектор ежедневно отмечает все вопросы, по которым ему пришлось работать в течение дня, с указанием даты и времени.

Акты оформляются на все основные этапы работ с указанием результатов контроля и отметки о принятии инспектором конкретного объема работ. Акт подписывается инспектором и представителем организации – исполнителя очистных и окрасочных работ.

В случае каких-либо отклонений от требований стандартов или технологической документации, которые не были исправлены по замечаниям инспектора, оформляется уведомление о нарушении требований. Уведомление обсуждается представителями заинтересованных сторон и принимается согласованное решение о способах исправления каждого отклонения. На уведомлении делается пометка о том, что отклонение исправлено. В случае, если согласованного решения принять не удалось, инспектор указывает в сводном отчете

допущенные отклонения в работе и причины, по которым они не были исправлены.

В сводном отчете о контроле качества выполнения окрасочных работ на объекте приводится основная информация об организации работ и значениях всех основных параметров технологического процесса очистки и окраски. Делается заключение о полном или частичном соответствии качества работ требованиям стандартов и технологической документации.

Ниже, в разделах, посвященных технологии очистных и окрасочных работ, будут детально рассмотрены обязанности инспектора на каждой операции технологического процесса, указаны стандарты, регламентирующие выполнение этих операций, рассмотрены их требования, указаны методы и приборное оснащение для осуществления контроля.

1.3. АКТУАЛЬНОСТЬ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ КОРРОЗИИ И ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

В современном мире коррозия металлов и защита их от коррозии является одной из важнейших научно-технических и экономических проблем.

Технический прогресс во многих отраслях промышленности тормозится из-за нерешенности ряда коррозионных проблем. Это приобрело особую актуальность в промышленно развитых странах с большим металлофондом особенно в последние годы в связи с все более широким использованием в промышленности высокопрочных материалов, особо агрессивных сред, высоких температур и давлений. В этих условиях значительно возрос удельный вес потерь, вызываемых такими опасными формами коррозии, как коррозионное растрескивание, межкристаллитная коррозия, питтинг и др.

Огромны экономические потери от коррозии металлов. Например, в США они превышают 100 млрд. долларов в год. По оценкам специалистов различных стран, эти потери в промышленно развитых странах составляют от 2 до 4 % валового национального продукта. При этом потери металла, включающие массу вышедших из строя металлических конструкций, изделий, оборудования, составляют от 10 до 20 % годового производства стали.

Различают два вида потерь: прямые и косвенные. Прямые – безвозвратные потери металла, стоимость замены оборудования, металлоконструкций, расходы на противокоррозионную защиту. Косвенные – простой оборудования, снижение мощности, снижение качества продукции, расход металла на утолщение стенок и т.п.

Весьма актуальны вопросы защиты от коррозии для судостроения и флота как вследствие металлоемкости судов и морских сооружений, так и в связи с агрессивными средами и жесткими условиями эксплуатации корпусных конструкций.

Убытки, вызываемые коррозионными разрушениями судов, составляли для судостроения и флота бывшего СССР несколько сотен миллионов долларов и около 50 тыс.т. черных металлов в год.

И наоборот, разработка и практическое использование эффективных средств противокоррозионной защиты позволяют не только уменьшить потери металла и средств, но и снизить металлоемкость судов, увеличить их грузоподъемность, уменьшить расход топливно-энергетических ресурсов при строительстве и эксплуатации судов, увеличить эксплуатационный период и в целом уменьшить себестоимость и повысить рентабельность судов.

Так, например, снижение скорости коррозии судовых корпусных конструкций путем использования эффективных средств защиты позволило применить в российском судостроении низколегированные стали повышенной прочности марок 09Г2, 10ХСНД и др. с пределом текучести 300–400 МПа взамен обычных углеродистых сталей с пределом текучести не более 240 МПа. Это позволило снизить строительные толщины корпусных конструкций и, соответственно, уменьшить их массу, сэкономить металл, снизить энерго- и трудозатраты при строительстве и эксплуатации судов. По нашим расчетам, экономия стального проката от замены углеродистых сталей на низколегированные повышенной

прочности составляет от 5 до 17% в зависимости от марки сталей, назначения судна и применяемых средств защиты. Снижение строительных толщин в этом случае может составлять 3–7 мм для днища и 2–5 мм для бортов.

Снижение скорости язвенной коррозии обшивки подводной части корпуса с 1–2 до 0,02–0,05 мм/год путем применения эффективных красок и электрохимической защиты позволило резко уменьшить объем работ по подварке сварных швов и практически исключить такой вид ремонтных работ, как замена листов обшивки.

Можно привести много других примеров, когда правильное применение эффективных средств противокоррозионной защиты приводит к значительным техническим и экономическим успехам.

Поскольку основным средством противокоррозионной защиты судов являются лакокрасочные покрытия, то вполне понятно, насколько важны и актуальны вопросы применения эффективных лакокрасочных материалов и качественного их нанесения. Экономический анализ того или иного варианта нанесения покрытия строится на основе сопоставления затрат и эффективности (функциональных качеств, долговечности) полученного покрытия. Наиболее показательно сопоставлять затраты по стоимости окрашивания 1 м^2 поверхности. Окончательная стоимость покрытия – это сумма прямых, косвенных и непредвиденных расходов.

1. Прямые затраты включают:
   - стоимость лакокрасочных материалов, растворителей, расходных материалов;
   - стоимость разового оборудования, технологической оснастки;
   - амортизационные отчисления на восстановление оборудования и основных производственных фондов;
   - полные затраты на выполнение подготовительных, очистных и окрасочных работ;
   - полные затраты на выполнение мероприятий по технике безопасности и охране окружающей среды;
   - затраты на осуществление контроля всех операций технологического процесса;
   - затраты на страхование.

2. Косвенные затраты включают:
   - затраты на обеспечение условий для проведения очистных и окрасочных работ (вентиляция, сушка, отопление, освещение и т.п.);
   - затраты на возведение лесов, подмостей, на транспортные работы и т.п.

3. Непредвиденные расходы возникают в результате:
   - прерывания очистных и окрасочных работ из-за погодных условий;
   - вынужденных простоев по различным технологическим обстоятельствам;
   - необходимости повторного выполнения очистных и окрасочных работ вследствие низкого качества их первичного выполнения.

Эффективность покрытия оценивается как комплекс функциональных свойств (противокоррозионных, декоративных, противообрастающих, износостойких и

пр.) на протяжении срока службы покрытия. Таким образом, решающим фактором выбора того или иного варианта покрытия является его долговечность. При этом учитывается, что затраты на восстановление покрытия часто превышают затраты на его первичное нанесение, а качество восстановленных покрытий заведомо ниже первоначальных.

Из этого следует, что экономически целесообразно наносить долговечные покрытия, используя высококачественные лакокрасочные материалы, оборудование и современные методы подготовки поверхности и нанесения материалов, несмотря на то, что первоначальные затраты при этом увеличиваются. Относительные эксплуатационные расходы при этом будут меньше за счет менее частого перекрашивания, снижения расходов на доковання, увеличения эксплуатационного времени и пр.

Следует также учитывать, что в общей стоимости окрашивания судна и эксплуатационных расходов весьма большую роль играет качество краски и относительно небольшую роль – ее цена. Например, стоимость качественной окраски с предварительной дробеструйной обработкой составляет от 30 до 50 ам.долл. за 1 м^2, в том числе стоимость хорошей краски, расходуемой на 1 м^2, составляет в среднем около 4 ам.долл., т.е. около 10 % от стоимости окраски. Использование дешевой краски невысокого качества позволит снизить общие расходы на 4–6 %, но приведет к необходимости более раннего возобновления покрытия, что обойдется намного дороже.

Если стоит задача получить высококачественное покрытие, то нецелесообразно экономить на подготовке поверхности под окраску, хотя качественная дробеструйная обработка стоит дорого – в среднем расходы составляют 60–70 % от общих расходов по нанесению покрытия, включая стоимость материалов.

Наконец, на чем никогда нельзя экономить – это на проведении строгого и тщательного пооперационного контроля всего процесса нанесения покрытия, начиная от контроля поступающих на предприятие материалов до приемки готового покрытия. Отсюда ясно, какое важное место в общем процессе получения лакокрасочного покрытия занимает инспектор и какие убытки может принести выполнение очистных и окрасочных работ без должного контроля.

Раздел 2

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О КОРРОЗИИ И ЗАЩИТЕ МЕТАЛЛОВ

2.1. Общие положения. Термодинамика процессов коррозии

2.2. Характерные виды коррозии металлов

2.3. Коррозионная стойкость металлов и сплавов

2.3.1. Углеродистые и низколегированные корпусные стали
2.3.2. Коррозионно-стойкие стали
2.3.3. Медь и медные сплавы
2.3.4. Алюминиевые сплавы

2.4. Характерные коррозионные разрушения судовых конструкций

2.4.1. Подводная часть корпуса
2.4.2. Район переменной ватерлинии
2.4.3. Надводный борт и надстройки
2.4.4. Палубы
2.4.5. Внутрикорпусные конструкции
2.4.6. Балластные цистерны
2.4.7. Грузовые танки нефтеналивных судов
2.4.8. Винторулевой комплекс
2.4.9. Судовые трубопроводы

2.5. Основные методы и средства противокоррозионной защиты

2.5.1. Электрохимическая защита
2.5.1.1. Катодная защита с расходуемыми анодами
2.5.1.2. Катодная защита наложенным током

2.5.2. Металлические и конверсионные покрытия
2.5.2.1. Цинковые покрытия
2.5.2.2. Кадмиевые покрытия
2.5.2.3. Алюминиевые покрытия
2.5.2.4. Конверсионные покрытия

2.5.3. Средства временной защиты
2.5.3.1. Ингибиторы коррозии
2.5.3.2. Мягкие пленки
2.5.3.3. Твердые пленки

2.5.4. Защита от электрокоррозии
2.5.4.1. Электрокоррозия под действием токов утечки
2.5.4.2. Электрокоррозия под действием блуждающих токов
2.5.4.3. Методы защиты от электрокоррозии

2.5.5. Рациональные методы конструирования
2.5.5.1. Общие правила устранения контактной коррозии

2.5.5.2. Общие правила устранения щелевой коррозии
2.5.5.3. Общие правила устранения застойных зон
2.5.5.4. Общие правила снижения разрушающего действия потока коррозионной среды
2.5.5.5. Общие правила устранения коррозионно-механических разрушений

2.6. Механизм защитного действия и разрушения лакокрасочных покрытий

энергия Гиббса

2.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. ТЕРМОДИНАМИКА ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ.

Коррозией металлов называется самопроизвольное их разрушение вследствие химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой.

Химическая коррозия – это процесс, при котором окисление металла и восстановление окислительного компонента среды протекают в одном акте. Типичный пример: окисление железа кислородом воздуха:

$$2\ Fe + O_2 \rightarrow 2\ FeO.$$

Наиболее распространенным и практически важным видом химической коррозии является газовая коррозия – коррозия металлов в газах при высоких температурах. В настоящем курсе лекций, в котором рассматриваются вопросы противокоррозионной защиты судовых конструкций и металлических сооружений в морской воде, морской атмосфере и других естественных средах, химическая коррозия рассматриваться не будет как практически мало существенная в данных условиях.

Электрохимическая коррозия – это разрушение металлов вследствие их электрохимического взаимодействия с электролитически проводящей средой, при котором ионизация атомов металла и восстановление окислительного компонента среды протекает не в одном акте и их скорости зависят от величины электродного потенциала металла. Этот вид коррозии наиболее распространен и является превалирующим для интересующих нас условий эксплуатации металлоконструкций.

$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$ + вода

Первопричиной коррозии металлов является их термодинамическая неустойчивость в различных средах при данных внешних условиях. Термодинамика определяет возможность или невозможность самопроизвольного протекания коррозионного процесса при определенных условиях.

Скорость коррозионного процесса может быть представлена в общем виде с помощью уравнения:

$$\textit{Скорость коррозии (СК)} = \frac{\textit{Движущая сила процесса (ДСП)}}{\textit{Торможение процесса (ТП)}}.$$

ДСП может быть определена с помощью термодинамики. *ТП* не может быть определено термодинамически, однако с помощью термодинамики можно оценить условия, при которых снижается интенсивность коррозионного процесса или полностью исключается его протекание (применение защитных сред, катодная защита, обескислороживание и др.).

Независимо от механизма коррозии возможность ее протекания определяется знаком изменения термодинамического потенциала. Процессы коррозии наиболее часто описывают изменением изобарно-изотермического потенциала – энергии Гиббса.

Любое изменение энергии системы характеризует переход ее в новое состояние и является мерой стабильности системы:

$$\Delta G = G_{II} - G_{I}$$

где ΔG – энергия, израсходованная на изменение состояния системы, например, на процесс коррозии; G_{I} – энергия системы в исходном состоянии, например, металла в конкретных условиях; G_{II} – энергия системы в новом состоянии, например, прокорродировавшего металла.

Очевидно, что при $\Delta G = 0$ система находится в равновесии; при $\Delta G < 0$ процесс коррозии возможен; при $\Delta G > 0$ процесс коррозии невозможен.

Термодинамическая возможность электрохимической коррозии может быть оценена исходя из зависимости между энергией Гиббса и э.д.с. коррозионного элемента (анод-катод):

$$\Delta G = -n F E,$$

где n - число электронов, участвующих в реакции; F - число Фарадея (96500 Кл/моль); $E = \varphi_к - \varphi_а$ – э.д.с. или разность электродных потенциалов соответственно катодных и анодных участков поверхности.

Процесс электрохимической коррозии в электролитах связан с образованием двойного электрического слоя со скачком потенциала на его границе и включает в себя пять основных этапов. Например, для случая коррозии углеродистой стали в воде или влажном воздухе процесс протекает следующим образом:

На аноде

1) адсорбция молекул воды на поверхности стали

$$Fe + H_2O \rightarrow Fe \ldots\ldots H_2O \text{ (адс.)};$$

2) ионизация атомов железа с образованием гидратированных в воде ионов и некомпенсированных электронов на анодных участках металла

$$Fe \ldots\ldots H_2O \text{ (адс.)} \rightarrow Fe^{+2} m\, H_2O + 2\, e^- ;$$

3) ассимиляция электронов деполяризаторами (в нейтральных растворах кислородом) на катодных участках

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4\, OH^- ;$$

4) образование в растворе гидрата закиси железа

$$Fe^{2+} + 2\, OH^- \rightarrow Fe(OH)_2 ;$$

5) доокисление до гидрата окиси железа $Fe(OH)_3$ и преобразование его в окончательный продукт коррозии $Fe_2O_3 \cdot H_2O$.

Суммарная реакция коррозии стали будет иметь вид:

$$4\, Fe + 2\, H_2O + 3O_2 \rightarrow 2\, Fe_2O_3 \cdot H_2O.$$ гидратированное трехвалентное железо

Коррозия металла представляется как результат работы большого числа коррозионных гальванических элементов, возникающих на отдельных участках поверхности вследствие ее гетерогенности. Электрохимическая гетерогенность поверхности металла, обусловливающая ее дифференциацию на анодные и катодные участки, может быть вызвана различными причинами: макро- и микровключениями примесей, анизотропностью кристаллической решетки, наличием оксидных пленок и других загрязнений, неравномерностью приложения механических нагрузок, наличием пар дифференциальной аэрации и др.

Принципиальная схема работы коррозионного элемента выглядит следующим образом:

	Анодный участок (–)		Электролит	
ne	Me	$+mH_2O$	$Me^{n+} \cdot mH_2O$	K^+
ne		Д	$Д \cdot ne$	A^-
	Катодный участок (+)			

Скорость и характер коррозионного процесса определяется в конечном итоге величиной стационарного потенциала металла φ, отвечающей установившейся скорости ионизации металла. электродный потенциал – определяет скорость коррозии

Усредненные значения стационарных потенциалов металлов в морской воде (по водородному электроду, В) можно расположить в ряд:

Магний	– 1,45
Марганец	– 0,96
Цинк	– 0,80
Алюминий	– 0,54
Железо	– 0,40
Кадмий	– 0,40
Свинец	– 0,30
Олово	– 0,20
Медь	– 0,10
Титан	– 0
Ниобий	+ 0,10
Никель	+ 0,10
Серебро	+ 0,15
Платина	+ 0,80

чем более отрицательный потенциал в электролите – тем быстрее он разрушается в контакте с положительным.

Исходя из теории локальных элементов ток коррозии в общем виде может определяться по закону Ома:

$$I_к = \frac{\varphi_к - \varphi_а}{R_{пк} + R_{па} + R_{ом}},$$

где $\varphi_к$, $\varphi_а$ – потенциалы катодных и анодных участков;

$R_{пк}$, $R_{па}$ – соответственно поляризационное сопротивление на катоде и аноде;
$R_{ом}$ – сопротивление электролита.

Определяющие скорость коррозии соотношения обычно наглядно представляются в виде коррозионных диаграмм (рис.2.1), где потенциалы анода и катода представляются в функции силы тока.

Чаще всего скорость коррозионного процесса определяется следующими факторами:

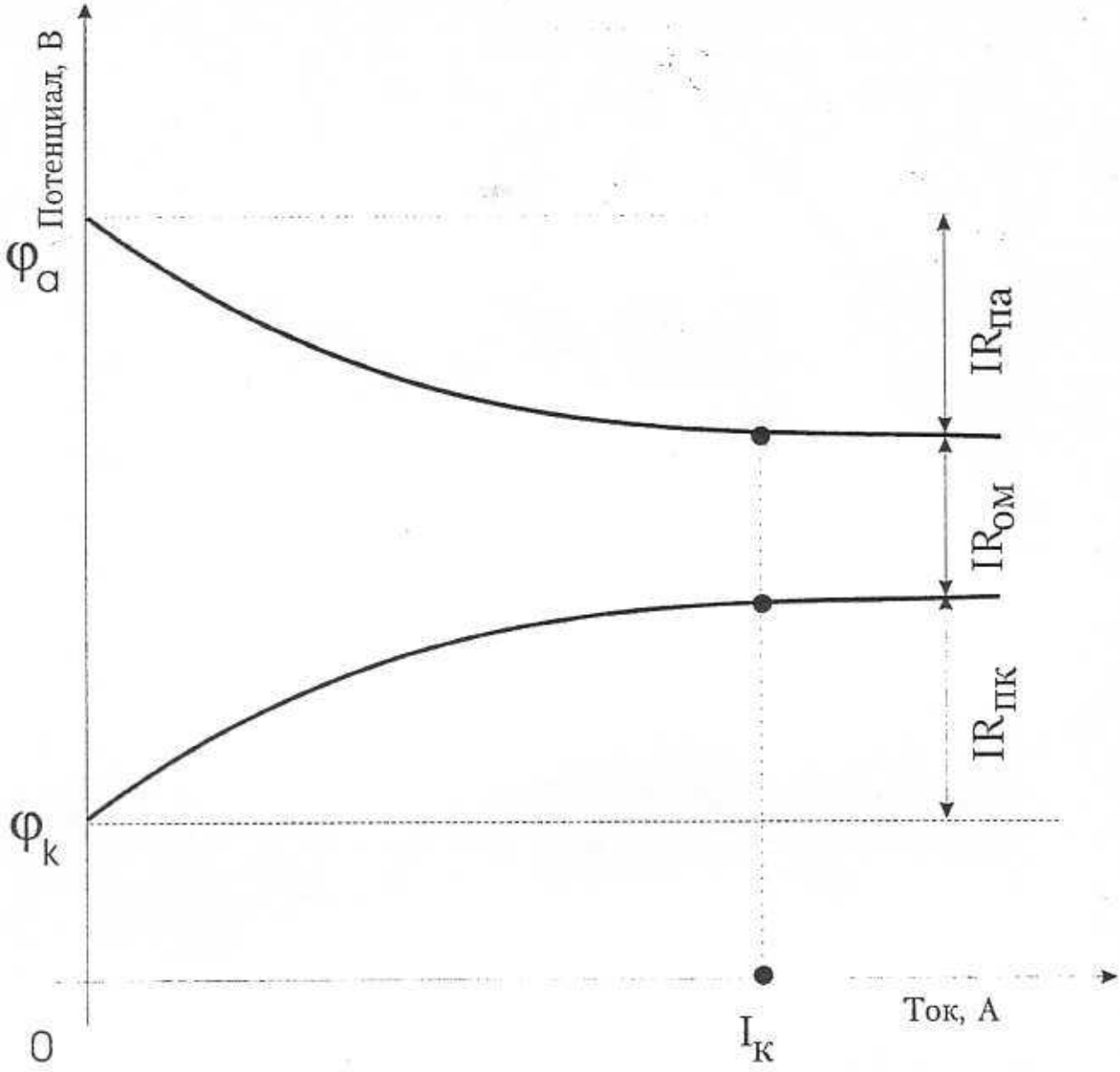
1) медленностью диффузии реагентов к поверхности металла или продуктов реакции в обратном направлении (диффузионный контроль процесса);
2) медленностью реакции взаимодействия металла с коррозионной средой или ее компонентами, обусловленной энергией активации реакции (кинетический контроль);
3) медленностью обеих стадий при соизмеримости их торможений (диффузионно-кинетический контроль).

Коррозионные процессы в морской воде происходят с катодным контролем при торможении процесса за счет диффузии кислорода. В речной воде процесс коррозии протекает либо со смешанным анодно-катодным контролем, либо, вследствие низкой электропроводности речной воды, со смешанным катодно-анодно-омическим контролем.

Особенностями морской коррозии являются:

- высокая агрессивность морской воды и морской атмосферы;
- наличие дополнительного влияния механического фактора (эрозии, кавитации, мало- и многоцикловых деформаций);
- сильное проявление контактной коррозии в связи с низким электросопротивлением электролита;
- влияние биологического фактора.

Скорость коррозии стальных конструкций в морской воде и морской атмосфере в большой степени зависит от многих эксплуатационных и климатических факторов и может изменяться в пределах от 0,05 до 0,30 мм/год, а язвенной коррозии – до 1 мм/год.



$$I_к = \frac{\varphi_k - \varphi_a}{R_{пк} + R_{па} + R_{ом}}$$

Ток коррозии

поляризационное сопротивление на катоде

сопротивление электролита чем больше, тем скорость ниже коррозии.

Рис. 2.1. Диаграмма для расчета тока коррозии

2.2. ХАРАКТЕРНЫЕ ВИДЫ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ

По природе разрушения различают следующие виды коррозии:

- химическую,
- электрохимическую,
- биохимическую – для случаев, когда коррозия металла в морской воде усиливается под действием обрастания поверхности морскими организмами,
- электрокоррозию – усиление коррозии под действием анодной поляризации, вызванной внешним электрическим полем (например, при производстве сварочных работ на плаву, при наличии блуждающих токов в акватории). самая опасная

По характеру разрушения различают следующие виды коррозии (рис.2.2):

- сплошную – охватывающую всю поверхность металла;
- местную – охватывающую отдельные участки поверхности;
- равномерную – протекающую с приблизительно одинаковой скоростью по всей поверхности;
- точечную (питтинг) – в виде отдельных точек диаметром до 2 мм;
- язвенную – в виде язв диаметром от 2 до 50 мм;
- пятнами – в виде пятен диаметром более 50 мм и глубиной до 2 мм;
- расслаивающую – вызывающую расслоение металла и вспучивание слоев; для алюминия
- подпленочную – протекающую под защитным покрытием металла;
- межкристаллитную – в виде избирательного разрушения границ зерен; прочность конструкции влияет
- селективную (избирательную) – в виде растворения отдельных компонентов сплава; разрушается один из элементов
- щелевую – развивающуюся в щелях и узких зазорах. для легированных сталей

По сочетанию с другими физическими воздействиями различают следующие виды коррозионных разрушений:

- коррозионно-кавитационные – при дополнительном воздействии кавитационного процесса (например, гребные винты, направляющие насадки и т.п.);
- эрозионно-коррозионные – при дополнительном истирающем воздействии потока воды совместно с твердыми частицами (песок, лед и пр.) или без них (например, корпуса ледоколов, внутренняя поверхность судовых труб и т.п.);
- коррозионное растрескивание – при воздействии растягивающих напряжений;
- коррозионная усталость – при воздействии переменных механических напряжений;
- фреттинг-коррозия – при наличии механического воздействия в виде тесного контакта и перемещения относительно друг друга с высокой нагрузкой двух поверхностей (например, гребные валы под облицовками, баллеры рулей и т.п.); коррозия при трении
- высокотемпературная коррозия
- контактная коррозия (разность потенциалов

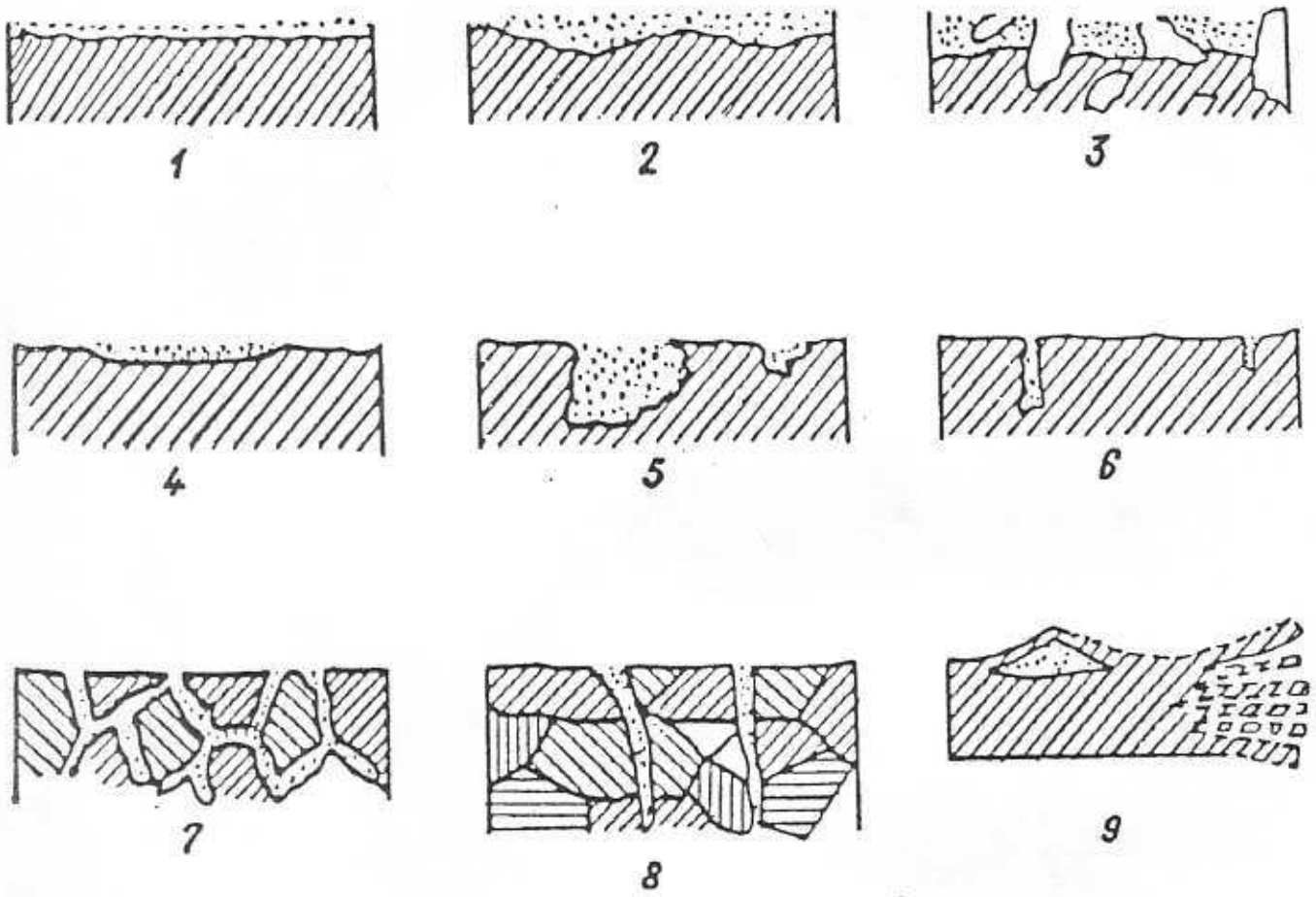


Рис. 2.2. Виды коррозионных разрушений:
1 - равномерная; 2 - неравномерная; 3 - избирательная;
4 - пятнами; 5 - язвенная; 6 - точечная;
7 - межкристаллитная; 8 - коррозионное растрескивание;
9 - подповерхностная. (подпленочная)

- высокотемпературная коррозия – при воздействии коррозионной среды с высокой температурой (лопатки турбин, палубы авианесущих кораблей и т.п.);
- контактная коррозия – при сопряжении разнородных металлов в электролите, образующих гальваническую пару (стальной корпус в контакте с донно-забортной арматурой из цветного сплава, алюминиевая надстройка в контакте со стальным комингсом и т.п.).

Из приведенного, далеко не полного, перечня видно, насколько многообразны коррозионные разрушения и как тесно взаимосвязаны они с другими факторами среды, эксплуатационными условиями и конструктивным исполнением металлоконструкций.

На практике проблема осложняется еще и тем, что одно сооружение и даже одно изделие может одновременно подвергаться различным видам коррозии. Характерным примером может служить винторулевой комплекс судна, где наблюдаются:

1) контактная коррозия кормового подзора корпуса, кронштейнов и руля при наличии электрического контакта с гребным винтом из цветного сплава;
2) селективная коррозия гребного винта из цветных сплавов (обесцинкование латуней, обезалюминивание бронз);
3) коррозионно-эрозионные или коррозионно-кавитационные разрушения гребного винта, кронштейнов и пера руля;
4) фреттинг-коррозия гребного вала в месте контакта с облицовкой;
5) коррозионная усталость материала гребного винта в корневом сечении лопасти;
6) общая равномерная или неравномерная коррозия металлических поверхностей.

Очевидно, что квалифицированное решение задач противокоррозионной защиты реального объекта должно основываться на всестороннем учете всех влияющих обстоятельств: конструкции объекта, среды, окружающих условий, эксплуатационных факторов. Анализ этих обстоятельств позволит сначала определить возможные коррозионные повреждения, а затем правильно наметить конкретные методы и средства защиты.

2.3. КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

2.3.1. Углеродистые и низколегированные корпусные стали

Стандартный потенциал железа равен –0,44 В, стационарный потенциал в морской воде – около –0,4 В. Близость этих величин указывает на отсутствие пассивного состояния железа в морской воде.

На железе, углеродистых и низколегированных сталях анодный процесс протекает без существенного торможения и без возникновения пассивного состояния.

Катодный процесс характеризуется малым торможением реакции восстановления кислорода и существенным торможением за счет диффузионных ограничений по кислороду.

Наибольшее применение для изготовления судовых конструкций нашли углеродистые стали с содержанием углерода 0,14–0,22%, имеющие предел текучести 240 МПа и относительное удлинение 20–24%. Наблюдается тенденция к увеличению использования низколегированных сталей с небольшим содержанием хрома, никеля, марганца и кремния. Содержание углерода в этих сталях составляет 0,12 – 0,18%, предел текучести 310–400 МПа, относительное удлинение 19–21%. Применение таких сталей позволяет существенно (на 8–15 %) уменьшить массу корпуса судна, повысить провозную способность судов.

Скорость общей коррозии в морской воде приблизительно одинакова для углеродистых и низколегированных сталей и составляет 0,05–0,1 мм/год, в то же время низколегированные стали более склонны к язвенной коррозии, особенно марганцовистые стали в зоне термического влияния сварных соединений.

Большое влияние на скорость коррозии оказывает прокатная окалина. Она имеет высокую электропроводность, а ее стационарный потенциал в морской воде на 0,3–0,5 В более положителен, чем потенциал стали, причем для сталей, легированных хромом и медью, эта разница наибольшая. Поэтому обязательным является удаление окалины при строительстве судов. Наличие окалины, остатков краски, условия дифференциальной аэрации в потоке воды, механические нагружения и пр. способствуют язвенной коррозии, скорость которой составляет: средней – 0,1–0,4 мм/год, максимальной – 0,4–1,0 мм/год.

Различие в коррозионном поведении различных марок сталей проявляется главным образом в сварных соединениях. Это определяется разностью электродных потенциалов трех элементов сварного соединения: основной металл, сварной шов, околошовная зона или зона термического влияния. Поэтому выбор сварочных электродов и технологии сварки производится с таким расчетом, чтобы три указанные элемента имели приблизительно одинаковые потенциалы. Это достигается применением соответствующих сварочных материалов.

потенциалы равны между собой – хорошо

нержавеющая сталь хороша в пресной воде, в атмосфере — но плохо в морской воде.

2.3.2. Коррозионно-стойкие стали

Применяемые в судостроении коррозионно-стойкие стали, как правило, легированы хромом, никелем и молибденом с небольшими добавками других элементов в различных сочетаниях. Все эти сплавы пассивируются, но в морской воде их пассивное состояние неустойчиво в связи с воздействием хлорид-иона. Наименее устойчивы хромистые стали, наиболее устойчивы – хромоникельмолибденовые. Степенью устойчивости пассивного состояния определяется и коррозионная стойкость этих сталей. Коррозия этих сталей в пресной воде, морской атмосфере и неэлектролитах носит равномерный характер. Скорость коррозии, благодаря образованию пассивирующей пленки, невелика и составляет 0,001–0,05 мм/год.

В движущейся морской воде пассивное состояние коррозионно-стойких сталей усиливается за счет повышенного притока кислорода. хлор-ион

В узких зазорах, где затруднен доступ кислорода и обмен жидкости, эти стали теряют свое пассивное состояние. Вследствие недостатка кислорода и активации поверхности (потенциал смещается на 0,3–0,5 В в отрицательную сторону), а также из-за подкисления раствора в зазоре (pH сдвигается до 2,7–3,0) сталь переходит в активное состояние.

Помимо щелевой коррозии и питтинга коррозионно-стойкие стали при некоторых режимах термообработки склонны к межкристаллитной коррозии, что особенно характерно для сталей мартенситного и аустенитного классов.

2.3.3. Медь и медные сплавы

Коррозионная стойкость меди и медных сплавов представляет особый интерес, так как обычно эти материалы применяются в судостроении без специальных средств противокоррозионной защиты (гребные винты, трубопроводы, арматура, детали теплообменных аппаратов, иллюминаторы, поручни, крепеж, дельные вещи и др.) как в морской атмосфере, так и в морской и пресной воде.

В спокойной морской воде скорость коррозии меди и большинства медных сплавов составляет около 0,05 мм/год, несколько большую стойкость показали алюминиевая латунь и некоторые алюминиевые и оловянистые бронзы (около 0,03 мм/год).

Поток морской воды резко изменяет скорость и характер коррозии меди и медных сплавов. При скорости 2 м/с, характерной для судовых трубопроводов, скорость коррозии меди и медных сплавов возрастает в 2–10 раз, причем наибольшую стойкость имеют медно-никелевые сплавы. С увеличением скорости потока наблюдается развитие язвенной коррозии, которая может достигать нескольких миллиметров в год.

Избирательная коррозия (обесцинкование, обезалюминивание) присуща ряду медных сплавов, содержащих более 15% цинка и более 9% алюминия. Скорость обесцинкования латуней может достигать 5 мм/год. Обезалюминиванию бронз эффективно противостоит легирование оловом и никелем.

Склонность к щелевой коррозии у медных сплавов меньше, чем у нержавеющих сталей, хотя она и наблюдается на практике у ряда латуней и алюминиевых бронз. Коррозионно-механическим разрушениям (растрескиванию, усталостным разрушениям) медные сплавы также подвержены менее, чем коррозионно-стойкие стали.

2.3.4. Алюминиевые сплавы

Алюминиевые сплавы, благодаря своей малой удельной массе, нашли широкое применение в судостроении для изготовления корпусов малых судов, надстроек судов со стальными корпусами, различных судовых конструкций и изделий (листы зашивки, трапы, цистерны и др.). В судостроении используют в основном сплавы систем Al–Mg и Al–Zn–Mg.

К первой системе относятся деформируемые сплавы с пределом текучести 120–180 МПа и литейные сплавы с пределом текучести 90–170 МПа.

Ко второй системе относятся высокопрочные термически упрочняемые деформируемые алюминиевые сплавы с пределом текучести до 250 МПа и некоторые литейные сплавы.

Используемые ранее в судостроении алюминиевые сплавы системы Al–Cu и Al–Si имеют сейчас ограниченное применение вследствие их недостаточной коррозионной стойкости.

Алюминиевые сплавы обладают наиболее отрицательным потенциалом в морской воде по сравнению с другими металлами – стационарный потенциал в зависимости от химического состава изменяется от –0,54 до 0,7 В. Сплавы системы Al–Zn–Mg имеют более отрицательный потенциал.

Поляризационные кривые алюминиевых сплавов в морской воде показывают, что они подвергаются значительной катодной поляризации и слабой анодной. При этом сплавы Al–Mg имеют большую поляризуемость, чем сплавы Al–Zn–Mg, и, соответственно, большую коррозионную стойкость.

При постоянном погружении в морскую воду алюминиевые сплавы подвергаются незначительной равномерной поверхностной коррозии со скоростью не более 0,015 мм/год. Несколько большая скорость коррозии наблюдается у высокопрочных сплавов. Высокая коррозионная стойкость алюминиевых сплавов объясняется образованием плотной пленки оксидов, которые, частично гидратируясь в водных средах, сохраняют высокую защитную способность. Легированные высокопрочные сплавы могут проявлять склонность к структурным видам коррозии – коррозионному расслаиванию, межкристаллитной коррозии.

Электрохимические характеристики и коррозионное поведение алюминиевых сплавов в потоке морской воды существенно изменяются. Например, стационарный потенциал может смещаться в отрицательную сторону на 0,3 В, резко снижается катодная поляризуемость. Коррозия в потоке приобретает язвенный характер, скорость коррозии по потере массы увеличивается при этом в несколько раз, а максимальная скорость язвенной коррозии достигает 4 мм/год.

Самым опасным видом коррозии алюминиевых сплавов в судовых конструкциях является контактная коррозия при сопряжении с более благородными металлами. Скорость коррозии при этом может достигать 0,6 мм/год при соотношении площадей анода и катода 1:1 и 6 мм/год при соотношении 1:10.

При наличии зазоров алюминиевые сплавы подвергаются щелевой коррозии, скорость которой может быть в 5–10 раз выше скорости коррозии в обычных условиях погружения. Ускорение коррозии в зазоре объясняется уменьшением концентрации кислорода и скоплением в зазоре гидроокиси алюминия, способствующей снижению pH среды.

При неправильной термообработке или при сварке может наблюдаться межкристаллитная коррозия, особенно у высокопрочных сплавов, легированных медью и кремнием.

Усталостная прочность алюминиевых сплавов в морской воде значительно снижается и составляет около 50% от этой величины на воздухе.

2.4. ХАРАКТЕРНЫЕ КОРРОЗИОННЫЕ РАЗРУШЕНИЯ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Отдельные районы судна подвергаются различным коррозионным воздействиям, зависящим от материала конструкции, среды, района плавания, климатических факторов, скорости хода судна, наличия и эффективности средств противокоррозионной защиты и т.п. Очевидно, что при разработке средств защиты должна учитываться специфика отдельных корпусных конструкций и условия их эксплуатации.

Результаты многолетних систематических обследований коррозионного состояния судов различных типов и назначений позволяют выделить типовые группы конструкций и изделий, получить статистически надежные данные по интенсивности коррозионных повреждений, определить оптимальные методы противокоррозионной защиты.

2.4.1. Подводная часть корпуса

В зависимости от условий эксплуатации и состояния средств противокоррозионной защиты скорость коррозии подводной части корпуса может изменяться в широких пределах. Например, при использовании корпусной стали с прокатной окалиной при наличии электрического контакта корпуса с изделиями из более благородных металлов (гребные винты, обтекатели, донно-забортная арматура и т.п.) и отсутствии эффективных средств защиты на подводной части корпуса могут иметь место интенсивные язвенные поражения до 1 мм/год. В случае электрокоррозии корпуса под действием блуждающих токов или вследствие неправильного электроснабжения сварочных работ при достройке или ремонте на плаву коррозионные повреждения могут развиваться со скоростью до 5 мм/год.

На судах, оснащенных современными средствами защиты, коррозия корпусов, как правило, носит равномерный характер и скорость ее не превышает 0,05 мм/год.

Повышенные скорости коррозии (до 0,4 мм/год) имеют место на подводной части корпусов ледоколов и судов ледового плавания, где лакокрасочные покрытия разрушаются значительно быстрее, применение катодной защиты ограничивается опасностью повреждения анодов льдом, а разрушения носят эрозионно-коррозионный характер.

Более пристального внимания требуют вопросы коррозии корпусов из алюминиевых сплавов, где обшивка значительно тоньше, скорость потока морской воды больше и, кроме того, на корпусе обычно имеются различные устройства из других, катодных по отношению к алюминию, материалов (гребные винты, подводные крылья и т.п.). Поэтому на практике встречаются случаи коррозии алюминиевых корпусов со скоростью до 5 мм/год.

Для защиты подводной части корпуса от коррозии обычно используются водостойкие лакокрасочные покрытия и катодная защита. Для предотвращения контактной коррозии осуществляется электрическое разъединение деталей из разнородных материалов. Для защиты корпусов ледоколов в особо опасной зоне ледового пояса иногда используют двухслойные стали, плакированные с внешней стороны коррозионно-стойкой сталью.

2.4.2. Район переменной ватерлинии (ПВЛ)

Район ПВЛ, так же как и подводная часть корпуса, подвергается воздействию морской воды, однако имеются и специфические отличия, влияющие на характер коррозии:

- повторно-периодическое воздействие морской воды и атмосферы, т.е. отсутствие диффузионных ограничений по кислороду;
- воздействие плавающего слоя нефтепродуктов;
- механическое разрушение лакокрасочного покрытия при швартовках, в битом льду и т.п.

Поэтому средняя скорость коррозии в районе ПВЛ несколько больше, чем на подводной части корпуса (0,05–0,20 мм/год), а максимальная скорость язвенной коррозии может составлять до 1 мм/год.

В качестве средства защиты в районе ПВЛ используются лакокрасочные покрытия, причем к ним предъявляются дополнительные требования: стойкость в морской воде, атмосфере и при периодическом воздействии нефтепродуктов.

2.4.3. Надводный борт и надстройки

Несмотря на высокую коррозионную агрессивность морской атмосферы, надводный борт и надстройки являются сравнительно благополучными конструкциями вследствие их доступности для осмотра и восстановления лакокрасочных покрытий в течение всего периода эксплуатации. Средняя скорость коррозии этих конструкций не превышает 0,1 мм/год.

В качестве средства защиты надводных конструкций используются лакокрасочные покрытия, выполняющие как защитные, так и декоративные функции.

Наиболее опасными в коррозионном отношении участками надводных конструкций являются заклепочные и сварные соединения алюминиевых надстроек со стальным палубным комингсом, люковые закрытия, шпигаты, якорные клюзы, где наряду с лакокрасочными покрытиями используются электроразъединения разнородных материалов, анодные газотермические покрытия, герметики.

2.4.4. Палубы

Для палуб характерны те же коррозионные воздействия, что и для надводных судовых конструкций, однако имеют место некоторые дополнительные специфические факторы: скопление воды в застойных зонах и механические истирающие воздействия.

В зависимости от величин и сочетания различных факторов скорость коррозии настила открытых палуб изменяется в пределах от 0,1 до 1,0 мм/год. Наибольшие разрушения палубного настила наблюдаются: у бортов в местах скопления воды и грязи; над машиннокотельным отделением, где имеет место повышенный нагрев и конденсация влаги; под фундаментами палубных

механизмов; вблизи трапов, люковых закрытий, комингсов; под деревянными, мастичными и цементными покрытиями, где постоянно скапливается вода.

Интенсивная коррозия имеет место на слипах и рабочих зонах палуб рыбопромысловых судов (до 1,5 мм/год), где защитные покрытия быстро разрушаются механически и длительное время не восстанавливаются.

Для защиты от коррозии палуб используются обычно лакокрасочные и мастичные покрытия; в последние годы начали применяться газотермические анодные покрытия (алюминиевые и цинковые).

2.4.5. Внутрикорпусные конструкции

По коррозионной агрессивности условий эксплуатации внутрикорпусные конструкции можно условно разделить на следующие группы:

- служебные и жилые помещения с искусственным климатом (обогрев, вентиляция или кондиционирование, изоляция холодных поверхностей);
- помещения санитарного назначения (бани, душевые, прачечные, камбузы и т.п.), где имеет место практически постоянно 100%-ная влажность, конденсация, увлажнение поверхности;
- труднодоступные сухие отсеки и помещения, подвергающиеся действию конденсата, морской и пресной воды, тузлука (цистерны двойного дна, коффердамы, фундаменты механизмов ниже настила в машинном отделении, рыбные трюмы и бункера, насосные отделения и т.п.);
- цистерны различного назначения (питьевой воды, топливные, масляные и др.).

В служебных и жилых помещениях обычно не наблюдается значительных коррозионных повреждений, если приняты меры к устранению застоя воды.

В помещениях санитарно-бытового назначения и труднодоступных сухих отсеках имеет место весьма интенсивная коррозия до 0,5 мм/год. В связи с труднодоступностью многих отсеков и помещений для контроля и возобновления окраски, а также в связи с большими площадями этих конструкций на ликвидацию коррозионных разрушений затрачиваются при ремонте судов большие средства.

Цистерны различного назначения не представляют в коррозионном отношении больших проблем, так как могут контролироваться в процессе эксплуатации. Большую проблему представляет кондиционная сохранность содержимого этих цистерн (питьевой воды, топлива, масла) с точки зрения влияния как продуктов коррозии, так и самих покрытий.

Для защиты от коррозии внутрикорпусных конструкций используются в основном лакокрасочные покрытия, а в особо агрессивных местах – газотермические или их сочетание с лакокрасочными.

2.4.6. Балластные цистерны

Балластные цистерны находятся в очень агрессивных коррозионных условиях: морская вода (при заполнении) и 100%–ная влажность с постоянным увлажнением горизонтальных поверхностей морской водой (при осушении) приводят к интенсивным коррозионным разрушениям (средняя скорость коррозии 0,21 мм/год, максимальная скорость язвенной коррозии до 0,7 мм/год).

Однако вопрос защиты балластных цистерн решается относительно несложно – катодная защита с расходуемыми анодами в сочетании с лакокрасочным покрытием обеспечивают надежную защиту и возможность своевременного возобновления в период ремонта судна.

2.4.7. Грузовые танки нефтеналивных судов

Коррозионные разрушения в грузовых танках зависят в основном от типа перевозимого груза. В танках, перевозящих темные нефтепродукты, разрушения сравнительно малы и влияние рода груза невелико. При перевозке светлых нефтепродуктов скорость коррозии возрастает вследствие устранения пленок жиров и нефтепродуктов, выполняющих защитные функции; после опорожнения такого танка коррозия в парогазовой фазе увеличивается и составляет в среднем 0,12–0,24 мм/год. Наиболее интенсивные коррозионные разрушения имеют место при перевозке сырых нефтей, особенно сернистых. Хотя средняя скорость коррозии относительно невелика (0,1–0,15 мм/год), скорость язвенной коррозии днища в районе подтоварных вод может достигать в отдельных случаях 1,5 мм/год. Подтоварная вода содержит сероводород

Вопросы защиты грузовых танков на нефтеналивных судах в техническом отношении решены применением различных лакокрасочных покрытий, соответствующих перевозимым грузам. При перевозке сырых нефтей грузовые танки не всегда окрашиваются, но на днище танков и на бортах у днища устанавливаются аноды, как правило, из сплавов на основе цинка. Алюминиевые и магниевые аноды устанавливать запрещается из–за опасности искрообразования при падении анодов. (защита протекторами

В отдельных случаях для защиты танков применяются очищенные дымовые газы от котельных установок. Но сложность очистки газов от сернистых и углеродных соединений ограничивает их использование.

2.4.8. Винторулевой комплекс

Отличительной особенностью винторулевого комплекса, включающего гребной вал, дейдвудные трубы, гребной винт, рулевое устройство, направляющую насадку, крыльевые устройства, является работа в интенсивном потоке морской воды при больших знакопеременных механических нагрузках.

На гребных валах характерные разрушения коррозионно-усталостного характера, при отсутствии надежных мер защиты, наблюдаются на промежуточной части вала между бронзовыми облицовками и вблизи торцов облицовок. В случае

проникновения морской воды под ступицу гребного винта может развиваться язвенная коррозия с последующим образованием трещин коррозионно-усталостного происхождения. При определенных условиях может развиваться фреттинг-коррозия. Для защиты гребных валов между облицовками применяется обычно стеклопластиковое покрытие толщиной 2–3 мм. Конструктивными мерами исключается попадание воды под облицовки и под ступицу гребного винта.

Для защиты дейдвудных труб и деталей рулевого устройства применяются в основном конструктивные меры против проникновения воды в полости и зазоры, а также лакокрасочные покрытия.

Гребные винты испытывают одновременно коррозионное и эрозионное (иногда кавитационное) воздействие морской воды. Основное средство защиты гребных винтов – выбор материала, стойкого в условиях эксплуатации. Нашли наибольшее применение латуни, бронзы и коррозионно-стойкие стали; для мелких вспомогательных судов иногда применяют литейные углеродистые стали. Все указанные материалы сами по себе не являются стойкими в потоке морской воды – у латуни имеет место обесцинкование, у бронзы – обезалюминивание, у коррозионно–стойких сталей – питтинг. Защита гребных винтов обеспечивается подключением его через контактно-щеточное устройство к системе катодной защиты корпуса или установкой специальных протектирующих элементов.

Направляющие насадки гребных винтов изготавливаются, как правило, из углеродистых корпусных сталей. Внутренняя поверхность насадок подвергается усиленным коррозионно-эрозионным разрушениям, особенно в зоне вращения гребного винта (до 4 мм/год). Кроме того, на внутреннюю поверхность насадок отрицательное воздействие оказывает контакт с гребными винтами, изготовленными из металлов с более положительным потенциалом. Обычно насадка защищается сочетанием катодной защиты с расходуемыми анодами, лакокрасочного покрытия, коррозионно-стойких сталей в виде вставки в зоне вращения винта и электрическим разъединением разнородных металлов.

Крыльевые устройства изготавливаются из аустенитных сталей класса 18–8 или из титановых сплавов; в первом случае для защиты от питтинга обычно на крыльях устанавливают алюминиевые аноды.

Для снижения шероховатости (за счет катодного осадка) крылья окрашивают.

2.4.9. Судовые трубопроводы

В зависимости от агрессивности среды судовые трубопроводы разделяют на четыре основные группы:

1) горячей и холодной морской воды;
2) горячей и холодной пресной воды;
3) свежего и отработанного пара;
4) топлива и масел.

Для изготовления судовых труб в зависимости от среды, скорости потока, температуры, коэффициента использования трубопровода применяется широкий ряд материалов: углеродистая сталь, коррозионно-стойкие стали, медь, медно-никелевые сплавы, титан, чугун с шаровидной формой графита, сталь футерованная полиэтиленом и др.

Углеродистые стали без покрытия применяются для труб холодной морской воды, холодной и горячей пресной воды, пара, топлива и масла.

В спокойной морской воде скорость общей коррозии труб из углеродистых сталей при обычных температурах составляет 0,05–0,15 мм/год. Скорость язвенной коррозии в первые два года может быть в несколько раз (до 10 раз) больше, но затем стабилизируется на уровне около 0,2 мм/год.

В потоке морской воды скорость язвенной коррозии может достигать 2,0 мм/год, причем большое значение имеет конструкция элементов трубопроводов. При одинаковой скорости, например 2,5 м/с, и других равных условиях средняя скорость язвенной коррозии для прямых труб составляет около 0,3 мм/год, для труб с погибами или тройника – 1,1 мм/год, для трубы с приварным отростком – 1,3 мм/год.

Скорость коррозии труб из углеродистых сталей в других средах значительно меньше: в сухом паре, питательной воде, масле, топливе, воздухе – 0,1 мм/год; пресной воде и конденсате – 0,2 мм/год; отработанном паре – 0,3–0,5 мм/год.

Для защиты труб и фасонных частей из углеродистых сталей часто применяется горячее, реже гальваническое или термодиффузионное цинкование. Коррозия цинковых покрытий имеет равномерный характер, средняя скорость коррозии как в спокойной морской воде, так и в потоке до 3 м/с, составляет от 0,02 до 0,05 мм/год в зависимости от категории элемента. Предельно допустимая скорость потока холодной морской воды для трубопроводов из углеродистых сталей без покрытия составляет 1,2 м/с, с цинковым покрытием – 3 м/с.

Чугун с шаровидной формой графита рекомендуется для изготовления труб и фасонных изделий для грузовой и зачистной систем и систем мойки танков на нефтеналивных судах.

Легирование чугуна никелем(1,5%) улучшает пластические свойства материала, хотя и не влияет существенно на коррозионную стойкость. Заметное улучшение механических свойств и коррозионной стойкости получают введением 20% никеля и 0,05–0,10% марганца.

В спокойной морской воде скорость коррозии низколегированного чугуна не превышает 0,5 мм/год, а при содержании более 13% Ni – 0,05 мм/год. При скорости потока 1,5 м/с низколегированный чугун корродирует со скоростью 1,3 мм/год, а высоколегированный – 0,05 мм/год.

Коррозионно-стойкие стали не применяются в системах забортной воды из-за склонности к питтингу (2–3 мм/год), хотя в условиях потока морской воды со скоростью более 1,5 м/с скорость коррозии не превышает 0,03 мм/год.

В средах пресной воды, дистиллята, пара, топлива, воздуха трубы из этих сталей практически не корродируют и защита их не предусматривается.

Титановые сплавы обеспечивают надежную эксплуатацию трубопроводов практически для всех сред и всех условий. В связи с дороговизной они применяются только в очень ответственных случаях.

Медь и сплавы на медной основе – основные материалы для трубопроводов забортной воды. В спокойной морской воде скорость общей коррозии труб из меди и ее сплавов не превышает 0,07 мм/год, при деаэрации систем – 0,01 мм/год.

Скорость потока морской воды является основным фактором, определяющим коррозионную стойкость труб из этих материалов. В потоке коррозионные разрушения локализуются на определенных участках, где имеет место деформация потока.

Влияние конфигурации элементов на скорость коррозии особенно отчетливо проявляется на трубах из меди: при скорости потока 1 м/с скорость коррозии прямой трубы и сварного тройника составляет соответственно 0,05 и 0,6 мм/год, а при скорости 3 м/с – уже 0,2 и 2,0 мм/год.

Медно-никелевые сплавы показали значительно лучшую коррозионную стойкость по сравнению с медью в потоке морской воды. Так, при скорости потока 3 м/с скорость коррозии сплава МНЖ5–1 в 5-7 раз , в МНЖМц6-0,8-0,8-0,6 в 10 раз меньше, чем меди. Объясняется это тем, что легирование алюминием и марганцем создает защитные пленки, способные самопроизвольно восстанавливаться при повреждении.

Предельно допустимые скорости потока морской воды для труб из меди, МНЖ5-1 и МНЖМц6-0,8-0,8-0,6 составляют соответственно 1; 2,5; 3 м/с.

Алюминиевые сплавы применяются для трубопроводов морской и пресной воды, масла, топлива и пара на малых судах с корпусами из алюминиевых сплавов.

В спокойной морской воде алюминиевые сплавы подвергаются незначительной равномерной коррозии не более 0,02 мм/год, иногда наблюдается питтинг до 0,1 мм/год. В потоке со скоростью до 3 м/с имеет место питтинговая коррозия от 0,2 до 0,8 мм/год. В остальных средах коррозия незначительна.

Характерным для коррозии судовых трубопроводов из всех применяемых материалов является локальный характер коррозии в местах деформации потока или контакта разнородных материалов. Поэтому и средства защиты трубопроводов, как правило, нацелены на локальную защиту, включая:

- средства изоляции труб из разнородных материалов (проставки, изолирующие втулки);
- средства защиты от струевой коррозии на отдельных участках (полимерные покрытия, втулки, жертвенные участки, эмалирование, катодная защита с расходуемыми анодами);
- средства защиты внутренней поверхности труб полностью, как правило, в тех случаях, когда невозможно устранить высокие скорости потока (футерование полиэтиленом, нанесение порошковых красок, горячее цинкование, расходуемые аноды);
- рациональное проектирование трубопрводов (устранение деформации потока, исключение контактов разнородных материалов, застойных зон, выбор материалов, соответствующих условиям эксплуатации и др.).

ПКЗ

2.5. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ

Все методы противокоррозионной защиты можно условно разделить на три группы по принципу их влияния на изменение хода коррозионного процесса:

1) Изменение свойств металла.
2) Изменение свойств среды.
3) Изменение характера взаимодействия металла и среды на границе раздела.

К первой группе относятся следующие методы:

- легирование металла,
- термообработка,
- поверхностная обработка (поверхностное легирование, ионная имплантация, аморфизация, пассивация).

Ко второй группе относятся:

- ингибирование среды,
- обескислороживание водной среды,
- осушение воздуха,
- удаление агрессивных реагентов среды (соли, кислоты и т.п.).

К третьей группе относятся:

- нанесение защитных покрытий, изолирующих металл от агрессивной среды (лакокрасочные, металлические, оксидные, фосфатные, масла, смазки и т.п.),
- катодная поляризация (катодная защита, протекторная нанесение анодных покрытий);
- устранение анодной поляризации (защита от контактной коррозии, электродренаж, устранение блуждающих токов и пр.),
- рациональное проектирование (устранение зазоров, правильный выбор металла для данной среды, устранение контактов разнородных металлов, устранение застойных зон и т.п.).

Часто для эффективной защиты от коррозии используют комбинированные методы, сочетающие различные способы защиты. Так, для защиты подводной части судов целесообразно использовать лакокрасочные покрытия в сочетании с катодной защитой. В этом случае повышается сохранность покрытия за счет исключения или уменьшения вспучивания пленки продуктами коррозии металла, и облегчается катодная поляризация корпуса вследствие увеличения поляризуемости окрашенного металла.

В случае защиты таких конструкций, как направляющие насадки гребных винтов, используются, как правило, четыре способа защиты: катодная защита, лакокрасочные покрытия, коррозионно-стойкие стали в зоне вращения винта, электрическое разъединение разнородных материалов.

Судно в целом – настолько сложное сооружение по разнообразию металлов, сред и условий их взаимодействия, что для эффективной защиты его от коррозии приходится использовать практически все имеющиеся методы и средства защиты.

Основным средством защиты судов от коррозии и морского обрастания, а также основным средством декоративной отделки являются лакокрасочные покрытия, о которых главным образом и пойдет речь в курсе обучения. В данном разделе

приводятся сведения, касающиеся других методов и средств противокоррозионной защиты судовых конструкций, имеющие целью ознакомить слушателей с основными представлениями об этих методах (принципами защитного действия, механизмом влияния на коррозионные процессы, областями применения и др.).

2.5.1. Электрохимическая защита

Принцип действия электрохимической защиты заключается в катодной поляризации металлической конструкции до уровня "защитного" потенциала, под которым понимается потенциал наиболее анодных участков. При этом на защищаемой поверхности будут протекать только катодные процессы. Механизм электрохимической защиты может быть упрощенно представлен следующим образом.

Металл, погруженный в электролит, представляет собой многоэлектродную систему, состоящую из множества пространственно разделенных и электрически замкнутых между собой анодных и катодных участков (рис. 2.3,а). Это объясняется тем, что металл имеет электрохимически гетерогенную структуру, обусловленную химической природой металла, состоянием его поверхности, различными внешними воздействиями. Схематически эту поверхность можно представить (рис.2.3,б) в виде одного общего анода и одного общего катода, соединенных электрически. Коррозия происходит вследствие ионизации металла на анодном участке.

Если к погруженному в электролит металлу присоединить другой металл с более отрицательным потенциалом, чем потенциал анодной реакции, то вследствие катодной поляризации потенциалы анодных и катодных участков защищаемого металла выравниваются и металл становится общим катодом. В этой новой гальванической паре растворяется присоединенный металл с низким электродным потенциалом, т.е. новый анод; при этом исключаются условия для перехода ионов защищаемого металла в раствор и коррозионный процесс прекращается (рис.2.3,в). Это принципиальная схема катодной защиты с расходуемыми анодами.

Электрический ток, необходимый для защиты, может быть получен не только от работы гальванической пары, но и от внешнего источника тока. Защищаемая металлоконструкция присоединяется в этом случае к отрицательному полюсу источника постоянного тока, а к положительному полюсу присоединяется анод, изготовляемый, как правило, из малорастворимого материала (рис.2.3,г). Такая защита называется катодной защитой наложенным током.

Электрохимическая катодная защита двух указанных видов (с расходуемыми анодами и наложенным током) используется для предотвращения коррозии не только подводной части корпуса, но и балластных цистерн, грузовых танков нефтеналивных судов, крыльевых и подруливающих устройств, гребных винтов, трубопроводов, теплообменных аппаратов и других конструкций и изделий. Причем достигается эффективная защита как от общей коррозии, так и от специфических видов коррозионных разрушений (коррозионное растрескивание, контактная, питтинговая, межкристаллитная, селективная и др.).

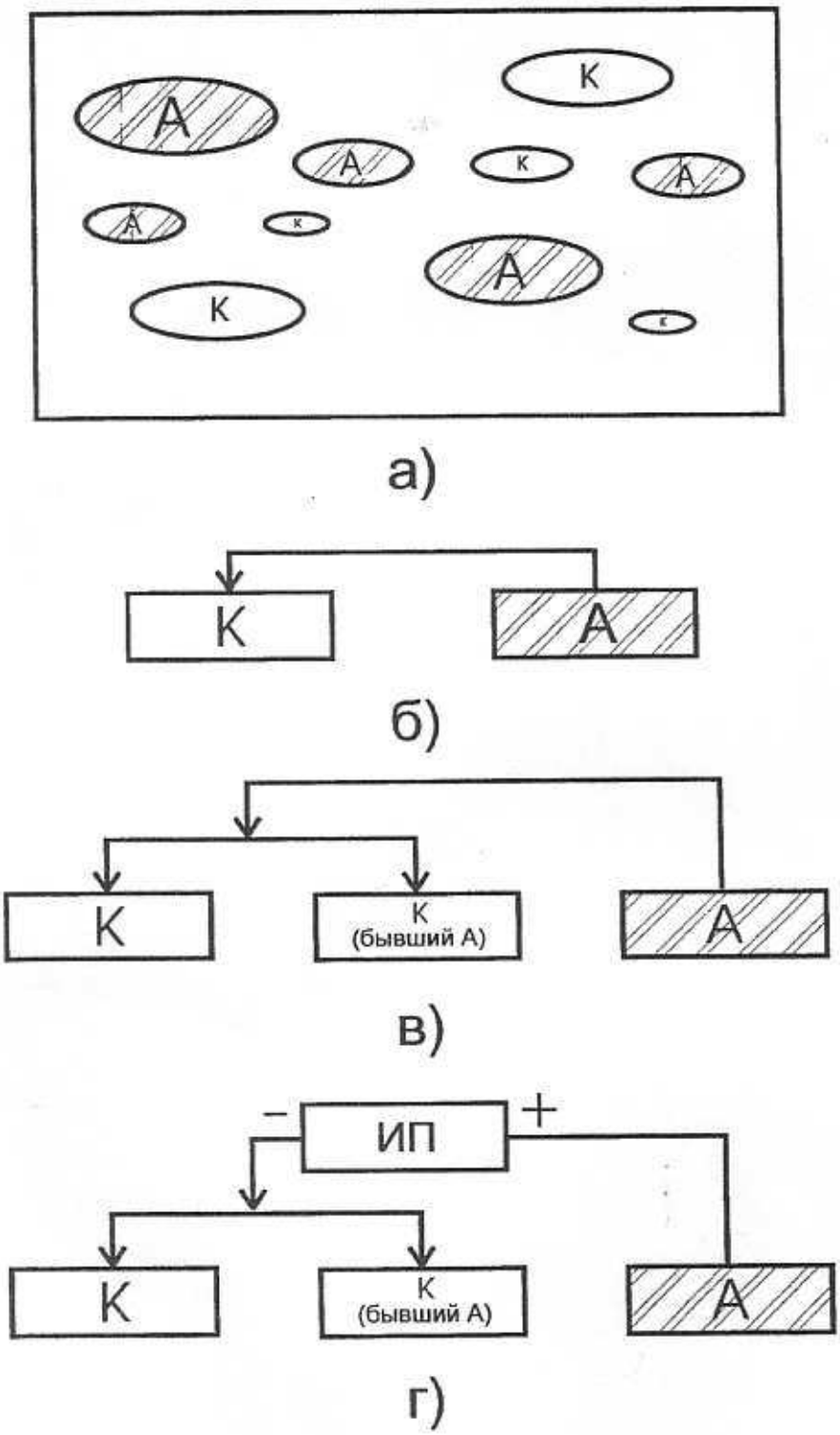


Рис. 2.3. Принцип действия электрохимической защиты:

А - анодные участки;

К - катодные участки;

ИП - источник постоянного тока.

Критерием электрохимической защиты является потенциал металла или величина смещения потенциала от его стационарного значения. Эти величины позволяют судить о скорости коррозии и степени защиты. Существуют минимальные и максимальные критерии защиты. Под минимальными понимают минимально допустимые значения потенциала или смещения потенциала, при которых коррозия прекращается или уменьшается до допустимых пределов. Максимальные критерии защиты вводятся для того, чтобы избежать водородного охрупчивания высокопрочных металлов, перезащиты алюминиевых сплавов, разрушения лакокрасочных покрытий при выделении газообразного водорода и других негативных последствий.

На рис.2.4 и 2.5 показаны зависимости скорости коррозии в морской воде углеродистой стали и алюминиевого сплава от величины потенциала.*) На рис.2.5 видно резкое усиление коррозии алюминиевого сплава вследствие разрушения оксидной пленки при повышении pH вследствие катодной поляризации. Оптимальная величина защитного смещения потенциала в морской воде составляет для корпусных углеродистых сталей 150–200 мВ, для алюминиевых сплавов 200–400 мВ в зависимости от химического состава сплава.

2.5.1.1. Катодная защита с расходуемыми анодами

В качестве расходуемых анодов в принципе можно использовать любой металл, имеющий более отрицательный потенциал, чем защищаемый металл (в соответствии с электрохимическим рядом напряжений). По ряду технико-экономических соображений такие аноды (часто их называют протекторы), как правило, изготавливают из сплавов на основе алюминия, реже – из цинка или магния. В качестве примера в табл. 2.1–2.4 приводится химический состав протекторных сплавов, используемых в России, и их физико-химические свойства.

Как видно из приведенных таблиц, протекторные сплавы имеют широкий интервал электрохимических характеристик, что обеспечивает возможность защиты практически всего многообразия судовых конструкций и изделий из различных материалов и для различных условий эксплуатации.

Эффективность использования и оптимальной срок службы катодной защиты с расходуемыми анодами обеспечивается при соблюдении следующих основных принципов выбора протекторных сплавов:

- по совокупности свойств наиболее эффективны алюминиевые сплавы. Выбор других сплавов целесообразен только при необходимости удовлетворения специальных требований;
- во взрыво- и пожароопасных условиях следует использовать цинковые сплавы;
- при необходимости ограничения водородного показателя среды учитываются следующие данные:

Основа сплава	Al	Zn	Mg
pH	4–5	6–8	10–11

*)Здесь и далее величины потенциалов даны по водородному электроду. На практике обычно применяются хлорсеребряные электроды сравнения, имеющие собственный потенциал +240 мВ по отношению к нормальному водородному электроду, реже – медносульфатные +310 мВ и цинковые –800 мВ.

Таблица 2.1

Химический состав алюминиевых протекторных сплавов

Марка сплава	Легирующие элементы, % по массе					Примеси, % по массе, не более
	Zn	Mg	Sn	Zr	Добавка	
АП2	0,4 - 0,8	-	-	-	0,005 - 0,1	Fe - 0,1
АП3	4-6	-	-	0,001 - 0,1	-	Cu - 0,01
АП4	4-6	0,5 - 1,0	0,05 - 0,1	-	-	Si - 0,1

Таблица 2.2

Химический состав цинковых протекторных сплавов

Марка сплава	Легирующие элементы, % по массе					Примеси, % по массе, не более		
	Al	Mg	Mn	Ti	Si	Fe	Cu	Pb
ЦП1	0,4 - 0,6	-	-	-	-	0,001	0,001	0,005
ЦП2	0,5 - 0,7	0,1 - 0,3	0,1 - 0,3	-	-	0,004	0,001	0,005
ЦП3	0,2 - 0,6	-	-	0,005 - 0,1	0,005 - 0,1	0,004	0,001	0,005

Таблица 2.3

Химический состав магниевого протекторного сплава МП1

Легирующий элемент	Содержание, % по массе	Примеси	Содержание, % по массе, не более
Al	5 - 7	Fe	0,003
Zn	2 - 4	Cu	0,004
Mn	0,02 - 0,5	Ni	0,001
Ti	не более 0,04	Si	0,04

Защитный ток – 0,1 А/м²

Таблица 2.4

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРОТЕКТОРНЫХ СПЛАВОВ

Марка сплава	Теоретический электрохимический эквивалент, г/Ar	Теоретическая токоотдача, Ar/кг	Коэффициент полезного использования, %	Потенциал, В		Плотность, г/см³
				стационарный	в контакте со стальным сооружением	
АП2	0,34	2960	80	0,65	0,6	2,7
АП3	0,35	2880	85	0,82	0,7	2,8
АП4	0,35	2880	85	0,9	0,8	2,8
ЦП1	1,22	820	95	0,82	0,73	7,1
ЦП2	1,22	820	95	0,83	0,73	7,1
ЦП3	1,22	820	95	0,84	0,75	7,1
МП1	0,45	2200	65	1,3	1,2	1,8

Таблица 2.5

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ АНОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Материал	Удельная плотность, г/см³	Рабочая плотность тока, А/м²	Удельный расход	
			г/м²	мм/год
Сталь	7,9	50	60	65
Алюминий	2,7	50	30	80
Графит	1,8	300	2	15
Ферросилид (ферросилиций)	7,0	300	6	10
Сплав Pb-Ag	11,3	300	0,12	0,1
Платина (фольга)	21,4	2000	0,01	0,004

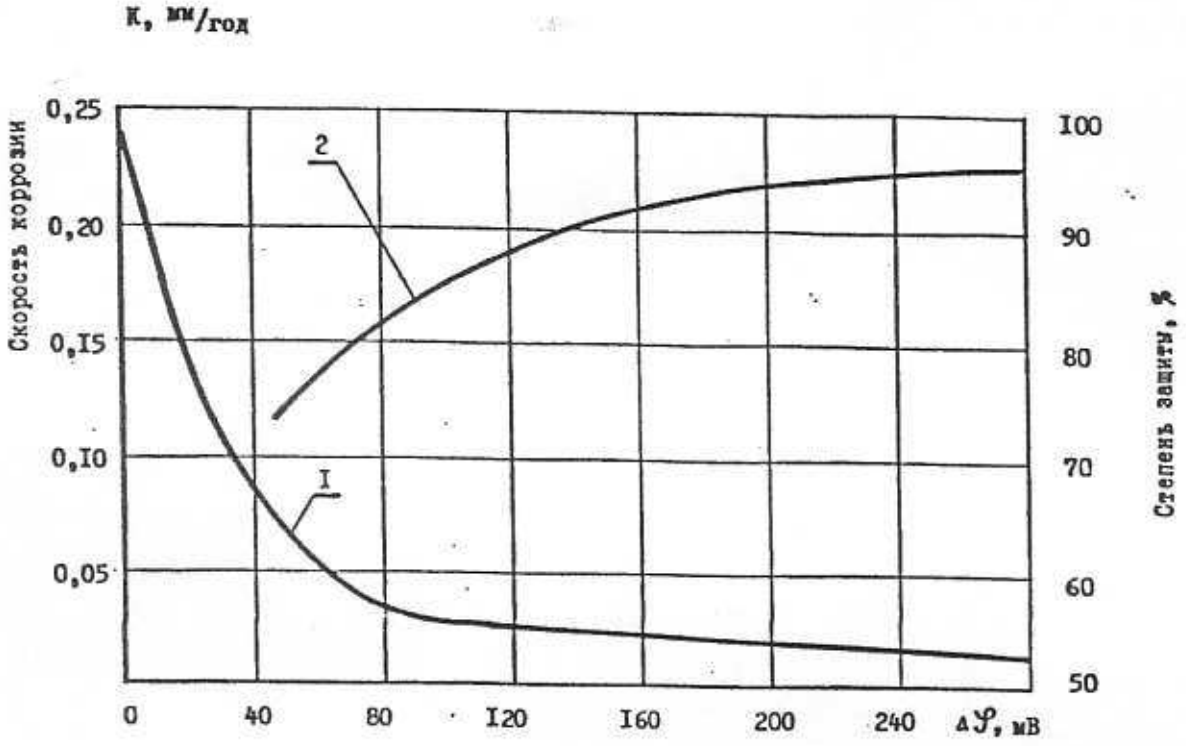


Рис. 2.4. Зависимость скорости коррозии (1) и степени защиты (2) углеродистой стали от смещения потенциала в движущейся морской воде.

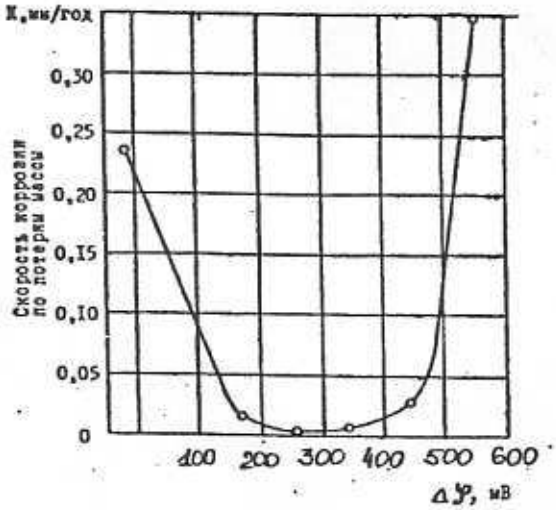


Рис. 2.5. Зависимость скорости коррозии алюминиевого сплава Al-Mg от смещения потенциала в движущейся морской воде

- для исключения водородной деполяризации применяются цинковые сплавы;
- в морской воде соленостью менее 10‰ наиболее эффективны магниевые сплавы.

Расходуемые аноды изготавливаются, как правило, методом литья, реже – методом прессования. По конструктивному исполнению аноды весьма различны по размерам, форме, методам крепления в зависимости от эксплуатационных условий. Например, для установки на подводной части корпуса судна используются аноды обтекаемой формы, чтобы не создавать дополнительного сопротивления движения судна. Для защиты внутренней поверхности судовых труб, теплообменных аппаратов и т.п. применяют аноды небольших размеров кольцевой, пальчиковой или иной формы. Для защиты наружной поверхности морских трубопроводов обычно применяют аноды в форме браслетов массой в десятки и сотни килограмм.

От формы анода зависит его токоотдача, поэтому при низкой электропроводности среды применяют аноды с большой удельной поверхностью, например, прутковые, а в среде с высокой электропроводностью, наоборот,– с малой поверхностью (брусковые, полусферические и др.).

В зависимости от условий эксплуатации защищаемого объекта и применяемого протекторного сплава аноды могут изготавливаться короткозамкнутые, отключаемые, с встроенным регулируемым или нерегулируемым сопротивлением, подвесные.

2.5.1.2. Катодная защита наложенным током

В состав системы катодной защиты наложенным током входят аноды, околоанодные экраны, источники питания с измерительной и регулирующей аппаратурой, электроды сравнения.

Аноды устанавливаются на подводной части судна изолированно от корпуса и подключаются к положительному полюсу источника питания (рис.2.6).

Анодные материалы подразделяют на растворимые (сталь, алюминий), малорастворимые (ферросилид, графит, свинец и его сплавы, магнетит) и нерастворимые (платина и ее сплавы). Технические характеристики некоторых анодных материалов приведены в табл.2.5. В системах катодной защиты судов чаще всего используются аноды из платины в виде гальванического покрытия или фольги, реже – из свинцово-серебряного сплава.

Околоанодные экраны предназначены для более равномерного распределения защитного тока по защищаемой поверхности и для предохранения близких к аноду участков поверхности от перезащиты и, соответственно, от разрушения лакокрасочного покрытия газообразным водородом. Околоанодные экраны изготавливаются в виде толстослойного покрытия из стеклопластика, резины, цемента и других материалов, обладающих необходимыми прочностью и диэлектрическими свойствами.

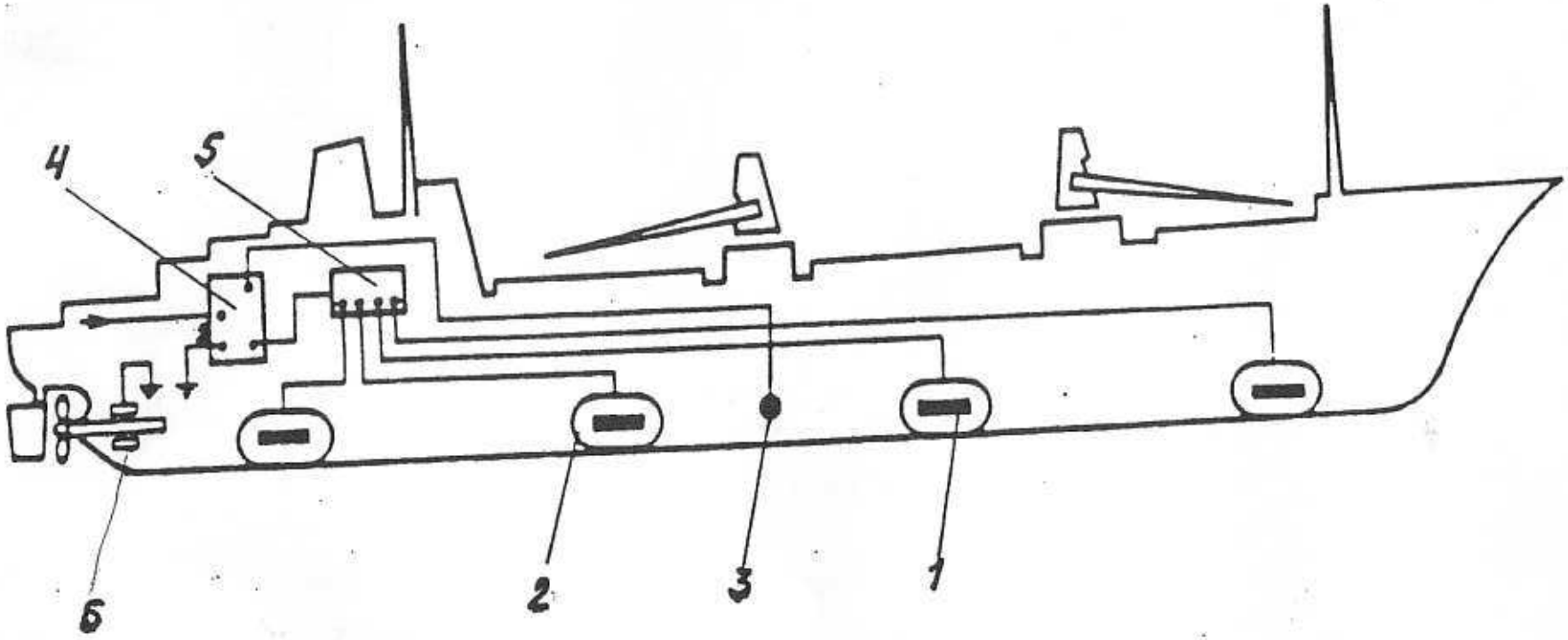


Рис. 2.6. Схема системы катодной защиты наложенным током подводной части корпуса судна:
1 - аноды; 2 - околоанодные экраны; 3 - электрод сравнения; 4 - источник питания;
5 - распределительный щит; 6 - контактно-щеточное устройство

Источники питания катодной защиты преобразуют переменный ток судовой сети в постоянный ток напряжением 12–24 В. Для этого используются выпрямители с ручным или автоматическим регулированием выходного тока.

В качестве датчиков сигнала для регулирующего устройства источника питания (величины потенциала) применяются электроды сравнения, установленные на корпусе судна. По показаниям приборов, расположенных на распределительных щитах и подключенных к электродам сравнения и корпусу, контролируется и при необходимости регулируется величина потенциала корпуса.

При установке на судне системы катодной защиты (с расходуемыми анодами или наложенным током) подводной части корпуса, как правило, предусматривается установка контактно-щеточного устройства, предназначенного для подключения и защиты валовинтового комплекса. Контактно-щеточное устройство состоит из разъемного кольца, установленного на гребном валу, щеткодержателя с меднографитовыми щетками, зачистной проволочной щетки и кронштейна для крепления щеткодержателей.

При проектировании систем электрохимической защиты встает вопрос о технико-экономической целесообразности применения того или иного типа катодной защиты. Обычно считают, что катодную защиту наложенным током с учетом больших первоначальных затрат экономически целесообразно устанавливать на судах водоизмещением более 10 тыс.т; на судах меньшего водоизмещения целесообразно устанавливать систему с расходуемыми анодами.

Потенциал защищаемой поверхности связан с плотностью тока катодной поляризации. Величина необходимой плотности тока зависит от многих факторов: состояния краски, скорости судна, солености и температуры морской воды и др. При расчете защиты принимают наиболее неблагоприятный вариант; обычно для систем с расходуемыми анодами плотность тока составляет 30–60 мА/м^2, для систем с наложенным током – 75–150 мА/м^2 .

Различие в значениях плотности тока объясняется различной степенью неравномерности распределения тока: в связи с большим количеством расходуемых анодов ток в этом случае распределяется более равномерно.

Качественное лакокрасочное покрытие позволяет значительно (в 10–100 раз) снизить плотность тока, необходимого для достижения защитного потенциала, поэтому электрохимическую защиту наиболее рационально сочетать с лакокрасочным покрытием.

Следует также учитывать, что при катодной поляризации происходит подщелачивание среды вблизи поверхности металла до pH равной 11, поэтому краски, применяемые совместно с электрохимической защитой, должны быть стойкими в этих условиях. К нестойким относятся все краски на масляной основе.

2.5.2. Металлические и конверсионные покрытия

К данному виду относят широкий круг покрытий, которые можно классифицировать следующим образом.

По природе и химсоставу:

- металлические;
- неметаллические неорганические (конверсионные).
-

По назначению:

- противокоррозионные;
- защитно-декоративные;
- специальные (для придания поверхности изделий специальных физических, механических, химических свойств).

По методу нанесения:

- гальванические (электроосаждение из водных растворов электролитов);
- химические (химическое восстановление из растворов солей);
- горячие (из расплава металлов);
- газотермические (металлизация путем электродугового, газопламенного или плазменного расплавления материала с последующим нанесением его с помощью воздушной струи). Сюда же можно отнести детонационные покрытия (получаемые путем "выстреливания" материала из детонационной пушки);
- термодиффузионные (диффузия осаждаемого металла в поверхностный слой основного металла из газовой, жидкой или твердой фаз);
- ионная имплантация (ионная бомбардировка металла в вакууме);
- силикатные (стекловидные эмали и футеровки, наплавленные на поверхность металла);
- цементные.

По механизму защитного действия:

- анодные (имеющие более отрицательный электродный потенциал по отношению к защищаемому металлу);
- катодные (имеющие более положительный электродный потенциал по отношению к защищаемому металлу);
- электрохимически нейтральные.

В силу различных причин (большая трудоемкость, экологическая опасность, высокая стоимость, возможность нанесения только в цеховых условиях и др.) эти покрытия нашли ограниченное применение в судостроении, судоремонте и для защиты крупных металлоконструкций за исключением некоторых видов покрытий, которые используются сравнительно широко и будут нами рассмотрены в процессе обучения.

2.5.2.1. Цинковые покрытия

Цинковые противокоррозионные покрытия нашли наибольшее применение среди металлических покрытий в связи с довольно высокими защитными свойствами цинка в нейтральных и слабощелочных средах, а также вследствие

относительной простоты и невысокой стоимости его нанесения. Цинк наносят на стальную поверхность конструкций, изделий и деталей электроосаждением, погружением в расплав, газотермическими методами (электродуговым и газопламенным распылением) и термодиффузионным методом.

Выбор того или иного метода нанесения цинка определяется требованиями к покрытию, эксплуатационными факторами, условиями нанесения и экономическими аспектами.

Гальваническое цинковое покрытие получается электрокристаллизацией в ванне с раствором цинкового электролита, при этом толщина покрытий не превышает 40–60 мкм. Этот метод обычно используется для геометрически простых и небольших деталей. Удобен для покрытия мелких деталей в барабанах или для непрерывного покрытия листов и проволоки. Преимуществом электроосаждения является возможность нанесения покрытий заданной толщины с высокой точностью. Недостатком является вредность и непривлекательность производства, необходимость устройства дорогостоящих очистных сооружений.

Горячее цинкование в расплаве применяется для получения толстых, более долговечных покрытий. Это наиболее распространенный метод цинкования – около 40% мировой продукции цинка затрачивается на горячие покрытия для стальных конструкций и изделий. Сущность цинкования горячим способом состоит в том, что изделие, прошедшее ряд подготовительных операций, погружается в расплав цинка с температурой в пределах 450–460°С. 250-300 мкм.

Размер изделия, которое подвергается обработке, ограничивается размером ванны, однако техника двойного погружения (сначала одним концом, затем другим) позволяет обрабатывать изделия длиной до 30 м.

Преимущество процесса распыления цинка состоит в том, что оборудование компактно, переносного типа и может быть использовано в любом месте на больших и малых конструкциях. Толщину покрытия можно регулировать в пределах от 50 до 500 мкм. Используются обычно методы электродугового или газопламенного распыления, при котором цинк в виде проволоки или порошка расплавляется под действием электрической дуги или пламени газовой горелки и с помощью сжатого воздуха напыляется на поверхность защищаемой конструкции. Защищаемая поверхность перед нанесением покрытия должна быть очищена путем абразивной обработки и обдувки чистым сжатым воздухом. Процесс неудобен для нанесения покрытия на внутренние полости или изделия сложной формы. Покрытия получаются пористыми, но при необходимости поры могут заполняться различными пропитками или нанесением поверх цинка лакокрасочных покрытий.

Термодиффузионные покрытия получаются в результате контакта при температуре 350–400°С защищаемого изделия с шихтой, состоящей из смеси цинковой пыли с мелким песком или кремнеземом. Такие покрытия отличаются равномерностью на изделиях сложной формы, поэтому предпочтительны в том случае, когда требуется определенный допуск по размеру или покрытие полых деталей. Покрытия получаются твердые с высоким сопротивлением истиранию.

Имеются две основные причины широкого применения цинковых покрытий. Первая – высокая природная стойкость цинка в атмосферных условиях, и вторая – анодное поведение цинка по отношению к стали, т.е. возможность защитить

его катодно. Во втором случае цинк, находящийся на поверхности стали, растворяется, защищая при этом основной металл.

Скорость коррозии цинка в атмосфере зависит от ее агрессивности и составляет от 2 мкм/год для сельской местности до 10 мкм/год в морской и промышленной атмосфере. Цинковые покрытия проявляют высокие защитные свойства в морской воде, где скорость коррозии цинка изменяется в диапазоне 10–25 мкм/год в зависимости от температуры, солености, различных загрязнений. Скорость коррозии резко возрастает при высоких скоростях потока, например, в судовых трубопроводах. При скорости воды 3 м/с коррозионные потери могут составить до 50 мкм/год.

В таблице 2.6 представлены данные по скорости коррозии и долговечности цинковых покрытий в различных типах атмосферы.

Таблица 2.6

Скорость коррозии и долговечность цинковых покрытий

Тип атмосферы	Скорость коррозии		Долговечность покрытий, годы, толщиной			
	г/м^2. год	мкм/год	200 мкм	100мкм	25 мкм	5 мкм
Сельская	14	2	50-150	25-75	6-20	1-3
Городская	40	5	30-50	15-25	4-6	1
Морская	40	5	30-50	15-25	4-6	1
Промышленная	80	10	10-30	5-15	1-1,5	0,25-1

2.5.2.2. Кадмиевые покрытия

Кадмиевые покрытия наносят, как правило, методом электроосаждения. Как и цинк, кадмий является анодным покрытием по отношению к стали, но имеет потенциал более близкий к потенциалу стали, чем цинк.

Установлено, что в некоторых средах кадмий показывает лучшие защитные свойства, чем цинк, в других – лучшие результаты дает цинк.

Скорость коррозии цинка и кадмия в различных типах атмосферы (мкм/год) составляет:

	Zn	Cd
Промышленная	5,1	10
Сельская	1,8	2,3
Морская	2,5	1,3

Как видно из приведенных данных, кадмий является более стойким в морской атмосфере, т.е. в присутствии хлоридов. Это объясняется меньшей растворимостью (на несколько порядков) продуктов коррозии кадмия (гидроокисей, карбонатов, хлоридов) по сравнению с аналогичными соединениями цинка.

Недостатком кадмиевых покрытий является довольно высокая стоимость и опасность для здоровья работающих и для окружающей среды в процессе нанесения покрытий.

2.5.2.3. Алюминиевые покрытия

Алюминий в качестве покрытия может быть нанесен путем распыления, плакирования, погружения в горячий расплав, диффузионным способом и электроосаждением, хотя последний процесс является сложным и трудоемким, поэтому применяется редко. Принципы нанесения алюминиевых покрытий указанными методами аналогичны нанесению цинковых покрытий и описаны выше.

В промышленных и морских условиях скорость коррозии алюминия примерно в три раза меньше скорости коррозии цинка, причем коррозия уменьшается со временем благодаря образованию на алюминии плотной пленки оксидов с хорошими барьерными свойствами и адгезией. В контакте со сталью алюминиевое покрытие является анодным.

Наиболее распространенным методом нанесения алюминиевых покрытий является электродуговое и газоплазменное распыление.

Толщина напыленных покрытий составляет 50–300 мкм в зависимости от среды и заданной долговечности. При нанесении более толстых покрытий обычно снижается адгезия. Материал покрытия состоит из небольших частиц в виде чешуек, покрытых оксидом алюминия, который составляет от 1 до 3% от массы покрытия. Такие покрытия, так же как и напыленные цинковые покрытия, имеют значительную, иногда сквозную пористость. Поэтому часто используют различные пропитки или наносят поверх алюминиевого покрытия один или два слоя краски.

Структура и свойства покрытий, нанесенных методами диффузионного алюминирования, в горячем расплаве и плакирования с термообработкой приблизительно одинаковы; различия могут быть только в доле железа в покрытии.

Алюминиевые покрытия предпочтительнее цинковых в нейтральных и слабокислых средах и уступают им в щелочных средах. Во многих случаях хорошие результаты дает легирование алюминия цинком (5-35%) при различных методах нанесения покрытий.

2.5.2.4. Конверсионные покрытия

Конверсионными называют защитные покрытия, получаемые в результате химической реакции непосредственно на поверхности металла. К числу

наиболее часто применяемых в промышленности конверсионных покрытий можно отнести фосфатные, оксидные и хроматные.

Фосфатные покрытия представляют собой кристаллическую пленку нерастворимых в воде фосфорно-кислых солей марганца и железа или цинка и железа. Они устойчивы в атмосферных условиях, в смазочных маслах и органических растворителях, но разрушаются в кислотах и щелочах. Фосфатные покрытия имеют прочное сцепление с поверхностью металла, но сами по себе не обеспечивают надежной защиты от коррозии. Их используют преимущественно как основу под лакокрасочное покрытие, которая обеспечивает хорошее сцепление краски со сталью. Иногда фосфатные покрытия пропитывают маслами или парафином - это обеспечивает более высокую степень защиты от коррозии, особенно если в них ввести ингибиторы коррозии. Толщина фосфатных пленок составляет от 1 до 10 мкм. Фосфатированию обычно подвергают углеродистые и низколегированные стали, чугун, некоторые цветные сплавы. На высоколегированных сталях и алюминии образуются пленки более низкого качества.

Оксидные покрытия на стали могут быть получены термическим, химическим и электрохимическим способами и состоят в основном из Fe_3O_4. Каждый из них находит свою, наиболее целесообразную область применения. Термическую обработку можно проводить на воздухе, в среде водяного пара, минерального или растительного масла, расплавленных солей.

Химический способ наиболее широко используется для получения защитно-декоративных покрытий с толщиной пленки до 3 мкм черного или темно-синего цвета. Процесс ведут в концентрированных растворах едкой щелочи с добавками окислителей - нитритов или нитратов натрия или калия. Защитная способность таких покрытий значительно повышается, если в раствор добавляют фосфорную кислоту и нитраты некоторых металлов. При этом получаются оксидно-фосфатные пленки толщиной до 5 мкм, обладающие более высокими защитными и механическими свойствами.

Электрохимическое оксидирование производится обработкой изделий на аноде в щелочном растворе с добавками в некоторых случаях окислителей. Из-за сложности процесса этот метод нашел незначительное применение.

Оксидные покрытия на стали, полученные указанными методами, сами по себе не обладают существенными защитными свойствами и определенный защитный эффект достигается при нанесении на них масел, смазок или лакокрасочных покрытий.

Оксидные покрытия на алюминии получают обычно анодной обработкой изделий в различных электролитах. Покрытие состоит в основном из кристаллической модификации Al_2O_3 толщиной от 2 до 25 мкм. Для улучшения защитных свойств пленку подвергают гидратации в паре или горячей воде. Анодирование повышает защитные и декоративные свойства алюминия и является хорошей подготовкой поверхности для последующего окрашивания.

Хроматные покрытия получают на изделиях из цинка или цинковых покрытиях, погружая их в раствор бихромата натрия с определенными добавками. Образующийся на поверхности хромат цинка защищает металл от образования пятен и изменения цвета под действием влаги. Пленка несколько увеличивает срок службы цинкового покрытия в атмосферных условиях.

Хроматные покрытия наносят также поверх цинк-алюминиевых и кадмиевых покрытий на стали.

2.5.3. Средства временной защиты

Многие металлические конструкции и изделия требуют противокоррозионной защиты только на период их транспортировки или межоперационного или складского хранения. Термин "временная" означает не только ограниченность срока службы такой защиты, но и возможность ее быстрого удаления при возникновении такой необходимости. На практике применяется широкий круг средств временной защиты, который можно классифицировать следующим образом:

По механизму защитного действия:

- барьерные (изолирующие поверхность металла от коррозионно активных компонентов среды);
- адсорбционно-ингибирующие (создающие на поверхности металла адсорбционные слои элементов или химических соединений, блокирующих активные центры металла);
- снижающие агрессивность среды (например, осушение воздуха, деаэрации или обессоливание воды и т.п.).

По способу применения:

- твердые или мягкие пленки, осаждаемые из раствора (например, битумы в растворе уайт-спирита) с вытесняющими воду добавками или без);
- мягкие пленки, осаждаемые путем горячего погружения (например, петролатум) с введением ингибиторов коррозии или без него;
- масла и консистентные смазки;
- ингибированные лакокрасочные покрытия;
- летучие ингибиторы коррозии; порошок
- растворимые в воде и маслах ингибиторы коррозии;
- химическая деаэрация воды;
- статическое и динамическое осушение воздуха; до 30-40%
- ингибированные бумаги и упаковки.

Несмотря на большой перечень имеющихся средств временной защиты, в практике судостроения и судоремонта используется относительно небольшое число таких средств, о которых и пойдет речь ниже. Наиболее часто применяемое средство защиты из указанных выше - это ингибированные лакокрасочные покрытия, чаще всего – межоперационные грунтовки; о них будет говориться в других разделах, посвященных основной теме - лакокрасочным покрытиям.

2.5.3.1. Ингибиторы коррозии

Ингибиторами называются вещества, введение которых в среду в небольших концентрациях приводит к значительному уменьшению скорости коррозии металла. Их применяют как непосредственно в виде летучих, порошковых или растворимых в различных эксплуатационных средах ингибиторов, так и в виде ингибированных покрытий, упаковок, оберточных материалов.

По механизму действия ингибиторы разделяют на анодные, катодные и смешанные, в зависимости от того, какую сопряженную реакцию коррозионного процесса они тормозят. По составу они могут быть органические и неорганические.

Летучие ингибиторы применяют обычно для временной защиты ответственных механизмов и систем. По сравнению с временными покрытиями они просты при использовании и не требуют расконсервации. К недостаткам относятся возможность усиления коррозии ряда цветных металлов и необходимость герметизации объемов с защищаемыми изделиями для предотвращения улетучивания ингибитора. Обычно летучие ингибиторы применяют в качестве пропитки или в виде слоя, нанесенного на бумагу, или в виде порошка, которые испаряются, насыщая замкнутый объем парами ингибитора защитной концентрации. Чаще других в качестве летучих ингибиторов используются органические соли аминов (нитриты, карбонаты).

Водорастворимые ингибиторы используются не только в качестве временной защиты, но и в периоды эксплуатации объектов. В частности, на судах они находят применение для защиты систем охлаждения судовых двигателей и балластных цистерн. Довольно широко используются водорастворимые ингибиторы в процессе гидроочистки и гидроабразивной очистки поверхности металла перед окраской. Для этих целей обычно применяются нитритно-хроматная, хроматно-щелочная и нитритно-щелочная присадки или органические эмульсионные присадки.

Маслорастворимые ингибиторы используют как противокоррозионные присадки в составе консервационных масел и смазок, а также рабочих масел на период эксплуатации оборудования или внутренних полостей резервуаров.

2.5.3.2. Мягкие пленки

Материалами для мягких пленок, осаждаемых в холодном виде, обычно служат смеси на основе ланолина или петролатума в растворе уайт-спирита или сольвента. Они наносятся погружением или кистью и образуют тонкие и вязкие пленки, которые удаляются с помощью растворителей. В раствор для усиления защиты от коррозии могут добавляться ингибиторы или добавки, вытесняющие воду. В судостроении и судоремонте нашли применение для защиты балластных цистерн подобные материалы, наносимые методом флотации. Они обладают хорошей адгезией к металлу и гидрофобными свойствами.

Материалы на основе петролатума часто наносят путем погружения изделия в расплав. Получаются более толстые и долговечные пленки; для повышения защитных свойств в расплав вводят ингибиторы коррозии.

Разновидностью мягких покрытий являются легкоснимающиеся пленки, осаждаемые горячим погружением или в холодном виде с помощью растворителей. Основой материала для таких пленок чаще всего являются этилцеллюлоза и латексы. Толстые легкоснимаемые пленки толщиной до 2 мм обладают хорошими защитными свойствами и в некоторых случаях исключают необходимость дополнительной упаковки изделий. Для повышения защитных свойств в состав пленок также вводят ингибиторы коррозии.

Консистентные смазки (смеси мыл со смазочными маслами и подобные вязкие вещества, иногда с добавками ингибиторов коррозии) наносят щетками, кистями, шпателями. Удаляются механически скребками, затем растворителями.

К мягким пленкам можно отнести и масляные пленки, используемые для защиты внутренних поверхностей резервуаров и полостей оборудования, иногда не только на период транспортирования и хранения, но и на весь период эксплуатации с систематическим возобновлением смазки.

2.5.3.3. Твердые пленки

Материал покрытия обычно наносят в холодном виде, образующиеся пленки должны быть тонкими, вязкими, не липкими и не хрупкими. Материалами служат, как правило, пластифицированные смолы, битумы и т.п., а конкретный выбор определяется как противокоррозионными свойствами, так и дополнительными требованиями, такими как цвет, прозрачность, время сушки, огнеопасность, токсичность и пр. При выборе растворителей учитывается их совместимость с основой материала.

Материалы наносят погружением, кистью или распылением. В раствор могут добавляться ингибиторы коррозии или водовытесняющие добавки. Удаляют твердые пленки с помощью растворителей.

2.5.4. Защита от электрокоррозии

Электрокоррозия - электролитическое растворение металла при его анодной поляризации под воздействием электрического тока от внешнего источника.

Электрокоррозия судов имеет место в случае утечки тока с корпуса судна в воду при неправильном электроснабжении потребителей на судне, а также при воздействии блуждающих токов. В первом случае корпус судна имеет непосредственный контакт с положительным полюсом источника тока, во втором случае корпус судна не имеет контакта с источником тока, но находится в электрическом поле блуждающих токов.

Электрокоррозия металла в принципе имеет место при поляризации переменным током, однако скорость электрокоррозии при этом практически несущественна.

2.5.4.1. Электрокоррозия под действием токов утечки

Интенсивность анодного растворения металла определяется в соответствии с законом Фарадея следующим соотношением:

$$K_a = a \cdot i_a .$$

где K_a - скорость анодного растворения металла, мм/год;
a - коэффициент, мм·м^2/А·год;
i_a - плотность тока анодной поляризации, А/м^2.

Значения коэффициента *a* для некоторых металлов и сплавов составляют:

- углеродистая сталь.....1,14;
- алюминий.....1,1;
- медь.....2,35;
- цинк.....1,5;
- титан.....0,87;
- коррозионно-стойкая сталь типа 18-8...1,1.

Как видно из формулы, скорость электрокоррозии прямо пропорциональна плотности тока анодной поляризации и при реальной плотности тока на подводной поверхности судна в периоды достройки или ремонта на плаву может в десятки раз превышать скорость естественной коррозии в морской воде. Например, при плотности тока на анодных участках 5 А/м^2 скорость растворения корпусной стали составит около 6 мм/год, т.е. почти в 50 раз выше скорости естественной коррозии в морской воде.

Поскольку анодный ток концентрируется главным образом на участках с поврежденным слоем краски, то это ведет к интенсивным локальным коррозионным разрушениям.

Наиболее явным и опасным нарушением правил электроснабжения является однопроводная схема электроснабжения судовых потребителей, главным образом, сварочных работ (рис. 2.7). В скрытом виде варианты такой схемы могут встречаться и в других формах (рис.2.8, 2.9).

2.5.4.2. Электрокоррозия под действием блуждающих токов

Блуждающие токи или токи, рассеянные в проводящей среде, возникают в результате различных природных явлений или создаются промышленными электрическими установками, использующими проводящую среду (землю, морскую воду) в качестве токопровода.

Источниками естественных блуждающих токов являются вариации магнитного поля Земли, грозовые разряды, перемещения земных пород и другие природные явления. Максимальная напряженность естественных электрических полей не превышает 150 мВ/км, поэтому очевидно, что они не представляют практической коррозионной опасности.

Промышленные блуждающие токи создаются линиями электротранспорта, заземлителями постоянного тока, системами катодной защиты и другими электрическими установками. Они могут быть очень значительными по величине и наносить серьезный ущерб металлическим сооружениям, находящимся в зоне их действия. Типичные случаи электрокоррозии металлических сооружений под действием блуждающих токов показаны на рис. 2.10, 2.11.

Интенсивность коррозии объектов в поле блуждающих токов определяется напряженностью поля, удельным сопротивлением среды, состоянием изоляционного покрытия объекта, взаимным расположением объекта и источника тока.

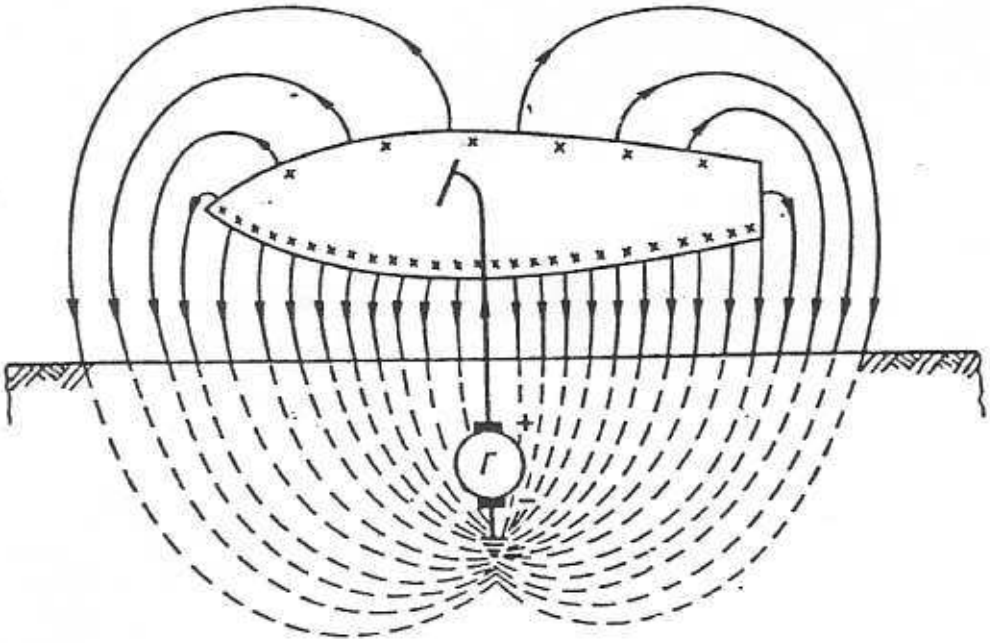


Рис. 2.7. Электрокоррозия судна при однопроводной схеме электроснабжения. Знаками "+" здесь и на других рисунках обозначены участки анодной поляризации

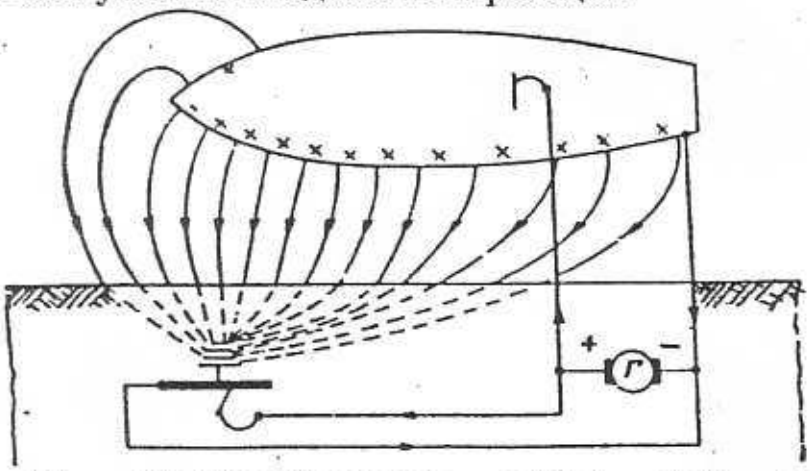


Рис. 2.8. Электрокоррозия судна при электроснабжении потребителей на судне и на берегу от одного источника тока

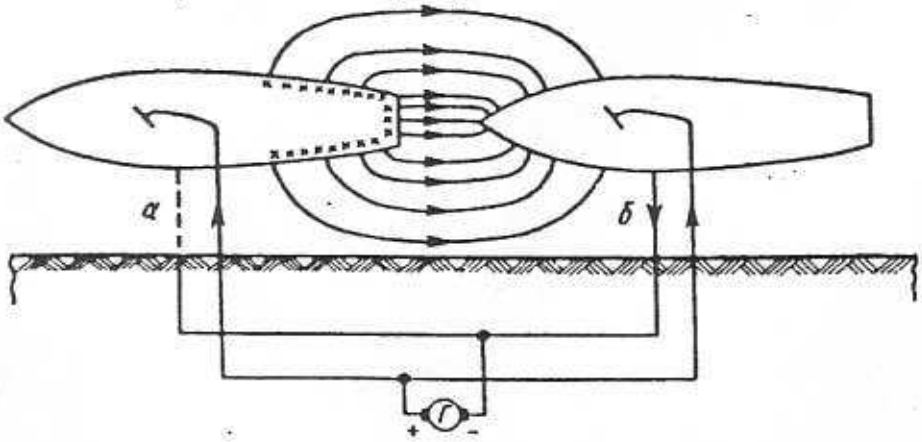


Рис. 2.9. Электрокоррозия судна при электроснабжении двух судов от одного источника питания при нарушении контакта минусового провода

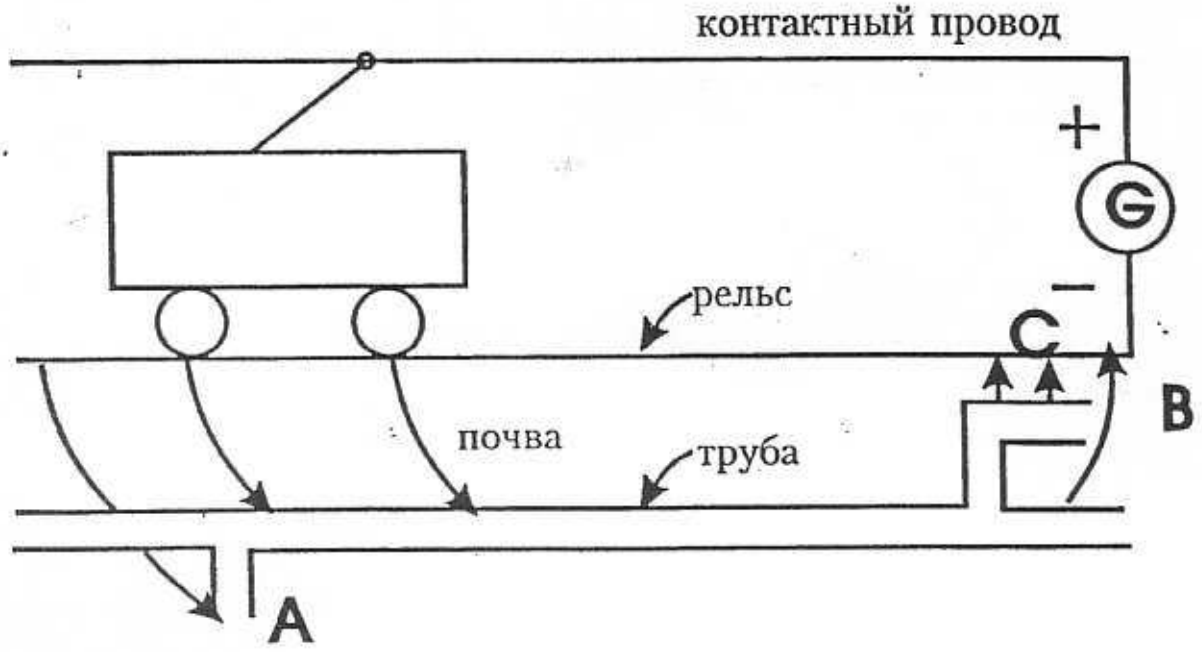


Рис. 2.10. Электрокоррозия подземной трубы под действием блуждающих токов

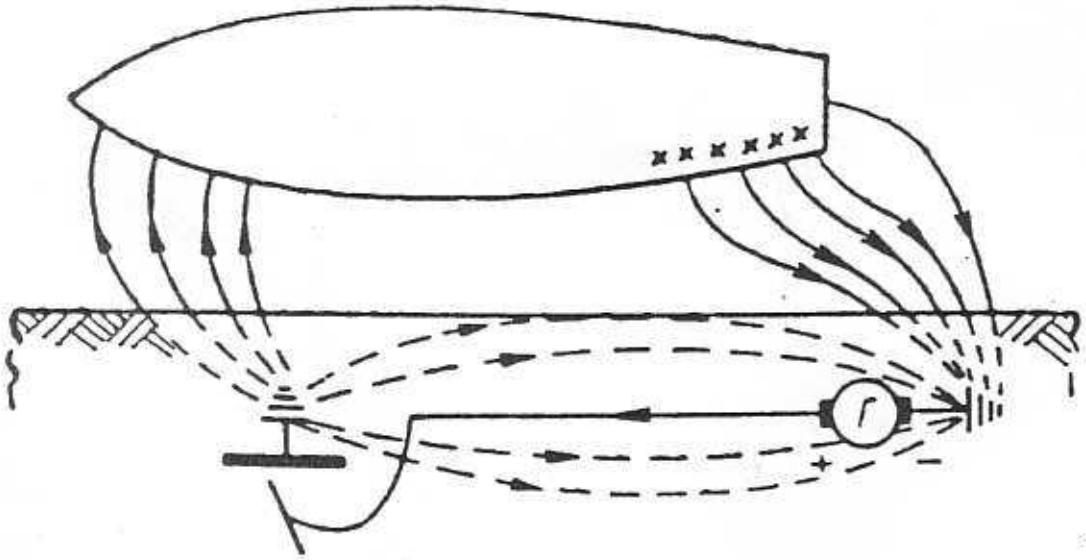


Рис. 2.11. Электрокоррозия судна при выполнении сварочных работ на берегу по однопроводной схеме

- устранить токи утечки
- эл. хим. гонорта
- дренаже. 95 мм²

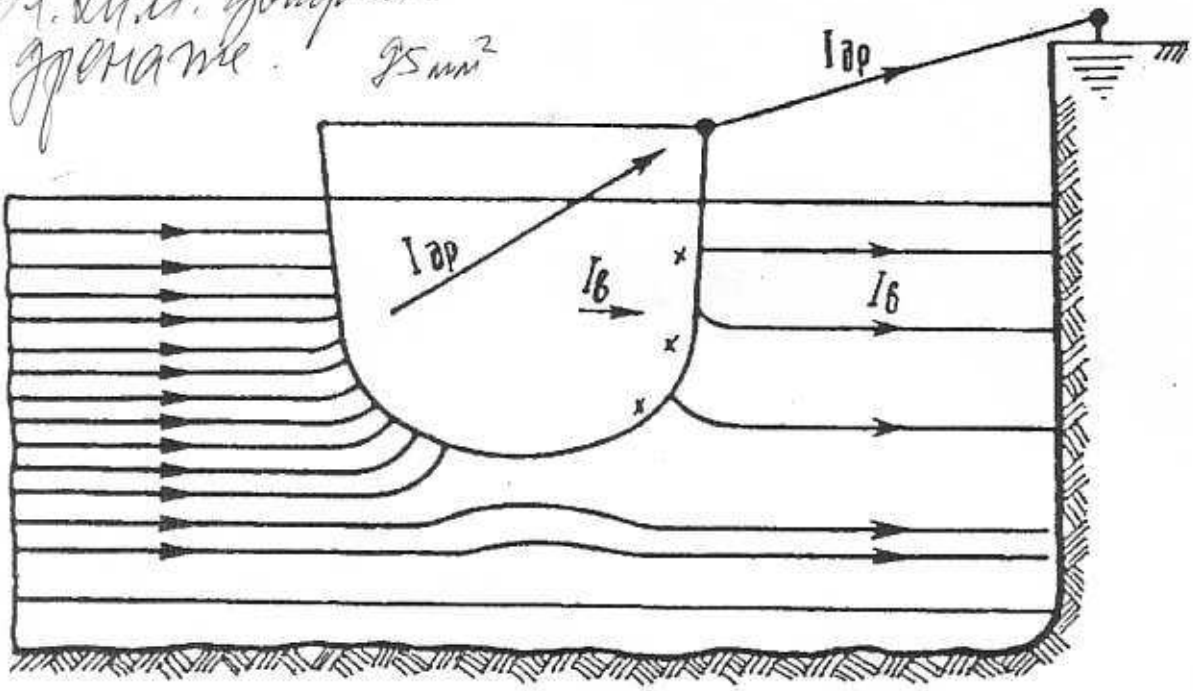


Рис. 2.12. Схема действия дренажных проводов
Iдр – ток в дренажном проводе;
Iв – ток, стекающий с корпуса судна в воду

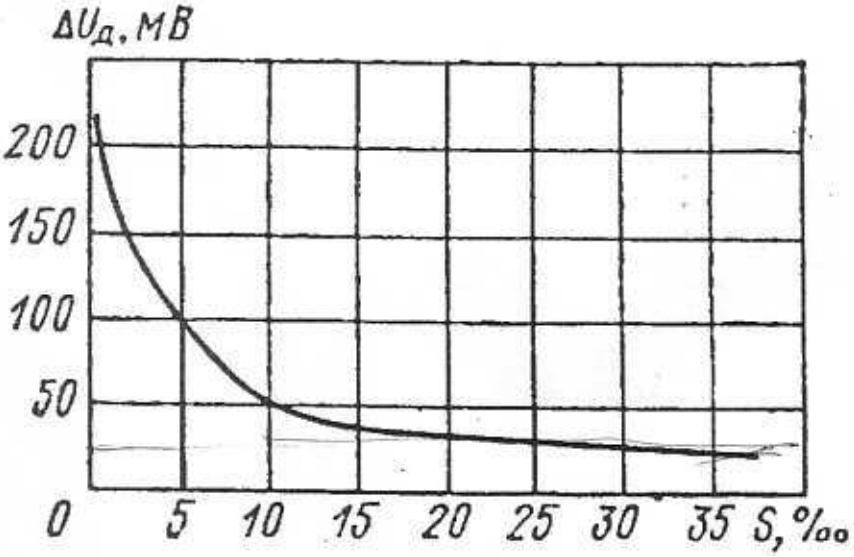


Рис. 2.13. Зависимость допустимой разности потенциалов между корпусом судна и соседним объектом от солености воды в акватории

2.5.4.3. Методы защиты от электрокоррозии

Применяют следующие три основных способа защиты от электрокоррозии:

- рациональные схемы электроснабжения;
- дренирование тока электрокоррозии;
- применение электрохимической защиты.

Кардинальным способом предотвращения утечек тока с корпуса судна в воду является установка источника тока непосредственно на судне или на берегу при условии надежной изоляции обоих полюсов источника тока от заземляющих устройств. На практике это не всегда возможно, так как на большинстве современных заводов используется централизованное электроснабжение одновременно большого количества судов, расположенных на акватории завода. В этом случае речь может идти не об исключении электрокоррозии, а только снижении ее интенсивности до требуемого уровня путем снижения уравнительных токов.

Сущность различных способов снижения уравнительных токов вытекает из анализа общей электрической схемы электроснабжения и заключается в регулировании сопротивления соединяющих кабелей в зависимости от потребляемого тока и в отключении их при прекращении сварочных работ.

Дренирование (отвод) тока электрокоррозии используется в том случае, когда судно находится в зоне действия блуждающих токов. Способ состоит в отводе тока, стекающего с корпуса, по дренажным проводам, соединяющим судно с береговым заземляющим контуром (рис. 2.12). Эффективность дренирования определяется соотношением между сопротивлением дренажного провода и сопротивлением растекания тока между корпусом судна и береговым заземляющим контуром.

Расчет необходимого сечения дренажных проводов выполняется на основе анализа эквивалентной электрической схемы. В качестве допустимой скорости электрокоррозии обычно принимается величина 0,1 мм/год, приблизительно равная естественной скорости коррозии стали в морской воде. На практике для расчета сечения дренажных проводов можно пользоваться эмпирической формулой:

$$S_{\text{др.}} = l \cdot \gamma \cdot S / L$$

где l - длина дренажного провода, м; γ - удельная электропроводность воды, См/м; S - площадь подводной поверхности корпуса судна, м^2; L - длина корпуса судна, м.

Формула не учитывает сопротивления краски на корпусе, поэтому для случая свежеокрашенного корпуса сечение дренажного провода получается несколько завышенным, что повышает надежность защиты. Для судов с разрушенной краской сечение окажется заниженным, однако это компенсируется тем, что анодный ток распределяется по большой поверхности.

Следует учитывать, что дренажные провода нельзя устанавливать между судами и сооружениями из разнородных металлов (например, между судном из

алюминиевого сплава и стальным причалом) из-за опасности контактной коррозии.

При использовании катодной защиты мощность ее устанавливается такой, чтобы подавить и обычную коррозию защищаемого сооружения и компенсировать возможную анодную поляризацию.

Контроль защищенности судна от электрокоррозии производится обычно по величине разности потенциалов ΔU между корпусом судна и береговым заземляющим контуром или между корпусами рядом стоящих судов. Величина ΔU представляет собой падение напряжения на сопротивлении дренажного провода или, что то же самое, на сопротивлении воды между судном и соседним объектом и позволяет количественно оценить силу тока, стекающего с подводной части корпуса судна. Допустимые значения $\Delta U_д$ для различной солености воды представлены на рис. 2.13.

При использовании катодной защиты о степени защищенности судна судят по величине потенциала, которая должна находиться в защитном диапазоне.

2.5.5. Рациональные методы конструирования

Наряду с правильным выбором материала и технологии его обработки и исключением недопустимых контактов большое влияние на коррозионную стойкость и надежность конструкции оказывают конструктивные решения. Ниже приводятся некоторые общие правила конструирования металлических конструкций, сооружений, изделий с точки зрения их коррозионной защищенности.

2.5.5.1. Общие правила устранения контактной коррозии

Если нельзя отказаться от применения разнородных металлов, следует, по возможности, выбрать металлы, которые образуют совместимые сочетания (табл. 2.7).

Сопрягаемые поверхности разнородных металлов должны быть разъединены электрически с помощью изоляционных прокладок, шайб, втулок (рис. 2.14).

Место контакта разнородных металлов следует, по возможности, удалять от коррозионной среды (рис. 2.15).

Детали, имеющие в сопряжении большую поверхность, следует изготавливать из анодного материала.

При использовании плакированных металлов следует надежно изолировать их торцы от коррозионной среды.

При конструировании следует всегда стараться отвести влагу от контактных пар.

Для изготовления электроизолирующих прокладок не следует применять пористые материалы.

Таблица 2.7

Допустимые и недопустимые контакты между металлами в морской атмосфере

Металлы	Углеродистые стали	Углеродистые стали с лакокрасочными покрытиями	Хромистые и хромоникелевые нержавеющие стали	Цинковые покрытия на стали	Кадмиевые покрытия на стали	Алюминий и его сплавы	Алюминий и его сплавы с лакокрасочными покрытиями	Медь и медные сплавы	Свинцово-оловянный припой
Углеродистые стали	+	+	0	0	0	-	-	+	0
Углеродистые стали с лакокрасочными покрытиями	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Хромистые и хромоникелевые нержавеющие стали	0	+	+	0	0	-	-	0	+
Цинковые покрытия на стали	0	+	0	+	+	+	+	-	0
Кадмиевые покрытия на стали	0	+	0	+	+	+	+	-	0
Алюминий и его сплавы	-	+	-	+	+	+	+	-	-
Алюминий и его сплавы с лакокрасочными покрытиями	-	+	-	+	+	+	+	-	-
Медь и медные сплавы	+	+	0	-	-	-	-	+	+
Свинцово-оловянный припой	0	+	+	0	0	-	-	+	+

Обозначения :

+ - допустимый контакт

- - недопустимый контакт

0 - допустимый контакт при наличии изоляции или смазки

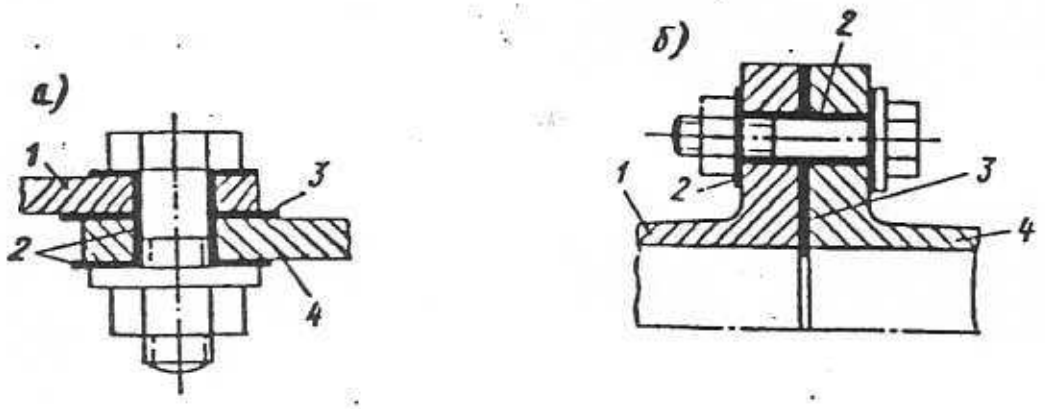


Рис. 2.14. Электрическое разъединение конструкций из разнородных материалов;
1, 4 - разъединяемые конструкции; 2 - изолирующие шайбы и втулки; 3 - изолирующие и уплотняющие прокладки.

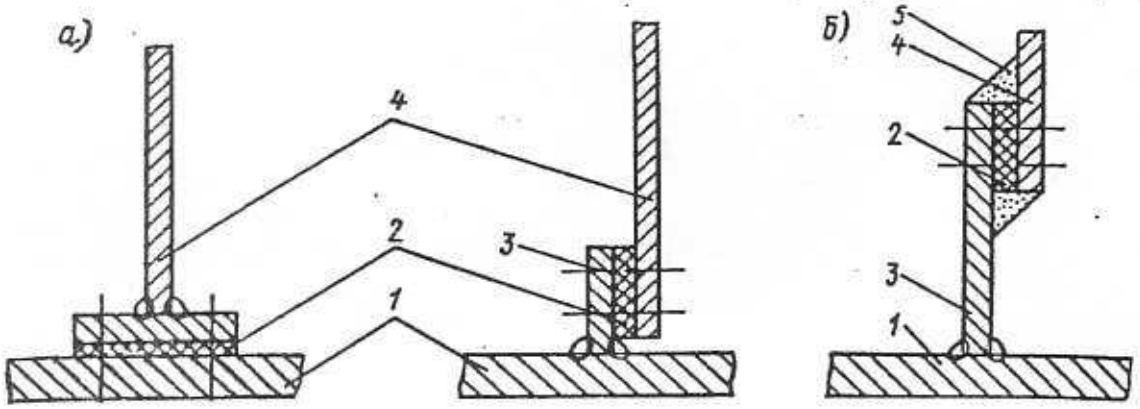


Рис. 2.15. Соединение стальной палубы с алюминиевой надстройкой; а - неправильно; b - правильно.
1 - палуба; 2 - изолирующая прокладка; 3 - стальной комингс;
4 - алюминиевая надстройка; 5 - герметик.

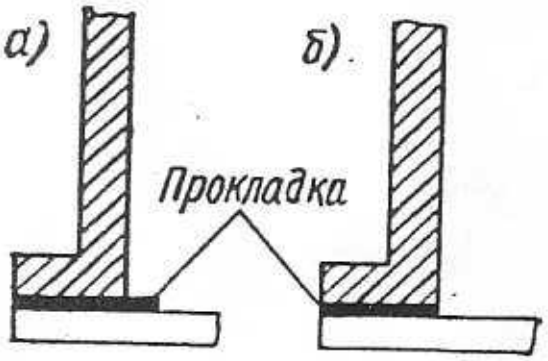


Рис. 2.16. Установка прокладки.
а - неправильно; b - правильно.

При нанесении на разнородные металлы защитных металлических покрытий металл покрытия должен быть анодным по отношению к обоим контактируемым металлам или по крайней мере по отношению к катодному металлу пары.

Сварочные электроды по химическому составу и электродному потенциалу должны быть совместимы с основным металлом.

Электроизоляция сопряженных деталей может усложнять конструкцию или ослаблять ее, в этом случае можно использовать более доступные методы защиты: лакокрасочные или металлические покрытия, электрохимическую защиту и др.

2.5.5.2. Общие правила устранения щелевой коррозии

По возможности следует избегать образования в конструкциях узких зазоров и щелей; при наличии таковых их следует заполнять уплотняющими материалами, надежно изолирующими поверхность металла от коррозионной среды.

Соединение конструкций внахлест следует располагать таким образом, чтобы агрессивная среда действовала снизу.

Прокладки между деталями не должны выступать за пределы соединяемых поверхностей (рис. 2.16).

Сварку встык следует предпочитать сварке внахлест.

По возможности необходимо избегать применения прерывистых сварных швов.

Сварные соединения более предпочтительны, чем клепаные.

Если существует опасность щелевой коррозии, не следует применять в конструкциях металлы, склонные к щелевой коррозии (коррозионно-стойкие стали, алюминиевые сплавы).

При уплотнении зазоров не допускается применение пористых и гигроскопических прокладочных материалов и герметиков.

Резьбовые соединения перед сборкой рекомендуется покрывать консистентной смазкой, лучше с противокоррозионными добавками.

2.5.5.3. Общие правила устранения застойных зон

На поверхностях конструкций не должна собираться и удерживаться коррозионная среда.

Следует избегать не имеющих стока углублений, в которых собираются жидкости и твердые отходы. Углубления, шпигаты и сточные отверстия должны располагаться на возможно более низком уровне, чтобы обеспечить полный сток (рис.2.17).

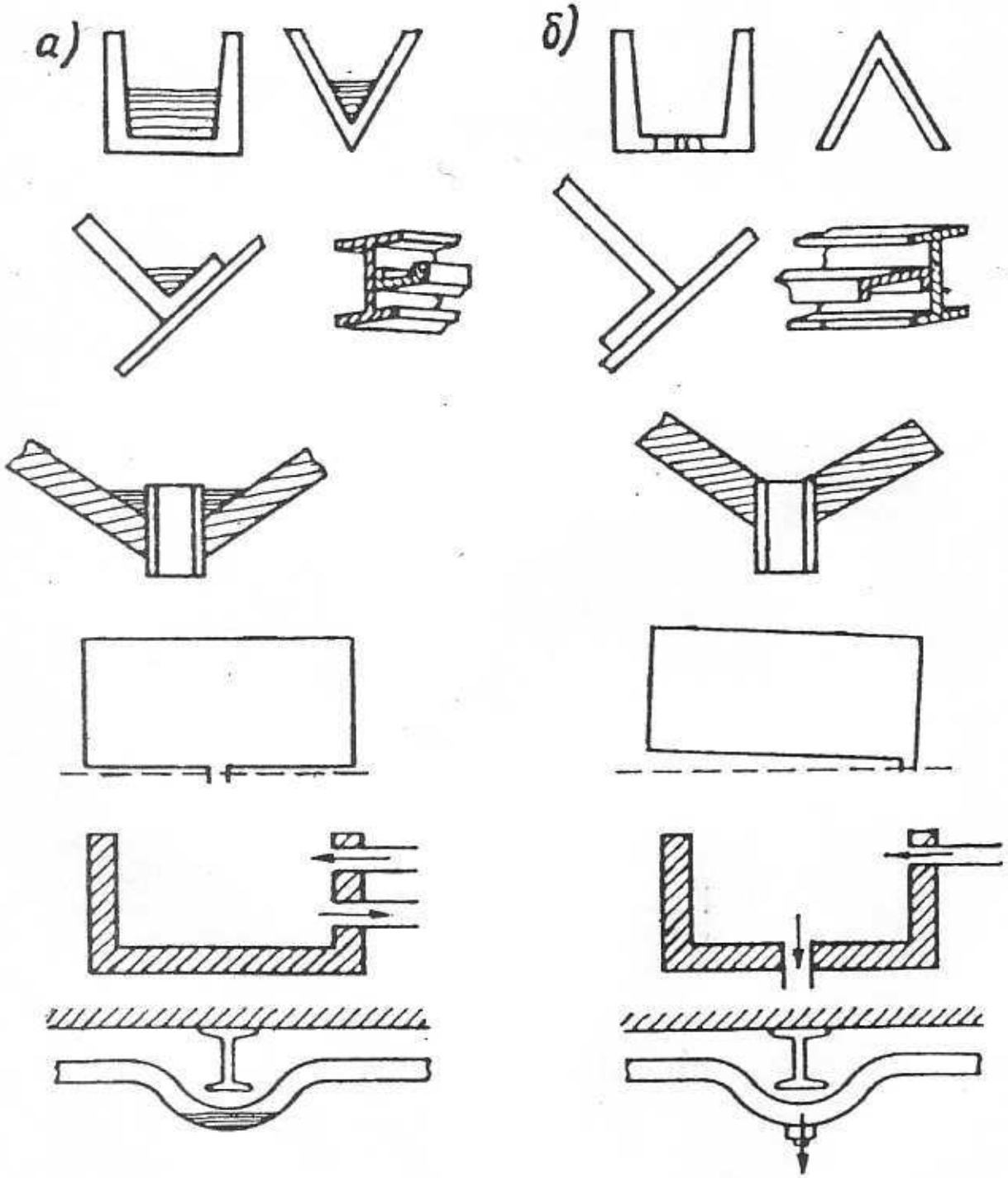


Рис. 2.17. Устранение застойных зон.
а - неправильно; b - правильно

Выбирая оптимальное положение шпигата нужно принимать во внимание движение судна.

При проектировании судовых трубопроводов следует по возможности предусматривать наклон труб по направлению к выходным отверстиям и установку сливных пробок в тех местах, где может скапливаться жидкость.

Необходимо по возможности предусматривать вентиляцию помещений, цистерн, отсеков, где может скапливаться влага.

Теплоизоляция внутренних судовых помещений должна быть рассчитана таким образом, чтобы препятствовать образованию конденсата на металлических поверхностях.

2.5.5.4. Общие правила снижения разрушающего действия потока коррозионной среды

Следует придавать конструкциям формы, способствующие снижению чрезмерной скорости и турбулентности потока, исключению явления кавитации.

Необходимо, по возможности, избегать применения в трубопроводах дроссельных клапанов, шайб и других подобных устройств, регулирующих движение жидкости. Предпочтительнее устройства типа трубки Вентури (рис. 2.18).

В трубопроводах следует придавать конусность переходам от одного диаметра отверстия к другому.

Радиусы погибов труб должны быть возможно большими; причем чем выше скорость потока, тем больше должен быть радиус погиба.

Следует избегать Т-образных отводов труб, предпочтительнее – сглаженные и боковые отводы (рис. 2.18).

Опорные вкладыши в сварных трубопроводах следует изготавливать с фасками.

2.5.5.5. Общие правила устранения коррозионно механических разрушений

Механические нагрузки, действующие на конструкции в агрессивной коррозионной среде, должны вызывать только упругие деформации; напряжения не должны быть более 50% от предела текучести материала.

Для нагруженных конструкций не следует использовать материалы, склонные к коррозионному растрескиванию и коррозионной усталости; если это неизбежно, то следует применять необходимые средства противокоррозионной защиты.

Следует избегать ослабления нагруженных конструкций надрезами, канавками, отверстиями и другими концентраторами напряжений.

Необходимо использовать такие технологические методы обработки конструкций, которые создают минимальные остаточные растягивающие напряжения, а также исключают наводороживание металла.

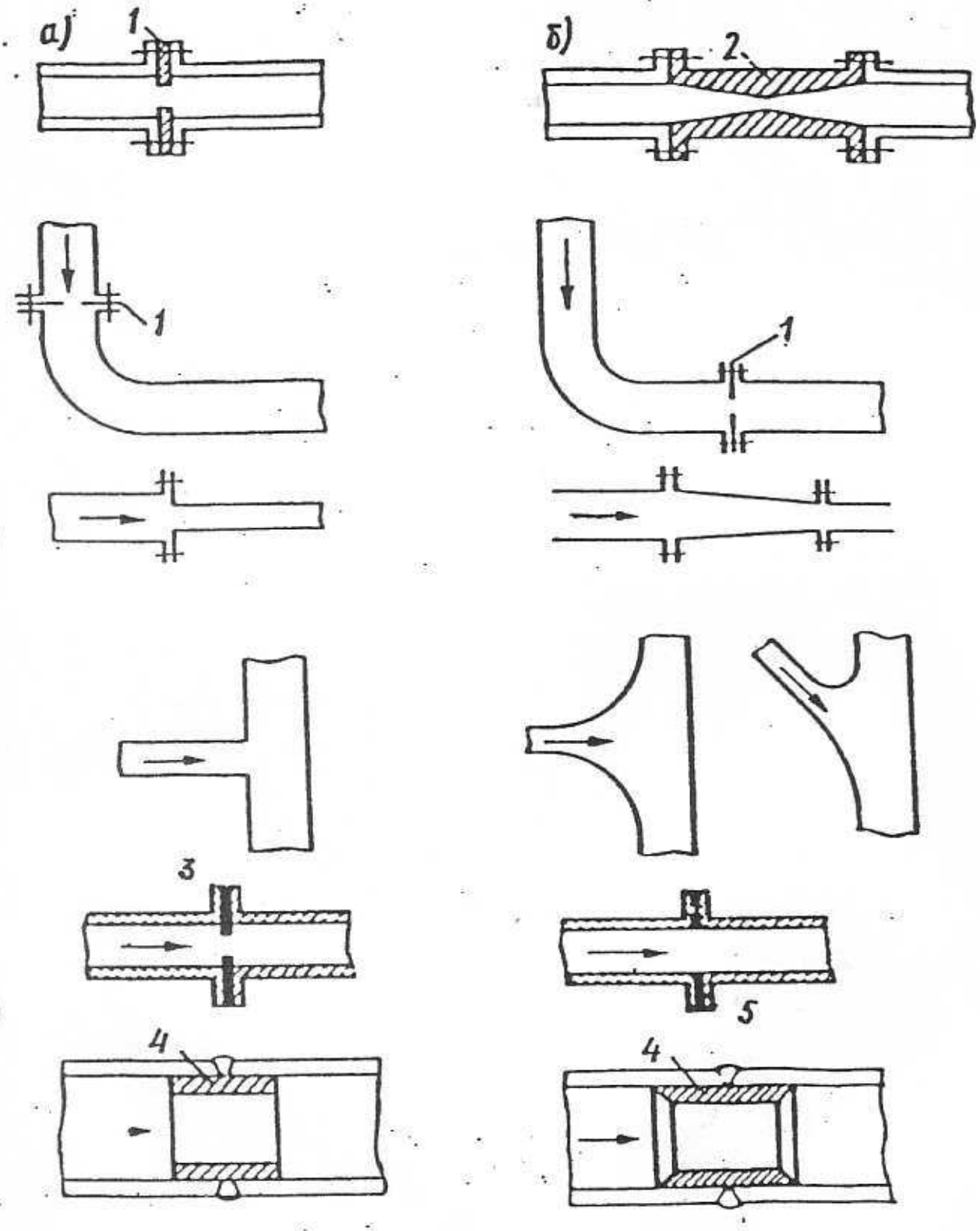


Рис. 2.18. Способы снижения разрушающего действия потока жидкости; а - неправильно; б - правильно.
1 - дроссельная шайба; 2 - трубка Вентуры; 3 - изолирующая прокладка; 4 - подкладное кольцо.

Необходимо исключать несоосность отверстий в конструкциях, соединяемых крепежными изделиями.

Необходимо компенсировать тепловые расширения трубопроводов с помощью компенсаторов или гибких шлангов.

При катодной защите конструкции, особенно из высокопрочных материалов, необходимо контролировать потенциал, чтобы избежать недопустимой степени наводороживания.

2.6. МЕХАНИЗМ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Способность лакокрасочного покрытия предотвращать или замедлять коррозию металла определяется пятью основными группами его свойств:

1) барьерными;
2) адгезионными;
3) диэлектрическими;
4) пассивирующими;
5) физико-механическими.

Различные специалисты по-разному оценивают вклад указанных свойств в общий эффект защитного действия; одни отдают предпочтение барьерным свойствам, другие считают наиболее важным адгезионную прочность, третьи – омическое сопротивление пленки и т.д. На самом деле защитные свойства покрытия определяются комплексом указанных выше свойств, которые к тому же связаны между собой и оказывают друг на друга взаимное влияние. Для различных по природе покрытий и сред могут преобладать те или иные из этих свойств.

Барьерные свойства покрытия – это способность, во-первых, ограничивать доставку через пленку к металлу воды, кислорода, хлоридов и других коррозионных агентов и удаление через пленку в среду продуктов коррозии; и, во-вторых, самому противостоять воздействию среды. Барьерные свойства покрытия (проницаемость, сорбция) тесно связаны со структурой полимерной пленки, ее наполнением, степенью гидрофильности и пр. Различают полимеры линейные и с трехмерной структурой. Очевидно, что полимер с частой трехмерной сеткой представляет собой большее препятствие для частиц среды, чем линейный полимер. Полимер с гидрофильными и полярными группами будет более активно сорбировать воду, чем полимер гидрофобный. Проницаемость пленки будет меньше, если ее наполнить, например, частицами стекла чешуйчатой формы.

Адгезионные свойства покрытия объясняются сложным взаимодействием (физическим, химическим, электрическим) функциональных групп полимера с активными центрами металла. Возникшие связи препятствуют взаимодействию металла с частицами среды, т.е. процессу коррозии. Попросту говоря, чем выше адгезия, т.е. чем больше связей металла с полимером, и чем сильнее эти связи, тем меньше остается вакантных участков, на которых возможен коррозионный процесс.

Диэлектрические свойства покрытия характеризуются электрическим сопротивлением покрытия в данной среде и являются суммой двух его составляющих – омического и поляризационного сопротивлений. Суть влияния электрического сопротивления на процесс коррозии состоит в уменьшении стока ионных зарядов и электронов от поверхности металла через пленку в среду, т.е. в торможении как анодного, так и катодного процесса. Существует прямая зависимость между электрическим сопротивлением покрытия и его защитными свойствами. В частности, хорошую защиту в морской воде обеспечивают покрытия, имеющие электрическое сопротивление не менее 10^8 Ом · см^2.

Пассивирующие свойства характеризуют способность покрытия пассивировать металл под пленкой покрытия в местах нарушения адгезии с помощью экстрагируемых из покрытия пигментов или ингибиторов коррозии. Пассивирующие свойства могут проявляться не металле по-разному: изменением потенциала анодных или катодных участков, изменением pH среды под пленкой, образованием оксидных пленок и ингибирующих комплексов. Эффективность пигментов и ингибиторов в покрытии определяется оптимальной концентрацией пассивирующего раствора под пленкой и продолжительностью поддержания металла в пассивном состоянии.

Физико-механические свойства характеризуют стойкость покрытия против механического разрушения пленки под действием внешних и внутренних напряжений.
Механизм разрушения лакокрасочного покрытия и коррозии окрашенного металла включает в себя множество последовательных и параллельных превращений физического, химического, электрохимического и механического характера. Условно этот процесс можно представить в виде четырех последовательных стадий.

Стадия 1 – диффузия коррозионно-активных агентов (воды, кислорода, хлоридов) через пленку покрытия к металлу. Под покрытием вследствие шероховатости и наличия неадгезированных участков имеют место не заполненные лакокрасочным материалом полости. В эти полости проникает сначала вода (молекула воды имеет меньшие размеры), затем кислород и хлориды. Процесс диффузионного проникновения включает в себя адсорбцию реагентов среды на поверхности покрытия, растворение их в пленке покрытия, перенос через пленку под влиянием градиента химического потенциала и адсорбцию на поверхности металла.

На этой стадии начинается и продолжается в течение всего срока службы покрытия взаимодействие его со средой и изменение физико-химических и физико-механических характеристик покрытия. Результатом такого взаимодействия является набухание пленки, ослабление межмолекулярных связей, вымывание из полимерной матрицы растворителей, пигментов и низкомолекулярных фракций полимера, деструкция макромолекул и т.п. Это приводит к снижению прочности пленки, ослаблению адгезионных связей.

Стадия 2 – растворение водой пассивирующих пигментов (в случае их присутствия), торможение коррозионных процессов, осмотическое проникновение воды на участках неадгезированного покрытия.

Вода, проникая в покрытие, частично растворяет противокоррозионные пигменты, образуя пассивирующий раствор на границе металл – покрытие. При определенной концентрации этого раствора полностью тормозится коррозия металла. Содержание водорастворимых пигментов в покрытии выбирается обычно с учетом оптимального сочетания их положительных свойств (защита от коррозии) и отрицательных (осмос, снижение барьерных качеств).

При осмотическом заполнении полостей водой давление в ней возрастает, что приводит к образованию под пленкой осмотических пузырей. Со временем давление возрастает настолько, что в отдельных местах начинают нарушаться слабые адгезионные связи, чему способствует расклинивающее действие раствора.

Стадия 3 – снижение концентрации пассивирующего раствора под пленкой покрытия ниже минимального защитного уровня, начало коррозионного процесса.

С ростом объема осмотических пузырей концентрация пассиватора в них начинает уменьшаться и, соответственно, увеличивается скорость коррозии под пленкой покрытия. Продолжается разрушение адгезионных связей и рост микрополости за счет осмотического проникновения воды и вследствие давления образующихся продуктов коррозии (их объем, как известно, в несколько раз превышает объем разрушенного металла).

Стадия 4 – когезионное или адгезионное разрушение покрытия. На этой стадии на пленку покрытия с длительной прочностью $\sigma_{дл}$ действуют механические напряжения от давления продуктов коррозии $\sigma_{кор}$, осмотического давления $\sigma_{осм}$, деформаций окрашенной конструкции $\sigma_д$, а также внутренние напряжения в пленке $\sigma_{вн}$.

Условие механического разрушения определяется выражением:

$$\sigma_{дл} < \sigma_{кор} + \sigma_{осм} + \sigma_д + \sigma_{вн}.$$

Разрушение покрытия может произойти не в виде разрыва пленки в месте образования осмотического пузырька, а в виде отслоения пленки вследствие разрушения адгезионных связей. Тогда условие разрушения будет определяться выражением:

$$\sigma_A < \sigma_{кор} + \sigma_{осм} + \sigma_д + \sigma_{вн} + \sigma_{раскл},$$

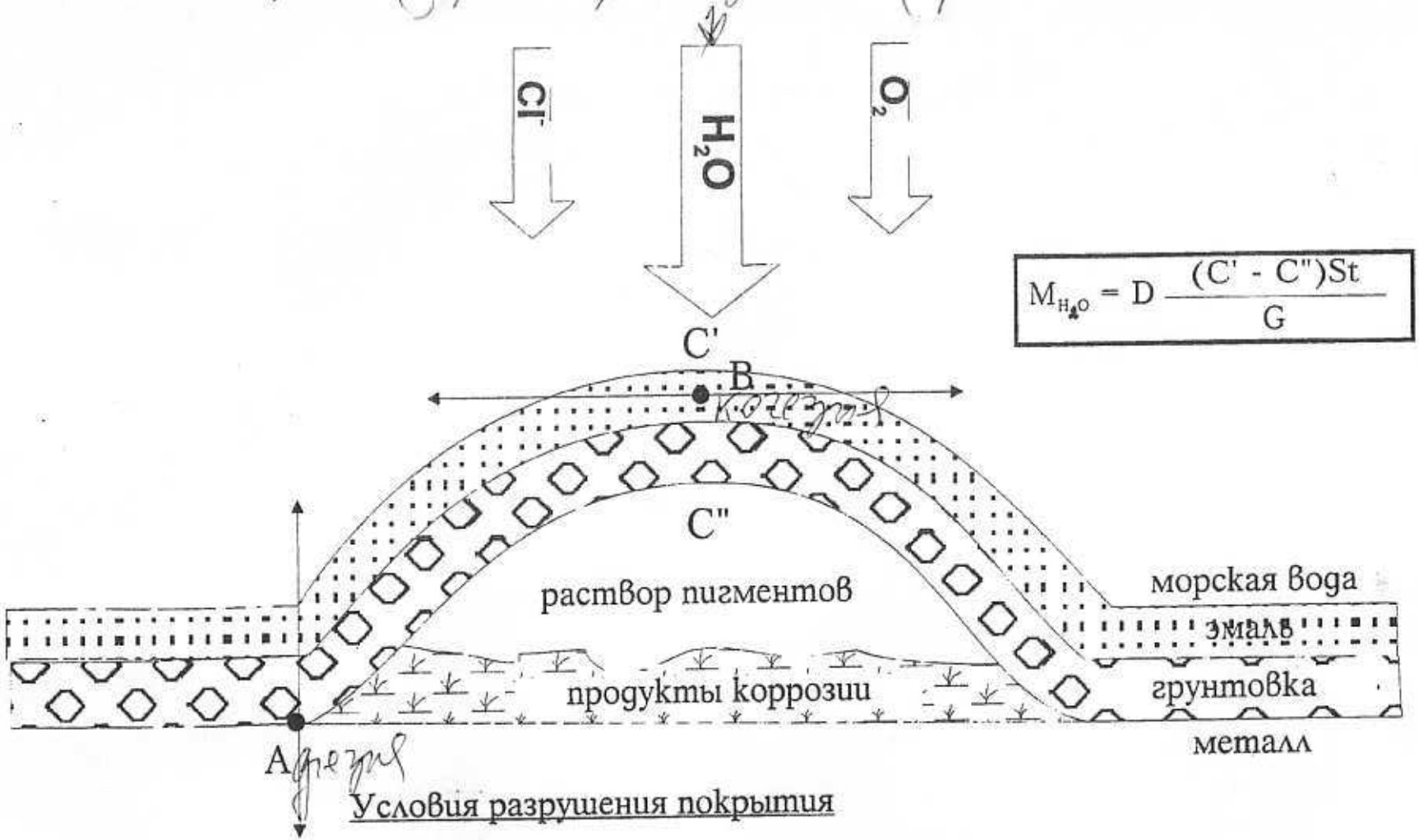
где $\sigma_{раскл}$ – напряжение, вызванное действием расклинивающих сил.

Схема разрушения лакокрасочного покрытия представлена на рис. 2.19.

Описанный сценарий разрушения лакокрасочного покрытия в большей степени относится к условиям эксплуатации окрашенной конструкции в морской или пресной воде, во влажной атмосфере. В агрессивных кислых или щелочных средах, в условиях повышенной температуры, воздействия солнечной радиации, бактериальной среды и других внешних факторов процесс разрушения лакокрасочного покрытия может протекать по другому механизму. Например, в сухой атмосфере с повышенной температурой основным разрушающим фактором могут оказаться не продукты коррозии, а внутренние усадочные напряжения в пленке; в этом случае видимыми дефектами покрытия будут не пузыри, а трещины и отслоения.

Характер разрушения лакокрасочного покрытия определяется не только внешними воздействиями, но и природой лакокрасочного материала, главным образом, типом пленкообразующей основы и наполнения. Например, кремний-органические покрытия обладают хорошими термостойкими свойствами вследствие высокой энергии связи Si–O (446 кДж/моль против 250–290 кДж/моль для связи C–C), однако имеют низкую стойкость при контакте с водой и влажной атмосферой. Благоприятно влияют на термостойкость различных покрытий пигменты с чешуйчатой формой частиц – алюминиевая пудра, слюда, стекло.

первая порция через 20 дней — проникает



$$M_{H_2O} = D\,\frac{(C' - C'')St}{G}$$

<u>Условия разрушения покрытия</u>

(.) A $G_A < G_{кор} + G_{осм} + G_д + G_{вн} + G_{раскл}$

(.) B $G_{дл} < G_{кор} + G_{осм} + G_д + G_{вн}$

Рис. 2.19. Схема разрушения лакокрасочного покрытия

Часто критическое состояние лакокрасочного покрытия определяется не коррозией металла под покрытием и не разрушением пленки, а ее декор ативным видом. В этом случае покрытие оценивают по таким показателям, как меление, изменение цвета и блеска, грязеудержание.

s

Таким образом, описанный выше механизм разрушения лакокрасочных покрытий, наиболее типичный для противокоррозионных покрытий, может иметь существенные специфические отличия для различных условий эксплуатации окрашенного объекта и различных по природе лакокрасочных материалов. Это следует учитывать при выборе оптимальных систем покрытий для конкретных условий эксплуатации объекта.

Михайлова
Мария Андреевна
274-17-29

Раздел 3

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Классификация лакокрасочных материалов
- 3.1.1. Грунтовки
- 3.1.2. Шпатлевки
- 3.1.3. Эмали и краски

3.2. Основные компоненты лакокрасочных материалов

3.3. Общие сведения о пленкообразовании

3.4. Совместимость материалов в системах лакокрасочных покрытий

3.5. Принципы выбора лакокрасочных материалов для различных условий эксплуатации
- 3.5.1. Эпоксидные материалы
- 3.5.2. Полиуретановые материалы
- 3.5.3. Алкидные материалы
- 3.5.4. Акриловые материалы
- 3.5.5. Материалы на основе сополимеров винилхлорида
- 3.5.6. Материалы на основе хлоркаучуков

3.6. Противообрастающие лакокрасочные материалы

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В судостроении и судоремонте используется широкий ассортимент лакокрасочных материалов. Это обусловлено сложными и разнообразными условиями эксплуатации судов и отдельных судовых конструкций, разнообразием коррозионных сред, необходимостью использования покрытий различного цвета и т.п.

ГОСТ 9825-73
лак-р-р пленкообр. вв.
в р-рителях и воде
+ добавки (прозрачный)

Судовые лакокрасочные материалы классифицируют по:

- назначению,
- области применения,
- типу пленкообразующего вещества,
- консистенции.

По назначению судовые лакокрасочные материалы разделяют на грунтовки, шпатлевки и эмали (краски). Последние в свою очередь подразделяются на противокоррозионные, противообрастающие и покрывные.

В зависимости от области применения материалов они делятся на девять групп:

- атмосферостойкие,
- ограниченно атмосферостойкие,
- консервационные,
- водостойкие,
- специальные,
- маслобензостойкие,
- химически стойкие,
- термостойкие,
- электроизоляционные и электропроводные.

По типу пленкообразующего вещества лакокрасочные материалы разделяют на несколько десятков типов, из которых наиболее употребительны для изготовления судовых лакокрасочных материалов следующие:

- эпоксидные;
- пентафталевые;
- глифталевые;
- полиуретановые;
- перхлорвиниловые и поливинилхлоридные;
- сополимерно-винилхлоридные;
- эпоксиэфирные;
- каучуковые;
- поливинилацетальные;
- битумные;
- кремнийорганические;
- канифольные.

По консистенции лакокрасочные материалы разделяют на жидкотекучие, тиксотропные, безрастворительные и порошковые.

В ряде случаев лакокрасочные материалы дополнительно классифицируют по горючести и цвету.

3.1.1. Грунтовки

Лакокрасочные материалы наносят на защищаемую поверхность, как правило, по системам, состоящим из нескольких слоев грунтовок и эмалей. Первым слоем такой системы обычно является грунтовка, основное назначение которой – обеспечение хорошей адгезии с подложкой и последующими слоями покрытия, а также повышение противокоррозионных свойств системы лакокрасочного покрытия.

Грунтовки разделяют на пять основных групп:

- изолирующие;
- пассивирующие;
- фосфатирующие;
- протекторные;
- модификаторы ржавчины.

Изолирующие (или химически неактивные) грунтовки готовят на основе инертных пигментов (оксиды железа, цинка, титана и др.) и они предназначены только для улучшения адгезии.

Пассивирующие грунтовки создают на поверхности металла адсорбционные или фазовые пассивные слои, приводящие к торможению коррозионного процесса. Вода, проникая через покрытие к металлу, частично растворяет активные пигменты (хроматы цинка, бария, стронция и других металлов; фосфаты хрома, цинка и др.), содержащиеся в грунтовочном слое. При этом образуется раствор, обладающий при определенной концентрации пассивирующими свойствами.

Фосфатирующие грунтовки образуют на металле фосфатную пленку, улучшающую адгезию покрытия и способствующую пассивации металла. В составе грунтовок всегда содержится фосфорная кислота, которая при неправильной дозировке может стимулировать коррозию металла и вызывать разрушение покрывных слоев покрытия.

Протекторные грунтовки содержат в себе частицы металла, имеющие более электроотрицательный потенциал и выполняющие функцию расходуемых анодов, т.е. растворяясь, они электрохимически защищают металл под пленкой лакокрасочного покрытия. В качестве таких пигментов используется цинковая или алюминиевая пыль.

Грунтовки – модификаторы ржавчины используют в том случае, когда нет возможности или экономически нецелесообразно полностью очистить окрашиваемую металлическую поверхность от продуктов коррозии. Эти грунтовки взаимодействуют с гидратированными оксидами металла (например, $Fe_2O_3 \cdot m\,H_2O$) с образованием нерастворимых и неактивных в коррозионном отношении соединений. Однако в большинстве случаев покрытия, полученные с использованием грунтовок – модификаторов ржавчины без удаления продуктов коррозии, уступают по защитным свойствам покрытиям, нанесенным на очищенную от оксидов поверхность.

3.1.2. Шпатлевки

Шпатлевками называют густые пасты, состоящие из пленкообразующей основы, наполнителей и пигментов. Их применяют для устранения неровностей и

исправления таких дефектов, как вмятины, раковины или царапины на окрашиваемой поверхности.

Шпатлевки в отличие от грунтовок и эмалей содержат меньше пленкообразующей основы, количество которой должно правильно дозироваться. При избытке основы шпатлевка плохо шлифуется, при недостатке становится хрупкой, слабоводостойкой. Наполнителями для шпатлевок обычно служат мел, тальк, литопон, железооксидные пигменты, асбест, порошки металлов.

3.1.3. Эмали и краски

После грунтования и шпатлевания (если последнее предусмотрено в системе покрытия) наносятся последующие слои покрытия. Материал верхних (покрывных) слоев выбирают в зависимости от условий эксплуатации и требуемого внешнего вида изделия, при этом учитывается природа материала нижних слоев. В соответствии с назначением покрытий применяют различные по типу и химической природе эмали и краски.

Между эмалями и красками нет четкого различия. Обычно эмалями называют суспензию пигментов или смеси пигментов с наполнителями в растворе синтетического пленкообразующего вещества, образующую после высыхания непрозрачную твердую пленку с различным блеском и фактурой поверхности. Если в качестве пленкообразующего вещества используются олифы, масла или дисперсии, то такой материал называют краской.

Многообразие внешних факторов, воздействующих на покрытия, и их сочетания приводят к необходимости применения множества систем покрытий, отвечающих конкретным условиям эксплуатации. Применительно к судостроению и судоремонту эмали и краски могут быть разделены на следующие основные группы:

- для защиты подводной части корпуса от коррозии;
- для защиты подводной части корпуса от обрастания;
- для защиты района переменной ватерлинии от обрастания;
- для защиты от коррозии и декоративного оформления надводного борта и надстроек;
- для защиты от коррозии палуб;
- для защиты от коррозии и декоративного оформления жилых и служебных помещений;
- для защиты от коррозии цистерн различного назначения.

3.2. ОСНОВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для приготовления лакокрасочных материалов используют различные компоненты. Иногда рецептура лакокрасочного материала включает в себя до 20 и более компонентов; назовем основные из них.

Лаки – растворы смол в летучих растворителях. При введении в лак пигментов и наполнителей получают эмаль. При нанесении лака или эмали на поверхность растворитель улетучивается, а нелетучая часть образует пленку. (прозрачную)

Олифы – растительные масла, обработанные особым способом. Пленка таких масел, нанесенных на поверхность тонким слоем, под влиянием света и кислорода воздуха подвергается внутренним изменениям и отвердевает. Для приготовления красок используют натуральные (льняные, конопляные, тунговые, касторовые и др.) и синтетические олифы.

Пигменты – сухие красящие вещества минерального происхождения, не растворяющиеся в связующем. Пигменты вводят в состав грунтовок, шпатлевок, красок, эмалей, чтобы придать им нужный цвет. Вместе с тем пигменты влияют и на защитные свойства покрытий. Они повышают твердость и прочность пленки, уменьшает ее водо-, кислородо-, и солепроницаемость, оказывают влияние на высыхание пленкообразующей основы. Некоторые пигменты придают покрытию дополнительные противокоррозионные свойства (см.п.2.1.1).

Наполнители – инертные вещества, вводимые в лакокрасочный материал для снижения расхода пигментов, а также для улучшения барьерных свойств (например, наполнители чешуйчатой формы из стекла, слюды и т.п.).

Пластификаторы – вещества, которые повышают эластичность пленки покрытия. В качестве пластификаторов применяют растительные масла невысыхающего типа, различные смолообразные вещества. Пластификаторы должны хорошо совмещаться с пленкообразующей основой и не изменять цвет покрытия под влиянием солнечных лучей.

Отвердители – вещества, используемые для отверждения термореактивных лакокрасочных материалов (эпоксидных, полиэфирных, полиуретановых и др.). В результате взаимодействия реакционноспособных групп пленкообразующей основы и отвердителя образуется твердая нерастворимая пленка с трехмерной молекулярной структурой.

Растворители – органические летучие жидкости, способные растворить пленкообразующую основу. Вводят в состав лакокрасочных материалов для придания им такой консистенции, при которой их можно наносить на окрашиваемую поверхность тонким равномерным слоем. После нанесения покрытия растворитель улетучивается из пленки.

Разбавители – органические летучие жидкости, не растворяющие пленкообразующую основу, но способные разводить лакокрасочный материал до рабочей вязкости. Одно и то же вещество, например, ацетон или скипидар, может быть растворителем для одних пленкообразователей и разбавителем для других.

Сиккативы – вещества, ускоряющие высыхание растительных масел и лакокрасочных материалов, содержащих эти масла. Сиккатив поглощает

кислород воздуха и быстро передает его маслу, благодаря чему сокращается время, необходимое для образования твердой пленки покрытия. Сиккативы представляют собой соли различных металлов: кобальта, марганца, кальция, свинца и др. В некоторых случаях сами пигменты являются ускорителями высыхания красок (например, свинцовый сурик, свинцовые белила и др.).

3.3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЛЕНКООБРАЗОВАНИИ

Образование твердого лакокрасочного покрытия из жидкого лакокрасочного материала, как правило, происходит за счет:

- физического процесса испарения растворителей (хлоркаучуковые, виниловые, сополимерно-винилхлоридные материалы);
- химической реакции отверждения с использованием сшивающих низкомолекулярных агентов (эпоксидные, полиуретановые);
- химической реакции окисления сопряженных двойных связей связующего кислородом воздуха (алкидные, масляные материалы).

Химические реакции обычно протекают одновременно с физическим процессом испарения растворителей.

Независимо от того, какие процессы лежат в основе пленкообразования, внешним их проявлением служит постепенное или скачкообразное увеличение вязкости материала. Если исходный материал был жидким, то на определенной стадии процесса он становится вязкотекучим и, наконец, приобретает свойства твердого стеклообразного тела.

Пленкообразование, при котором отсутствуют химические превращения (пленка формируется лишь за счет физических процессов), предопределяет получение обратимых (термопластичных и растворимых) покрытий. При этом свойства материала пленки во многом соответствуют свойствам исходных пленкообразователей, которыми служат преимущественно полимеры аморфного или кристаллического строения.

В зависимости от химической природы пленкообразующего вещества, его растворимости, термопластичности получают покрытия из растворов, расплавов, водных и органических дисперсий, аэродисперсий (порошковых систем).

Более 90% промышленных лаков и красок содержат растворители. Поэтому пленкообразование из растворов, связанное с удалением из них растворителей, крайне распространено в технологии лакокрасочных покрытий. Растворители удаляются обычно испарением.

С кинетической точки зрения процесс испарения растворителей можно разделить на две стадии:

1) испарение из жидкой пленки, скорость которого пропорциональна разности парциальных давлений насыщенного пара над раствором и в окружающей среде;
2) испарение из сформировавшейся пленки, скорость которого контролируется диффузией растворителя внутри пленки.

Скорость первой стадии возрастает с увеличением температуры и уменьшением относительной влажности воздуха; второй стадии – с увеличением скорости движения воздуха вблизи окрашенной поверхности и повышением температуры.

При формировании покрытий из растворов, как и из любых жидких лакокрасочных материалов, различают два состояния пленок: высыхание "от пыли", когда пленка утрачивает липкость, и практическое высыхание, когда покрытие приобретает твердость, необходимую для последующей эксплуатации изделий. Время высыхания "от пыли" обычно коррелируется с

продолжительностью испарения из пленки примерно 60% растворителей, в то время как растекание лакокрасочного материала по поверхности прекращается уже при испарении 25–30% растворителя.

О завершении процесса формирования покрытия обычно судят по их твердости, липкости, электрическим параметрам.

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 помещений. Эти дефекты возникают в случае применения очень летучих растворителей и их можно избежать, применяя менее летучий растворитель.

Пленкообразование, осуществляемое в результате химических превращений, предусматривает химические реакции с мономерами или олигомерами в тонком слое на подложке, в результате которых образуются линейные разветвленные или пространственно-сшитые полимеры. Получаемые покрытия, как правило, необратимы.

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 химостойкость таких покрытий, как правило, высокая, особенно в случае получения покрытия с трехмерной пространственной структурой.

Химически отверждающиеся лакокрасочные материалы готовят из двух или более компонентов непосредственно перед применением. Такие лакокрасочные материалы обычно содержат минимальное количество растворителей, их можно наносить в широком интервале толщин. Из материалов химического отверждения чаще всего применяют эпоксидные и полиуретановые.

В алкидных и масляных лакокрасочных материалах инициатором полимеризации выступает кислород воздуха. Это объясняется особым строением цепи таких мономеров и олигомеров и соответственно высокой активностью сопряженных двойных связей в реакциях радикального присоединения и замещения. Происходит сшивка молекул друг с другом кислородными мостиками, причем верхняя часть пленок всегда более обогащена кислородом, чем нижняя. К моменту завершения формирования покрытия степень использования двойных связей никогда не достигает 100%, поэтому пленка остается реакционноспособной и процесс окислительной полимеризации продолжается и во время эксплуатации покрытия. Именно этим объясняется постепенное увеличение жесткости алкидных и масляных покрытий в процессе эксплуатации. При воздействии солнечных лучей процесс ускоряется за счет инициирования образования свободных радикалов ультрафиалетовым излучением.

Для ускорения процессов отверждения в лакокрасочный материал вводят ускорители генерирования свободных радикалов – сиккативы, а также

применяют методы энергетического инициирования, фотохимического, радиационного. Для обеспечения равномерного отверждения покрытия по всей толщине следует избегать нанесения толстых слоев покрытия.

Алкидные и масляные материалы содержат большое количество растворителей, поэтому при формировании пленки процесс окислительной полимеризации протекает одновременно с процессом физического испарения растворителя.

ГОСТ 29318-92 Оценка совместимости продукта с окрашиваемой поверхностью. Метод

ИСО 4627-81

3.4. СОВМЕСТИМОСТЬ МАТЕРИАЛОВ В СИСТЕМАХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Лакокрасочные материалы наносятся на защищаемую поверхность, как правило, по многослойным системам, которые могут состоять из грунтовок, шпатлевок, эмалей различного назначения. При этом лакокрасочные материалы, входящие в систему, могут быть разнородными не только по пигментной части, но и по пленкообразующей основе. Использование материалов с несовместимыми связующими и растворителями, которые не обеспечивают необходимой межслойной адгезии или качественного равномерного послойного покрытия, приводит к необходимости удаления некачественного покрытия и повторному выполнению подготовительных и окрасочных работ.

При составлении систем покрытий лучше всего использовать материалы с одним типом связующего. Особенно это касается материалов химического отверждения (эпоксидных и полиуретановых). Для обеспечения необходимой межслойной адгезии при нанесении этих материалов и других лакокрасочных материалов по ним необходимо очень точно выполнять рекомендации по времени межслойной сушки. В состав эпоксидов и полиуретанов входят очень активные растворители (ксилол, ацетон, циклогексанон), поэтому эти материалы нельзя наносить по обратимым покрытиям физического отверждения (хлоркаучуковым, виниловым, сополимерно-винилхлоридным, нитроцеллюлозным и т.п.), так как может произойти растворение обратимых покрытий и образование дефектов. При нанесении эпоксидных или полиуретановых покрытий на материалы, отверждающиеся кислородом воздуха (алкидные, масляные), может произойти набухание и подрастворение этих покрытий и отслоение всего покрытия от металла.

Полиуретановые эмали можно наносить только по полиуретановым, поливинилбутиральным или эпоксидным грунтовкам и эмалям, соблюдая требования по условиям межслойной сушки для обеспечения межслойной адгезии. Эпоксидные эмали можно наносить только по эпоксидным, поливинилбутиральным, цинксиликатным и этилсиликатным грунтовкам и эмалям.

Кремнийорганические и силикатные лакокрасочные материалы не рекомендуется наносить ни по каким другим видам лакокрасочных материалов, так как большинство из них является материалами термического отверждения.

Алкидные и масляные эмали можно наносить практически по всем лакокрасочным материалам физического отверждения, кроме битумных и пековых. В случае применения алкидных и масляных эмалей по покрытиям, содержащим битумы и пеки, возможна миграция последних в верхние слои и изменение их цвета.

Виниловые, сополимерно-винилхлоридные и хлоркаучуковые материалы можно наносить по поливинилбутиральным, акриловым, эпоксиэфирным, цинксиликатным и эпоксидным материалам.

При выборе лакокрасочных материалов для ремонта покрытий после эксплуатации в первую очередь необходимо уточнить тип лакокрасочных материалов, использовавшихся при предыдущем окрашивании.

При ремонте лучше использовать такие же лакокрасочные материалы, что и при предыдущем окрашивании или аналогичные им (на том же связующем).

Для исключения ошибок лучше всего пользоваться экспериментально проверенными рекомендациями, приведенными в технологической инструкции или других документах на данный материал.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВМЕСТИМОСТИ ПОКРЫТИЙ НА РАЗЛИЧНОЙ ОСНОВЕ

Предыдущее покрытие (основа)		Обозначение последующего покрытия												
		МА	Алк.	БТ	ХВ+пек.	ХВ	ВА	КЧ	ЭФ	ЭП	ЭП+пек.	УР	КО	ЖС
Масляная, масляно-столяная	МА	+	+	+	–	–	–	8	1	–	–	–	–	–
Алкидная	Алк.	+	+	+	–	–	–	8	1	–	–	–	–	–
Битумная и пековая	БТ	–	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Винилово-пековая и хлоркаучуково-пековая	ХВ+пек	2	2	+	+	2,3	–	2,3	–	–	–	–	–	–
Виниловая	ХВ	+	+	–	+	+	–	+	+	–	–	–	–	–
Поливинилбутиральная	ВА	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	–	–
Хлоркаучуковая	КЧ	+	+	–	+	4	–	+	1	–	–	–	–	–
Эпоксиэфирная	ЭФ	+	+	–	–	+	–	8	+	–	–	–	–	–
Эпоксидная	ЭП	–	–	–	–	6	–	6	6	6	6	+	–	–
Эпоксидно-пековая	ЭП+пек.	–	–	–	–	6	–	6	6	6	+	–	–	–
Полиуретановая	УР	+	+	–	–	+	+	+	+	–	–	+	–	–
Кремний органическая	КО	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	+	–
Цинксиликатная на жидком стекле	ЖС	–	–	–	+	+	+	+	+	+	+	–	–	+

ПРИМЕЧАНИЯ: "+" – НАНОСИТЬ МОЖНО
"–" – НАНОСИТЬ НЕЛЬЗЯ
"ЦИФРА" – МОЖНО НАНОСИТЬ СО СЛЕДУЮЩИМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ:

1. В случае, если эпоксиэфирное пленкообразующее разбавлено уайт-спиритом;
2. Если не пробиваются (не мигрируют) битумы и пеки к поверхности пленки;
3. При нанесении противообрастающей эмали целесообразно использовать промежуточный слой для предотвращения диффузии токсинов в битумные (пековые) нижележащие слои;
4. После проверки адгезии из-за разнообразия входящих растворителей;
6. После придания шероховатости покрытию или по этапу;
8. После эксплуатации не менее 3-х месяцев.

3.5. ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Основным фактором, влияющим на выбор лакокрасочных материалов для окрашивания конкретных конструкций и изделий, является характер и параметры окружающей среды.

По условиям эксплуатации лакокрасочные материалы обычно разделяют на атмосферостойкие, водостойкие и стойкие в особых средах. Под особыми средами понимают нефтепродукты, различные химикаты, биоактивные среды, среды с повышенными температурами, излучениями и др.

Однако недостаточно при выборе лакокрасочного материала ориентироваться только на тип окружающей среды, необходимо учитывать ряд эксплуатационных, технологических и экономических факторов, в том числе:

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

Рассматривается, как правило, несколько вариантов покрытия и по совокупности преимуществ и недостатков выбирается оптимальный вариант.

Ниже рассматриваются основные типы лакокрасочных материалов: их свойства, предпочтительные области применения, достоинства и недостатки.

3.5.1. Эпоксидные материалы ЭП

Эпоксидные лакокрасочные материалы практически всегда двухупаковочные. Основой эпоксидных лакокрасочных материалов служат эпоксидные смолы, которые представляют собой линейные простые полиэфиры, молекулярные цепи которых имеют реакционноспособные эпоксидные группы на обоих концах и вторичные гидроксильные группы, расположенные вдоль всей цепи.

Образование пространственных полимеров (отверждение смол) происходит в результате сшивки линейных молекул при взаимодействии их с органическими азотсодержащими соединениями (отвердителями). В процессе реакции происходит отверждение смолы и превращение ее в нерастворимое неплавкое соединение трехмерного строения без выделения побочных продуктов реакции, поэтому почти не происходит усадки покрытия.

Одним из наиболее перспективных лакокрасочных материалов являются материалы, не содержащие растворителей. Их получают на основе жидких эпоксидных смол. Для снижения вязкости в них вводят активные разбавители, которые придают лакокрасочному материалу малярные свойства без

индукционный подход - время после перемешивания

зимний вариант
это отставание отвердителя
время сушки возрастает

использования летучих растворителей. Особенно важно использовать лакокрасочные материалы без растворителей при окрашивании различных цистерн и других замкнутых объемов. Это позволяет резко снизить токсичность, пожаро- и взрывоопасность окрашивания.

Покрытия на основе эпоксидных смол обладают хорошей адгезией к металлу, дереву и другим материалам, высокой твердостью и химической стойкостью, отличной водостойкостью; они устойчивы к воздействию нефти и нефтепродуктов и многих растворителей. полное отверждение.

К недостаткам чистых эпоксидных лакокрасочных материалов можно отнести ограничение по нижнему температурному пределу нанесения (не ниже 10°С), необходимость тщательной подготовки поверхности ($Sa2^1/_2$ – Sa3), двухкомпонентность, ограниченная жизнеспособность после смешения компонентов (для некоторых материалов менее 1 часа), склонность к мелению под воздействием солнечного излучения, необходимость шерохования в случае нанесения последующих слоев после некоторого промежутка времени.

Для снижения стоимости эпоксидные материалы иногда совмещают с различными битумами, получая эпоксидно-каменноугольные материалы.

Для расширения температурного предела применения эпоксидных материалов их модифицируют другими, например, сополимерно–винилхлоридными или хлорвиниловыми смолами. У модифицированных эпоксидных материалов нижний температурный предел снижается до минус 5°С и ниже. В них при необходимости вводят также специальные добавки, которые позволяют снизить требования по подготовке поверхности до степени St2 – St3. от +5 до +35°С

3.5.2. Полиуретановые материалы УР

Полиуретановые материалы, так же как эпоксидные, являются чаще всего двухупаковочными. Это продукты взаимодействия полиспиртов с полиизоцианатами. ! опасно продукт горения $ (синильная к-та)

отвердитель –

Одноупаковочные полиуретаны, отверждаемые влагой воздуха, не нашли широкого применения из-за высокой стоимости, связанной с трудностями изготовления.

По стойкости к различным агрессивным воздействиям (газы, кислоты, щелочи, растворители, в том числе ароматические) полиуретаны превосходят все остальные лакокрасочные материалы. Покрытия на основе полиуретанов обладают превосходным блеском, очень высокой устойчивостью к истиранию и атмосферостойкостью, включая воздействие ультрафиолетового излучения. Полиуретановые лакокрасочные материалы могут наноситься при более низкой температуре, чем эпоксидные.

К недостаткам полиуретановых покрытий можно отнести двухкомпонентность, сложность нанесения, токсичность при нанесении, высокую стоимость.

сложность ремонта УР-запрятного типа толщ слоя 1мм. S_{a2}-3
УР-декоративного типа (отделочные) глянцевые

3.5.3. Алкидные материалы ПФ, ГФ, МА

Несмотря на систематическое расширение ассортимента лакокрасочных материалов, алкидные материалы сохраняют ведущую роль в объеме производства и применения.

Алкидными смолами называют полиэфиры разветвленного строения, представляющие собой продукты взаимодействия многоосновных спиртов, многоосновных кислот и жирных масел.

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

Для придания алкидным смолам растворимости, а покрытиям на их основе водостойкости и эластичности их модифицируют растительными маслами или жирными кислотами. атмосферостойкие

В зависимости от содержания масла в алкидах их разделяют на жирные, средние и тощие, содержащие соответственно 56–70%, 46–55% и 35–45% масла. Для глифталевых смол наименьшая водопроницаемость и наибольшая атмосферостойкость лаковых пленок наблюдается при содержании масла около 50%, для пентафталевых – при 60–65%. Скорость высыхания и водостойкость смол зависят от типа масла и убывает по следующему ряду: тунговое, льняное, дегидрированное касторовое, соевое, подсолнечное. По показателю светостойкости масла располагаются в обратном порядке. Для грунтовочных покрытий, которые не подвергаются ультрафиолетовому облучению, наибольшее применение нашли смолы на основе льняного и тунгового масел.

Алкидные лакокрасочные материалы чаще всего однокомпонентны. Иногда для ускорения сушки и отверждения в них рекомендуется перед применением вводить сиккатив.

Стоимость алкидных материалов значительно ниже полиуретановых и эпоксидных, они также не требуют такой тщательной подготовки поверхности. Для них можно допустить степень Sa2. адгезия – мет, дерево, бетон.

Алкидные покрытия обладают достаточно высокой атмосферостойкостью, эластичностью, хорошей адгезией к металлам, дереву, бетону и высокой межслойной адгезией. срок службы 3-4 года, простота ремонта

низкая хим. водостойкость

К недостаткам алкидов можно отнести низкую стойкость в воде и химически активных средах, сравнительно большой срок высыхания (до 24 ч при 20°С), необходимость сушки при температуре воздуха не ниже 5°С. много растворителя

толщина - 20-25 мк

3.5.4. Акриловые материалы BD

Большое распространение в последние годы получили акриловые лакокрасочные материалы. Акриловые смолы получаются в результате полимеризации акриловой и метакриловой кислот или их производных. Их используют в виде растворов, водных и органодисперсий.

простота ремонта

Лакокрасочные покрытия на основе акриловых сополимеров отличаются высокой атмосферо- и светостойкостью. Эти покрытия эластичны, стойки к удару, имеют хорошую адгезию к окрашиваемой поверхности. Акрилаты используются обычно в качестве высококачественных декоративных покрытий.

К недостаткам акриловых лакокрасочных материалов можно отнести низкую стойкость к растворителям, низкий сухой остаток (до 50%), небольшую толщину однослойного покрытия (20–30 мкм).

3.5.5. Материалы на основе сополимеров винилхлорида ХС

Большое распространение в судостроении и судоремонте получили лакокрасочные материалы на основе сополимеров винилхлорида с винилацетатом.

физическое высыхание

В сополимере, содержащем 85% винилхлорида, примерно на каждые девять молекул хлорида приходится одна молекула винилацетата. Это позволяет улучшить растворимость смолы, так как с увеличением содержания винилацетата растворимость сополимеров возрастает.

Покрытия, получаемые на основе сополимера винилхлорида с винилацетатом (А–15), обладают водостойкостью, химической стойкостью и высокой эластичностью. При частичном омылении (гидролизе) сополимера образуется сополимер А–15–0, имеющий некоторое количество гидроксильных групп, способствующих увеличению адгезии. Это материалы физического отверждения, поэтому их можно наносить при отрицательных температурах.

Лакокрасочные покрытия на основе сополимера А–15–0 обладают водостойкостью, атмосферостойкостью, механической прочностью.

К положительным их качествам можно отнести также быстрое высыхание (1–3 ч) и однокомпонентность. быстрое высыхание, адгезия

простота ремонта

Для придания большей химстойкости лакокрасочные материалы на основе сополимеров винилхлорида модифицируют эпоксидной смолой. Эти покрытия стойки в воде, щелочах и кислотах, в условиях промышленной и морской атмосферы. Температура их нанесения от минус 10°С до плюс 35°С.

К недостаткам сополимерно-винилхлоридных материалов можно отнести низкий сухой остаток (30-45%), небольшую толщину однослойного покрытия (40-50 мкм), низкую стойкость к воздействию растворителей, необходимость тщательной подготовки поверхности ($Sa2^1/_2$).

3.5.6. Материалы на основе хлоркаучуков ХП

Эти материалы чаще всего представляют собой продукты хлорирования натурального и синтетического каучуков газообразным хлором. В результате хлорирования каучуки теряют свою эластичность и приобретают растворимость в ароматических растворителях. Для получения сплошных эластичных покрытий их пластифицируют. Для получения эластичных покрытий необходимо вводить от одной до двух частей пластификатора на одну часть хлоркаучука. В качестве

пластификаторов чаще всего применяют хлорпарафины. Хлоркаучуки – материалы физического отверждения.

Хлоркаучуковые покрытия являются водо-, кислото- и щелочестойкими. Благодаря высокому содержанию хлора, они обладают пониженной горючестью. К их достоинствам также можно отнести однокомпонентность, возможность нанесения при отрицательных температурах (до минус 15°С) и относительно непродолжительное время межслойной сушки.

Недостатком хлоркаучуковых материалов являются ухудшение физико-механических свойств под воздействием солнечного света, низкая стойкость к воздействию растворителей и нефтепродуктов, невысокий сухой остаток (не более 50%), небольшая толщина однослойного покрытия (50–70 мкм), необходимость тщательной подготовки поверхности (до степени $Sa2^1/_2$).

В табл. 3.1 приведены усредненные данные по стойкости наиболее широко применяемых типов лакокрасочных материалов в различных средах.

Таблица 3.1

Стойкость различных типов лакокрасочных материалов

Воздействующая среда	Тип лакокрасочного материала					
	эпоксидные	модифицированные эпоксидные	полиуретановые	алкидные	сополимеровинилхлоридные	хлоркаучуковые
Агрессивная промышленная атмосфера	1	2	1	3	2	2
Морская атмосфера	2	2	1	3	2	2
Морская вода	2	1	2	5	1	1
Кислоты	3	3	3	5	3	3
Щелочи	1	2	2	5	1	2
Спирты	2	2	2	5	2	2
Ароматические соединения	3	4	2	5	5	5
Нефть и нефтепродукты	2	2	2	5	2	5

1 – отличная стойкость
2 – хорошая стойкость
3 – средняя стойкость
4 – плохая стойкость
5 – применять нельзя

3.6. ПРОТИВООБРАСТАЮЩИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Основную массу обрастателей, отрицательно влияющих на мореходные качества судов, составляют водоросли (зеленые, бурые, красные) и зоообрастатели (балянусы, мидии, мшанки, гидроиды, трубчатые черви).

Величина обрастания в некоторых районах Черного моря составляет около 100 кг/м^2 за год. Толщина слоя обрастания обычно порядка 5 см, максимальная толщина – 15-30 см.

На величину обрастания в значительной мере влияют факторы окружающей среды, важнейшими из которых являются: географическое положение, температура воды, сезонные колебания температуры, глубина, скорость течения, наличие загрязнений и их состав.

Выделяют три основные зоны обрастания: тропическую, субтропическую и умеренную. Тропическая зона характеризуется максимальной интенсивностью обрастания, максимальным разнообразием видов и размеров обрастателей. Субтропическая зона по видовому составу почти не отличается от тропической, лишь несколько уменьшаются размеры обрастателей. В умеренной зоне размеры обрастания во много раз меньше, чем в тропической и субтропической. Такое распределение достаточно условно, так как существуют значительные различия в обрастании между отдельными районами в пределах одной зоны.

Распределение обрастания по глубине определяется образом жизни обрастателей, их потребностью в солнечном свете, растворенном в воде кислороде, в определенном виде жизни, а также температурными условиями. Поэтому обрастание водорослями происходит в основном в верхних слоях воды, а животные организмы поселяются на большей глубине. Максимальная глубина, на которой отмечалось обрастание, достигает 1000–1500 м, однако, чем больше глубина, тем меньше размеры и число организмов данного вида.

Обрастание происходит также в зоне переменного смачивания.
Наиболее устойчивыми видами, выдерживающими периодическое осушение, являются балянусы и зеленые водоросли.

Установлено, что прикрепление обрастателей происходит при скорости воды, не превышающей 1 м/с. Возникающие на первоначальной стадии силы сцепления обрастателей с твердой поверхностью недостаточно велики, чтобы противостоять обтеканию водой при скорости, превышающей 1 м/с. Однако сила сцепления постепенно увеличивается, и взрослые формы обрастателей выдерживают обтекание водой даже при высокой скорости.

Таким образом скорость обрастания судна зависит от района эксплуатации и еще в большей степени от длительности стоянок судна.

Обрастание ухудшает эксплуатационные характеристики объектов (судов, морских сооружений), а также разрушает конструкционные материалы в результате действия продуктов жизнедеятельности обрастателей.

Обрастание корпусов морских судов резко снижает их эксплуатационные характеристики: уменьшается скорость судна, увеличивается расход топлива, снижается доля эксплуатационного времени, увеличиваются ремонтные

покрытие физического высыхания

расходы. При средней интенсивности обрастания сопротивление трению корпуса возрастает на 30–50% от первоначальной величины. При наличии 400 балянусов средней величины на 1 м^2 подводной поверхности корпуса скорость судна снижается на 18%. Отсюда актуальность качественного нанесения противообрастающих покрытий.

Современный ассортимент лакокрасочных противообрастающих материалов включает эмали, отличающиеся типом связующего, степенью эффективности, сроком службы и стоимостью. В настоящее время на первый план выступают экологические характеристики, обусловленные наличием в противообрастающих покрытиях биоцидных добавок, которые выделяются в окружающую среду и влияют на жизнедеятельность морских организмов.

Применяемые в настоящее время лакокрасочные материалы по механизму защитного действия можно разделить на материалы контактного типа, растворимые материалы и самополирующиеся лакокрасочные материалы.

Механизм защитного действия традиционных эмалей контактного типа основан на выщелачивании биоцида приблизительно пропорционально его содержанию в лакокрасочной пленке. Увеличение содержания биоцида в пленке приводит к увеличению эффективного действия покрытия, но при этом возрастает и скорость расходования биоцидов. Поэтому увеличение срока службы не связано линейно с количеством биоцида. Кроме того, постепенное увеличение толщины выщелоченного слоя приводит к снижению скорости выщелачивания биоцида из остальной массы покрытия. При толщине выщелоченного слоя около 50–70 мкм скорость выщелачивания снижается до значений, при которых становится возможным прикрепление обрастателей. Таким образом, оставшийся в пленке биоцид уже не обеспечивает защиту от обрастания. Поэтому очевидно, что простое увеличение толщины традиционного покрытия не позволяет увеличить срок его службы.

запретить

Традиционные противообрастающие лакокрасочные материалы в настоящее время выпускаются в основном на виниловой и хлоркаучуковой основах. В качестве биоцидов в них используется закись меди и оловоорганические производные. Срок службы таких покрытий не превышает 2–2,5 лет. Эти эмали рекомендуется применять для судов, район плавания которых ограничен северными и умеренными широтами.

Cu_2O

Как виниловые, так и хлоркаучуковые эмали являются материалами физического отверждения, поэтому могут наноситься при отрицательных температурах, однако выполнять окрасочные работы при температуре ниже минус 10 °С не рекомендуется, так как при этом на поверхности корпуса судна может образоваться корка льда. Хлоркаучуковые эмали считаются менее чувствительными к качеству поверхности и к метеорологическим условиям при нанесении покрытий и поэтому для судоремонта они предпочтительнее.

Противообрастающие краски растворимого типа изготовляются обычно на основе канифоли и в качестве биоцидов в них используются соединения меди. Эти материалы обычно используются для защиты от обрастания судна на период достройки. Срок службы их невелик и составляет примерно 6–12 мес. Увеличение срока службы этих покрытий за счет увеличения толщины практически невозможно из-за увеличения при этом внутренних напряжений, приводящих к растрескиванию и отслаиванию.

Хорошие результаты получены при использовании комплексной системы покрытий, включающей эмаль контактного типа и растворимую эмаль. Принцип действия такой системы заключается в том, что на первой стадии защиту от обрастания обеспечивает верхний слой покрытия (растворимое покрытие), и после полного его растворения вступает в действие нижерасположенный слой покрытия контактного типа. Срок службы таких комплексных систем может составлять 3–4 года.

Самополирующиеся лакокрасочные материалы обычно выпускаются на основе растворимых оловоорганических полимеров, представляющих собой продукты полимеризации акрилового или малеинового рядов. Механизм защитного действия самополирующихся покрытий заключается в следующем: происходит диффузия молекул воды в покрытие, гидролиз связей полимерной цепи, а затем растворение и эрозия материала под действием потока воды. Параллельно идет растворение и диффузия биоцидов. Для того, чтобы поддерживался необходимый уровень биоцидов на границе покрытие – вода, необходимо постоянное обновление поверхности, что и происходит при движении судна. Кроме этого, поверхность самополирующегося противообрастающего покрытия при движении судна становиться более гладкой, за счет чего снижается сопротивление движению судна. При выборе самополирующихся покрытий необходимо учитывать скорость движения судна, частоту и продолжительность стоянок, необходимый срок службы покрытия. Самополирующиеся покрытия целесообразнее всего применять для судов с непродолжительными стоянками. В зависимости от скорости судна и необходимого срока защиты рассчитывается толщина покрытия. Срок службы покрытия может достигать 5 лет.

$n \sim 500$ мин

Запретили

– применяют закись меди Cu_2O

– на кремнеорганических полимерах

– сополимер винил-хлорифного связующего + канифоль

4.1. СТАНДАРТЫ

Ниже приводится перечень международных стандартов (ИСО), регламентирующих работы по подготовке лакокрасочных материалов перед их нанесением:

1 ИСО 1512. Лаки и краски. Отбор проб от жидких и пастообразных материалов.

2 ИСО 1513. Лаки и краски. Контроль и приготовление образцов для испытаний.

3 ИСО 1514. Лаки и краски. Стандартные пластины для испытаний.

4 ИСО 1517. Лаки и краски. Определение высыхания лакокрасочных покрытий с помощью небольших стеклянных шариков.

5 ИСО 1518. Лаки и краски. Определение стойкости к царапанью. (твердость)

6 ИСО 1519. Лаки и краски. Метод определения прочности пленок при изгибе вокруг цилиндрического стержня. (эластичность)

7 ИСО 1520. Лаки и краски. Метод определения прочности пленок при чашеобразном изгибе.

8 ИСО 1521. Лаки и краски. Определение водостойкости методом погружения.

9 ИСО 1522. Лаки и краски. Метод определения твердости покрытия с помощью маятникового прибора.

10 ИСО 1524. Лаки и краски. Определение степени перетира.

11 ИСО 2409. Лаки и краски. Испытания методом решетчатого надреза. (адгезия)

12 ИСО 2431. Лаки и краски. Метод определения времени истечения с использованием воронок. (вязкость)

13 ИСО 2808. Лаки и краски. Определение толщины пленки. (в жидком и сухом слое)

14 ИСО 2809. Лаки и краски. Метод определения светостойкости красок для внутреннего применения.

15 ИСО 2810. Лаки и краски. Указания по проведению испытаний в атмосферных условиях.

16 ИСО 2811. Лаки и краски. Метод определения плотности.

17 ИСО 2812. Лаки и краски. Определение устойчивости к воздействию жидкостей.
Часть 1. Общие методы.
Часть 2. Метод погружения в воду.

18 ИСО 2813. Лаки и краски. Определение зеркального блеска пленок красок, не пигментированных металлической пудрой.

Раздел 4

ПОДГОТОВКА ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПЕРЕД ИХ НАНЕСЕНИЕМ

4.1. Стандарты

4.2. Технология и оборудование для подготовки лакокрасочных материалов

4.3. Контроль качества лакокрасочных материалов

4.3.1. Входной контроль

4.3.2. Контроль качества лакокрасочных материалов перед их нанесением

4.3.3. Оформление документации

19 ИСО 2814. Лаки и краски. Метод сравнения коэффициента контрастности (укрывистости) красок одного типа и цвета.

20 ИСО 2884. Лаки и краски. Метод определения вязкости при высокой скорости сдвига.

21 ИСО 3231. Лаки и краски. Определение стойкости к воздействию влажной атмосферы, содержащей диоксид серы.

22 ИСО 3248. Лаки и краски. Метод определения теплового воздействия.

23 ИСО 3251. Лаки и краски. Определение нелетучих веществ в красках, лаках и связующих для них. (сухой остаток)

24 ИСО 3270. Лаки, краски и сырье для них. Температура и влажность для кондиционирования и испытаний. 23°С ± 2°С t –

25 ИСО 3668. Лаки и краски. Визуальный метод определения цвета красок.

26 ИСО 4623. Лаки и краски. Определение степени нитевидной коррозии на стальной поверхности.

27 ИСО 4624. Лаки и краски. Определение адгезии методом отрыва.

28 ИСО 4627. Лаки и краски. Оценка совместимости продукта с окрашиваемой поверхностью. Методы испытаний.

29 ИСО 4628. Оценка степени разрушения лакокрасочных покрытий. Обозначение интенсивности, количества и размера дефектов общего типа.
Часть 1. Основные принципы и шкалы оценки дефектов.
Часть 2. Определение степени образования пузырей.
Часть 3. Определение степени коррозии.
Часть 4. Определение степени растрескивания.
Часть 5. Определение степени отслаивания.
Часть 6. Определение степени меления методом липкой ленты.

30 ИСО 6270. Лаки и краски. Определение влагостойкости системы покрытия.

31 ИСО 6272. Лаки и краски. Испытание методом падающего груза. (прогнозе покрытия при ударе)

32 ИСО 7253. Лаки и краски. Определение стойкости к нейтральному солевому туману.

33/4 ИСО 9117. Лаки и краски. Определение состояния и времени полного высыхания. Метод испытания.

34 ИСО 9514. Лаки и краски. Определение жизнеспособности жидких систем. Подготовка и кондиционирование образцов. Руководящие положения по испытаниям. (двух и более компонентных)

4.2. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Поступающие от поставщика и какое-то время хранящиеся на складе лакокрасочные материалы в большинстве случаев нуждаются в подготовке перед их нанесением, т. е. в доведении их до рабочего состояния. Комплекс краскоприготовительных работ включает в себя ряд технологических операций, причем в каждом конкретном случае используется не обязательно весь комплекс, а только операции, которые необходимы.

1) Перемешивание в транспортной таре. В процессе хранения лакокрасочных материалов может происходить осаждение и коагулирование пигментов и наполнителей, в результате чего на дне тары образуется осадок различной плотности. Материал перемешивается сначала в транспортной таре до однородной консистенции и полного исчезновения осадка. Для этого используются различные стационарные и передвижные перемешивающие установки, кантователи, ручные и механизированные мешалки и т.п.

2) Перекачивание в раздаточные емкости с фильтрованием. Для этого используются стационарные и передвижные насосные установки, оборудованные устройствами для фильтрования и измерения расхода материалов.

3) Приготовление многокомпонентных материалов и доведение до рабочей вязкости. В том случае, если материал поставляется в виде нескольких компонентов (например, основа и отвердитель при поставке эпоксидных материалов), то он приготавливается непосредственно перед нанесением. Приготовление производится в раздаточных емкостях, где смешиваются все компоненты и композиция доводится до рабочей вязкости. Введение разбавителя производится в случае, если вязкость композиции превышает оптимальную с учетом выбранного метода нанесения.

поставщик исходная вязкость

рабочая вязкость на рабочем месте

В случае применения однокомпонентного материала производится только доведение его до рабочей вязкости. Тип и количество вводимого разбавителя должны строго соответствовать рекомендациям изготовителя лакокрасочного материала. Чрезмерное количество растворителя может изменить структуру пленкообразующей основы и свойства сформированного покрытия. После введения всех необходимых компонентов и разбавителя смесь тщательно перемешивается в раздаточной емкости и разливается в технологические емкости.

излишек отвердителя влияет на поверхность

Время для приготовления лакокрасочных материалов устанавливается обязательно с учетом жизнеспособности композиции. Это особенно важно для материалов химического отверждения, у которых период жизнеспособности может составить менее одного часа.

Транспортирование лакокрасочных материалов в период их подготовки производится с помощью специальных тележек, кантователей, а иногда систем трубопроводов с перекачивающими устройствами.

4.3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

4.3.1. Входной контроль

Входной контроль лакокрасочных материалов, поступивших от поставщика или со склада, производится обычно исполнителем окрасочных работ, однако инспектор, прежде чем дать разрешение на использование материала, должен окончательно убедиться в его качестве.

Входной контроль лакокрасочных материалов включает в себя проверку сопроводительной документации, осмотр транспортной тары и установление соответствия свойства материала требованиям, указанным в технической документации на материал.

Сопроводительная документация, подтверждающая соответствие полученного материала заказанному, и его качество (сертификат, паспорт, информация на транспортной таре) должна содержать следующие сведения:

- марку материала;
- наименование фирмы-поставщика;
- цвет материала и номер колера по каталогу;
- дату изготовления и срок годности;
- количество материала в каждой тарной упаковке;
- основные технические характеристики материала;
- особые свойства материала (токсичность, пожаро– и взрывоопасность, и др.).
- условия хранения.

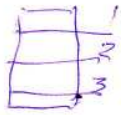
При осмотре транспортной тары инспектор должен убедиться в ее целостности, наличии необходимой маркировки, полной комплектности поставки.

Качество полученных от изготовителя лакокрасочных материалов часто оценивается путем сопоставления основных технических характеристик, указанных в сертификате на партию материалов и тех же характеристик в технической документации изготовителя (спецификациях, инструкциях, технических картах, проспектах и т.п.). Однако в сомнительных случаях инспектор вправе потребовать проведения испытаний по тем или иным показателям.

Наиболее информативными показателями, объективно характеризующими качество и технологические свойства лакокрасочных материалов и не требующими длительных и трудоемких испытаний, являются:

- вязкость;
- содержание нелетучих веществ,
- степень перетира;
- цвет и внешний вид пленки покрытия;
- укрывистость;
- время высыхания;
- прочность пленки при ударе;
- прочность пленки при изгибе;
- толщина нестекающего слоя (для тиксотропных материалов);
- твердость пленки;

– адгезия покрытия;
– жизнеспособность композиции (для многокомпонентных материалов).



Обязательному контролю подвергаются также используемые в процессе подготовки лакокрасочных материалов растворители, разбавители, сиккативы и другие компоненты.

Пробы материалов для испытаний отбирают согласно требованиям стандарта ИСО 1512. Используют оборудование для выполнения двух отдельных операций: перемешивания продукта для достижении наибольшей однородности и для отбора представительной пробы. Обычно отбирают пробы приблизительно из $\sqrt{n}/2$ контейнеров, где n – общее число контейнеров в партии. Пробы анализируют непосредственно после взятия во избежание изменения свойств материалов (особенно содержащих воду или после хранения при повышенной температуре).

Пробы исследуют и готовят к испытанию в соответствии со стандартом ИСО 1513. При этом отмечают:

– наличие поверхностной пленки и ее особенности (сплошная, твердая, мягкая, тонкая, толстая и т.д.),
– наличие тиксотропности или желатинизации,
– разделение на слои,
– тип осадка (мягкий, твердый, твердо-сухой),
– наличие и вид примесей.

Образцы, в которых наблюдаются желатинизация или выпадение твердо-сухого осадка, или присутствие недопустимых примесей, бракуют и не допускают до испытаний.

Образцы красок наносят на стандартные пластины, которые изготавливают из различных материалов в соответствии со стандартом ИСО 1514. Особое внимание должно уделяться подготовке поверхности пластин перед нанесением испытуемых материалов.

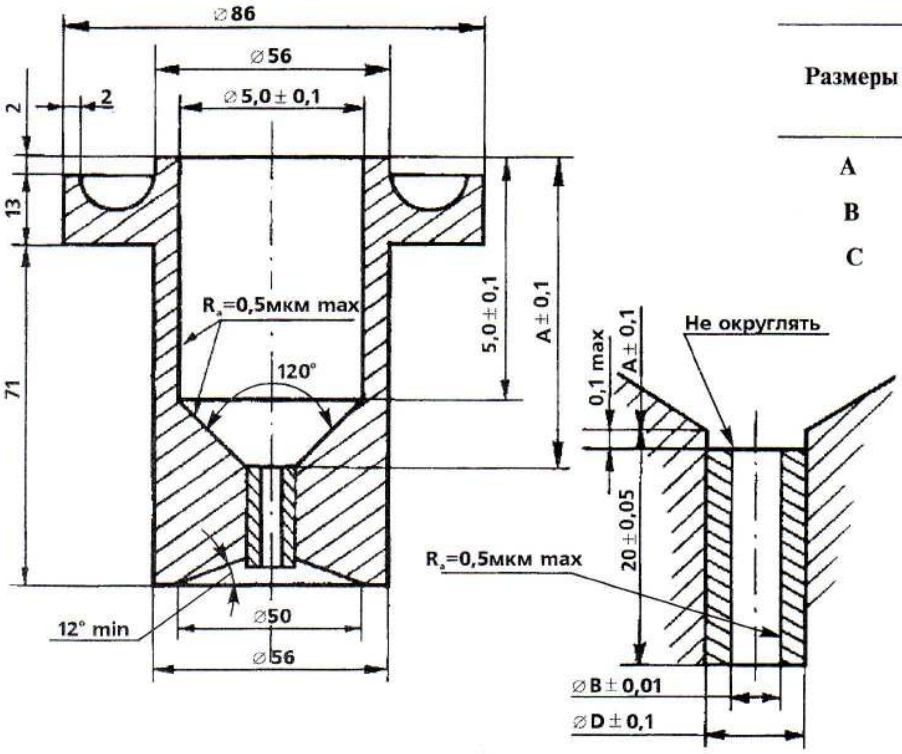
Вязкость лакокрасочных материалов определяют по методике стандарта ИСО 2431, основанной на определении времени истечения определенного объема материала через сопло заданного размера. Этот метод применим для оценки реологических свойств большинства лакокрасочных материалов (вязкость до 700 мм^2/с).

Основная аппаратура для проведения испытаний: стандартизированные воронки ИСО с диаметром сопла 3, 4 или 6 мм (рис.4.1), термометр, секундомер и термостат, в котором воронка и образец материала могут быть выдержаны при рекомедуемой постоянной температуре.

Воронку выбирают по калибровочной кривой ИСО 2431 (рис.4.2) с таким расчетом, чтобы время истечения материала находилось в пределах от 30 до 100 с. За время истечения материала при стандартной температуре принимается промежуток времени в секундах от момента начала истечения материала из сопла до момента первого прерывания струи.

Имеется ряд лакокрасочных материалов, представляющих собой тиксотропные коллоидные системы, время истечения которых из воронок получается неопределенным и различным. В таких случаях вязкость материала определяется

а)



б)

Размеры	Величины для данных воронок, мм			
	3	4	5	6
A	63,0	62,7		62,1
B	3,00	4,00		6,00
C	5,0	6,0		8,0

Рис. 4.1. Воронка для определения вязкости лакокрасочных материалов (ИСО 2431):
а - размеры воронки;
б - параметры различных модификаций воронки

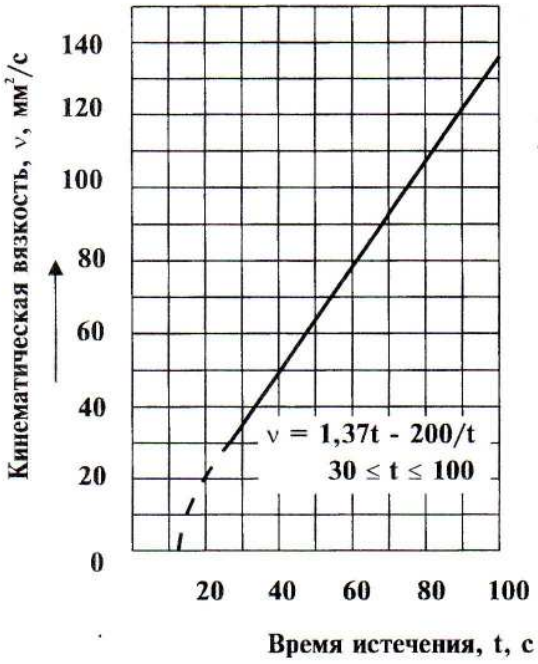


Рис. 4.2. Калибровочная кривая для воронки ИСО 2431 с диаметром сопла 4 мм

ротационный вискозиметр

по стандарту ИСО 2884 с помощью вискозиметров, работающих при высокой скорости сдвига.

Толщина нестекающего мокрого слоя тиксотропных лакокрасочных материалов также характеризует их реологические свойства. Максимальное (предельное) ее значение является величиной, нормируемой для тиксотропного материала.

Для определения предельной толщины нестекающего слоя используется аппликатор длиной 50 мм со щелями 0,3–0,8 мм. Лакокрасочный материал наносят на пластинки с помощью аппликатора, начиная с большей высоты щели. Затем пластину ставят в вертикальное положение и после выдержки в течение 1 ч осматривают состояние пленки. За предельную толщину нестекающего мокрого слоя принимают максимальную высоту щели аппликатора, при которой не наблюдается стекания, т.е. перемещение слоя материала относительно подложки.

Содержание нелетучих веществ в лакокрасочном материале – это отношение массы веществ, остающихся в пленке после испарения летучих веществ, к общей массе испытуемого материала, выраженное в процентах. Определение данного показателя производится в соответствии со стандартом ИСО 3251. Методика основана на испарении летучих веществ (растворителей, разбавителей) при нагревании навески этого материала при заданной температуре в течение определенного периода времени (2–3 часа). (можно согласовать по старой или национальный стандарт)

навеска 1гр - 2 измерения - среднее

Степень перетира, характеризующая степень дисперсности содержащихся в лакокрасочном материале пигментов и наполнителей, оценивается по стандарту ИСО 1524. Для этого используется специальный прибор с клинообразной откалиброванной по глубине канавкой, имеющей шкалу с делениями (рис.4.3).

гринвольтер

За степень перетира принимается показание в микрометрах, которое соответствует глубине канавки на приборе, где отдельные частицы материала становятся легко различимыми. Обычно степень перетира наиболее часто применяемых лакокрасочных материалов составляет от 30 до 70 мкм. блестящая поверхность – хороший перетир

Цвет и внешний вид пленки покрытия определяется по стандарту ИСО 3668 путем визуального сравнения его с цветом соответствующих образцов (эталонов) цвета при естественном или искусственном дневном рассеянном свете.

RAL - немецкий каталог, спец. кабина с искусств. освещением

Сравниваемые образцы должны находится в одной плоскости на расстоянии 300–500 мм от глаз наблюдателя под углом зрения, исключающим блеск поверхности.

метамерия - различие цвета при разных источниках освещения (размеры 150×100 мм)

Укрывистость лакокрасочных материалов, обусловливающая их расход при нанесении, определяется в соответствии со стандартом ИСО 2814. Метод основан на определении степени (коэффициента) контрастности, т.е. соотношения количества света, диффузно отраженного от черной и белой поверхности, на которые нанесен лакокрасочный материал. Поверхность считается укрытой, когда коэффициент контрастности достигнет величины, близкой к единице.

Коэффициент контрастности определяется при помощи фотометра. Расход материала (в г/м^2), соответствующий значению контрастности $K = 0{,}98$ и является показателем укрывности данного материала.

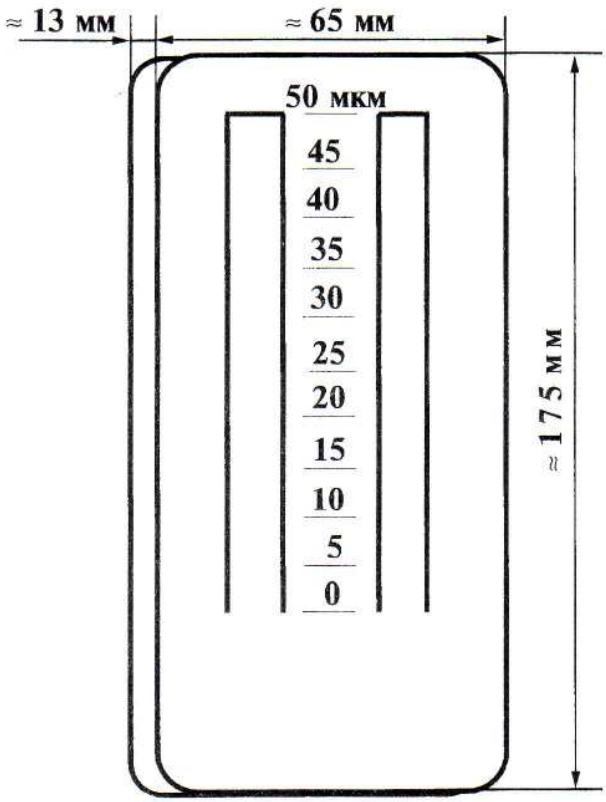
Площадь укрытия 1 кг л. материала

Способность делать невидимым предыдущий слой

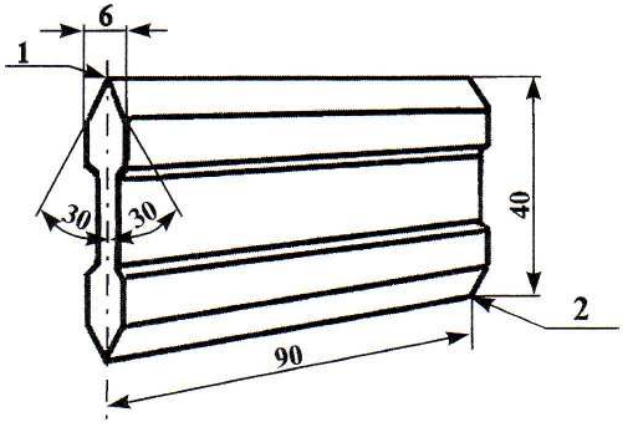
Контрастность (черно-белая подложка)

$\sigma = \frac{R_{черная}}{R_{белая}} \cdot 100$ } $K = 50\% \pm 2$ (плотность)

$R_{ч}$ - черная; $R_{б}$



а)

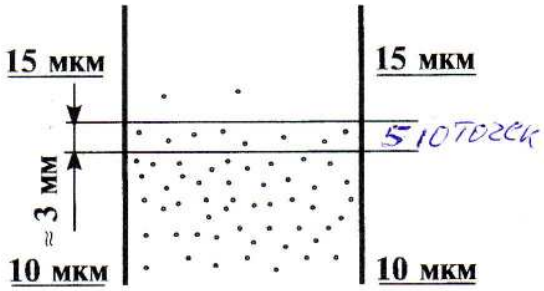


1,2 - кромки с радиусом закругления 0,25 мм

в)

Максимальная глубина канавки	Цена деления	Рекомендуемый предел
100	10	40 - 90
50	5	15 - 40
25	2,5	5 - 15
15	1,5	1,5 - 12

б)



г)

Рис. 4.3. Прибор для определения степени перетира лакокрасочных материалов (ИСО 1524):

а - общий вид прибора; б - параметры различных модификаций прибора (мкм); в - скребок для проведения измерений; г - характерный вид показания прибора (степень перетира 14 мкм)

Полное высыхание при 1,5кг ставим на покрытие на головке резиновый диск + сетка 0,98 мм на 10сек стоит и поворачиваем на 90° есть царапины или нет если нуждается, то через 12 часов повторить

Время высыхания – это промежуток времени от нанесения лакокрасочного материала до момента, когда происходит формирование покрытия до определенной степени высыхания пленки при определенных температуре и влажности воздуха. толщина

Промежуточная степень высыхания, степень 3,4 груз 200г, 400, 500гр. наносить с h-50-155 мм подрамник 10сек 0,5гр шариков ф-125-250 мк

Оценка времени и степени высыхания производится по стандарту ИСО 1517. Метод основан на способности лакокрасочного покрытия по мере высыхания удерживать на своей поверхности стеклянные шарики без повреждения поверхностной пленки покрытия. Покрытие считается “сухим”, если все шарики можно удалить щеткой без повреждения пленки. ~200сек

физ-механ. показатели (подготовка образца) мелка, кисточка

Прочность пленки при ударе характеризует стойкость покрытия к растрескиванию или отслаиванию от подложки при мгновенной деформации под воздействием ударной нагрузки. Оценивается по стандарту ИСО 6272. Метод основан на определении минимальной массы или высоты падения груза, при которых покрытие растрескивается или отслаивается от подложки. Пластину с покрытием закрепляют на основании и, отпуская груз, позволяют ему свободно падать на пластину. Затем исследуют покрытие с помощью лупы на наличие трещин. Отмечается высота, при которой трещины появляются в первый раз.

имеет разбавитель h-100см 1кг груз 2кг. наш 2кг для 1 и 2 стандарта

наклоняем и снимаем 1 степень (отпыли) далее на этом же образце

Эластичность Боек ф-20мм пластина-0,25мм, толщина покрытия 100мк 5 цикл и расстояние 40мм 4 удара из 5

Прочность пленок при изгибе определяется по стандарту ИСО 1519. Стандарт устанавливает эмпирический метод оценки стойкости лакокрасочного покрытия к растрескиванию или отслаиванию от металлической поверхности при изгибе окрашенного образца вокруг цилиндрического стержня в стандартных условиях. В случае многослойных покрытий можно испытывать каждый слой отдельно или всю систему вместе. При испытании используют комплект цилиндрических стержней диаметром от 2 до 32 мм. Пластины с покрытием равномерно без рывков в течение 1–2 с изгибают вокруг стержня на 180° при стандартных условиях окружающей среды: температуре 23 ± 2°С, относительной влажности 50 ± 5%, если не оговорены другие условия (рис. 4.4). Сразу после изгиба покрытие осматривают невооруженным глазом на образование трещин или отслоение от металла. Отмечается диаметр стержня, при испытании на котором в покрытии появились дефекты.

стержни ф 2,3,4,5,6,8 10,12,16,20 25,32мм

пластинка из ст на 180° скоба

Краевой эффект – 10мм с той и другой стороны выбрасываем – образец на стекле в секундах

Твердость лакокрасочной пленки характеризует механическую прочность покрытия после высыхания лакокрасочного материала, поэтому часто данный показатель используется для определения степени высыхания покрытий. Оценка показателя твердости производится по стандарту ИСО 1522, методика которого основана на зависимости скорости затухания амплитуды качания маятника от твердости покрытия.

царапают карандашей под N

маятник-книга немец. — Персоза швед. (время) калибруется по стеклу у=6 до 3° (секундное число)

Твердость пленки может также оцениваться методом царапания по методу стандарта ИСО 1518. Этот метод используется редко в связи с его значительной погрешностью.

Адгезия или свойство покрытия взаимодействовать с подложкой с образованием связей является одним из самых важных свойств лакокрасочных материалов. Косвенная оценка этого показателя производится по стандарту ИСО 2409, который устанавливает метод испытания покрытий на стойкость к отслоению от подложки или предыдущего слоя при решетчатом надрезе покрытия до подложки. Метод не позволяет измерить адгезию в физических единицах и не распространяется на

Истирание МПа-до 2х плохо
2-4 – средн.
4-6 хорошо
6-более – отл.

пласт-0,3мм
чика

не задается

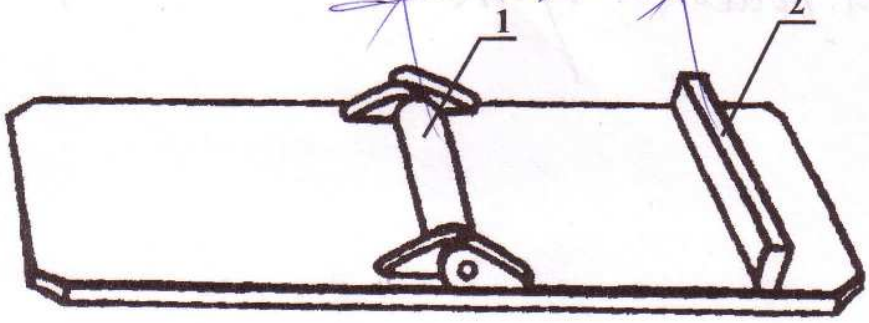


Рис. 4.4.
Прибор типа 1 для определения прочности пленок при изгибе (ИСО 1519):
1 - оправка; 2 - упор.

прибор адгезиметр-3 МПа

А-подложка
Б-1-ый слой
С-2 — " —
Д-3 — " —
У-клей
Z-грибок

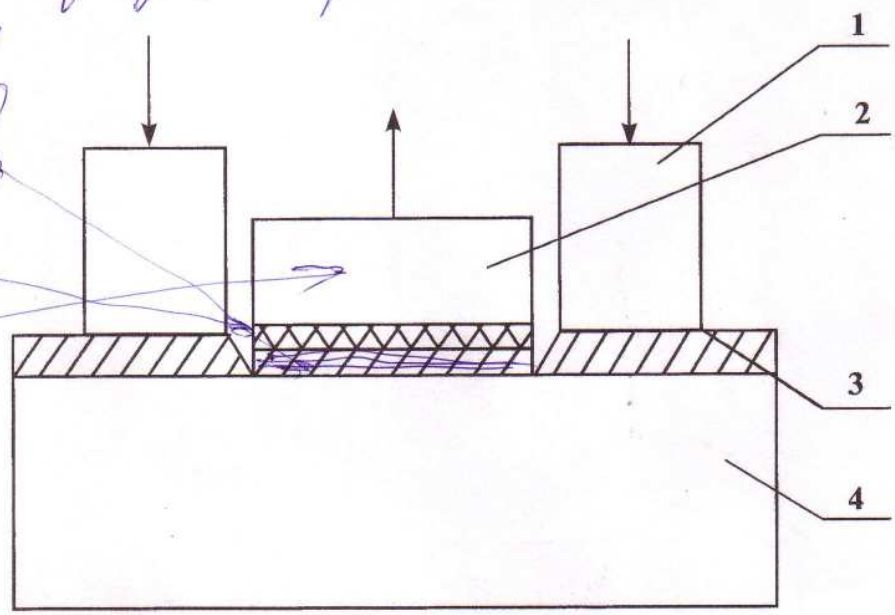


Рис. 4.5.
Приспособление для определения адгезии лакокрасочных покрытий методом отрыва (ИСО 4624) для испытаний на плоской окрашенной поверхности:
1- внешнее опорное кольцо; 2 - цилиндр для испытаний ("грибок"), приклеиваемый к поверхности; 3 - лакокрасочное покрытие; 4 - окрашенная поверхность

покрытия толщиной более 250 мкм. Инструменты для оценки адгезии этим методом показаны на рис. 4.6.

Испытания проводят при температуре (23 ± 2)°С и относительной влажности (50 ± 5)% на пластинках с покрытием, полученным стандартным методом. Число надрезов в каждом направлении решетчатого рисунка должно равняться 6. Расстояние между надрезами зависит от толщины покрытия:

при толщине от 0 до 60 мкм – 1 мм;
от 61 до 120 мкм – 2 мм;
от 121 до 250 мкм – 3 мм.

Полученную решетку чистят мягкой кистью, для твердых подложек дополнительно используют липкую ленту. Затем внимательно исследуют поверхность надрезов испытуемого покрытия невооруженным глазом или пользуясь лупой и классифицируют в соответствии с приведенными в стандарте иллюстрациями по 6–балльной шкале оценки (табл.4.1). При испытании многослойных покрытий указывают поверхность раздела слоев, на которой произошло расслаивание.

В том случае, когда нужно количественно измерить адгезию покрытия к подложке, используется метод измерения минимального разрывного напряжения, необходимого для нормального отрыва покрытия. Данный метод регламентируется стандартом ИСО 4624. Испытание производится обычно в лабораторных условиях путем приклеивания к окрашенной пластине металлических образцов стандартного размера ("грибков"). После высыхания клея образцы отрываются от пластины специальным приспособлением, позволяющим определить усилие отрыва. Исходя из величины усилия отрыва и площади "грибка", определяется величина адгезионной прочности на отрыв (рис.4.5).

Жизнеспособность многокомпонентных лакокрасочных материалов после смешения компонентов определяется по стандарту ИСО 9514. При смешении реакционноспособных компонентов вязкость композиции со временем возрастает до такой величины, когда система теряет текучесть – наступает гелеобразование. Величина максимального времени, в течение которого вязкость системы после смешения компонентов практически не изменяется или изменяется в заданных пределах считается жизнеспособностью системы.

Стандартный метод определения жизнеспособности заключается в измерении условной вязкости материала по воронке ИСО сразу после смешения компонентов, затем после выдержки испытуемой пробы при заданной температуре в течение времени, указанного в технической документации на материал. Материал считается пригодным к использованию, если вязкость пробы, измеренная по истечении заданного времени, не превышает исходную или превышает в допустимых пределах.

Помимо указанных выше показателей при необходимости или в соответствии с требованиями технологической документации могут контролироваться и другие показатели (например, плотность, толщина, блеск и др.), характеризующие те или иные свойства лакокрасочных покрытий. Испытания проводят по методам, регламентируемым стандартами ИСО (см.п.4.1).

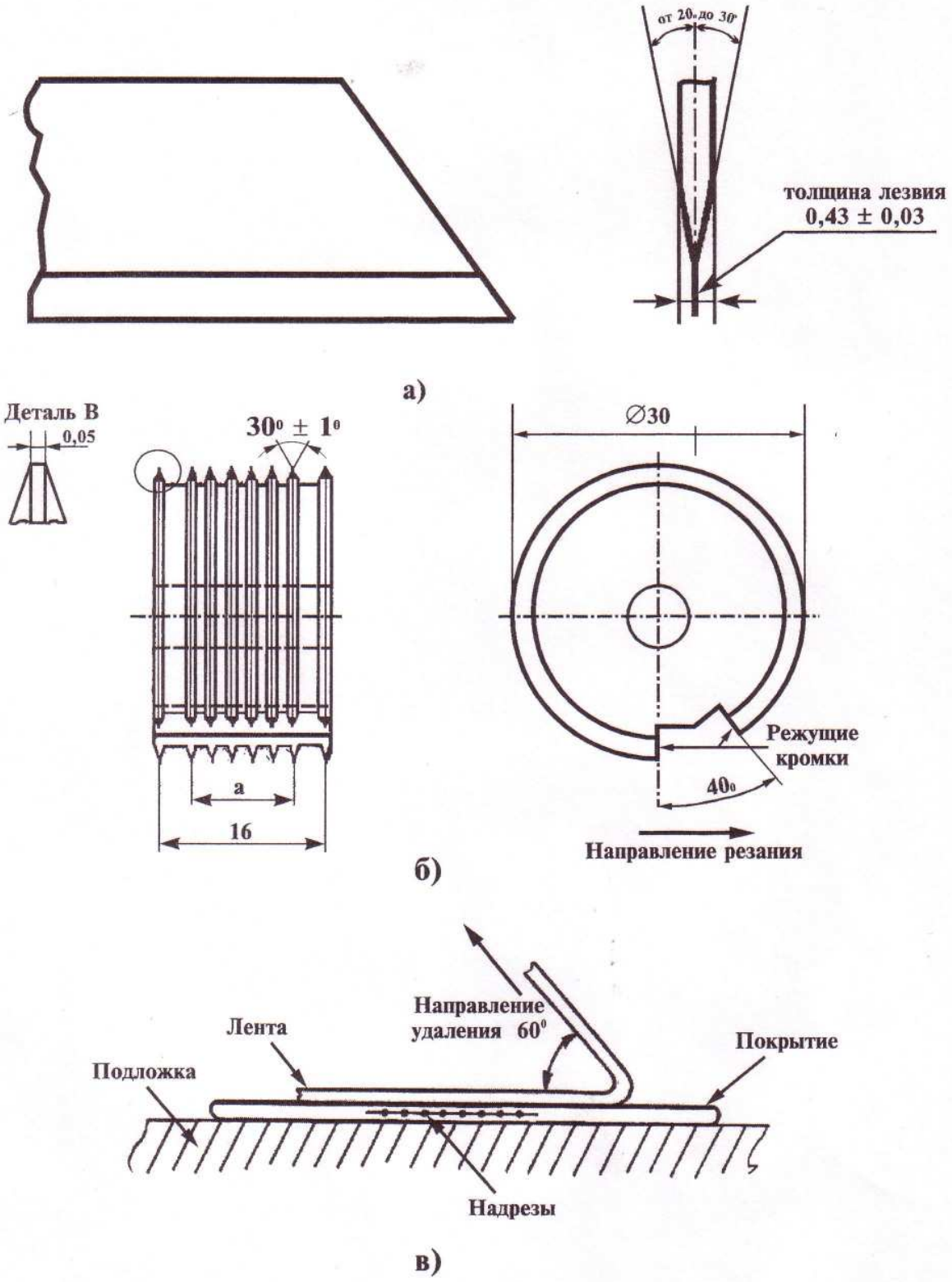
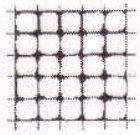
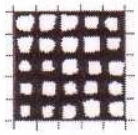
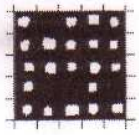


Рис. 4.6. Инструменты для испытания адгезии лакокрасочных покрытий методом решетчатых надрезов (ИСО 2409):
а-однолезвийный режущий инструмент; б-многолезвийный режущий инструмент; в-удаление липкой ленты с решетки.

через 5 мин - 70 мм. Нож, лупа
Липкая лента Н-25 мм, 6 надрезов расстояние по таблице
Толщина образца — по таблице 0-60 — 1 мм
61-120 — 2 мм
121-250 3 мм

Таблица 4.1

Оценка результатов испытания адгезии лакокрасочных покрытий методом решетчатых надрезов (ИСО 2409)

Классификация (баллы)	Описание	Внешний вид поверхности надрезов с отслаиванием (пример для 6 параллельных надрезов)
0	Края надрезов полностью гладкие; ни один из квадратов решетки не отслоился.	-
1	Отслоение мелких чешуек покрытия на пересечении надрезов. Площадь отслоений немного превышает 5% площади решетки.	
2	Покрытие отслоилось вдоль краев и/или на пересечении надрезов. Площадь отслоений значительно превышает 5%, но не более 15% площади решетки.	
3	Покрытие отслоилось вдоль краев надрезов частично или полностью широкими полосами и/или отслоилось частично или полностью на различных частях квадратов. Площадь отслоений значительно превышает 15%, но не более 35% площади решетки.	
4	Покрытие отслоилось вдоль краев надрезов широкими полосами и/или некоторые квадраты отделились частично или полностью. Площадь отслоений значительно превышает 35%, но не более 65% площади решетки.	
5	Любая степень отслаивания, которую нельзя классифицировать 4-м баллом шкалы.	

В отдельных случаях проверяется стойкость покрытий в различных средах (вода, атмосфера, солевые растворы и т.п.) или при воздействии отдельных факторов среды (светостойкость, теплостойкость и т.п.). Испытания должны проводиться по методам, регламентируемым стандартами ИСО (см.п.4.1).

4.3.2. Контроль качества лакокрасочных материалов перед нанесением

В период подготовки лакокрасочных материалов инспектор проводит пооперационный контроль всего технологического процесса, включая:

1) Хранение материала на складе. Условия хранения (температура, наличие влаги, солнечное облучение и др.) должны соответствовать требованиям технической документации на материал. Материалы должны храниться в течение сроков, оговоренных поставщиком. При превышении сроков хранения возможность использования материала согласовывается с поставщиком, при этом материал подвергается повторному входному контролю.

2) Перемешивание в транспортной таре. Материал должен перемешиваться до однородной консистенции и полного исчезновения осадка. Полнота перемешивания устанавливается визуально с помощью простых приспособлений (фонарь, щуп и т.п.).

3) Приготовление многокомпонентных материалов и доведение до рабочей вязкости. Эта операция должна выполняться строго в соответствии с рекомендациями поставщика лакокрасочных покрытий. При возникновении спорных ситуаций инспектор вправе потребовать проведения испытаний по тем или иным показателям (см.п.4.3.1) Вязкость готового лакокрасочного материала определяется по методикам стандартов ИСО 2431 или ИСО 2884 (см.п.4.3.1), она должна находиться в пределах рекомендуемых технологической документации на проведение окрасочных работ и рекомендациями изготовителя лакокрасочного материала.

При применении многокомпонентных материалов обязательно устанавливается их жизнеспособность и контролируется время их использования.

В процессе контроля качества лакокрасочных материалов перед их нанесением инспектор сам определяет объем необходимых проверок и испытаний, исходя из специфики конкретного производства (авторитет фирмы – поставщика красок, квалификация персонала, работоспособность оборудования и т.п.). В некоторых случаях можно довериться сертификатам качества или результатам контроля производителя окрасочных работ, однако в любом случае инспектор должен быть уверен, что в производство не запущены некачественные материалы.

4.3.3. Оформление документации

Выполнение контрольных операций и результаты контроля оформляются документально на всех стадиях подготовки лакокрасочных материалов (см.п. 1.2).

В рабочем журнале инспектор ежедневно отмечает все вопросы, по которым ему пришлось работать в течение дня, с указанием даты и времени.

Акты контроля оформляются на выполнение работ по подготовке каждой партии материалов или нескольких партий, одновременно запускаемых в работу. В акте отмечаются результаты входного контроля материалов (см.п. 4.3.1), проверки условий хранения, контроля техпроцесса подготовки материалов и их качества перед нанесением (см.п. 4.3.2). В акте делается заключение о соответствии качества подготовленных лакокрасочных материалов требованиям стандартов и технологической документации и принятия инспектором данного этапа работы.

В случае каких-либо отклонений от требований стандартов или технологической документации на подготовку лакокрасочных материалов, которые не были исправлены по замечаниям инспектора, оформляется уведомление о нарушении требований. Уведомление обсуждается представителями заинтересованных сторон (см.п. 1.2).

В сводный отчет о контроле качества выполнения окрасочных работ на объекте заносятся основная информация об организации работы и значения основных параметров технологического процесса в части подготовки лакокрасочных материалов (см.п. 6.5.5).

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

ТЕМПЕРАТУРА ТОЧКИ РОСЫ t_d °С, ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ t_{int} И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ φ_{int}, %, ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

t_{int}, °С	t_d, °С, при φ_{int}, %											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
-5	-15,3	-14,04	-12,9	-11,84	-10,83	-9,96	-9,11	-8,31	-7,62	-6,89	-6,24	-5,6
-4	-14,4	-13,1	-11,93	-10,84	-9,89	-8,99	-8,11	-7,34	-6,62	-5,89	-5,24	-4,6
-3	-13,42	-12,16	-10,98	-9,91	-8,95	-7,99	-7,16	-6,37	-5,62	-4,9	-4,24	-3,6
-2	-12,58	-11,22	-10,04	-8,98	-7,95	-7,04	-6,21	-5,4	-4,62	-3,9	-3,34	-2,6
-1	-11,61	-10,28	-9,1	-7,98	-7,0	-6,09	-5,21	-4,43	-3,66	-2,94	-2,34	-1,6
0	-10,65	-9,34	-8,16	-7,05	-6,06	-5,14	-4,26	-3,46	-2,7	-1,96	-1,34	-0,62
1	-9,85	-8,52	-7,32	-6,22	-5,21	-4,26	-3,4	-2,58	-1,82	-1,08	-0,41	0,31
2	-9,07	-7,72	-6,52	-5,39	-4,38	-3,44	-2,56	-1,74	-0,97	-0,24	0,52	1,29
3	-8,22	-6,88	-5,66	-4,53	-3,52	-2,57	-1,69	-0,88	-0,08	0,74	1,52	2,29
4	-7,45	-6,07	-4,84	-3,74	-2,7	-1,75	-0,87	-0,01	0,87	1,72	2,5	3,26
5	-6,66	-5,26	-4,03	-2,91	-1,87	-0,92	-0,01	0,94	1,83	2,68	3,49	4,26
6	-5,81	-4,45	-3,22	-2,08	-1,04	-0,08	0,94	1,89	2,8	3,68	4,48	5,25
7	-5,01	-3,64	-2,39	-1,25	-0,21	0,87	1,9	2,85	3,77	4,66	5,47	6,25
8	-4,21	-2,83	-1,56	-0,42	-0,72	1,82	2,86	3,85	4,77	5,64	6,46	7,24
9	-3,41	-2,02	-0,78	0,46	1,66	2,77	3,82	4,81	5,74	6,62	7,45	8,24
10	-2,62	-1,22	0,08	1,39	2,6	3,72	4,78	5,77	7,71	7,6	8,44	9,23
11	-1,83	-0,42	0,98	1,32	3,54	4,68	5,74	6,74	7,68	8,58	9,43	10,23
12	-1,04	0,44	1,9	3,25	4,48	5,63	6,7	7,71	8,65	9,56	10,42	11,22
13	-0,25	1,35	2,82	4,18	5,42	6,58	7,66	8,68	9,62	10,54	11,41	12,21
14	0,63	2,26	3,76	5,11	6,36	7,53	8,62	9,64	10,59	11,52	12,4	13,21
15	1,51	3,17	4,68	6,04	7,3	8,48	9,58	10,6	11,59	12,5	13,38	14,21
16	2,41	4,08	5,6	6,97	8,24	9,43	10,54	11,57	12,56	13,48	14,36	15,2
17	3,31	4,99	6,52	7,9	9,18	10,37	11,5	12,54	13,53	14,46	15,36	16,19
18	4,2	5,9	7,44	8,83	10,12	11,32	12,46	13,51	14,5	15,44	16,34	17,19
19	5,09	6,81	8,36	9,76	11,06	12,27	13,42	14,48	15,47	16,42	17,32	18,19
20	6,0	7,72	9,28	10,69	12,0	13,22	14,38	15,44	16,44	17,4	18,32	19,18
21	6,9	8,62	10,2	11,62	12,94	14,17	15,33	16,4	17,41	18,38	19,3	20,18
22	7,69	9,52	11,12	12,56	13,88	15,12	16,28	17,37	18,38	19,36	20,3	21,6
23	8,68	10,43	12,03	13,48	14,82	16,07	17,23	18,34	19,38	20,34	21,28	22,15
24	9,57	11,34	12,94	14,41	15,76	17,02	18,19	19,3	20,35	21,32	22,26	23,15
25	10,46	12,75	13,86	15,34	16,7	17,97	19,15	20,26	21,32	22,3	23,24	24,14
26	11,35	13,15	14,78	16,27	17,64	18,95	20,11	21,22	22,29	23,28	24,22	25,14
27	12,24	14,05	15,7	17,19	18,57	19,87	21,06	22,18	23,26	24,26	25,22	26,13
28	13,13	14,95	16,61	18,11	19,5	20,81	22,01	23,14	24,23	25,24	26,2	27,12
29	14,02	15,86	17,52	19,04	20,44	21,75	22,96	24,11	25,2	26,22	27,2	28,12
30	14,92	16,77	18,44	19,97	21,38	22,69	23,92	25,08	26,17	27,2	28,18	29,11
31	15,82	17,68	19,36	20,9	22,32	23,64	24,88	26,04	27,14	28,08	29,16	30,1
32	16,71	18,58	20,27	21,83	23,26	24,59	25,83	27,0	28,11	29,16	30,16	31,19
33	17,6	19,48	21,18	22,76	24,2	25,54	26,78	27,97	29,08	30,14	31,14	32,19
34	18,49	20,38	22,1	23,68	25,14	26,49	27,74	28,94	30,05	31,12	32,12	33,08
35	19,38	21,28	23,02	24,6	26,08	27,64	28,7	29,91	31,02	32,1	33,12	34,08

ПРИЛОЖЕНИЕ М

Раздел 5

ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ПЕРЕД НАНЕСЕНИЕМ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Взаимодействие лакокрасочных материалов с поверхностью металла.....

5.2. Общие требования к подготовке поверхности.....

5.3. Стандарты.....

5.4. Технология и оборудование для подготовки поверхности.....
5.4.1. Абразивоструйная очистка.....
5.4.1.1. Сухая абразивоструйная очистка.....
5.4.1.2. Абразивоструйная очистка с вакуумным отсосом использованного абразива.....
5.4.1.3. Абразивоструйная очистка с добавлением жидкости.....
5.4.1.4. Влажная абразивоструйная очистка.....
5.4.1.5. Гидроабразивная очистка.....
5.4.2. Дробеметная очистка.....
5.4.3. Гидравлическая очистка.....
5.4.4. Очистка ручным и механизированным инструментом.....
5.4.5. Термическая очиска.....
5.4.6. Химические способы очиски.....
5.4.6.1. Обезжиривание.....
5.4.6.2. Травление.....
5.4.6.3. Удаление старых покрытий.....

5.5. Контроль качества подготовки поверхности.....
5.5.1. Общие требования.....
5.5.2. Оценка исходной поверхности без покрытия.....
5.5.3. Оценка степени разрушения ранее окрашенной поверхности.....
5.5.4. Контроль подготовленной поверхности, ранее не окрашенной или после полного удаления прежних покрытий.....
5.5.4.1. Контроль чистоты поверхности.....
5.5.4.2. Контроль шероховатости поверхности.....
5.5.5. Контроль подготовленной поверхности после локального удаления прежних покрытий.....
5.5.6. Оформление документации.....

5.1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОВЕРХНОСТЬЮ МЕТАЛЛА

Защитные свойства лакокрасочных покрытий зависят в первую очередь от характера взаимодействия лакокрасочного материала с подложкой, т.е. от типа и интенсивности возникающих между ними связей. Непременное условие формирование покрытия – смачивание поверхности подложки жидким лакокрасочным материалом.

Для обеспечения взаимодействия разнородных материалов, в частности краски и металла, между ними необходим контакт. Поскольку действие сил, обеспечивающих физические или химические связи металла с полимером, проявляются на расстоянии не более 0,5 нм (это приблизительно равно диаметру молекулы воды), то контакт может произойти, если зазор между пленкой жидкой краски и металлом будет не более 0,5 нм. На полноту контакта, помимо свойств лакокрасочного материала, влияют следующие основные свойства окрашиваемой поверхности.

Чистота поверхности. Поверхность практически всех твердых тел вследствие адсорбции содержит различные загрязнения.

Типичными загрязнениями металлов являются оксиды в виде прокатной окалины и ржавчины. Наибольшую опасность с точки зрения коррозии вызывает окалина, представляющая собой смесь оксидных соединений железа: вюстита FeO магнетита Fe_3O_4 и гематита F_2O_3. Окалина имеет более положительный электродный потенциал в водных растворах по сравнению с потенциалом железа, поэтому в воде, во влажной атмосфере, в растворах солей при наличии окалины наблюдается интенсивная коррозия стали на участках с разрушенной окалиной. Окалина довольно прочно сцеплена с металлом и ее удаление является наиболее трудоемкой частью очистных работ.

Ржавчина – гидратированные оксиды железа; ее присутствие приводит к снижению адгезии покрытий и, кроме того, усиливает осмотическое проникновение воды под пленку краски вследствие наличия в ней растворимых продуктов.

Неизбежным загрязнением на металлах является вода. В зависимости от адсорбционной активности металла и влажности воздуха количество воды может достигать нескольких десятков монослоев. Энергия связи молекул адсорбированной воды с поверхностью металла уменьшается по мере удаления от поверхности. Температурная область десорбции воды составляет для различных металлов от 250 до 430°С, т.е. в обычных условиях на поверхности металла всегда имеется влага.

Таким образом, при нанесении на металлические поверхности лакокрасочный материал практически всегда (даже после очистки) контактирует не с металлом, а с его кислородными или иными соединениями и адсорбированной водой.

Адсорбированная вода всегда имеется также на поверхности и других материалов – бетона, пластмасс, резины, дерева. Кроме того, в связи со щелочностью поверхность многих строительных материалов загрязнена карбонатами за счет диоксида углерода воздуха.

Загрязнения в виде жиров, консервационных масел и смазок, остатков полировочных паст, охлаждающих эмульсий и т.п. ухудшает условия смачивания поверхности лакокрасочными материалами и, следовательно, ослабляют взаимодействие краски с подложкой, что отрицательно сказывается на адгезии и других защитных свойствах будущего покрытия.

В случае окрашивания полимерных материалов на поверхность иногда вытесняются низкомолекулярные фракции и свободные мономеры. Наличие таких загрязнений, несовместимых с функциональными группами связующего, особенно отрицательно сказывается на адгезионной прочности покрытий.

Даже после тщательного обезжиривания поверхности и удаления продуктов коррозии на ней могут оставаться другие загрязнения, в частности, пыль от разрушения частиц абразива, соли из морской воды или атмосферы, остатки прежней краски и т.п. Они должны удаляться с поверхности по возможности более тщательно, так как растворимая их часть вызывает осмотическое проникновение воды, а нерастворимые частицы ослабляют контакт краски с поверхностью.

Рельеф поверхности. Рельеф на поверхности окрашиваемого объекта связан с природой материала, исходными дефектами поверхности и условиями обработки.

Дефекты поверхности образуются при изготовлении деталей и конструкций; к ним относятся: заусенцы, вмятины, острые кромки, сварочный град, остатки флюсов, неровности сварных швов и т.п. Дефекты поверхности приводят к разнотолщинности покрытий, возникновению анодных и катодных участков, непрокрашенных участков и, в конечном итоге, к преждевременному разрушению покрытия и коррозии.

При оценке рельефа с точки зрения подготовки поверхности обращают внимание, главным образом, на шероховатость поверхности. Необходимо добиваться оптимальной шероховатости применительно к конкретному виду покрытия. Шероховатость поверхности может влиять на свойства будущего покрытия и положительно, и отрицательно. С одной стороны, увеличение шероховатости приводит к увеличению истинной поверхности контакта между краской и подложкой, а отсюда и к увеличению адгезии. Например, соотношение между площадями кажущейся поверхности (определенной по ее геометрическим размерам) и истинной составляет для полированной стали около 1,4, а для стали после абразивоструйной обработки может достигать 10.

С другой стороны, увеличение шероховатости ведет к увеличению толщины покрытия и, соответственно, к повышенному (не всегда оправданному) расходу лакокрасочных материалов. Следует учитывать также, что уже при шероховатости подложки $h_y > 5$ мкм ее рельеф проявляется в шероховатости покрытия, причем тем больше, чем тоньше пленка.

Имеются различные способы получения требуемой шероховатости подложки: выбор способа обработки; выбор материала, размера и формы частиц абразива; изменение энергии удара частиц; добавка в абразив воды или поверхностно-активных веществ и др. Шероховатость поверхности после абразивоструйной обработки оценивают по стандарту ИСО 8503.

Поверхность металла содержит беспорядочные неровности с остриями и впадинами, трудно поддающимися описанию. Рекомендуется различать "волнистость" ("рябь"), получаемую при обработке относительно круглыми частицами абразива (например, литой дробью) и "шероховатость", получаемую при использовании абразива с острыми краями (например, медного шлака). В первом случае используют эталоны сравнения S (shot), во втором – эталоны сравнения G (grit). Интервалы визуальных оценок по эталонам сравнения характеризуются как "тонкий", "средний" и "грубый".

Для количественной оценки шероховатости используют параметры h_y при оценке с помощью микроскопа и R_y при оценке с помощью профилографа.

Природа материала. С точки зрения характера взаимодействия окрашиваемого материала с краской природу материала можно характеризовать двумя свойствами: сродством материала к воде (т.е. его гидрофильность или гидрофобность) и величиной поверхностной энергии.

Металлы по своей молекулярной структуре гидрофобны, однако присутствие оксидов и других сорбированных соединений может придать гидрофильность их поверхности. В зависимости от вида применяемого материала требуется соответствующая поверхность: под водные краски – гидрофильная, под краски на гидрофобных пленкообразователях – гидрофобная. Гидрофилизация поверхности достигается обезжириванием, нанесением конверсионных покрытий; гидрофобизация – обработкой различными поверхностно-активными веществами, аппретированием и т.п.

Поверхностная энергия твердых тел, служащих подложкой, во многом определяет такие важные свойства, как смачивание, растекание, адгезия и др. Как правило, жидкости тем лучше смачивают подложку, чем выше ее поверхностная энергия.

Поверхностная энергия, как и степень гидрофильности или гидрофобности, может быть существенно изменена путем модификации, например, обработкой силанами, оксидированием, фосфатированием, азотированием и другими методами.

5.2. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПОДГОТОВКЕ ПОВЕРХНОСТИ

Качественная подготовка поверхности под окраску – одно из основных условий качества и долговечности лакокрасочного покрытия. Цель подготовки – удаление с поверхности любых загрязнений, мешающих непосредственному контакту лакокрасочного материала с подложкой, а также создание рельефа поверхности, способствующего увеличению истинной поверхности контакта.

Подготовка поверхности под окраску состоит из следующих основных операций:

- устранение дефектов поверхности;
- удаление масляных и жировых загрязнений;
- удаление продуктов коррозии;
- удаление прочих загрязнений (хлоридов, пыли, остатков абразива и т.п.). (после очистки

Работы по устранению дефектов поверхности (заусенцы, острые кромки, сварочные брызги и др.), как правило, выполняются в процессе изготовления конструкций до начала очистных работ.
Для удаления загрязнений и создания требуемой шероховатости поверхности применяют преимущественно следующие методы: механические, термический, химический.

Выбор того или иного метода обработки (или их сочетания) производится с учетом следующих основных факторов:

- требуемого уровня чистоты и определенного рельефа поверхности;
- совместимости с выбранной системой лакокрасочного покрытия;
- материала и исходного состояния поверхности;
- наличия ранее нанесенных покрытий и их состояния;
- требуемой долговечности покрытия с учетом условий эксплуатации объекта;
- наличия соответствующих оборудования, материалов, приборов контроля, персонала;
- доступности поверхностей, возможности необходимого освещения; 50-150 люкс
- соответствия условиям безопасности труда и охраны окружающей среды;
- экономической целесообразности.

газетный текст

Стоимость работ по подготовке поверхности обычно составляет от 50 до 80% общей стоимости окрасочных работ. Поскольку эта стоимость обычно пропорциональна достигаемому уровню чистоты поверхности, то следует выбрать либо уровень подготовки, соответствующий системе покрытия, либо систему покрытия, соответствующую уровню подготовки, который может быть реально достигнут.

Во избежание загрязнения поверхности веществами, стимулирующими коррозию, а также с целью снижения стоимости очистных работ следует избегать хранения изделий и конструкций, подлежащих окрашиванию, в промышленной или морской атмосфере.

Насколько возможно, следует производить подготовку поверхности, когда коррозия стали по стандарту ИСО 8501-1 оценивается степенью А или между А и В.

После очистки следует как можно быстрее нанести слой межоперационной грунтовки.

Во время выпадения осадков не следует производить очистку с использованием сухих методов. Если работу все-таки нужно проводить в неблагоприятных условиях, важно принять соответствующие меры предосторожности (укрытия, нагрев поверхности и т.п.).

Для исключения конденсации влаги температура поверхности должна быть выше точки росы не менее, чем на 3°С.

Перед проведением абразивоструйной обработки поверхность необходимо очистить от масел, смазок, грязи и других загрязнителей. При наличии толстого слоя ржавчины ее рекомендуется предварительно снять с помощью ручного или механизированного инструмента.

При наличии на поверхности растворимых солей их следует удалить струей воды до или после абразивоструйной обработки.

Способ подготовки поверхности, тип абразива, чистота поверхности, шероховатость и другие параметры очистки должны быть указаны в договорной и (или) технологической документации на окрасочные работы и не должны противоречить рекомендациям поставщика лакокрасочных материалов.

Если в процессе очистных работ не достигнута необходимая степень подготовки поверхности, то работа должна быть повторена; при этом могут быть использованы другие более подходящие для этого случая методы. В отдельных случаях в плане работ сразу предусматривается использование различных методов подготовки поверхности (например, первоначально пламенная очистка от старой краски и продуктов коррозии, затем абразивоструйная очистка от продуктов горения и для создания оптимального рельефа).

При подготовке ранее окрашенных поверхностей не всегда нужно полностью удалять все предыдущие покрытия. В тех случаях, когда возможно допустить локальное удаление прежнего покрытия, должны соблюдаться следующие условия:

- оставшееся покрытие должно быть совместимо с новым покрытием и не снижать его защитные свойства;
- во время локальной очистки не должны быть повреждены соседние участки;
- это должно быть экономически целесообразно.

5.3. СТАНДАРТЫ 44 шт.

Ниже приводится перечень международных стандартов (ИСО), регламентирующих технологические операции по подготовке поверхности.

ИСО 8501. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Визуальная оценка чистоты поверхности.
Часть 1. Степени коррозии и степени подготовки неокрашенной стальной основы и стальной основы после полного удаления прежних покрытий.
Часть 2. Степени подготовки ранее окрашенной стальной основы после локального удаления прежних покрытий.
Часть 3. Степени подготовки сварных соединений, кромок стали и дефектов поверхности.

ИСО 8502. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Испытания для оценки чистоты поверхности.
Часть 1. Испытания для растворимых продуктов коррозии железа.
Часть 2. Лабораторное определение хлоридов на очищенной поверхности.
Часть 3. Оценка пыли на стальной поверхности, подготовленной для окрашивания (метод липкой ленты).
Часть 4. Руководство по оценке вероятности конденсации влаги перед нанесением краски.
Часть 5. Измерение хлоридов на стальной поверхности, подготовленной для окрашивания (метод обнаружения ионов).
Часть 6. Отбор образцов растворимых загрязнений на окрашиваемой поверхности. Метод Бресли.
Часть 7. Анализ растворимых загрязнений на окрашиваемой поверхности. Методы анализа для загрязнений маслом и жиром.

ИСО 8503. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Характеристики шероховатости поверхности стальной основы, очищенной методом струйной очистки.
Часть 1. Технические условия и определения эталонов сравнения профилей поверхности для оценки поверхностей после абразивоструйной обработки.
Часть 2. Метод классификации профилей стальных поверхностей после абразивоструйной обработки.
Часть 3. Метод калибровки эталонов сравнения профилей поверхности и определение профиля поверхности. Применение микроскопа.
Часть 4. Метод калибровки эталонов сравнения профилей поверхности и определение профиля поверхности. Применение прибора с мерительным штифтом.

ИСО 8504. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Методы подготовки поверхности.
Часть 1. Общие принципы.
Часть 2. Абразивоструйная очистка.
Часть 3. Очистка ручным и механизированным инструментом.

ИСО 11124. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Спецификации металлического абразива для струйной очистки.
Часть 1. Общее введение и классификация.
Часть 2. Песок из закаленного чугуна.
Часть 3. Песок и дробь из высокоуглеродистой стали.
Часть 4. Дробь из низкоуглеродистой стали.
Часть 5. Рубленая стальная проволока.

ИСО 11125. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Методы испытаний металлического абразива для струйной очистки.
Часть 1. Отбор образцов.
Часть 2. Определение распределения по размеру частиц.
Часть 3. Определение твердости.
Часть 4. Определение кажущейся плотности.
Часть 5. Определение процента дефекта частиц и микроструктуры.
Часть 6. Определение посторонних веществ.
Часть 7. Определение влажности.
Часть 8. Определение механических свойств абразива.

ИСО 11126. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Спецификации неметаллического абразива для струйной очистки.
Часть 1. Общее введение и классификация.
Часть 2. Кварцевый песок.
Часть 3. Шлак после рафинирования меди.
Часть 4. Шлак из угольной топки.
Часть 5. Шлак после рафинирования никеля.
Часть 6. Шлак после выплавки железа.
Часть 7. Плавильный оксид алюминия.
Часть 8. Оливиновый песок.
Часть 9. Ставролит.

ИСО 11127. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. методы испытаний неметаллического абразива для струйной очистки.
Часть 1. Отбор образцов.
Часть 2. Определение распределения по размеру частиц.
Часть 3. Определение кажущейся плотности.
Часть 4. Оценка твердости по испытанию на стеклянной пластине.
Часть 5. Определение влажности.
Часть 6. Проведение измерений с целью определения водорастворимых загрязнений.
Часть 7. Определение водорастворимых хлоридов.
Часть 8. Определение механических свойств абразива.

ИСО 4628. Оценка разрушения лакокрасочных покрытий. Определение интенсивности, количества и размеров типовых дефектов.
Часть 1. Основные принципы и шкала оценок.
Часть 2. Определение степени образования пузырей.
Часть 3. Определение степени коррозии.
Часть 4. Определение степени растрескивания.
Часть 5. Определение степени отслаивания.
Часть 6. Определение степени меления с помощью липкой ленты.

ИСО 4627. Лаки и краски. Оценка совместимости материалов с поверхностью, подлежащей окраске. Методы испытаний.

Примечание. По требованию заказчика в договорной или технологической документации на проведение очистных и окрасочных работ может быть указано, что эти работы или отдельные операции должны выполняться в соответствии с национальными или иными стандартами. В этом случае инспектор должен ознакомиться с требованиями этих стандартов и руководствоваться ими.

5.4. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ

5.4.1. Абразивоструйная очистка

При абразивоструйной очистке на подготавливаемую поверхность воздействует поток абразива с высокой кинетической энергией. Абразив разгоняется до высокой скорости (до 150 м/с) потоком воздуха или воды; при соударении с поверхностью металла поток абразива удаляет ржавчину, прокатную окалину, имеющиеся покрытия и другие загрязнения. Одновременно поверхность приобретает характерный рельеф, который способствует лучшей адгезии покрытия с металлом.

Абразивоструйная очистка является наиболее распространенным и эффективным методом подготовки поверхности в силу следующих достоинств:

- высокая производительность; мобильность
- возможность использования как стационарного, так и переносного оборудования;
- возможность обрабатывать разнообразные по форме и материалу конструкции;
- возможность локальной и дозируемой обработки;
- возможность регулирования чистоты и шероховатости поверхности.

Применяется широкий ряд естественных и синтетических абразивов (табл.5.1). Для каждого абразивного материала характерны особенности, определяющие возможные параметры обработки поверхности, производительность, частоту замены и т.п., что позволяет установить предпочтительные области применения.

При выборе абразива необходимо учитывать следующие его характеристики:

- материал (химический состав, удельную массу);
- диапазон размера частиц;
- форму частиц (S,G);
- твердость;
- экономические соображения.

Технические характеристики и методы испытаний абразива изложены в стандартах ИСО 11124, ИСО 11125 (для металлического абразива) и ИСО 11126, ИСО 11127 (для неметаллического абразива).

Абразив должен быть сухим, легко пересыпающимся; в нем должны отсутствовать загрязнения и посторонние частицы, способные ухудшать адгезию и усиливать коррозию металла. Распределение абразива по размерам частиц определяется обычно методом ситовых испытаний, например, по стандарту ИСО 2591-1.

Для выбора наиболее эффективного абразива применительно к каждому конкретному случаю подготовки поверхности рекомендуется проводить предварительные испытания с определением чистоты и шероховатости поверхности, производительности очистки, соответствия требованиям безопасности труда и охраны окружающей среды.

Следует учитывать, что влияние размера частиц абразива на результаты подготовки поверхности весьма существенно для металлических абразивов, так

Галтовка

Таблица 5.1

АБРАЗИВЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ АБРАЗИВОСТРУЙНОЙ ОЧИСТКЕ

Тип абразива				Обозначение (ИСО8504-2)	Получаемый вид шероховатости
Металлический	Чугун	Закаленный		M/CI	G рит песок (крошка)
	Литая сталь	Высокоуглеродистая		M/HCS	G, S
		Низкоуглеродистая		M/LCS	S от дробь
	Рубленая стальная проволока	(сечка)?		M/CW	G, S
Неметаллический	Минеральный абразив	не рекомендуют Кварцевый песок		N/SI	G песок (крошка)
		Оливиновый песок		N/OL	
		Ставролит		N/ST	
		Гранат		N/GA	
	Шлаки	После выплавки железа	Силикат кальция	N/FE	G песок (крошка)
		После рафинирования меди	Купершлак Силикат железа	N/CU	
		После рафинирования никеля		N/NI	
		После доменной плавки	Силикат алюминия 31. к Оруд	N/CS	
		Плавильный оксид алюминия		N/FA	

– дробленые фруктовые косточки
– сухой лёд

Основные характеристики абразивов

Материал	Тип	Средний размер частиц, мм	Твердость	Плотность, г/см³
Чугун	G	2,4 – 0,05	650 [1]	7,0
Сталь литая высокоуглеродистая	S	4,0 – 0,3	390-530 [1]	7,0
	G	2,4 – 0,05	390-710 [1]	
Сталь литая низкоуглеродистая	S	2,8 – 0,3	390-520 [1]	7,0
Купрошлак	G	1,4 – 0,2	min. 6 [2]	3,3 – 3,9
Никельшлак	G	1,4 – 0,2	min. 6 [2]	3,3 – 3,9
Угольный шлак	G	1,4 – 0,2	min. 6 [2]	2,4 – 2,6
Доменный шлак	G	1,4 – 0,2	min. 6 [2]	3,0 – 3,3
Оливин Эл. корунд	G	1,4 – 0,2	min. 6 [2] 8	3,0 – 3,3

Вз раза

$E = \frac{mV^2}{2}$

ф 1мм = 2500000 раз
ф - 0,5 — = 2200000 раз

1) Твердость по Виккерсу
2) Твердость по Моосу, не ниже 6

- Макс. влажность – 0,2% !
- Для N-абразивов:
  - макс. удельн. проводимость водных экстрактов – 25 мС/м
  - макс. содержание хлоридов, растворимых в воде – 0,0025 %

Маркировка абразивов

Абразив ИСО 11124 M/HCS/G 140/570-710 HV

M – металлический
HCS – сталь высокоуглеродистая
G – песок (крошка)
140 – класс (средний размер частиц, мм × 100)
570–710 HV – твердость по Виккерсу

Абразив ИСО 11126 N/CU/G 0,5-1

N – неметаллический
CU – шлак после рафинирования меди
G – песок (крошка)
0,5 – 1 – средний размер частиц, мм

как большая плотность частиц сильно влияет на их кинетическую энергию. Для неметаллических абразивов это влияние менее существенно.

Сбалансированный по размеру частиц состав абразива способствует оптимизации уровня чистоты поверхности, шероховатости, скорости очистки.

Используются различные способы абразивоструйной очистки. Стандарт ИСО 8504-2 содержит описание этих способов, информацию об их эффективности, рациональных областях применения и ограничения в их использовании.

5.4.1.1. Сухая абразивоструйная очистка

Сухая абразивоструйная очистка осуществляется путем включения абразива в воздушный поток и направления потока смеси воздух–абразив с помощью сопла на очищаемую поверхность.

Выпускается большое количество различных установок для сухой абразивоструйной очистки, различающихся по размерам, мощности, подводимому давлению, расходу воздуха и абразива и другим параметрам. Однако принцип действия и общая схема таких установок (рис.5.1) довольно близки. Основные технические характеристики наиболее распространенных переносных абразивоструйных установок приведены в табл.5.2. Для поточного производства часто используются стационарные установки в виде камер или кабин, как правило, большой мощности и с несколькими соплами для одновременной обработки конструкции с разных сторон.

Все установки имеют резервуар для абразива, размер которого должен соответствовать объему очистных работ и требуемой производительности. К конструкции резервуара предъявляются следующие основные требования:

- абразив должен свободно и равномерно поступать в шланг;
- резервуар должен иметь на выходе фильтр в виде сетки для предотвращения засорения шланга и сопла посторонними предметами;
- резервуар должен быть снабжен клапаном для регулирования подачи абразива к соплу.

Сопла подвергаются очень интенсивному износу, на который влияют, главным образом, материал сопла и абразива и скорость движения частиц.

Срок службы сопел из различных материалов в среднем составляет:

- чугун – 6–8 часов;
- керамика – 10–12 часов;
- карбид вольфрама –300–500 часов;
- карбид бора – 500–700 часов;
- специальные твердые сплавы – до 1000 часов.

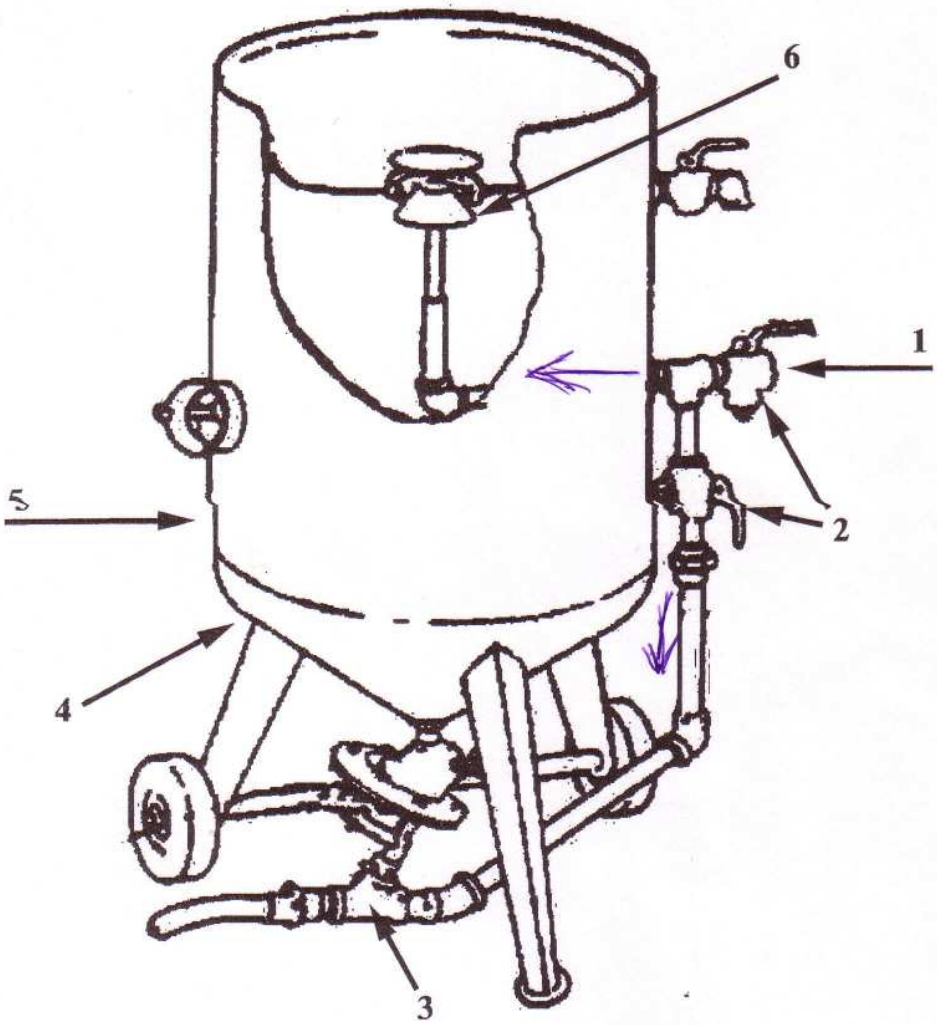


Рис. 5.1. Установка для сухой абразивоструйной очистки:
1 - подача сжатого воздуха; 2 - вентиль регулировки воздуха; 3 - эжектор; 4 - коническое днище; 5 - корпус; 6 - автоматический клапан

с дистанционным управлением (давление воздуха)

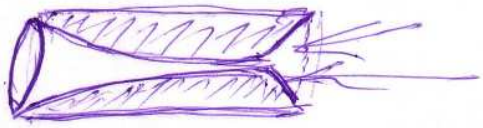


Таблица 5.2

Основные технические характеристики установок для абразивоструйной очистки

Технические характеристики	Единица измерения	Значения для применяемых наиболее часто установок	
		мин.	макс.
Объем бункера для абразива	л	10	300
Длина шланга к пистолету	м	3	50
Масса	кг	20	1000
Рабочее давление воздуха	МПа	0,3	1,2
Расход воздуха	$м^3$/мин	0,5	25
Максимальный размер частиц абразива	мм	1	3
Диаметр сопла	мм	3	20
Производительность очистки до степени $Sa2^1/_2$	$м^2$/ч	0,3	60
Количество одновременно работающих операторов	чел.	1	4

Таблица 5.3

Ориентировочные отношения основных параметров установок для абразивоструйной очистки

Параметры очистки	Значения параметров для различных диаметров сопла, мм						
	6,5	8,0	9,5	11,0	12,5	16,0	19,0
Расход воздуха, $м^3$/мин, при рабочем давлении 0,8 МПа	3	4,3	6,0	7,8	10,0	15,0	22,0
Средняя производительность очистки, $м^2$/ч							
Sa2	10	15	21	28	37	50	65
$Sa2^1/_2$	5	9	14	21	28	38	50
Sa3	4	6	9	13	17	25	33
Средний расход дроби, $кг/м^2$							
Sa2	40	35	32	29	28	26	24
$Sa2^1/_2$	58	51	46	42	40	38	36
Sa3	78	68	62	56	54	51	48

При выборе воздушного шланга соответствующего диаметра следует помнить, что между точкой отбора и приемником всегда происходит падение давления, зависящее от внутреннего диаметра шланга и его длины. Перепад давления воздуха легко измерить при помощи манометра, устанавливаемого на входе воздуха в краскораспылитель (см. рис).

Разница между давлением воздуха, снятым по манометру в точке отбора и давлением на входе в краскораспылитель является мерой перепада эффективного давления. В таблице приведены перепады давления для шлангов внутреннего диаметра 6 и 9 мм и длиной от I,5 до I5 м. /Данные, полученные экспериментально для краскораспылителя с воздушным соплом, расходующим приблизительно 300 л воздуха в минуту при давлении 4 кг/см^2/.

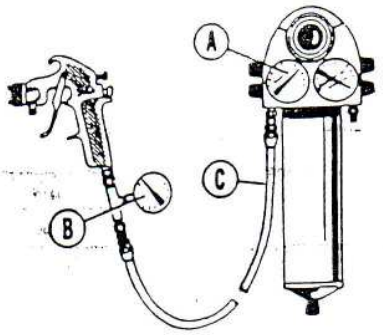


Рис.

Таблица

Внутренний диаметр шланга	Давление, кг/см^2	Перепад давления, кг/см^2					
		I,5м	3м	4,5м	6м	7,5м	I5м
6 мм	2.800	0.420	0.560	0.665	0.770	0.890	I.680
	3.500	0.520	0.700	0.840	0.980	I.I20	I.960
	4.200	0.630	0.875	I.0I5	I.I72	I.330	2.I70
	4.900	0.750	I.0I5	I.I90	I.365	I.575	2.380
	5.600	0.850	I.I55	I.365	I.575	I.785	2.590
	6.300	0.980	I.3I0	I.540	I.764	2.030	2.765
9 мм	2.800	0.I57	0.I92	0.227	0.245	0.280	0.595
	3.500	0.2I0	0.245	0.280	0.3I5	0.350	0.700
	4.200	0.262	0.3I5	0.350	0.385	0.420	0.805
	4.900	0.3I5	0.367	0.420	0.470	0.5I0	0.9I0
	5.600	0.385	0.437	0.490	0.560	0.6I0	I.0I5
	6.300	0.455	0.525	0.595	0.665	0.735	I.I20

ПОТЕРЯ ДАВЛЕНИЯ КРАСКИ В ШЛАНГАХ ПРИ БЕЗВОЗДУШНОМ РАСПЫЛЕНИИ

T7d

Потери давления ЛКМ в шлангах при безвоздушном распылении могут быть очень значительны.

Величина потерь зависит от скорости течения ЛКМ в шланге, т. е. чем выше скорость потока, тем больше потери давления.

Ниже приведены средние (примерные) значения потерь давления ЛКМ на 10 м шланга для традиционных ЛКМ:

A – низковязкие ЛКМ, например, межоперационные грунтовки,

B – средневязкие ЛКМ: алкиды, эмали общего назначения, водные материалы

C - высоковязкие ЛКМ: с высоким сухим остатком, без растворителя.

		Давление, атм	Потеря давления, атм/10 м. п. шланга			
			,019"	.023"	.027"	.035"
Внутренний диаметр шланга =1/4" (6мм)	A	100	2,0	3	4,5	7,5
		150	2,5	4	5,5	9
		200	3,0	4,5	6,5	11
	B	100	20	30	45	75
		150	25	35	50	90
		200	30	45	60	110
	C	100	45	65	95	-
		150	55	80	120	-
		200	65	95	140	-
Внутренний диаметр шланга =3/8" (10мм)	A	100	0,5	0,6	0,9	1,5
		150	0,5	0,7	1,1	1,8
		200	0,6	0,9	1,2	2,1
	B	100	4	6	8,5	15
		150	5	7,5	11	18
		200	6	10	12	22
	C	100	10	15	20	35
		150	10	15	25	40
		200	15	20	30	50
Внутренний диаметр шланга = 1/2" (12мм)	A	100	0,2	0,2	0,3	0,5
		150	0,2	0,25	0,35	0,6
		200	0,2	0,3	0,4	0,7
	B	100	1,5	2	3	5
		150	1,5	2,5	3,5	6
		200	2	3	4	7
	C	100	3	4,5	6	11
		150	3,5	5	7,5	13
		200	4	6	8,5	15

ШЛАНГИ

Шланги вызывают потери давления сжатого воздуха и, соответственно, уменьшение эффективности аппарата в целом.

Следуйте практическому опыту:

1. Применяйте шланги минимум 5/4" с внешними соединениями и обязательное заземление аппаратов.
2. Шланги подачи абразиво-воздушной смеси всегда обуславливают большие потери давления, чем воздушные шланги, поэтому, когда необходимо, применяете как можно короче шланги подачи абразива и длинные шланги подвода сжатого воздуха, т. е. собственно аппарат должен быть расположен как можно ближе к очищаемой поверхности.
3. Не перегибайте шланг, всегда старайтесь уложить его по плавной линии.

ПОТЕРЯ ДАВЛЕНИЯ В ШЛАНГЕ ДЛИНОЙ 10 м, атм /10 м
при давлении 7 атм
(ориентировочные данные)

РАЗМЕР СОПЛА: мм дюйм	8 1/3	9,5 5/16	10 3/8	11 7/16	12 1/2
Расход воздуха, $м^3$/мин	4,6	6,5	7,2	9,1	10,4
Внутренний диаметр воздушного шланга					
½" / 12 мм	> 1 атм	> 1 атм	> 1 атм	> 1 атм	> 1 атм
¾" / 18 мм	0,6	> 1 атм	> 1 атм	> 1 атм	> 1 атм
1" / 25 мм	0,12	0,25	0,33	0,55	0,66
5/4" / 32 мм	0,05	0,10	0,13	0,18	0,20
1 ½" / 38 мм	0,02	0,05	0,06	0,08	0,09

В самом бункере аппарата потеря давления обычно составляет 0,5 – 1 атм.

Большое значение имеют длина и форма внутреннего канала сопла, определяющие скорость частиц абразива. Оптимальная длина сопла составляет не менее 10 диаметров выходного отверстия и обычно находится в пределах 100–250 мм.

В настоящее время преимущественно используются сопла с расширяющимся к выходу каналом (форма трубы Вентури). Это позволяет при одинаковых параметрах (диаметре, давлении, типе абразива и пр.) увеличить скорость частиц в 1,5–1,8 раза, что соответствует увеличению, в 2–3 раза кинетической энергии частиц.

Диаметр сопла обычно выбирается, исходя из эмпирического правила:

диаметр сопла = диаметр наибольшей частицы абразива х 4;

полученная величина округляется до ближайшего размера в сторону увеличения.

Существенным моментом технологии очистки является правильный выбор угла наклона струи абразива и расстояние от сопла до очищаемой поверхности. Наибольшая энергия соударения достигается при 90°С, однако на практике используется угол 60–80°, за счет чего достигается большее пятно обработки и лучший эффект очистки. Расстояние от сопла до поверхности обычно выбирается оператором с учетом различных факторов и находится в пределах 200–400 мм.

С диаметром сопла непосредственно связан расход воздуха (а отсюда и параметры компрессора) и, в конечном итоге, производительность очистки и расход дроби. В табл.5.3 показано соотношение этих величин для случая очистки стального листа с продуктами коррозии степени В по ИСО 8501-1 стальной дробью. В зависимости от исходного состояния поверхности, типа абразива, требуемой чистоты после очистки и других факторов расход абразива может составлять от 20 до 100 кг/м^2.

Непременным требованием при абразивоструйной очистке, особенно сухой, является чистота сжатого воздуха. В составе оборудования должен обязательно находиться масловлагоотделитель; качество подаваемого воздуха должно контролироваться.

После абразивоструйной очистки перед нанесением лакокрасочных материалов поверхность следует очистить от образовавшейся пыли сжатым воздухом или вакуумной очисткой (см.п.5.4.1.2).

Метод сухой абразивоструйной очистки является наиболее универсальным и подходит для очистки практически всех типов изделий и конструкций. С его помощью может быть достигнута степень подготовки Sa3 на конструкциях при всех степенях коррозии, а также ранее окрашенных конструкций.

Недостатками являются большое количество пыли, выделяемой при очистке, и невозможность удаления некоторых недопустимых загрязнений цементный, (водорастворимые продукты коррозии, соли и т.п.).

- толщина металла
- износ комплектующих

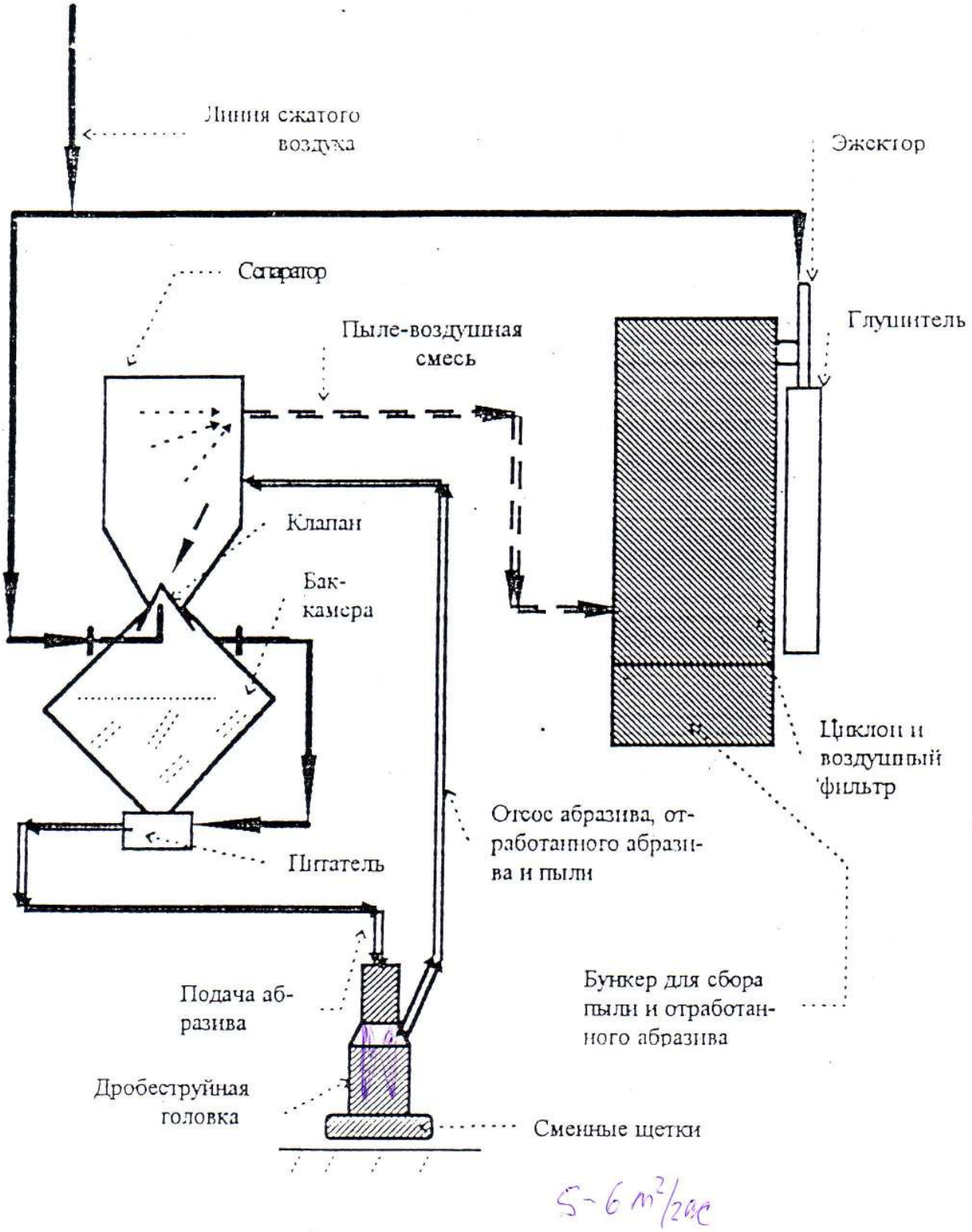


Рис. 1. Принципиальная схема аппарата "Буран"

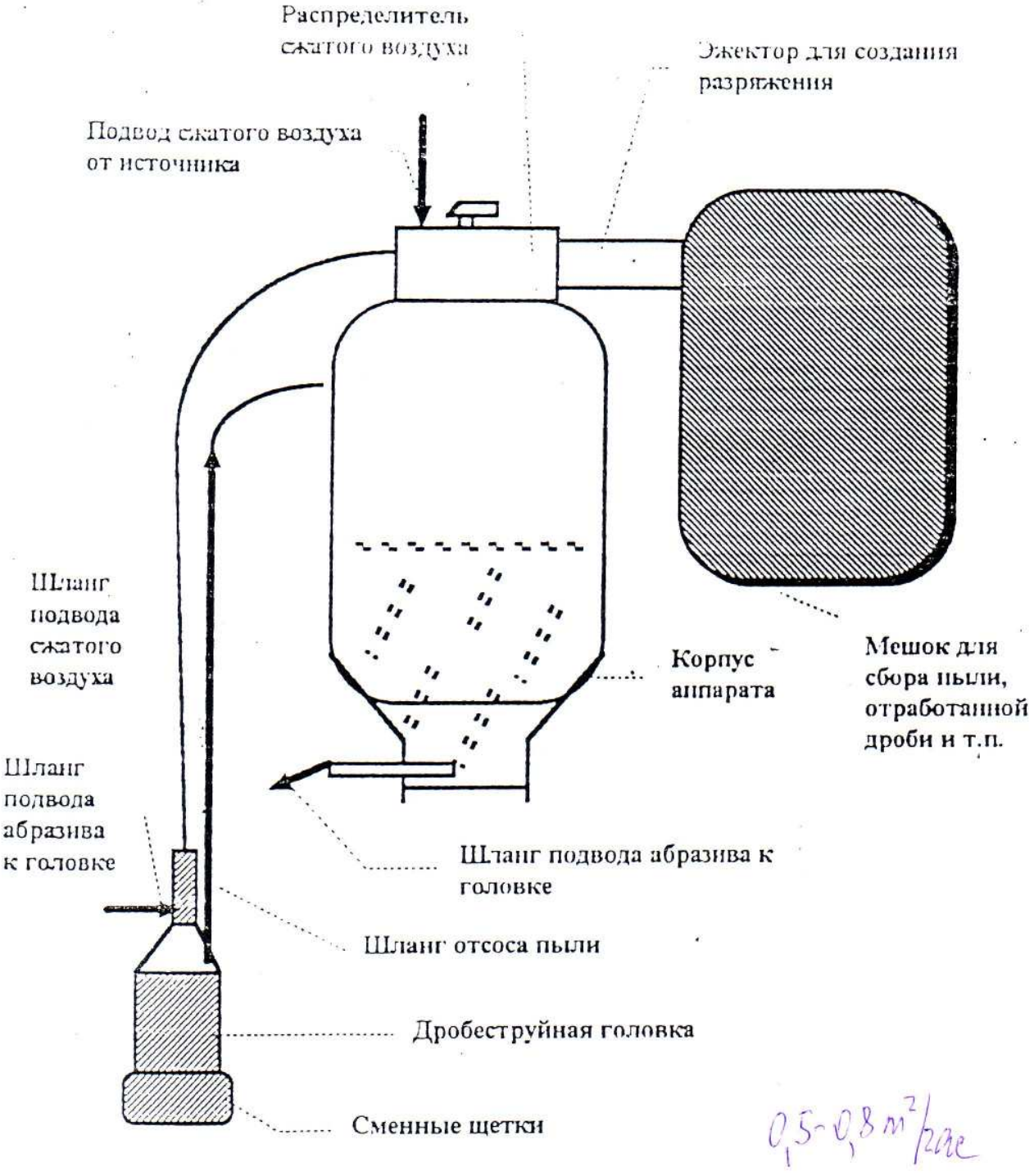


Рис. 2 Принципиальная схема аппарата - пистолета "Вихрь-2"

5.4.1.2. Абразивоструйная очистка с вакуумным отсосом использованного абразива

Данный метод является разновидностью сухой абразивоструйной очистки с добавлением устройства вакуумного отсоса использованного абразива и загрязнителей. Установки поставляются в комплекте со шлангами нагнетания и разрежения и набором специальных насадок для обработки плоских поверхностей, угловых с внутренними и внешними углами, прочих фигурных поверхностей. Установки обеспечивают очистку рабочей зоны от пыли на 95–99%.

Метод применяется, как правило, для локальной очистки, когда недопустимо образование пыли и возможна герметичная установка всасывающей головки на поверхности.

С помощью данного метода может быть достигнута степень подготовки не выше Sa $2^1/_2$; при длительной обработке можно достигнуть степени Sa3, но обычно это экономически нецелесообразно.

Основным недостатком этого метода является большая потеря энергии при одновременном нагнетании и отсосе смеси абразив – воздух, а отсюда и существенное снижение производительности очистки. Так же как при обычной сухой очистке, этот метод не обеспечивает удаление отдельных видов загрязнения.

5.4.1.3. Абразивоструйная очистка с добавлением жидкости

Метод аналогичен сухой абразивоструйной очистке, но дополнительно к смеси абразив – воздух в струю перед соплом вводится небольшое количество жидкости (Рис.5.2). Обычно это чистая вода, но иногда в воду добавляют ингибиторы коррозии; при этом ингибиторы должны быть совместимы с последующим покрытием.

Потребление воды, как правило, не превышает 15–25 л/ч. Этого количества хватает, чтобы избежать особенно вредной мелкой пыли (частицы менее 50 мкм). При необходимости количество воды можно регулировать в зависимости от количества продуктов коррозии на поверхности и, соответственно, количества образующейся пыли.

Данный метод применим для очистки конструкции различных типов и позволяет достигать уровня очистки Sa3 на поверхностях с любой степенью коррозии, а также окрашенных поверхностях.

Качество подготовки поверхности, достигаемое с помощью данного метода, отличается от получаемого при сухой очистке только тем, что поверхность получается увлажненной. Это может привести к появлению очень слабого слоя ржавчины, однако это необходимо учитывать при выборе подходящей системы покрытия.

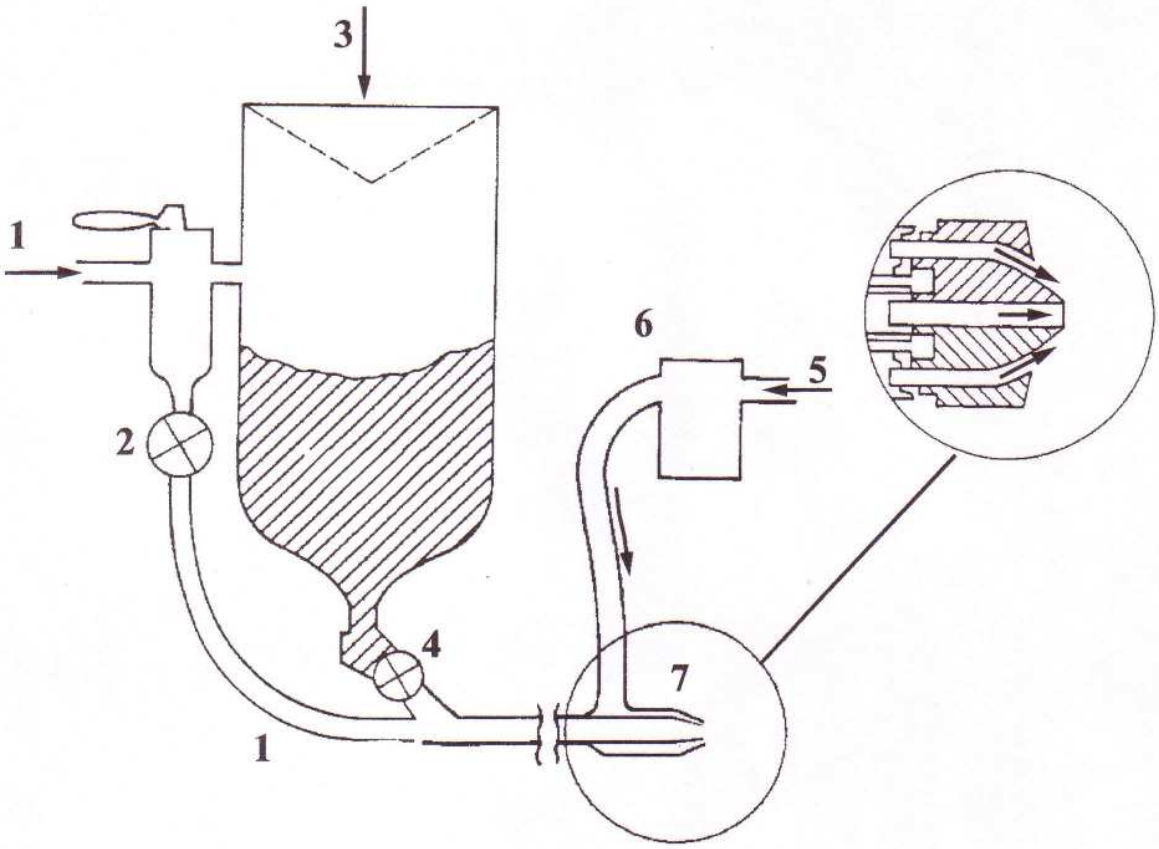


Рис. 5.2. Схема установки для абразивоструйной очистки с добалением жидкости (ингибитора)

1 - подача сжатого воздуха; 2 - вентиль регулировки воздуха; 3 - подача абразива; 4 - вентиль подачи абразива; 5 - подача воды; 6 - водяной насос; 7 - сопло

5.4.1.4. Влажная абразивоструйная очистка

Отличается от вышеуказанного метода (п.5.4.1.3) только количеством добавляемой жидкости. Жидкость может вводиться перед или после сопла (Рис.5.3).

Преимуществом данного метода является возможность удаления с поверхности вместе с продуктами коррозии растворимых солей, а также практически полное пылеудаление.

Недостаток метода состоит в том, что на очищенной поверхности остается жидкая вязкая смесь абразива с продуктами коррозии и различными загрязнениями, которую необходимо удалять сухой продувкой или струей воды. Перед нанесением краски необходимо просушить поверхность; при этом на ней может образоваться тонкий слой ржавчины. При использовании этого метода также ограничивается перечень применяемых абразивов; не рекомендуется использовать металлические абразивы.

5.4.1.5. Гидроабразивная очистка ~8-10 Атм.

Абразив вводится в поток жидкости (обычно чистой воды) и струя направляется через сопло на обрабатываемую поверхность.

Жидкость подается под более высоким давлением и количество абразива обычно меньше, чем при очистке сжатым воздухом. В воду может добавляться ингибитор коррозии, совместимый с последующим покрытием.

С помощью данного метода может достигаться степень подготовки Sa3 при любой степени коррозии исходной поверхности или ранее окрашенной поверхности. Такая очистка позволяет одновременно удалять практически полностью все водорастворимые загрязнения.

Ограничения на применение метода такие же, как при влажной очистке. Необходимо также обращать серьезное внимание на вопросы безопасности труда, так как высокое давление струи представляет опасность для работающих.

В случае обработки крупных объектов (суда, морские и гидротехнические сооружения) нередко используют забортную воду с песком; образующуюся при сушке вторичную ржавчину удаляют методами сухой очистки.

5.4.1.6. Термоабразивная очистка

недостаток: шумные, пожарники, взрываются

Данный метод предназначен для очистки крупногабаритных конструкций от окалины, ржавчины, обрастаний, старой краски, масел, смазок и других загрязнений. Позволяет за счет большой кинетической энергии абразива и нагрева поверхности удалять практически все виды загрязнений и обеспечивать степень очистки Sa3.

Рабочими компонентами для установки служат сжатый воздух давлением 0,5–0,7 МПа и дизельное топливо или керосин. Могут использоваться как металлические, так и неметаллические абразивы.

перспективные – сокращается расход абразива на 3-5 кг/м²

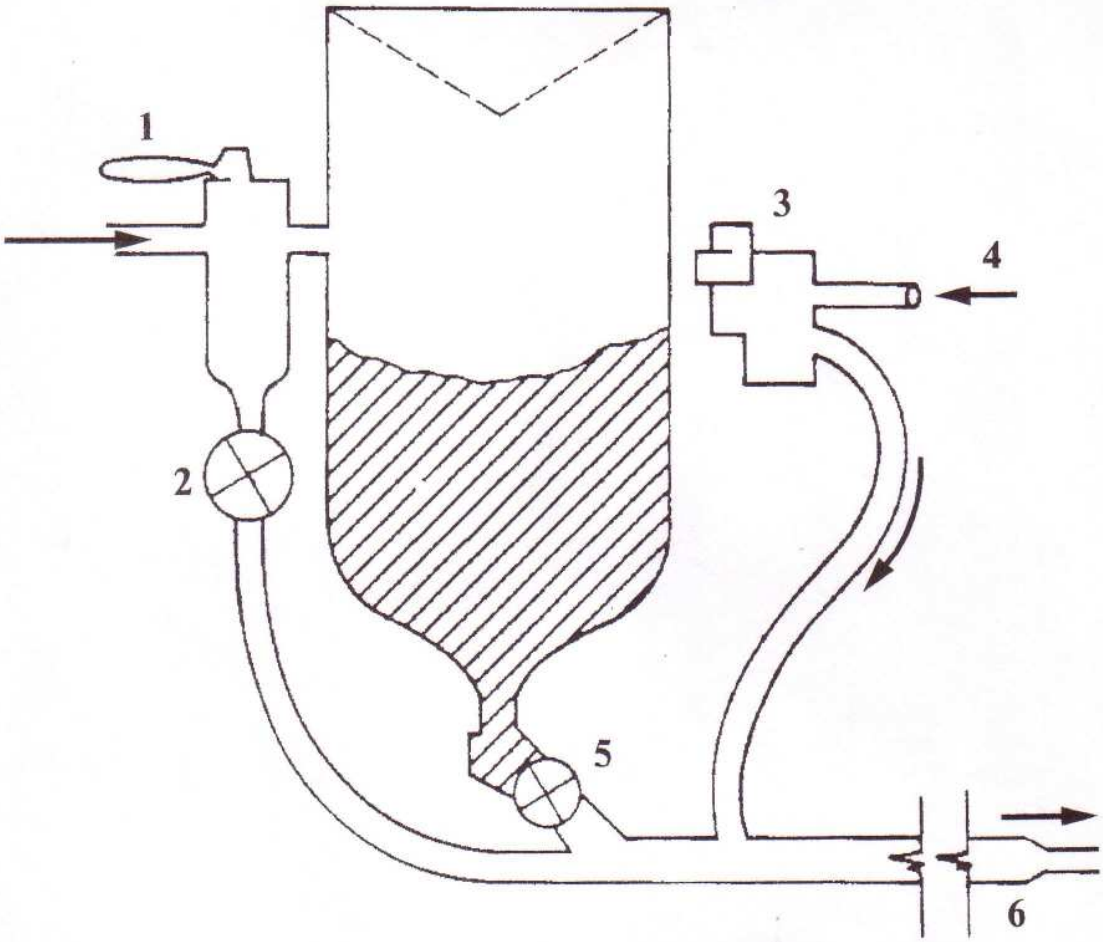


Рис. 5.3. Принцип действия установки влажной абразивоструйной очистки:

1 - подача сжатого воздуха; 2 - вентиль регулировки воздуха; 3 - водяной насос; 4 - подача воды; 5 - вентиль регулировки подачи абразива; 6 - сопло

Установка термоабразивной очистки состоит из блока питания, генератора высокоскоростного потока, емкости с абразивом, топливной емкости с распределителем и соединительных шлангов. Генератор высокоскоростного потока представляет собой жидкостный реактивный двигатель со встроенной подачей аэроабразивной смеси в сверхзвуковую струю продуктов сгорания, что дает высокую производительность очистки и меньшую запыленность в сравнении с обычной сухой абразивоструйной очисткой. Система зажигания представляет собой запальную свечу напряжением 1,2–1,5 В.

Установкой управляют два оператора; очистка может производиться практически в любых погодных условиях при любых температурах воздуха. После очистки требуется обдувка сжатым воздухом для удаления остатков абразива и пыли. Производительность очистки составляет до 50 м^2/ч.

Недостатком данного метода является сильный шум, требующий использования индивидуальных средств защиты органов слуха для операторов и людей, находящихся поблизости.

5.4.2. Дробеметная очистка

Дробеметная очистка отличается от абразивоструйной тем, что поток дроби создается не сжатым воздухом, а в результате центробежной силы от вращающегося с большой скоростью (2500–3000 об/мин) ротора с лопатками, выбрасывающими веерообразным потоком абразив на очищаемую поверхность. Такой способ подготовки поверхности в 5–10 раз производительнее дробеструйного и значительно дешевле. Он используется в условиях непрерывной обработки деталей с доступными поверхностями, например, листового и профильного проката в поточных линиях. В большинстве случаев установки дробеметной очистки – это стационарные сооружения с закрытыми камерами и циркуляцией абразива в замкнутой системе.

метод – стационарный

При использовании данного метода достигается степень подготовки поверхности Sa3 стали со всеми степенями коррозии. В дробеметных установках используется металлический абразив (литая и колотая стальная или чугунная дробь).

5.4.3. Гидравлическая очистка

Гидроочистка заключается в обработке поверхности струей воды, подаваемой под высоким (до 200 МПа) давлением насосом через сопло. Требуемое давление зависит от типа и количества загрязнений. Обычно метод гидроочистки используют для удаления водорастворимых загрязнений (солей, растворимых отложений), рыхлой ржавчины, разрушенных или с низкой адгезией лакокрасочных покрытий, морских обрастателей, водорослей и т.п.

Для удаления масел и жировых загрязнений в воду добавляют поверхностно-активные вещества, которые затем удаляют струей чистой воды.

Гидроочистка имеет высокую производительность и относительно низкую стоимость, однако ее применение сдерживается невозможностью удаления окалины и плотной ржавчины, а также необходимостью осушения поверхности после очистки. Наибольшее применение этот метод нашел в судоремонте, где с

ОЧИСТКА ВОДОЙ
Определения и стандарты

Применение воды при очистке – не только для удаления солей, но и для удаления старых покрытий, ржавчины, масел или грязи – один из наиболее перспективных методов подготовки поверхности перед окраской.

Это экологически безопасный метод, его достоинством также является отсутствие абразива, соответственно, меньше изнашиваются насосы и исключается необходимость удаления абразива из обрабатываемых пространств, кроме того это наилучший способ удаления старых прокорродировавших покрытий, например, в балластных танках, не говоря уже о том, что это самый эффективный способ удаления водорастворимых солей с поверхности.

Этот метод пока еще требует четких определений и соответствующих стандартов по подготовке поверхности, в настоящее время эта работа активно проводится.

Наилучшим вариантом на сегодняшний день является NACE/SSPC Joint Standard SP 12 " Подготовка и очистка поверхности стали и других материалов с применением **водоструйного метода при высоком и ультравысоком давлении перед перекраской**":

ОПРЕДЕЛЕНИЯ:

- **очистка водой при низком давлении (LP WC)** – давление менее 340 атм;
- **очистка водой при высоком давлении (HP WC)** – давление 340-680 атм;
- **водоструйная очистка при высоком давлении (HP WJ)** – давление 680–1700 атм;
- **водоструйная очистка при ультравысоком давлении (UHP WJ)** – давление выше 1700 атм.

ВИЗУАЛЬНЫЕ ГРАДАЦИИ СТЕПЕНИ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ:

Условия	Описание (визуально, без увеличительного стекла)
WJ-1	Поверхность должна быть очищена от всех присутствовавших ранее видимых загрязнений: ржавчины, старых покрытий, окалины и др. и иметь матовый металлический вид.
WJ-2	Поверхность должна быть очищена до матового металлического вида и по крайней мере на 95% от всех присутствовавших ранее видимых загрязнений и содержать не более 5% по площади отдельных пятен коррозии, старого покрытия и др.
WJ-3	Поверхность должна быть очищена до матового металлического вида и по крайней мере 2/3 площади должно быть свободно от всех присутствовавших ранее видимых загрязнений, кроме окалины, а оставшаяся 1/3 площади может содержать только отдельные пятна коррозии, старого покрытия и посторонних загрязнений.
WJ-4	С поверхности должны быть удалены все непрочно держащиеся: ржавчина, окалина, покрытия.

его помощью удаляют продукты биообрастания и разрушенное лакокрасочное покрытие. Перед нанесением нового покрытия поверхность высушивают, а при необходимости подвергают повторной очистке сухими методами.

5.4.4. Очистка ручным и механизированным инструментом

Очистка ручным и механизированным инструментом обеспечивает, как правило, худшую чистоту и рельеф поверхности по сравнению с абразивоструйной очисткой. К тому же зачастую она оказывается и более трудоемкой и дорогостоящей. Поэтому этот метод следует использовать в тех случаях, когда указанные выше методы высококачественной подготовки поверхности по каким-либо соображениям неприемлемы.

Для ручной очистки применяются специальные заточенные молотки, различной формы скребки, шпатели, стамески, ручные проволочные щетки, абразивные шкурки, зубила. Обычно ручной инструмент используют на начальном этапе очистки для удаления относительно легко снимаемых загрязнителей.

Механизированный инструмент с пневматическим или электрическим приводом более производителен. Используются вращающийся ударный инструмент (шарошки), проволочные щетки (угловые и торцовые), молотки различной конфигурации, иглофрезы, зачистные машины с абразивной шкуркой, абразивные круги и другие инструменты.

При использовании ручного и механизированного инструмента необходимо принять меры для предотвращения чрезмерной шероховатости поверхности и, наоборот, полировки поверхности или остаточной окалины.

При очистке ручным и механизированным инструментом необходимо в первую очередь удалить толстые слои ржавчины, а также видимые масло, смазку и грязь.

5.4.5. Термическая очистка

При термическом способе очистки окалину, ржавчину, старую краску, жировые загрязнения удаляют при помощи специальных газокислородных горелок различной формы. При нагревании окалина, имеющая меньший по сравнению с металлом коэффициент теплового расширения, растрескивается и отслаивается. Ржавчина при термической обработке теряет влагу и превращается в рыхлые оксиды железа, которые легко удаляются проволочными щетками. Органические загрязнения (старая краска, масла, смазки и т.п.) возгоняются, разлагаются или сгорают при нагревании до 400–500°C.

Термические способы очистки экономичны и производительны, однако неприменимы для конструкций из тонколистового металла, так как нагревание может вызвать их деформацию. Обычно термическая обработка требует последующей дополнительной механической или химической очистки от продуктов сгорания.

5.4.6. Химические способы очистки

Химическую очистку используют при обезжиривании поверхности, удалении оксидов металлов (травлении) и снятии старых покрытий.

5.4.6.1. Обезжиривание

Химическое обезжиривание основано на растворении, эмульгировании и разрушении (омылении) жиров и масел.

В качестве обезжиривающих веществ нашли применение:

- органические растворители;
- водные моющие растворы;
- эмульсии растворителей в воде.

Органические растворители. Основное распространение для этих целей получили алифатические и хлорированные углеводороды (уайт-спирит, дихлорэтан, тетрахлорметан, метиленхлорид и др.), обладающие высокой активностью по отношению к загрязнениям, стабильностью, низким поверхностным натяжением, умеренной летучестью.

Обработку растворителями проводят в жидкой и паровой фазах. Недостатком органических растворителей является их токсичность и пожаро и взрывоопасность.

Водные моющие растворы. Их действие основано на химическом разрушении омыляемых жиров и масел и эмульгировании неомыляемых. Особенно большой эффект достигается при использовании водных растворов щелочных электролитов с добавками поверхностно–активных веществ.

Для обезжиривания черных металлов обычно применяют растворы с концентрацией щелочей 30–100 г/л, имеющие pH 10–13. Растворы для обезжиривания цветных металлов имеют, как правило, более низкие значения pH.

Обезжиривание ускоряется при повышении температуры и механическом воздействии. На этом принципе основан пароструйный метод очистки. Недостатком водных моющих растворов является их замерзание даже при небольших отрицательных температурах.

Эмульсии растворителей в воде. Они сочетают многие достоинства очистки органическими растворителями и водными щелочными растворами, в частности, высокую активность с пониженной токсичностью и пожаро и взрывоопасностью. Доля растворителей составляет от 5 до 50%; для стабилизации состава вводят поверхностно-активные вещества.

Технологический процесс обезжиривания независимо от вида обезжиривающего вещества включает в себя следующие операции:

- обработка раствором;
- промывка;
- сушка;

Обработку проводят либо погружением, либо распылением (по возможности в закрытых камерах).

Непонятнение ПАВ – хорошо

5.4.6.2. Травление

Очистка поверхности травлением сводится к растворению оксидов (окалины, ржавчины) и поверхностного слоя металла, восстановлению оксидных соединений и их отрыву выделяющимся водородом. Травлению подвергают изделия, предварительно очищенные от механических и жировых загрязнений.

В качестве травильных растворов для черных металлов наиболее широко используют серную, соляную и ортофосфорную кислоты с различными добавками.

Серная кислота более активно взаимодействует с железом, чем с оксидами, поэтому при травлении растворяется не более 20% окалины. Кислота проникает в поры и трещины окалины, растворяет поверхностный слой металла и тем самым нарушает его связь с окалиной. Образуется значительное количество шлама, имеет место наводороживание и охрупчивание стали. Наиболее часто используют кислоту с концентрацией 150–200 г/л, процесс травления ведут при температуре 50–80°C.

В соляной кислоте удаление окалины происходит преимущественно в результате ее растворения, снижение массы окалины достигает 50% и более. Травление в соляной кислоте удовлетворительно идет при температурах 20–60°C, оптимальная концентрация кислоты 100–150 г/л.

Часто применяют смесь серной и соляной кислот, при этом снижается коррозия стали. Еще более эффективным является введение в состав травильных растворов ингибиторов коррозии. Промывка!

Травление в фосфорной кислоте используют реже из-за ее меньшей активности. Ее используют обычно для удаления ржавчины. Достоинством фосфорной кислоты является возможность одновременно с травлением пассивировать сталь образующимися нерастворимыми фосфатами железа.

Кислые соли фосфорной кислоты остаются при плохой промывки

Кислотное травление проводят в ваннах или в струйных камерах; продолжительность процесса обычно составляет в первом случае около 30 мин, во втором – около 5 мин. После травления изделия промывают последовательно горячей и холодной водой, а затем нейтрализуют остаточную кислоту слабокислыми или слабощелочными растворами.

Для удаления продуктов коррозии с поверхности крупногабаритных конструкций иногда применяют травильные пасты. Их изготовляют путем введения в травильные растворы различных загустителей. Пасты наносят на поверхность шпателем, выдерживают несколько часов, затем промывают поверхность и высушивают.

Травление металлов (черных и цветных) можно проводить одновременно с их обезжириванием. С этой целью в состав травильных растворов вводят поверхностно-активные вещества или приготовляют эмульсии органических растворителей в кислотах.

Тщательная промывка поверхности!

5.4.6.3. Удаление старых покрытий

Химический способ удаления старых лакокрасочных покрытий среди других способов (выжигание, механическая очистка) считается наиболее эффективным. Удаление основано на растворении, набухании или химическом разрушении материала пленки, т.е. превращении твердой пленки в состояние, при котором она легко снимается с поверхности механическим путем.

Для этого используют смывки – жидкие или пастоообразные составы на основе щелочей, кислот и смесей органических растворителей.

Неорганические щелочные составы изготовляют на основе едкого натра (100–300 г/л) с добавлением щелочных солей; в качестве загустителей используют мел и оксид кальция.

Органические смывки представляют собой сложную смесь растворителей с добавлением замедлителей испарения (парафина, воска и т.п.), загустителей (аэросила, эфиров целлюлозы, древесной муки), разрыхлителей (различных кислот), поверхностно-активных веществ и ингибиторов коррозии.

Алкидные, масляные, виниловые покрытия удаляются относительно легко. Труднее разрушаются пленки с трехмерной структурой (эпокидные, полиуретановые). Для них применяют смывки с растворителями, обладающими высокой диффузией, например, метиленхлоридом.

Удаление покрытий с небольших по размерам изделий производят погружением в ванну; на поверхность крупногабаритных конструкций составы наносят кистью или шпателем. Продолжительность очистки зависит от типа покрытия и смывки. Например, для набухания покрытия, состоящего из трех слоев алкидной эмали, требуется в зависимости от активности состава смывки от 10 до 30 мин. Набухшее покрытие удаляют ручным скребком или струей воды.

5.5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ

5.5.1. Общие требования

В задачу инспектора входит тщательный пооперационный контроль всего технологического процесса подготовки поверхности, включая:

- качество используемых материалов;
- работоспособность оборудования, технологической оснастки, приборов контроля;
- квалификацию персонала;
- соответствие климатических условий требованиям технологической документации на проведение очистных работ;
- параметры технологического процесса;
- качество выполнения отдельных технологических операций;
- соблюдение правил техники безопасности и охраны окружающей среды (см.также п.1.2).

Выбранный способ обработки поверхности должен соответствовать требуемой степени очистки согласно стандарту ИСО 8504.

Используемый при абразивоструйной очистке абразив должен соответствовать требуемым степеням чистоты и шероховатости поверхности, согласно стандартам ИСО 11124 и ИСО 11126. При необходимости качество абразива контролируется по методам стандартов ИСО 11125 и ИСО 11127.

Используемый при обработке поверхности сжатый воздух должен быть очищен от влаги и масла с помощью масловлагоотделителя.

Очистное и вспомогательное оборудование, приборы контроля, технологическая оснастка, индивидуальные средства защиты должны находиться в работоспособном состоянии, что должно быть засвидетельствовано в соответствующих документах.

Операторы очистных работ, контролеры должны иметь подтвержденную документально квалификацию, соответствующую виду выполняемой работы. Весь персонал должен обладать необходимыми знаниями по технике безопасности и охране окружающей среды.

При оценке исходного состояния поверхности и результатов очистки производится визуальный осмотр всей поверхности. Отдельные испытания и измерения, предусмотренные технологической документацией (определение шероховатости, содержания пыли, солей и др.), производятся обычно на каждой крупной обособленной части конструкции или на каждых 100 м^2 поверхности.

На каждом месте производится не менее трех измерений и рассчитывается средняя величина. Количество необходимых измерений и критерии качества подготовки поверхности устанавливаются, как правило, по каждому контролируемому показателю в технологической документации и рекомендациях поставщика краски.

Перед началом работы инспектор должен внимательно изучить требования технической документации к подготовке поверхности. Различные документы (стандарты, контракты, технологические инструкции, рекомендации поставщика

красок) не должны содержать противоречивые требования к подготовке поверхности. Если таковые все-таки имеют место, то все противоречия должны быть устранены до начала очистных работ.

5.5.2. Оценка исходной поверхности без покрытия

Оценка состояния исходной поверхности производится инспектором с целью определения возможной и/или необходимой степени очистки, а также выбора оптимального метода (или методов) подготовки поверхности. Оценке подлежат:

- степень коррозии;
- наличие дефектов;
- наличие жировых и масляных загрязнений.

Оценка степени коррозии производится по стандарту ИСО 8501-1.

Степени коррозии определяются описаниями и фотографиями типичных примеров состояния исходной поверхности и служат для идентификации поверхности конкретных объектов.

Установлены следующие четыре степени коррозии:
A – поверхность стали, покрытая в большой степени прочно прилегающей прокатной окалиной, но практически без ржавчины;
B – поверхность стали, начавшая ржаветь, и с которой начинает отставать прокатная окалина;
C – поверхность стали, с которой прокатная окалина исчезла в результате ржавления или с которой она может быть удалена и на которой наблюдаются отдельные коррозионные повреждения при обычном рассмотрении;
D – поверхность стали, с которой прокатная окалина исчезла в результате ржавления и на которой наблюдается общая коррозия при обычном рассмотрении.

Осмотр поверхности производится при хорошем рассеянном дневном свете или искусственном освещении, при этом состояние поверхности сравнивается с эталонными фотографиями без увеличения. Если состояние поверхности оценивается как промежуточное между двумя смежными степенями, то принимается степень с более интенсивной коррозией.

Дефекты поверхности оцениваются по стандарту ИСО 8501-3. Осмотру и оценке подлежат сварные швы, острые кромки, зазоры, углы, утолщения и т.п., имеющие место на окрашиваемой конструкции. Сварные швы должны быть ровными, на них не должно быть остатков флюса, сварочного града и других инородных объектов. Острые кромки всех элементов окрашиваемого объекта должны быть округлены; радиус округлений не должен быть менее 2 мм (Рис.5.4).

Наличие жировых и масляных загрязнений на исходной поверхности оценивается визуально или с помощью протирки поверхности чистой салфеткой. В зависимости от результата оценки определяется необходимость (или отсутствие таковой) обезжиривания поверхности до проведения механической очистки.

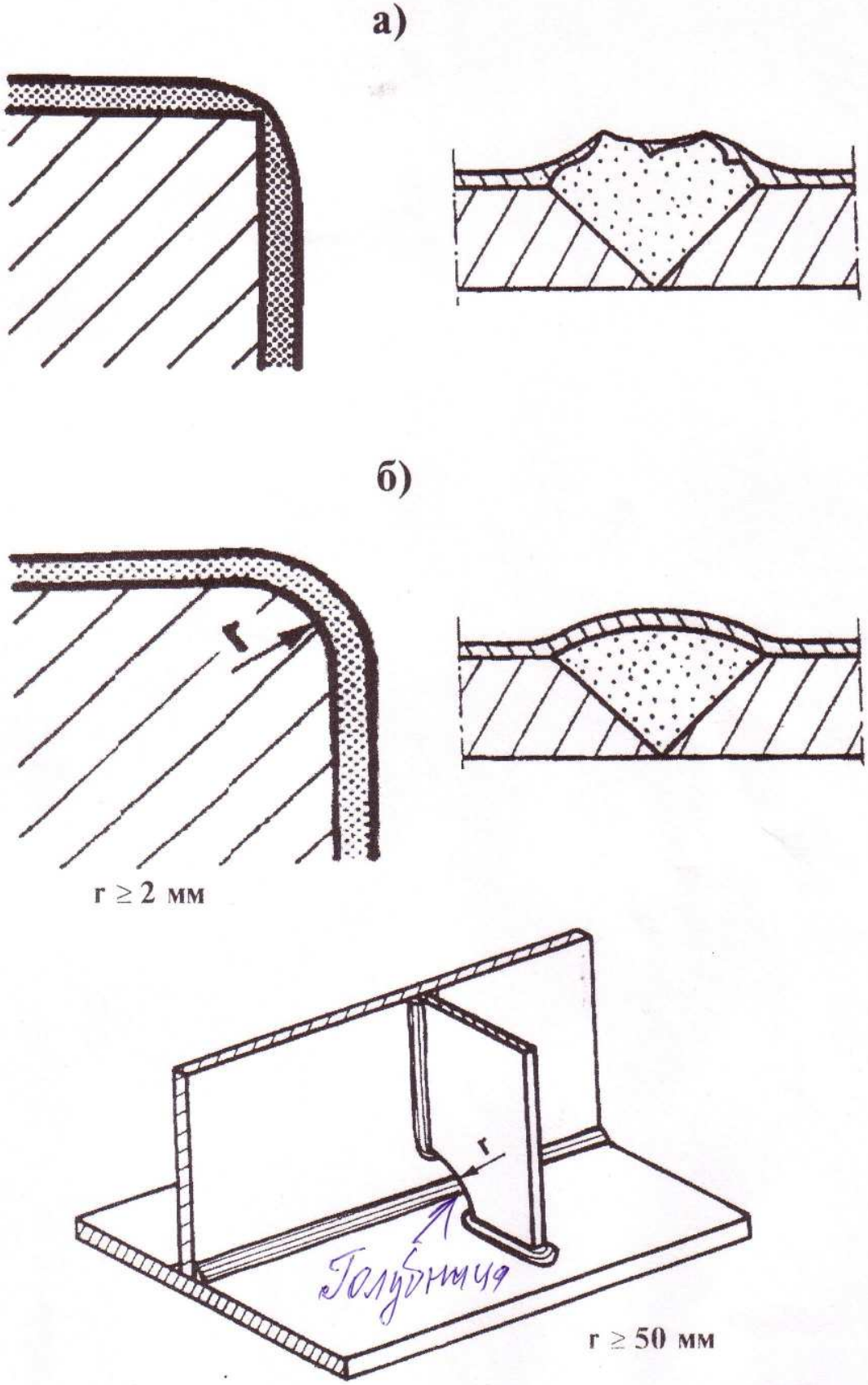


Рис. 5.4. Характерные дефекты поверхности:

а - неправильное исполнение кромок и сварных швов;

б - правильное исполнение конструктивных элементов окрашиваемого объекта

Обеспиривание
ГОСТ 402

1. по ценке воды 30"
2. протерке салфеткой - чит
3. Метод капли: наносят каплю растворит. и промокают
4. мелом

5.5.3. Оценка степени разрушения ранее окрашенной поверхности

Пример

Оценка производится по стандарту ИСО 4628 (часть 1–6), при этом количественно оцениваются следующие виды разрушения покрытий:

- пузыри, (S-сайд-5 размер (плотность - первый показатель
- коррозия металла под покрытием, 5S4
- растрескивание, (направленное и хаотическое) (5,S4, 2 глубина) (А, Б, В)
- отслоение, (направленное, хаотическое) 5,S5 2 глубина (А,Б)
- меление. 4

с помощью гибкой ленты. не путать с пылью (смести)

ГОСТ 9-407-87

Стандарт устанавливает общую систему для определения интенсивности, количества и размера дефектов, которые оценивают в баллах от 0 до 5. Балл 0 означает отсутствие дефектов; балл 5 – наличие настолько сильных повреждений, что покрытие можно считать разрушенным; баллы от 1 до 4 – промежуточные степени разрушения.

Пример записи результатов оценки:

- пузыри 2 (S2), плотность 2
- растрескивание 2 (S4),В,
- меление 3.

Данная запись означает, что на окрашенной поверхности наблюдается незначительное количество (балл 2) мелких пузырей (размер балл 2), небольшое количество (балл 2) трещин шириной до 1 мм (балл 4) с глубиной проникновения до металла (В); меление средней интенсивности (балл 3) по всей поверхности.

На основании оценок отдельных видов разрушения складывается обобщенная интегральная оценка характера и интенсивности разрушения покрытия. Отсюда делается заключение о необходимости либо локального удаления разрушенного покрытия, либо его полной очистки до металла.

5.5.4 Контроль подготовленной поверхности, ранее не окрашенной или после полного удаления прежних покрытий

5.5.4.1. Контроль чистоты поверхности

Оценка степени чистоты поверхности производится по стандарту ИСО 8501-1 (в части очистки от продуктов коррозии и прежних покрытий) и по стандарту ИСО 8502 (в части очистки от растворимых веществ, пыли, жиров и масел).

Степени очистки от продуктов коррозии и прежних покрытий определяются описаниями и фотографиями типичных примеров вида поверхности после очистки.

Каждая степень чистоты поверхности обозначается соответствующими буквами и цифрами, указывающими на исходное состояние поверхности (для ранее неокрашенных поверхностей), способ подготовки поверхности и степень очистки. Например, А Sa3.

Оценка исходного состояния поверхности (степени коррозии) характеризуется степенями А,В,С,D (см. п.5.5.2).

легкая ржавчина
свининг - легкая обдувка
пластинг - пескоструйка

Способ подготовки поверхности обозначается следующим образом:
Sa – абразивоструйная очистка;
St – очистка ручным или механизированным инструментом;
Fl – термическая (пламенная) очистка.

непригодная под краску

Степени абразивоструйной очистки характеризуются следующим образом:
Sa1 – легкая очистка. При осмотре без увеличения поверхность должна быть свободной от видимых масла, смазки, грязи, а также от слабопристающих окалины, ржавчины, краски и посторонних частиц.

плохо

Sa2 – тщательная очистка. При осмотре без увеличения поверхность должна быть свободной от видимых масла, смазки и грязи, а также от большей части прокатной окалины, ржавчины, краски и посторонних частиц. Любые оставшиеся загрязнения должны приставать прочно.

Sa2$^1/_2$ – очень тщательная очистка. При осмотре без увеличения поверхность должна быть свободной от видимых масла, смазки и грязи, а также от прокатной окалины, ржавчины, краски и посторонних частиц. Любые оставшиеся следы загрязнений должны выглядеть только как легкое окрашивание в виде пятен или полос.

Экономически не целесообразно

Sa3 – очистка до визуально чистой стали. При осмотре без увеличения поверхность должна быть свободной от видимых масла, смазки и грязи, а также от прокатной окалины, ржавчины, краски и посторонних частиц. Она должна иметь однородную металлическую окраску.

Степени очистки ручным и механизированным инструментом характеризуются следующим образом:

St2 – тщательная очистка. При осмотре без увеличения поверхность должна быть свободной от видимых масла, смазки, грязи, а также от плохо пристающих прокатной окалины, ржавчины, краски и посторонних частиц.

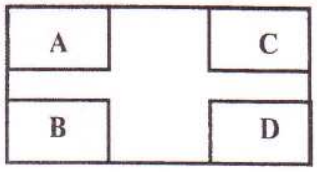
St3 – очень тщательная очистка. Как St2, но поверхность должна обрабатываться более тщательно для получения металлической окраски.

Примечание. Степень St1 отсутствует в стандарте, так как легкая очистка ручным и механизированным инструментом будет соответствовать поверхности не пригодной для окрашивания.

Пламенная очистка характеризуется одной степенью - Fl. При осмотре без увеличения на поверхности не должны быть видны прокатная окалина, ржавчина, краска и посторонние частицы. Любые оставшиеся загрязнения должны выглядеть только как слабое окрашивание поверхности (оттенки различных цветов).

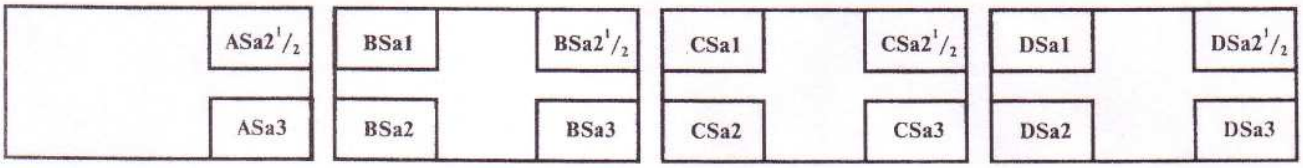
На рис. 5.5 показаны все установленные стандартом ИСО 8501-1 степени коррозии и степени чистоты поверхности для различных методов очистки. Пустые места на схеме, где должны были бы располагаться степени А Sa1, А Sa2, А St2, А St3, говорят о том, что такие степени чистоты невозможны. Стандарт содержит 28 фотографий, соответствующих указанным степеням коррозии и чистоты поверхности.

Степени коррозии

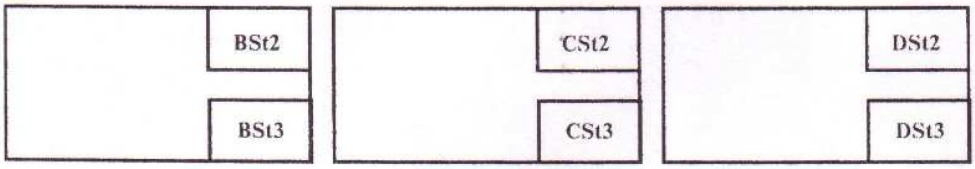


Степени чистоты поверхности

Абразивоструйная очистка



Очистка ручным и механизированным инструментом



Пламенная очистка

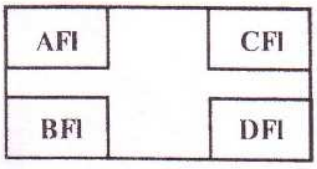


Рис. 5.5

Степени коррозии и степени чистоты поверхности, регламентируемые ИСО 8501-1

В случае ранее окрашенных поверхностей, подготовленных для нового окрашивания, следует использовать для сравнения только фотографии с обозначением степеней коррозии D или C (например, D Sa2 или C Sa2); выбор между ними зависит от конкретного коррозионного состояния поверхности.

Оценка качества очистки поверхности от растворимых продуктов коррозии, пыли, хлоридов и т.п. производится методами, регламентируемыми стандартом ИСО 8502 (части 1–7). Необходимость такого контроля специально оговаривается в соответствующей документации.

Испытания по определению растворимых продуктов коррозии железа (ионов Fe^{2+}) выполняются по методам стандарта ИСО 8502-1 с использованием индикаторной ленты. Метод позволяет определять загрязнения с содержанием растворимых соединений железа в пределах от 5 до 250 мг/л. Допускается использовать для этих целей также другие методы с применением индикаторов в виде эмульсий, схемы измерения электропроводности раствора, визуальной оценки и др.

По стандарту ИСО 8502-2 производится определение хлоридов на очищенной поверхности. Метод основан на смывании хлоридов на определенной площади определенным количеством воды и титрованием полученного раствора с помощью нитрата ртути. О количестве хлоридов судят по количеству получившегося осадка хлорида ртути. Об окончании титрования, т.е. об отсутствии в растворе свободных ионов хлорида, судят по изменению цвета раствора, содержащего дифенилкарбазон.

Содержание пыли на очищенной поверхности определяют по стандарту ИСО 8502 –3. Для этого используется прозрачная липкая лента, на которую собирается пыль с поверхности. Степень загрязнения по количеству и размерам частиц определяют в баллах от 0 до 5 путем сравнения с эталонами данного стандарта.

Стандарт ИСО 8502-6 регламентирует простой и недорогой метод определения растворимых загрязнений с помощью гибких ячеек, приклеиваемых к поверхности (метод Бресли). В ячейку впрыскивается шприцем определенное количество растворителя, который через некоторое время этим же шприцем вытягивается обратно и поступает на анализ, например, определение электропроводности. По величине электропроводности судят о степени загрязнения поверхности.

5.5.4.2. Контроль шероховатости поверхности

Параметры шероховатости поверхности определяются по стандарту ИСО 8503-2 только для случая очистки абразивоструйным методом поверхности, ранее неокрашенной или после полного удаления прежних покрытий.

Установление параметров шероховатости производится с помощью эталонов сравнение ИСО, технические характеристики которых соответствуют стандарту ИСО 8503–1. Эталоны сравнения используются двух типов (S и G –см. п.5.1) и представляют собой плоские пластины, разделенные на четыре сегмента с различной строго калиброванной шероховатостью (Рис.5.6).

Параметры шероховатости по ИСО 468 (ГОСТ 2789)

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля

$$R_a = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^{n} |y_i|$$

R_z – высота неровностей профиля по 10 точкам. Сумма средних арифметических абсолютных отклонений точек пяти наибольших минимумов и пяти наибольших максимумов профиля в пределах базовой длины

$$R_z = \frac{1}{5} \cdot \left(\sum_{i=1}^{5} |H_{i\,max}| + \sum_{i=1}^{5} |H_{i\,min}| \right)$$

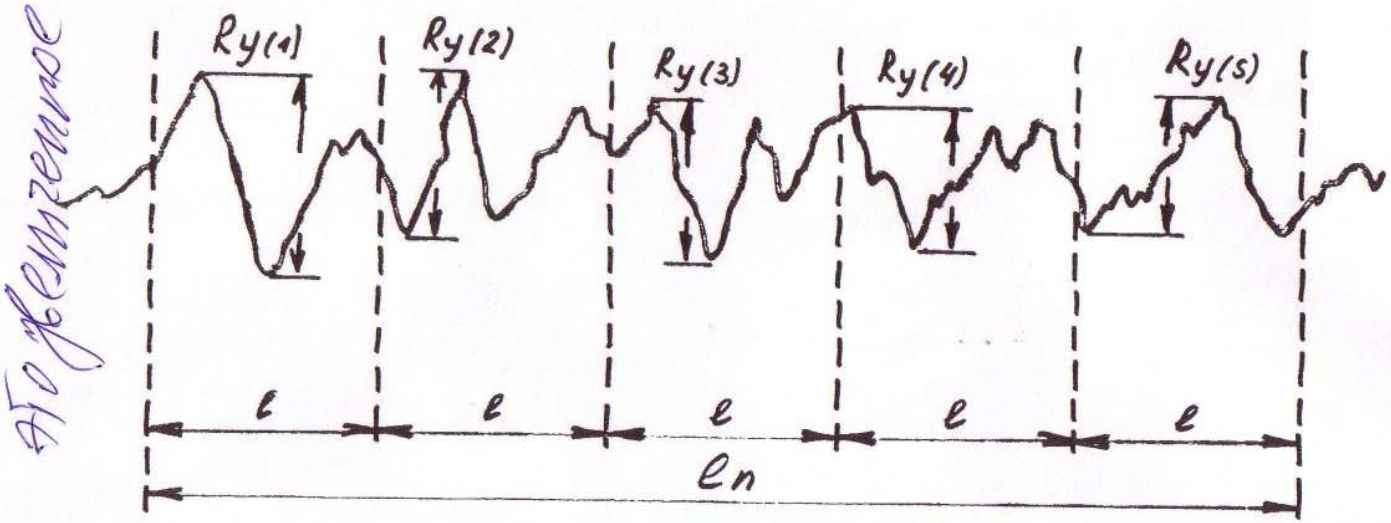
R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля. Расстояние между линией выступов и линией впадин профиля в пределах базовой длины

$$R_{max} = |H_{max}| + |H_{min}|$$

Ориентировочно: $R_z \approx 4 \div 6\, R_a$

$R_{max} \approx 6\, R_a$

Проверяет комиратор микротопов
Плодиломер
Оптимальная широковатость от 40 до 90



$$R_{y5} = \frac{R_{y(1)} + R_{y(2)} + R_{y(3)} + R_{y(4)} + R_{y(5)}}{5}$$

$$\bar{R}_{y5} = \frac{\sum_{10}^{1} R_{y5}}{10}$$ (10 - число измерений на различных l_n)

l_n - длина оценки (12,5 мм)

l - длина выборки (2,5 мм)

135б

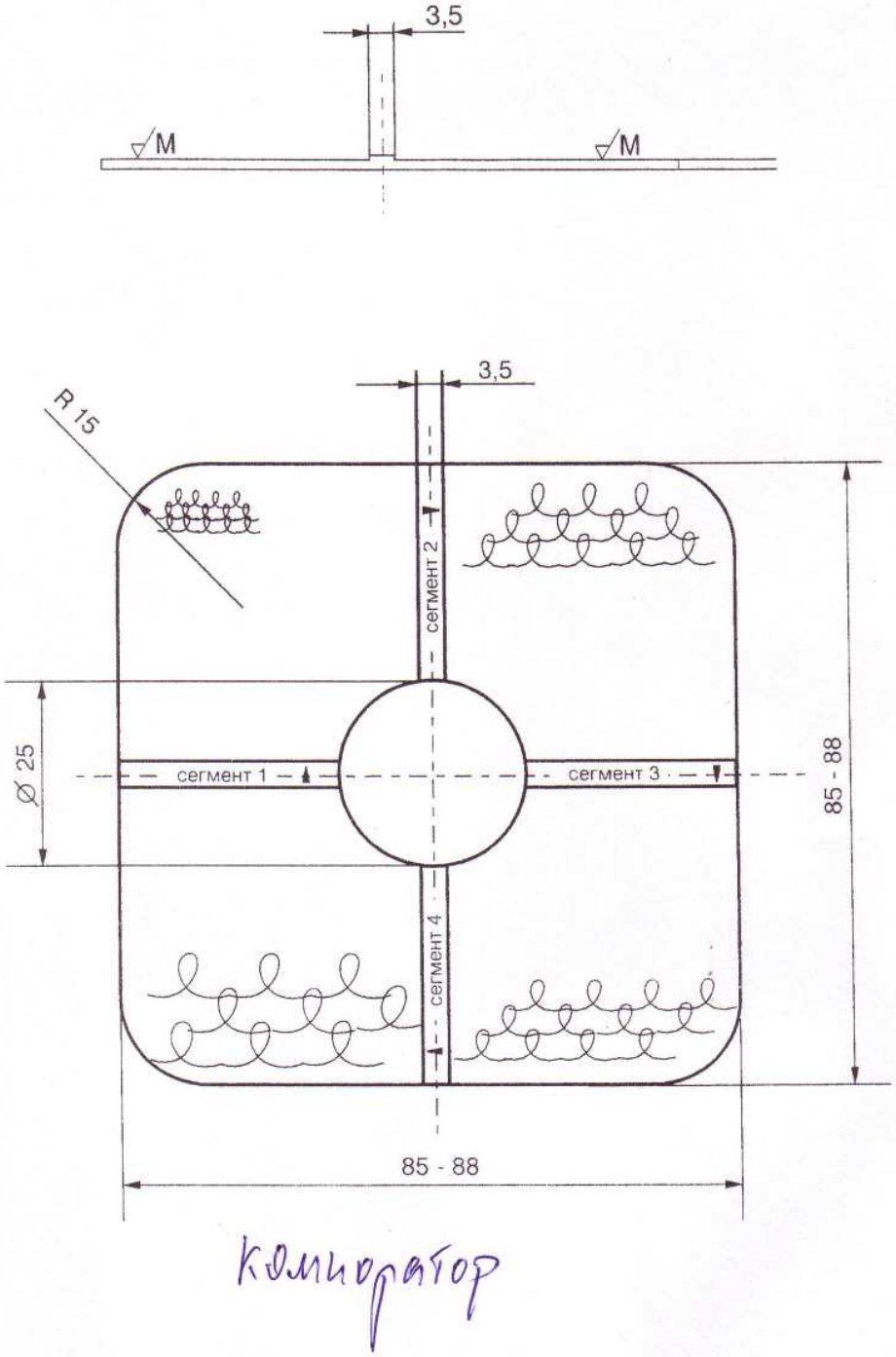


Рис. 5.6. Эталон сравнения (ИСО 8503) для оценки шероховатости поверхности после абразивоструйной очистки

Оценка степени шероховатости по эталонам сравнения ИСО 8503

Очистка G

Сегмент	Номинальное значение, мкм	Допуск ±, мкм
1	25	3
2	60	10
3	100	15
4	150	20

Очистка S

Сегмент	Номинальное значение, мкм	Допуск ±, мкм
1	25	3
2	40	5
3	70	10
4	100	15

Степени шероховатости (G и S)

Оценка	Номера сегментов
Тоньше тонкой	< 1
Тонкая	от 1 до 2, но исключая 2
Средняя	от 2 до 3, —"— 3
Грубая	от 3 до 4, —"— 4
Грубее грубой	≥ 4

8503 ИСО 5 методов – профилометр, профилограф, микроскоп, репликт, электронный прибор (иголка по поверхности)
компаратор S или G
лупа 7х

Эталоны сравнения требуют осторожного обращения. При обнаружении их износа или в случае сомнения в оценке шероховатости поверхности эталоны следует ликвидировать или подвергнуть повторной калибровке согласно стандартам ИСО 8503-3 или ИСО 8503-4.

Стандарт ИСО 8503-2 регламентирует визуальный и осязательный метод оценки шероховатости. Процедура определения шероховатости исследуемой поверхности включает следующие действия контролера:
1) очистка поверхности от пыли и мусора;
2) подбор эталона сравнения (S или G), соответствующего профилю исследуемой поверхности;
3) сравнение шероховатости исследуемой поверхности поочередно с четырьмя сегментами эталона. При необходимости для этого можно использовать лупу с увеличением не более 7. Сравнение производится при расположении эталона рядом с исследуемым участком поверхности;
4) определение группы шероховатости исследуемой поверхности:
тонкая – шероховатость между сегментами 1 и 2, но ниже, чем сегмента 2;
средняя – шероховатость между сегментами 2 и 3, но ниже, чем сегмента 3;
грубая – шероховатость между сегментами 3 и 4, но ниже, чем сегмента 4.

Если шероховатость исследуемого участка ниже нижней границы группы "тонкая", то она оценивается как "очень тонкая", если шероховатость выше верхней границы группы "грубая", то она оценивается как "очень грубая".

Если визуальная оценка затруднена, то может быть использована осязательная оценка путем легкого "царапания" внутренней поверхностью ногтя пальца поочередно исследуемой поверхности и сегментов эталона.

В случае сомнений в результате визуальной оценки шероховатости параметры шероховатости могут быть оценены в соответствии со стандартами ИСО 8503-3 (метод с использованием микроскопа) или ИСО 8503-4 (применение прибора с мерительным штифтом).

5.5.5. Контроль подготовленной поверхности после локального удаления прежних покрытий

Оценка степени подготовки поверхности производится по стандартам ИСО 8501-2 (в части локальной очистки от прежних покрытий) и ИСО 8502 (в части очистки от растворимых веществ, пыли, жиров и масел).

Степени подготовки определяются описаниями и фотографиями стандарта ИСО 8501-2 типичных примеров вида поверхности после очистки.

Каждая степень подготовки поверхности обозначается соответствующими буквами и цифрами, указывающими на способ и степень подготовки. Например, P Sa2; буква P означает, что производится локальное удаление ранее нанесенного покрытия.

Способ подготовки поверхности обозначается следующим образом:
Sa – абразивоструйная очистка;
St – очистка ручным или механизированным инструментом;
Ma – очистка шлифованием (наждачной бумагой или щетками).

Степени абразивоструйной подготовки характеризуются следующим образом:

P Sa2 – Тщательная локальная очистка. Прочно приставшие прежние лакокрасочные покрытия должны оставаться неповрежденными. При осмотре без увеличения на поверхности не должны быть видны масло, смазка, грязь, слабопристающая краска; допускается небольшое количество прокатной окалины, ржавчины и посторонних частиц на очищенных от покрытия участках. Любые оставшиеся загрязнения должны быть прочно приставшими.

P Sa2$^1/_2$ – Очень тщательная локальная очистка. Прочно приставшие прежние лакокрасочные покрытия должны оставаться неповрежденными. При осмотре без увеличения на поверхности не должны быть видны масло, смазка, грязь, слабопристающая краска, прокатная окалина, ржавчина и посторонние частицы. Любые оставшиеся следы загрязнений должны выглядеть только как легкое окрашивание в виде пятен или полос.

P Sa3 – Локальная очистка до визуально чистой стали. Прочно приставшие прежние лакокрасочные покрытия должны оставаться неповреждеными. При осмотре без увеличения на поверхности не должны быть видны масло, смазки, грязь, слабопристающая краска, прокатная окалина, ржавчина и посторонние частицы. На очищенных от покрытия участках поверхность должна иметь однородную металлическую окраску.

Примечание. Степень подготовки P Sa1 отсутствует, так как такая поверхность будет непригодной для окрашивания.

Степени подготовки ручным и механизированным инструментом характеризуется следующим образом:

P St2 – Тщательная локальная очистка. Прочно приставшие лакокрасочные покрытия должны оставаться неповрежденными. При осмотре без увеличения на поверхности не должны быть видны масло, смазка, грязь, слабопристающая краска, прокатная окалина, ржавчина и посторонние частицы. Поверхность должна иметь однородную металлическую окраску.

P St3 – Очень тщательная локальная очистка. Как для P St2, но поверхность, подлежащая очистке, должна обрабатываться более тщательно для получения металлической окраски.

Подготовка шлифованием характеризуется одной степенью:

Хуже чем P St2

PMa – Прочно приставшие прежние лакокрасочные покрытия должны оставаться неповрежденными. При осмотре без увеличения на поверхности не должны быть видны масло, смазка, грязь, слабопристающая краска, прокатная окалина, ржавчина и посторонние частицы. Любые оставшиеся следы загрязнений должны выглядеть только как легкое окрашивание в виде пятен или полос.

Оставшиеся после подготовки поверхности прежние лакокрасочные покрытия при необходимости, т.е. при наличии соответствующих требований в технической документации на производство окрасочных работ или рекомендаций поставщика краски, подвергают обработке с целью придания шероховатости.

Очистка от солей (метод Бресли) Жемнее - 112 мг/м² - требует
солей меньше 15 мг/м² - хорошо Йотун - 50 мг/м² - и -
больше 250 мг/м² - плохо

Адгезия оставшихся покрытий может быть проверена согласно стандартам ИСО 2409 или ИСО 4624, а также другими подходящими способами.

Оставшиеся покрытия в местах прилегания к очищенным до металла участкам должны иметь плавные переходы (скосы).

Последующие покрытия должны совмещаться с оставшимися покрытиями. Если на этот счет возникли сомнения, то следует оценить совместимость покрытий согласно рекомендациям стандарта ИСО 4627. При отрицательном результате старое покрытие необходимо удалить полностью, либо заменить материал нового покрытия.

Стандарт ИСО 8501-2 содержит набор фотографий, соответствующих типичным случаям локальной очистки ранее окрашенных поверхностей.

Очистка от ныли - рекомендует 2 степень (1-я - очень, очень строго).
4-я

5.5.6. Оформление документации

Выполнение контрольных операций и результаты контроля оформляются документально на всех стадиях подготовки поверхности (см.п.1.2).

В рабочем журнале инспектор ежедневно отмечает все работы, которые ему пришлось выполнять в течение дня, с указанием даты и времени.

Акт контроля оформляется, как правило, на весь объем работы по подготовке поверхности. Однако при большом объеме работ, выполняемом на протяжении сравнительно длительного времени, приемку подготовленной поверхности можно осуществлять в несколько приемов с оформлением актов о частичной готовности. В акте отмечаются результаты контроля техпроцесса подготовки поверхности и качества подготовленной поверхности, включая:

- климатические условия в период выполнения работ;
- марки и качество используемых материалов;
- работоспособность оборудования, технологической оснастки и приборов контроля;
- квалификация персонала;
- параметры технологического процесса;
- состояние исходной поверхности (см.п.п.5.5.2; 5.5.3);
- чистота и шероховатость обработанной поверхности (см.п.п. 5.5.4; 5.5.5).

В акте делается заключение о соответствии качества очистных работ требованиям стандартов и технологической документации и принятии инспектором конкретного объема работ.

В случае каких-либо отклонений от требований стандартов или технологической документации на выполнение очистных работ, которые не были исправлены по замечаниям инспектора, оформляется уведомление о нарушении требований. Уведомление обсуждается представителями заинтересованных сторон (см.п.1.2).

В сводный отчет о контроле качества выполнения окрасочных работ на объекте заносятся основная информация об организации работ и значения основных параметров технологического процесса подготовки поверхности (см. 6.5.5).

Раздел 6

НАНЕСЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

6.1. Общие положения

6.2. Стандарты

6.3. Влияние климатических условий на качество лакокрасочных покрытий

6.4. Технология и оборудование для нанесения лакокрасочных материалов

6.4.1. Пневматическое распыление
6.4.1.1. Принцип распыления. Оборудование
6.4.1.2. Технологические режимы
6.4.2. Безвоздушное распыление
6.4.2.1. Принцип распыления. Оборудование
6.4.2.2. Технологические режимы
6.4.3. Ручные способы
6.4.3.1. Окрашивание кистями
6.4.3.2. Окрашивание валиками
6.4.4. Отверждение лакокрасочных покрытий
6.4.5. Особенности окрашивания неметаллических поверхностей
6.4.5.1. Окрашивание пластмасс и резины
6.4.5.2. Окрашивание дерева
6.4.5.3. Окрашивание бетона
6.4.6. Ремонтное восстановление поврежденных лакокрасочных покрытий

6.5. Контроль качества лакокрасочных покрытий

6.5.1. Общие требования
6.5.2. Контроль климатических условий
6.5.3. Контроль в процессе нанесения лакокрасочных материалов
6.5.4. Контроль сформированного лакокрасочного покрытия
6.5.5. Оформление документации

6.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Независимо от специфики окрашивания того или иного объекта при выполнении окрасочных работ должны соблюдаться некоторые общие положения и требования, характерные для этого вида работ.

Способ нанесения лакокрасочных материалов должен соответствовать реологическим, физико-механическим и другим свойствам этих материалов, что обычно отмечается в рекомендациях поставщика. На выбор способа нанесения влияют также уровень требований к классу покрытия, размеры и конфигурация окрашиваемой поверхности, технические возможности производителя работ и экономические соображения.

При окрашивании должны учитываться специфические особенности отдельных типов лакокрасочных материалов. Например, цинксодержащие краски в процессе их нанесения должны периодически перемешиваться в технологических емкостях. Некоторые противообрастающие материалы имеют ограниченный срок нахождения в атмосфере, после чего они теряют свои защитные свойства. Цинксиликатные краски должны быть полностью отверждены до нанесения последующих слоев.

При нанесении многослойных покрытий рекомендуется подбирать цвета отдельных слоев таким образом, чтобы можно было визуально проконтролировать число слоев наносимого покрытия.

При наличии на окрашиваемой поверхности сварных швов, острых кромок, узких торцевых поверхностей, стыков и т.п. рекомендуется перед окрашиванием всей поверхности наносить на такие места "полосовой" слой краски (грунтовки). Эта операция производится для того, чтобы достичь необходимой общей толщины покрытия. Нанесение "полосового" покрытия предпочтительнее производить кистевым способом.

Большинство работ по окрашиванию судов или других крупногабаритных сооружений требует установки лесов, подмостей, трапов и других приспособлений для обеспечения доступа к поверхности. Эти приспособления не должны препятствовать окрашиванию каких-либо участков поверхности; желательно, чтобы точек их соприкосновения с окрашиваемой конструкцией было как можно меньше. Демонтаж лесов следует производить осторожно, чтобы не повредить покрытие.

Необходимо избегать загрязнения окрашенной поверхности в периоды межслойной сушки покрытия. Все загрязнения должны быть удалены до нанесения следующего слоя.

При выполнении окрасочных работ часто возникает необходимость определить количество краски G (л), потребное для окрашивания определенной площади поверхности S (м^2). При этом исходят из величин толщины сухой пленки покрытия ТСП (мкм), указанной в технологической документации на окрасочные работы, и объемной доли нелетучих веществ в сухой пленке покрытия ДН (%), 100 %. указанной в документации производителя краски. покрытия

Тогда необходимое количество краски определяется по формуле:

$$G = \frac{\text{ТСП} \cdot S \cdot \text{КПК}}{10 \cdot \text{ДН}},$$

объемная доля нелетучих

где КПК (%) – коэффициент, учитывающий потери материала, составляющий ориентировочно: 1,1 – при ручном нанесении; 1,25 – при безвоздушном нанесении; 1,4 – при пневматическом нанесении.

При определении потребного количества грунтовки для нанесения первого грунтовочного слоя следует учитывать шероховатость окрашиваемого металла. При этом реальное количество грунтовки в зависимости от шероховатости поверхности и толщины слоя может оказаться в несколько раз больше расчетной величины.

Т - мокрой плёнки

Т - сухой — " —

$\frac{\text{ТСП}}{\text{ТМП}} \cdot 100\% = \text{ОДН}\%$ объемная доля нелетучих.

РАСЧЕТ РАСХОДА КРАСКИ

Толщина сухой пленки, мкм $ТСП = \frac{ТМП \cdot DH}{100}$

ТМП - толщина мокрой пленки, мкм;
MDH - доля нелетучих, %.

Количество краски, л $G = \frac{ТСП \cdot S \cdot КПК}{10 \cdot DH}$

S - площадь окрашиваемой поверхности, м²
КПК - коэффициент потерь краски при нанесении, принимаемый

Способ нанесения	КПК
ручной	1,1
безвоздушный	1,25
пневматический	1,4

"Потери" краски на шероховатость, л

$$\Delta G = \frac{S \cdot КПШ \cdot 100 \cdot КПК}{DH}$$

КПШ - коэффициент потерь на шероховатость, принимаемый

Шероховатость $\bar{R}y5$,мкм	КПШ, л/м²
30	0,02
45	0,03
60	0,04
75	0,05
90	0,06

6.2. СТАНДАРТЫ

Ниже приводится перечень международных стандартов (ИСО), регламентирующих технологические операции нанесения лакокрасочных материалов:

ИСО 1517. Лаки и краски. Определение высыхания лакокрасочных покрытий с помощью небольших стеклянных шариков.

ИСО 1518. Лаки и краски. Определение стойкости к царапанию.

ИСО 2409. Лаки и краски. Испытание методом решетчатого надреза.

ИСО 2808. Лаки и краски. Определение толщины пленки.

ИСО 2813. Лаки и краски. Определение зеркального блеска пленок красок, не пигментированных металлической пудрой.

ИСО 3668. Лаки и краски. Визуальный метод определения цвета красок.

ИСО 4624. Лаки и краски. Определение адгезии методом отрыва.

ИСО 4628. Оценка степени разрушения лакокрасочных покрытий.
Определение интенсивности, количества и размеров типовых дефектов.
Часть 1. Основные принципы и шкалы оценки.
Часть 2. Определение степени образования пузырей.
Часть 3. Определение степени коррозии.
Часть 4. Определение степени растрескивания.
Часть 5. Определение степени отслаивания.
Часть 6. Определение степени меления с помощью липкой ленты.

ИСО 9117. Лаки и краски. Определение состояния и времени полного высыхания. Метод испытания.

NACE RP 0188. Определение сплошности покрытий.

ASTM D 4752. Измерение МЕК стойкости этилсиликатных (неорганических) обогащенных цинком грунтовок с помощью растворителей.

6.3. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Большое влияние на качество и долговечность лакокрасочных покрытий оказывают климатические условия при выполнении окрасочных работ:

- температура воздуха;
- температура окрашиваемой поверхности;
- влажность воздуха;
- увлажнение поверхности.

Для большинства лакокрасочных материалов естественной сушки рекомендуемый температурный интервал нанесения находится в диапазоне от 5 до 35 °С. Увеличение температуры воздуха или окрашиваемой поверхности сказывается, главным образом, на скорости испарения растворителей или химической реакции отверждения. Поэтому для сокращения времени сушки и отверждения обычно стараются использовать более высокую температуру. Однако при этом не следует забывать, что скорость испарения растворителей не должна быть чрезмерно большой, так как в покрытии могут возникнуть внутренние напряжения, отрицательно влияющие на его свойства. Кроме того, при слишком быстром удалении растворителей из верхнего слоя покрытия вязкость этого слоя возрастает и образуется поверхностная пленка, что затрудняет удаление растворителей из нижних слоев. При дальнейшей сушке пары оставшегося растворителя, стремясь улетучиться, раздувают образовавшуюся пленку, и в ней появляются мелкие пузыри, поры и другие дефекты. При правильном температурном режиме нанесения и сушки улетучивание растворителей происходит постепенно. Скорость реакции в химически отверждающихся лакокрасочных материалах в еще большей степени зависит от температуры. Быстрое отверждение материала при повышении температуры может привести к большим внутренним напряжениям в покрытии, которые обычно успевают релаксировать при более медленной сшивке.

При выполнении работ на открытых площадках необходимо учитывать возможный нагрев окрашиваемой поверхности солнечным излучением. Разница между температурой воздуха и температурой металла может достигать 20 °С. Быстрое испарение растворителей из лакокрасочного материала на нагретой поверхности или быстрое химическое отверждение может препятствовать получению гладкого равномерного покрытия, так как отдельные капли лакокрасочного материала будут высыхать, не успев растечься по поверхности. Поэтому при выполнении контроля климатических условий обязательно следует измерять температуру окрашиваемой поверхности.

При температуре воздуха или окрашиваемой поверхности ниже 5 °С полного отверждения покрытий может не происходить. Многие из лакокрасочных материалов химического отверждения могут при температуре ниже 5 °С образовать покрытие за счет испарения входящих в них растворителей, однако образование необратимого сшитого покрытия при этом не происходит. При температуре ниже 5 °С следует применять только материалы физического отверждения, учитывая при этом увеличение времени сушки при понижении температуры.

В случае выполнения окрасочных работ при отрицательных температурах недопустимо присутствие льда и инея на окрашиваемой поверхности. Также

недопустимо выполнять окрашивание во время осадков (дождя, снега) или по еще влажной поверхности.

Водяной пар является одним из компонентов окружающего воздуха, но его содержание очень сильно изменяется в зависимости от климатического района (от 3% во влажных тропических районах до $2 \cdot 10^{-5}$% в Антарктиде). Чем выше температура, тем больше влаги может содержаться в воздухе. Однако при каждой конкретной температуре влага в воздухе может удерживаться до определенного максимального содержания. Например, при нормальном давлении в 1 $м^3$ воздуха при температуре минус 20 °С может удерживаться 1,07 г воды, а при плюс 20 °С – 17,31 г. В случае понижения температуры избыток влаги будет оседать на поверхности, в случае повышения температуры начинается процесс испарения воды с поверхности и увеличение абсолютного содержания ее в воздухе.

Для практических целей обычно пользуются значениями не абсолютной влажности, а относительной влажности воздуха, которая характеризует опасность выпадения избытка влаги (конденсата) на поверхности.

Относительная влажность воздуха – это отношение количества водяного пара, присутствующего в данном объеме воздуха при данной температуре, к максимальному количеству водяного пара, которое этот объем воздуха может удержать при данной температуре.

Относительная влажность (RH) обычно выражается в процентах. На открытом воздухе относительная влажность обычно изменяется от 50 до 100%. При относительной влажности 100% воздух называется насыщенным.

Температура, при которой воздух становится насыщенным и водяной пар, присутствующий в воздухе, начинает конденсироваться в жидкое состояние, называется точкой росы (конденсации). Вода, которая конденсируется из воздуха может оседать на поверхности, в том числе окрашенные или подготовленные к окрашиванию.

Конденсация воды на поверхности обычно происходит при снижении температуры воздуха. Чем больше исходная относительная влажность воздуха, тем меньший перепад температур требуется для конденсации воды на поверхности. На открытом воздухе конденсация наиболее вероятна в спокойные ясные вечера, когда происходит снижение температуры. Большая вероятность конденсации при изменчивой погоде.

Конденсация также имеет место на холодных поверхностях, окруженных теплым влажным воздухом, например, на наружной поверхности цистерн, если они заполнены холодной жидкостью.

Влага, сконденсированная на поверхности, может привести к нежелательным последствиям:

- вызвать коррозию металла;
- нарушить смачиваемость поверхности лакокрасочным материалом;
- уменьшить сцепление лакокрасочного покрытия с окрашиваемой поверхностью;
- вызвать образование в лакокрсочной пленке дефектов (пор, кратеров, сморщивания).

Увлажнение поверхности – порошок балька слетает – сухая, если не слетает – влажная
Метод кобальтовой бумаги – 15% хлорид кобальта
не надо не высушивают
Способность краски смачивать подложку и сцепляться с поверхностью во многом определяется ее поверхностным натяжением. прилипать к поверхности

Поверхностное натяжение лакокрасочных материалов определяется поверхностной активностью входящих в их состав жидких компонентов. Краски, изготовленные с применением различных пленкообразователей, имеют поверхностное натяжение в пределах 25–57 мДж/м^2. и если изменит цвет с голубого на розовый – есть вода

Поверхностное натяжение воды, сконденсированной на поверхности, составляет 72,7 мДж/м^2, т.е. значительно выше поверхностного натяжения пленкообразующих и растворителей. Поэтому большинство лакокрасочных материалов не могут смачивать влажную поверхность. нужно обдувать горячим теплым воздухом

Исключение составляют водоразбавляемые лакокрасочные материалы. В этом случае присутствующая на окрашиваемой поверхности вода входит в состав лакокрасочного материала в качестве растворителя и испаряется или связывается с компонентами краски в процессе пленкообразования.

спирт-ацетон 1:1 – осушает

Признаком плохого смачивания поверхности является "сбегание" – собирание краски в отдельные островки и капли.

мешки с солью – прокаленной силикагель

Для лакокрасочных материалов, у которых значение поверхностного натяжения близко к поверхностному натяжению воды, при нанесении их на влажную поверхность, характерно образование пористого покрытия, наличие "шагрени", кратеров и т.п.

Конденсация влаги на свежеокрашенной поверхности может вызвать сильное пузырение или шелушение покрытия. Причиной подобного эффекта является смешение воды с растворителями, входящими в лакокрасочный материал, и проникновение ее внутрь жидкой лакокрасочной пленки к поверхности металла, вследствие чего нарушается сцепление лакокрасочного покрытия с металлом.

Основным требованием для исключения конденсации влаги при проведении окрасочных работ является превышение температуры поверхности по отношению к точке росы по крайней мере на 3° С. Если разница между температурой поверхности и точкой росы ниже 3° С, то вероятность конденсации считается высокой.

При относительной влажности воздуха выше 85% резко снижается скорость испарения растворителей из лакокрасочной пленки: при влажности воздуха, близкой к 100%, испарения растворителей практически не происходит. Растворители в этом случае могут диффундировать в нижние (ранее нанесенные) слои покрытия и вызвать их повреждение – пузырение и шелушение.

Поэтому непременным условием при проведении окрасочных работ является обеспечение относительной влажности воздуха ниже 85%. Если относительная влажность воздуха 85% и выше, то условия для окрашивания считаются критическими.

$T_{мет} - T_{конд.} = 3°C$.

отн. влажн.	98	95	92	90	89	85	80
разность температур	0,3	0,5	1,3	1,5	4,8	2,5	3,4

электростатического нанесения.

6.4. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Существует множество способов нанесения лакокрасочных материалов, однако для окрашивания судовых конструкций, а также других крупногабаритных сооружений используются в основном три метода: пневматическое распыление, безвоздушное распыление и ручные способы окрашивания.

6.4.1. Пневматическое распыление

6.4.1.1. Принцип распыления. Оборудование

Принцип пневматического распыления заключается в образовании красочного аэрозоля путем дробления струи жидкого лакокрасочного материала струей сжатого воздуха (рис. 6.1). Образующийся аэрозоль движется в направлении струи воздуха и при ударе об окрашиваемую поверхность коагулирует, т.е. капли сливаются, образуя слой жидкой краски. Сжатый воздух под давлением 0,2–0,6 МПа подается из кольцевого зазора головки распылителя с большой скоростью: качественное распыление происходит при скоростях воздуха 300–450 м/с. В зависимости от места образования смеси краски с воздухом различают форсунки с внешним и внутренним смешением (рис. 6.2). Наиболее распространены краскораспылители с внешним смешением.

В зависимости от конструкции головки отпечаток красочного факела на окрашиваемой поверхности может иметь вид круга или вытянутого овала (рис. 6.3). Овальный факел образует головка, имеющая кроме центрального отверстия дополнительные боковые отверстия. Струи сжатого воздуха, выходя из боковых отверстий, сжимают красочный факел и придают ему овальную форму. Отверстия сверлят под разными углами и на различном расстоянии от центрального отверстия.

Обычно сжатый воздух подается по раздельным каналам к центральному и боковому отверстиям, благодаря чему количество воздуха, подаваемого на сжатие факела, можно регулировать, получая как круглый, так и овальный факел.

Для нанесения двухкомпонентных материалов, имеющих после смешения ограниченную жизнеспособность, используются аппараты, предусматривающие раздельный подвод обоих компонентов к распылительной головке и их смешение в факеле распыляемого материала непосредственно перед его нанесением на окрашиваемую поверхность.

Для нанесения лакокрасочных материалов применяют ручные и автоматические краскораспылители различной производительности: по краске от 0,05 до 0,8 л/мин, по воздуху от 0,03 до 0,6 $м^3$/мин. Эти аппараты обеспечивают производительность при окрашивании от 20 до 600 $м^2$/ч.

Подача сжатого воздуха осуществляется централизованно от сети или, при небольшом объеме работ, от компрессора. Подаваемый воздух очищается от воды, масла и механических загрязнений в маслоотделителе.

$V_{относ} = 100$ м/сек. скорость при которой разбивается жидкая краска

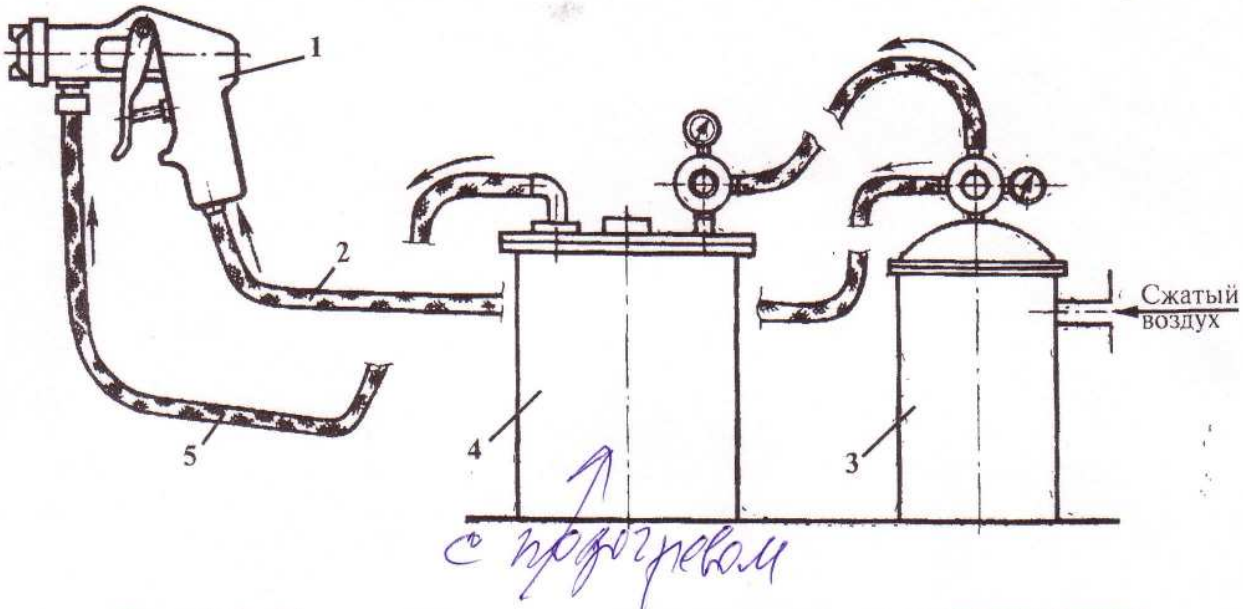


Рис. 6.1. Схема установки для пневматического распыления лакокрасочных материалов:

1 - краскораспылитель; 2 - шланг для подачи сжатого воздуха; 3 - масловодоотделитель; 4 - красконагнетательный бак; 5 - шланг для подачи лакокрасочного материала

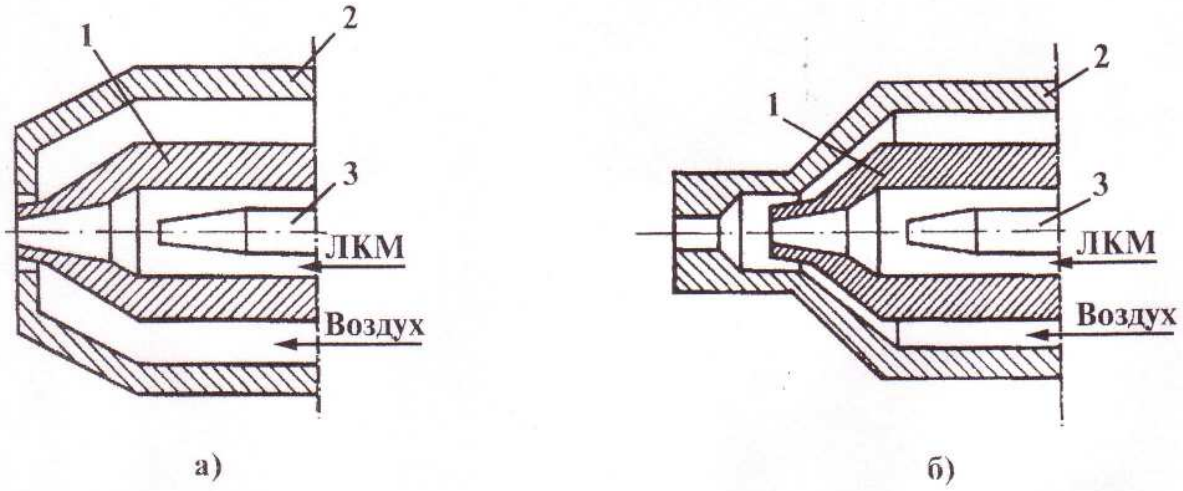


Рис. 6.2. Распылительная головка пневматического распыления внешнего (а) и внутреннего (б) смешения:

1 - материальное сопло; 2 - воздушная головка; 3 - запорная игла

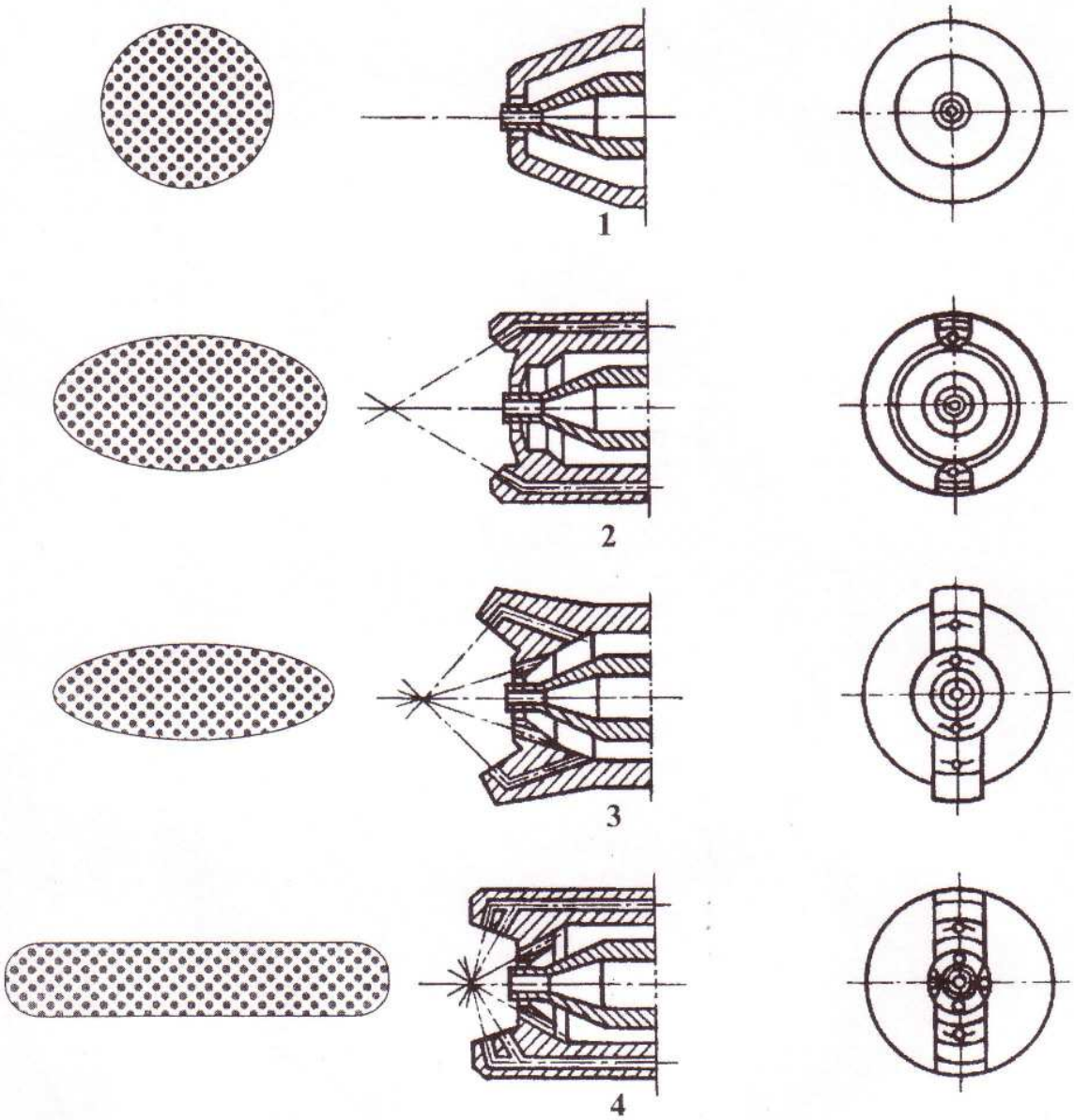


Рис. 6.3. Формы красочного факела пневматических краскораспылителей с различными распылительными головками:
1 - без дополнительных отверстий; 2 - с двумя дополнительными боковыми отверстиями; 3 - с четырьмя дополнительными отверстиями; 4 - с восемью дополнительными отверстиями.

Лакокрасочный материал может подаваться в краскораспылитель из стакана, укрепленного на краскораспылителе, из красконагнетательного бака или из системы централизованной подачи под давлением.

6.4.1.2 Технологические режимы

Качество покрытий во многом зависит от правильного выбора технологических режимов распыления лакокрасочных материалов. Наиболее важными параметрами являются давление и расход сжатого воздуха, соотношение объемов воздуха и распыляемого материала, расстояние от краскораспылителя до окрашиваемой поверхности, вязкость материала.

Высокое давление воздуха, подаваемого на распылитель (более 0,5–0,6 МПа), способствует хорошему распылению, однако вызывает интенсивное туманообразование и большие потери материала. Низкое давление (менее 0,2 МПа) вызывает образование грубодисперсного аэрозоля, что отрицательно сказывается на формировании покрытия. Диаметр капель в факеле колеблется от 6 до 80 мкм в зависимости от параметров материала и распылителя.

Расход воздуха зависит от сечения сопла распылителя и давления воздуха. Распыление проходит удовлетворительно при соотношении разходов воздуха ($м^3$/мин) и краски (л/мин) в пределах 0,3–0,6. Оптимальное расстояние от сопла до окрашиваемой поверхности составляет 200–400 мм. Краскораспылители имеют сменные сопла, диаметр которых находится в пределах 1,0–3,0 мм; меняя сопла можно изменять производительность при распылении.

При пневмораспылении температура лакокрасочных материалов при выходе из сопла форсунки резко снижается. Это связано с затратами тепла на расширение воздуха при истечении струи и испарение растворителей, что приводит к значительному повышению вязкости материала и ухудшению его растекания. Поэтому приходится либо использовать материалы с заведомо более низкой вязкостью, либо подогревать его. Оптимальная температура нагрева лакокрасочных материалов зависит от природы пленкообразующего и находится в пределах 60–80 °С. Если при этих температурах распылять краску, то при соприкосновении с поверхностью она приобретает температуру, близкую к комнатной (рис. 6.4). Рекомендуется также подогревать и поступающий воздух. Не рекомендуется нагревать материалы, у которых при нагреве уменьшается жизнеспособность (эпоксидные, полиуретановые и др.).

Нагревание лакокрасочных материалов позволяет значительно повысить эффективность и экономичность процесса окрашивания. Благодаря снижению вязкости при нагревании появляется возможность применять более вязкие материалы без использования разбавителей. Например, нагревание алкидных эмалей позволяет уменьшить расход разбавителей на 40%. Одновременно сокращается число наносимых слоев вследствие увеличения их толщины.

К преимуществам пневматического распыления следует отнести:

- высокую производительность;
- возможность применения почти в любых производственных условиях при наличии источника сжатого воздуха и вентиляции;

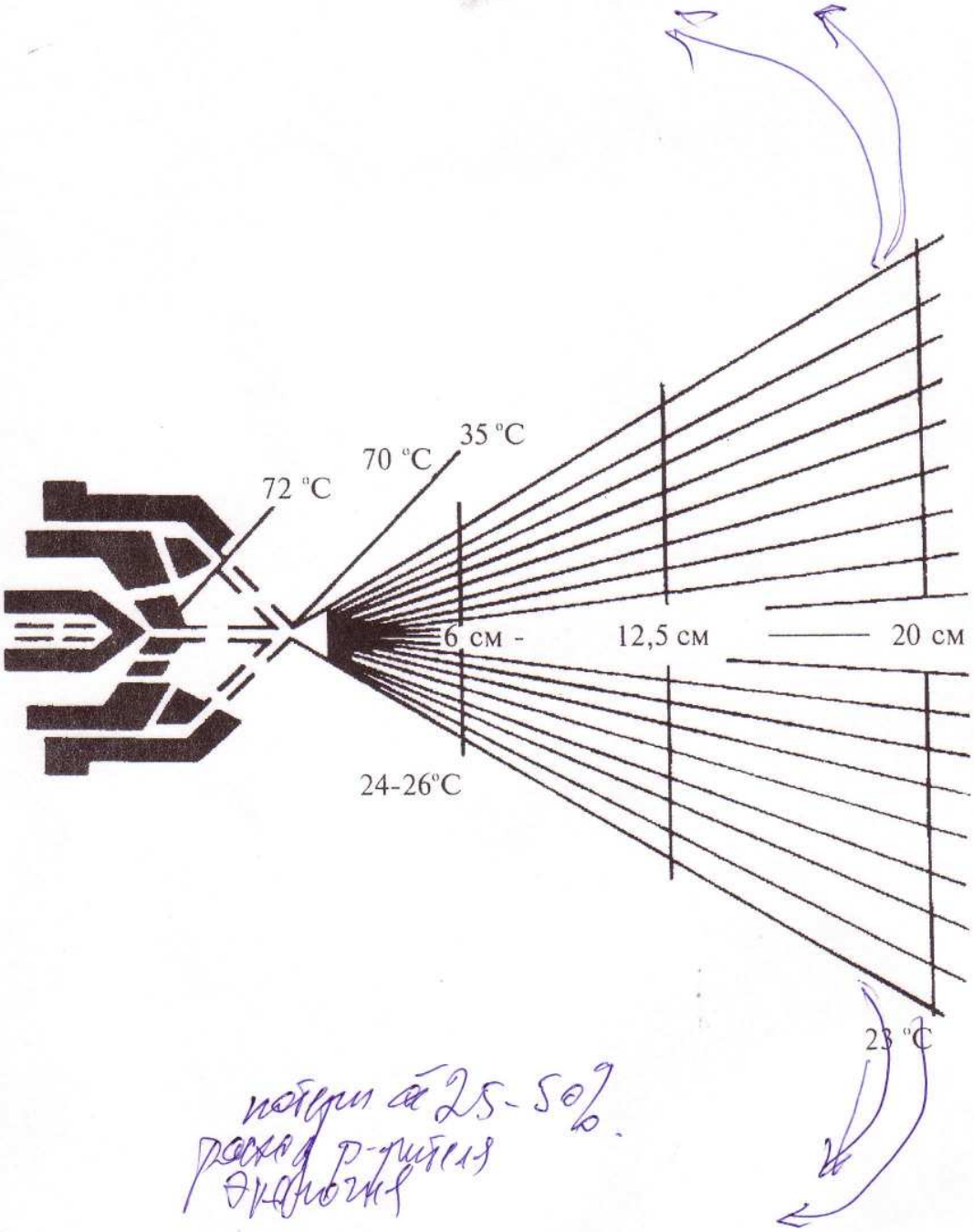


Рис.6.4. Распределение температуры в факеле при распылении нагретой краски при комнатной температуре

Давление - 3-5 Ати Коэф. потерь

- возможность окрашивания изделий различных размеров и групп сложности;
- простоту устройства и обслуживания окрасочного оборудования и надежность его работы;
- возможность нанесения практически всех видов производимых лакокрасочных материалов;
- получение покрытий с высокими декоративными свойствами.

Недостатками пневматического распыления являются:

- увеличенный расход органических растворителей;
- большие потери лакокрасочных материалов;
- вредные условия труда за счет повышенного туманообразования и увеличения расхода растворителей;
- повышенная пожаро- и взрывоопасность;
- нанесение ущерба окружающей среде;
- возможность качественного нанесения только низковязких материалов;
- пониженная адегезионная прочность получаемых покрытий;
- возможность попадания в пленку покрытия воды и масел из сжатого воздуха.

6.4.2. Безвоздушное распыление – гидравлическое распыление

1. низкое – давление 3-7 Ати
2. среднее – " – 10-100
3. высокое – " – выше 100

6.4.2.1. Принцип распыления. Оборудование

Способ безвоздушного распыления связан с диспергированием лакокрасочного материала за счет высоких скоростей его истечения из сопла при подаче под большим давлением (до 50 МПа). Гидравлическое давление создается насосом высокого давления. При определенной скорости, когда сопротивление воздуха движению краски превысит силы когезии жидкого материала, начинается его дробление. Дисперсность аэрозоля зависит от геометрических размеров и формы отверстия сопла, режимов истечения и свойств лакокрасочного материала.

Принципиальная схема установки безвоздушного распыления показана на рис. 6.5. Выпускаются передвижные и стационарные установки различной производительности (от 0,4 до 20 л/мин по краске) с ручным или автоматическим управлением.

На рис. 6.6 показана схема распыляющего устройства, широко применяемого в промышленности. Различные формы отверстия сопла позволяют получать наиболее эффективные для конкретных условий формы красочного факела. Сопла изготавливают из специальных износостойких материалов.

Для нанесения двухкомпонентных материалов с малой жизнеспособностью применяются установки с раздельной подачей компонентов.

Для подачи лакокрасочного материала к распылителю применяют специальные гибкие шланги высокого давления, которые изготавливают, как правило, из фторопласта с наружной оплеткой из стальной нержавеющей проволоки.

Менее декоративное покрытие

+ воздушной, 71. и др.

0 — двигатель насоса высокого давления

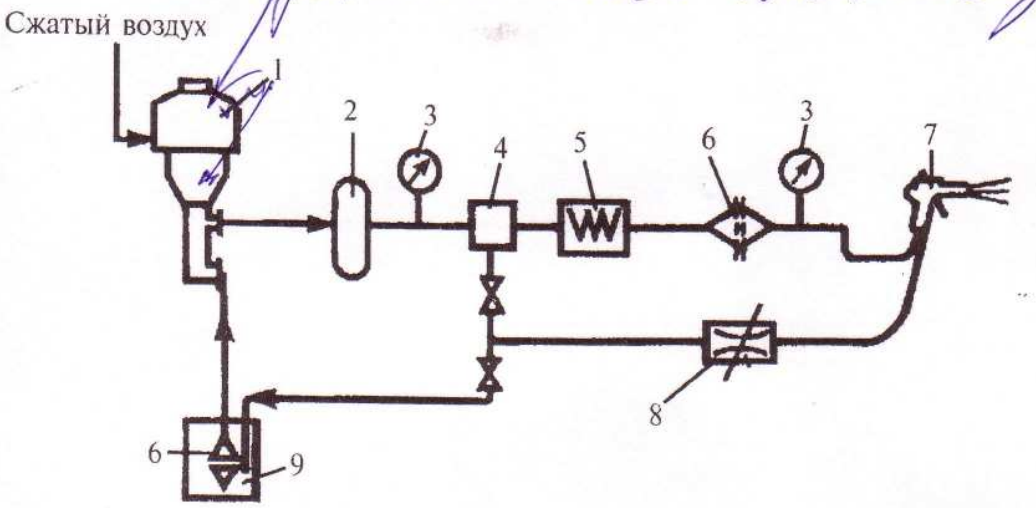


Рис. 6.5. Схема установки безвоздушного распыления лакокрасочных материалов:

1 - насос высокого давления; 2 - буферная емкость; 3 - манометр;
4 - регулятор давления; 5 - красконагреватель; 6 - фильтры;
7 - краскораспылитель высокого давления; 8 - дроссель;
9 - красочный бак

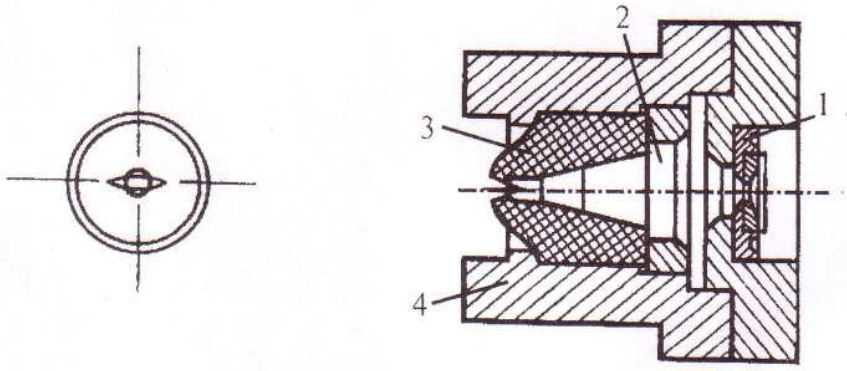
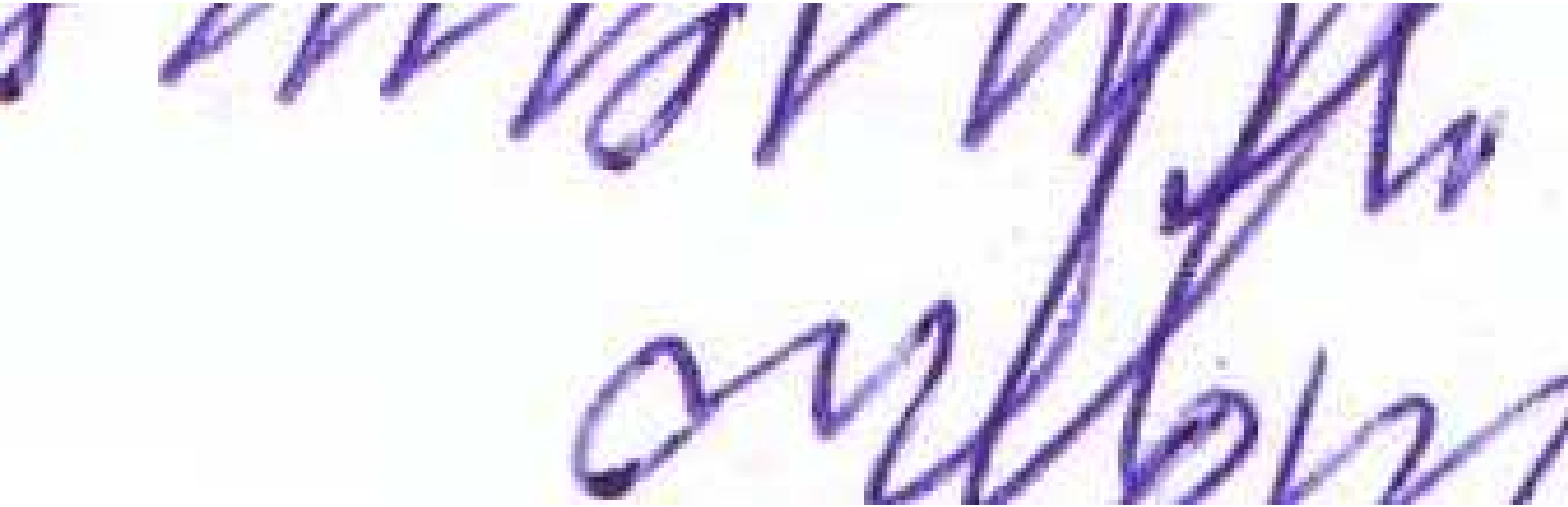


Рис. 6.6. Схема распыляющего устройства:

1 - ускоритель; 2 - камера; 3 - сопло; 4 - корпус

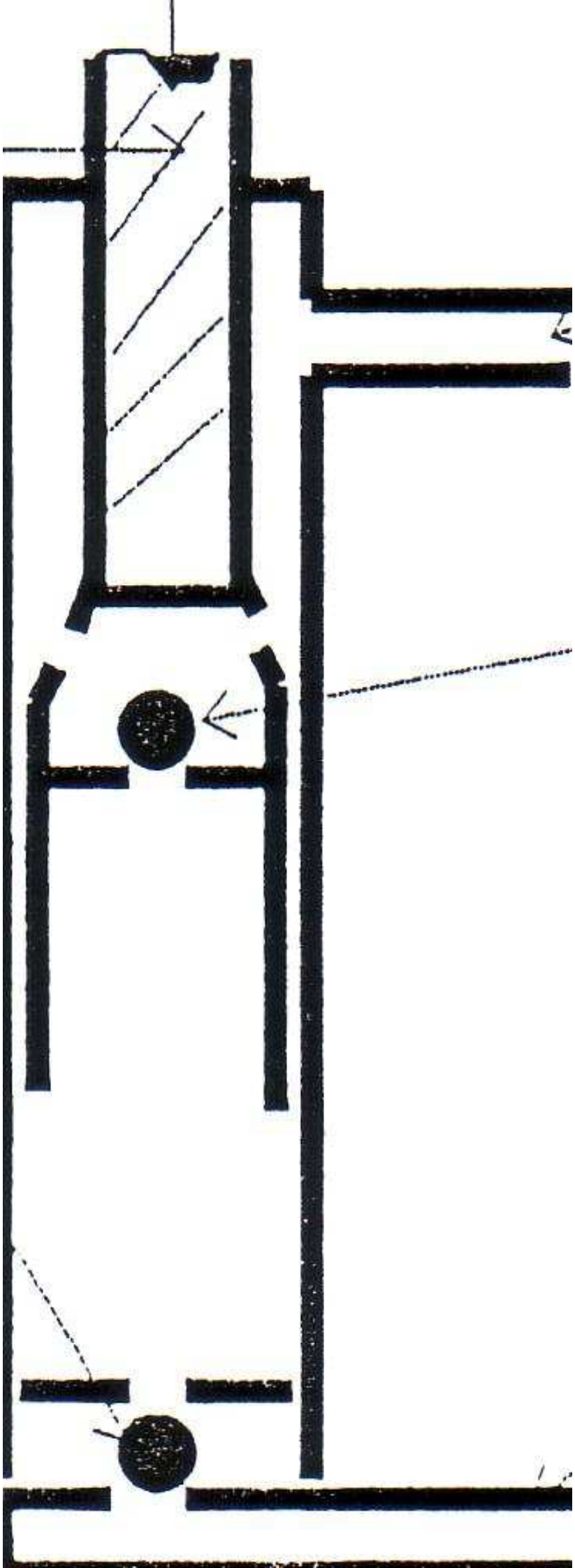


и лужесерные насосы (поршневой)

2 установочные турбинка

2 насоса краски

[illegible]



действия

в электростатическом поле - KV

определение эл. параметры - зарядка частиц

В отдельных случаях используются установки комбинированного распыления, сочетающие в себе принципы пневматического и безвоздушного распыления. При этом можно снизить давление в красочных магистралях до 3–5 МПа, но одновременно подавать сжатый воздух давлением 0,1–0,2 МПа. Таким путем делается попытка совместить достоинства различных способов нанесения лакокрасочных материалов.

6.4.2.2. Технологические режимы безвоздушнораспределителей

Основными технологическими параметрами при безвоздушном методе нанесения лакокрасочных материалов являются давление и расход материала, форма и размер сопла, расстояние краскораспылителя до окрашиваемой поверхности, вязкость материала. Технологические режимы окрашивания должны строго увязывать параметры установки с характеристиками краски с целью получения качественного аэрозоля, четкого факела с требуемой формой отпечатка, исключения туманообразования и, в конечном итоге, плотного по структуре покрытия с хорошей адгезией.

Чаще всего краскораспылитель располагают перпендикулярно окрашиваемой поверхности на расстоянии 200–400 мм.

Хорошему распылению краски способствует ее нагревание. Это связано не только с понижением вязкости и поверхностного натяжения, но и с интенсивным испарением растворителей. Например, повышая температуру краски с 20 до 80 °С можно почти вдвое снизить давление при распылении. При этом повышаются и защитные свойства покрытия.

Аэрозоль

Безвоздушный метод нанесения лакокрасочных материалов является наиболее широко применяемым в силу ряда важных преимуществ:

- снижение потерь лакокрасочных материалов (на 20–25% по сравнению с пневматическим распылением);
- нанесение материалов повышенной вязкости и, следовательно, уменьшение трудозатрат за счет получения более толстых слоев покрытия;
- уменьшение расхода растворителей;
- улучшение по сравнению с пневматическим распылением санитарно-гигиенических условий работы и снижение пожаро- и взрывоопасности;
- повышение качества лакокрасочных покрытий вследствие хорошей сплошности и плотности, лучшего заполнения микронеровностей поверхности, вытеснения с поверхности части влаги и других загрязнений.

К числу недостатков этого метода можно отнести:

- более низкие декоративные свойства покрытий по сравнению с пневматическим распылением;
- возрастание потерь краски при нанесении ее на изделия небольших размеров или сложной конфигурации.

Комбинированная сист

AIR-COMBI (DUO, AIR-PLUS, AIR-MIX) - разновидность безвоздушного метода (у разных производителей агрегатов разные названия) при котором на пистолет подаётся дополнительно сжатый воздух. Благодаря этому можно установить очень мягкий факел, а рабочее давление снижается по сравнению с AIRLESS. Потоком воздуха так же можно изменять угол распыления (в пределах 5... 10°), что удобно при поочерёдной окраске узких и широких поверхностей, так как не требуется замена сопла. Как правило хорошие результаты достигаются при выходном давлении 20... 50 атм., хотя пистолеты позволяют работать и при 150 атм. Рекомендуется для тонкой отделки ...талей, особенно в деревообрабатывающей отрасли.

...тельная оснастка:

теперь

(воздуха)

HVLP – метод высокого объема при низком давлении (похож на пневмораспыления).

расход воздуха – 2000-3000 л/мин.

Давление ~ 1 бати

широкий диапазон вязкости

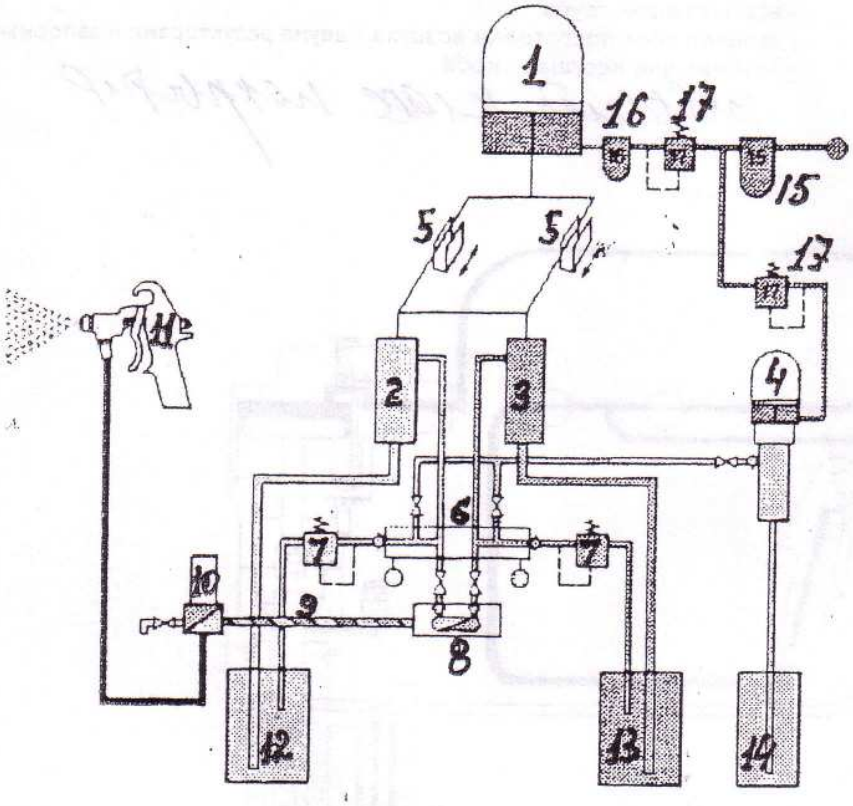
(потерь ~ 5%)

и др. модификации (нагр. эл. статика)

– газодувок

Двухкомпонентное распыление

DUPLEX (2K, ECOMIX, PROMIX) - двухкомпонентное распыление. Применяется для материалов жизнеспособность которых в готовом виде очень мала. Предварительно настраивается заданная пропорция для материала и отвердителя, а их смешивание происходит непосредственно перед нанесением. После работы сразу же необходимо осуществлять промывку системы соответствующим растворителем. Дозирующая система как правило с ручной настройкой, но может быть и электронная.



Элементы:

1 - пневмопривод
2 - гидронасос, компонент А
3 - гидронасос, компонент В
4 - насос для подачи растворителя
5 - система настройки дозирования
6 - распределительная система
7 - предохранительный клапан
8 - блок смешивания
9 - трубопровод
10 - фильтр высокого давления
11 - краскораспылитель
12 - заборная ёмкость, компонент А
13 - заборная ёмкость, компонент В
14 - заборная ёмкость, растворитель
15 - влагоотделитель
16 - маслораспылитель
17 - регулятор давления

6.4.3. Ручные способы

Способы нанесения лакокрасочных материалов, связанные с использованием ручного инструмента (кистей, валиков, шпателей, тампонов), являются самыми старыми, однако они применяются до сих пор, а в отдельных случаях остаются практически незаменимыми.

6.4.3.1. Окрашивание кистями

Преимущества окрашивания кистью состоят в простоте этого способа, высокой адгезии получаемого покрытия к подложке и удобстве обработки мелких изделий и небольших участков поверхности. Краска втирается кистью в мелкие поры и углубления на окрашиваемой поверхности, при этом остатки пыли, влаги и других загрязнений, имеющиеся на поверхности, вытесняются частицами краски, обеспечивая хороший контакт жидкой пленки с металлом.

К недостаткам работы с кистью относится низкая производительность (не более 10–15 $м^2/ч$), что делает этот способ нерентабельным при окрашивании больших поверхностей.

Применяются кисти из натурального и синтетического волоса. Правильность выбора кисти влияет на производительность и качество окраски, поэтому для различных условий и требований к нанесению краски используют кисти разных размеров и форм.

6.4.3.2. Окрашивание валиками

При окрашивании валиками производительность увеличивается и при наличии хороших навыков может составить до 50–80 $м^2/ч$. Применяют валики разных конструкций и размеров, с коротким или длинным ворсом (иногда вместо меха используют поролон или губчатую резину).

Нанесение лакокрасочных материалов валиками ограничивается плоскими поверхностями; в случае более сложных поверхностей его сочетают с окраской кистями. Качество покрытия при окрашивании валиком, как правило, ниже, чем при кистевом окрашивании. Если на поверхности присутствуют пыль или влага, то первый слой следует наносить кистью.

6.4.4. Отверждение лакокрасочных покрытий

Отверждение лакокрасочных материалов, как было сказано выше (см. п.3.3), может происходить либо в результате испарения растворителей, либо за счет химических реакций, протекающих в пленке. Формирование твердой пленки может производиться как в естественных условиях при температуре окружающего воздуха, так и в искусственно созданных условиях при внешнем энергетическом воздействии на материал (тепловом, световом, радиационном и др.).

Искусственное отверждение позволяет существенно ускорить технологический процесс и улучшить качество покрытий, однако требует специального оборудования и затрат энергии. Поэтому на практике при окрашивании крупногабаритных конструкций чаще используются режимы естественного

отверждения. Если покрытие формируется при искусственных форсированных режимах, то следует избегать чрезмерно быстрого отверждения. В противном случае покрытие может оказаться пористым из-за слишком быстрого удаления растворителя или иметь пониженную адгезионную прочность вследствие возникновения внутренних усадочных напряжений в пленке.

Режимы отверждения (время, температура, влажность) должны строго соответствовать требованиям технологической документации и рекомендациям поставщика лакокрасочного материала. Обычно каждый последующий слой многослойной системы покрытия наносят на отвержденный до определенной степени предыдущий слой. Однако иногда используется способ нанесения "мокрый по мокрому". Такой прием сокращает производственный цикл и для некоторых материалов обеспечивает лучшую межслойную адгезию. В частности, так можно наносить виниловые эмали по алкидным грунтовкам.

При отверждении покрытия (особенно межслойном) необходимо обеспечить защиту окрашиваемой поверхности от влаги, пыли, других загрязнений, которые впоследствии отрицательно скажутся на адгезионных, когезионных, барьерных и других защитных свойствах покрытия. Для этого устраивают тенты, навесы, выгородки, при необходимости с обогревом.

Если покрытие предназначено для эксплуатации в воде, нефтепродуктах или других агрессивных средах, то необходима выдержка сформированного покрытия в нормальных атмосферных условиях до полного отверждения. На рис. 6.7 показаны, в качестве примера, характерные температурно-временные зависимости для отверждения эпоксидных лакокрасочных материалов.

6.4.5. Особенности окрашивания неметаллических поверхностей

Дерево
пластмасс

6.4.5.1. Окрашивание пластмасс и резины

Широкое применение пластмасс и резины в промышленности и строительстве потребовало разработки специальных лакокрасочных материалов и технологии их нанесения с учетом особенностей полимерной подложки. Окрашивание пластмасс и резины чаще всего проводится с целью:

- придания изделиям необходимого цвета и декоративного вида;
- защиты от механических, химических, световых, радиационных и других воздействий;
- уменьшения проницаемости и сорбции;
- придания изделиям новых свойств (негорючести, антистатических, противообледенительных и др.).

Окрашивание пластмасс и резины сопряжено с рядом трудностей, прежде всего, обеспечения достаточной адгезионной прочности большинства покрытий к этим материалам. Особенно низкая адгезия наблюдается на кристаллических полимерах (полиолефинах, полифторолефинах, полиакрилатах) и реактопластах (стеклопластиках, аминопластах). Получение покрытий на пластмассах осложняется присутствием в поверхностных слоях сорбированной воды и других низкомолекулярных продуктов, которые ассимилируются растворителями лакокрасочного материала. Адгезия покрытий к полимерам зависит от степени их

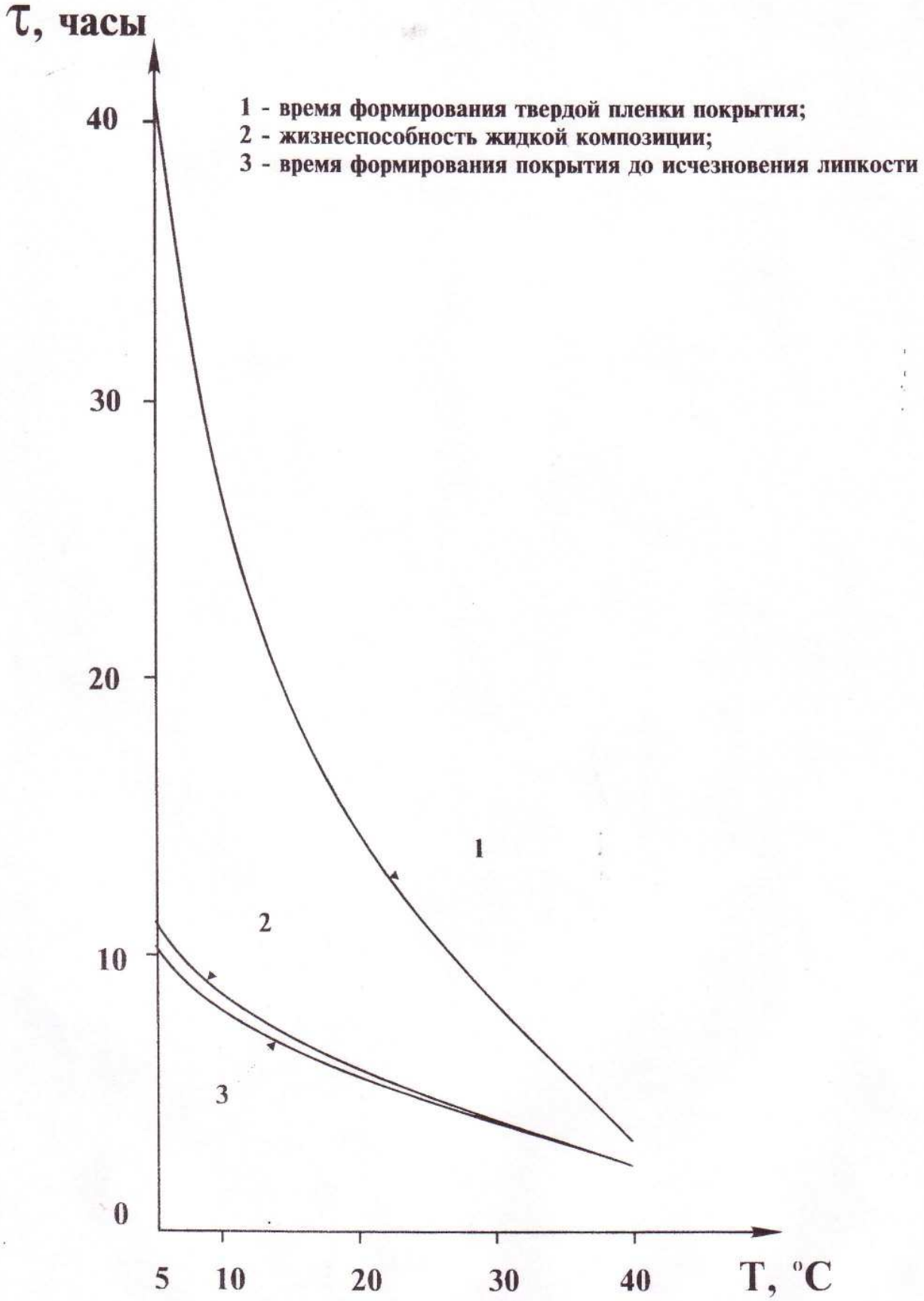


Рис. 6.7

Характерные температурно-временные зависимости для отверждения эпоксидных лакокрасочных материалов

взаимной природной совместимости, что нужно иметь в виду при выборе лакокрасочных материалов.

Следует также учитывать, что пластмассы и резины относятся к числу нетермостойких подложек. При высоких температурах возможна деструкция полимеров или деформация изделий. Например, предельная температура отверждения покрытий на поливинилхлориде, сополимерах винилхлорида, полиакрилатах составляет 65–80 °С.

Адгезия покрытий к пластмассам и резинам зависит от степени их взаимной совместимости и шероховатости окрашиваемой поверхности.

механическая обработка

Полиолефины окрашивают обычно красками на основе хлоркаучуков, полиакрилатов, полиуретанов. Окрашиванию предшествует тщательное обезжиривание и активация поверхности кислотами.

Полистирол окрашивают полиакрилатными эмалями или другими материалами (эпоксидными, полихлорвиниловыми и др.), но по слою полиакрилатной грунтовки.

Поливинилхлорид можно окрасить различными материалами (виниловыми, эпоксидными, полиакрилатными), но обязательно содержащими активные растворители.

Особенно высокие требования предъявляются к покрытиям по резине. Они должны выдерживать большие деформации и предохранять резину от старения. Наибольшее применение для этих целей находят материалы на основе каучуков, полиуретанов, сильно окисленных растительных масел.

В каждом конкретном случае окрашивания пластмасс и резин выбранные лакокрасочные материалы и технологию их нанесения следует согласовать с поставщиком.

Основными операциями при подготовке поверхности пластмасс и резин являются обезжиривание, активация поверхности (обработка кислотами, УФ-излучение и др.) и механическая обработка (шлифование, обработка абразивными инструментами и др.).

6.4.5.2. Окрашивание дерева

Покрытия на древесине служит главным образом для защиты ее от гниения и других видов разрушения и для придания изделиям нужного цвета и красивого внешнего вида.

Основными особенностями окрашиваемой деревянной поверхности является высокая пористость, низкая термостойкость и гидрофильность. Кроме того, древесина не стандартна как подложка – ее свойства сильно отличаются в зависимости от породы дерева, температуры и влажности. Для окрашивания древесины необходимо, чтобы влажность ее не превышала 10–12 %.

Подготовительными операциями при окрашивании древесины являются столярная подготовка (устранение дефектов поверхности, шлифование, циклевание), крашение (тонирование), грунтование и порозаполнение.

Крашение производят с помощью огранических красителей или протрав с целью имитации ценных пород, затемнения, усиления или выравнивания тона.

Грунтование используется для отделки древесины мелкопористых пород. Столярные грунтовки, как правило, представляют собой растворы или эмульсии пленкообразователей, не содержащие минеральных наполнителей. При их нанесении увеличивается поверхностная твердость древесины, повышается эдгезия покрытий.

удаление ворса
не совсем
силикат

Порозаполнители выполняют в основном те же функции, что и грунтовки, но в отличие от них содержат наполнители, которые способствуют заполнению крупных пор, не закрывая при этом текстуру древесины.

по

Для отделки ценных пород применяют прозрачные покрытия, среди которых наиболее распространены полиэфирные, нитратцеллюлозные, масляные, мочевиноформальдегидные, полиуретановые и на основе спирторастворимых олигомеров. Покрытия наносят распылением и наливом. Отверждение проводят в естественных условиях, при нагревании (до 60–80 °С), используют также отверждение ускоренными электронами или ультрафиолетовое.

Непрозрачные (кроющие) покрытия закрывают текстуру древесины. При изготовлении кроющих покрытий грунтовками обычно служат пигментированные составы, применяемые для грунтования металлов. Кроющие покрытия могут нести не только защитные функции, но и декоративные.

6.4.5.3. Окрашивание бетона

хрупкий

Особенности окрашивания бетона обусловлены его пористостью, гидрофильностью, высокоразвитой поверхностью, имеющей щелочной характер и повышенную влажность. Бетон рекомендуется окрашивать после завершения процессов твердения при влажности не более 8%. При ремонтных работах поверхность бетона очищают от старой непрочно держащейся краски, "расшивают" и заделывают трещины, выбоины и щели, в ряде случаев проводят грунтование и шпатлевание. Главное назначение покрытий по бетону – придание требуемого цвета и улучшение декоративных свойств. Покрытия, упрочняя поверхностный слой и уменьшая скорость выветривания строительного вяжущего материала, делают поверхность более гладкой, снижая запыляемость поверхности.

pH-щелочной
4-неделли
потом окраска
трещины
цементное молочко
если удалить.
осветляющие (полезное)

К специальным функциям покрытий относятся защита бетона от эрозии, разрушающего действия агрессивных газообразных и жидких сред, а также уменьшение его фильтрующей способности по отношению к жидкостям и газам. Покрытия должны быть щелочестойкими и не должны препятствовать паровоздухообмену между помещением и внешней средой. Предпочтительны нетоксичные водные краски, особенно для работы внутри помещений. При окрашивании бетона наибольшее применение находят перхлорвиниловые, вододисперсионные, акрилатные, эпоксидные, известковые, цементные, силикатные краски. Для защиты гидротехнических сооружений применяют специальные покрытия с использованием эпоксидных, битумных, виниловых и

Водные эпоксидные материалы для бетона
(по увлажненной поверхности

других материалов. Окрашивание производится ручным или механизированным способами.
Отверждение проводится обычно при нормальных условиях.

6.4.6. Ремонтное восстановление поврежденных лакокрасочных покрытий

Необходимость ремонтного восстановления покрытия может быть вызвана тремя причинами:

- некачественной окраской отдельных участков;
- повреждением покрытия при выполнении монтажных и других сопутствующих работ;
- повреждением покрытия при выполнении контрольных операций.

Технология ремонтного восстановления включает следующие операции:

- удаление поврежденного или дефектного покрытия;
- подготовка поверхности на разрушенных участках;
- нанесение нового покрытия на разрушенных участках.

Удаление дефектного покрытия производят вручную (скребками, шпателями, проволочными щетками, абразивной шкуркой), механизированным инструментом (щетками, абразивными машинками) или абразивоструйной обработкой. Должны быть предприняты меры предосторожности, чтобы не повредить соседние участки качественного покрытия.

Подготовка поверхности на разрушенных участках заключается в выравнивании краев этих участков после удаления покрытия и обеспечения требуемой шероховатости. Качественные покрытия, которые прилегают к участкам удаленного покрытия, должны быть обработаны так, чтобы получились ровные скосы. Поверхность качественного покрытия обрабатывается по периметру участка с удаленным покрытием на ширину 50–80 мм. Для этого используются чаще всего ручная или механизированная обработка абразивной шкуркой.

Поврежденные участки вновь окрашиваются по полной системе покрытия или частично в зависимости от глубины повреждения.

6.5. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

6.5.1. Общие требования

В задачу инспектора входит тщательный пооперационный контроль всего технологического процесса нанесения лакокрасочных материалов, включая:

- качество используемых материалов;
- работоспособность оборудования, технологической оснастки, приборов контроля;
- квалификацию персонала;
- соответствие климатических условий требованиям технологической документации на проведение окрасочных работ;
- параметры технологического процесса;
- качество выполнения отдельных технологических операций;
- соблюдение правил техники безопасности и охраны окружающей среды (см. также п.1.2).

Используемые лакокрасочные материалы должны быть совместимыми в системе покрытия, а также соответствовать степени подготовки окрашиваемой поверхности. При необходимости проводятся испытания по методике стандарта ИСО 4627.

Если при окрашивании используется сжатый воздух, то он должен быть очищен от влаги и масла с помощью масловлагоотделителя.

Окрасочное оборудование, приборы контроля, технологическая оснастка, индивидуальные средства защиты должны находиться в работоспособном состоянии, что должно быть засвидетельствовано в соответствующих документах.

Операторы окрасочных работ и контролеры должны иметь подтвержденную документально квалификацию, соответствующую виду выполняемой работы. Весь персонал должен обладать необходимыми знаниями по технике безопасности и охране окружающей среды.

При оценке качества окрашенной поверхности (каждого слоя и полной системы покрытия) производится визуальный осмотр всей поверхности. Отдельные испытания и измерения, предусмотренные технологической документацией (толщина пленки, адгезия, сплошность, степень высыхания и пр.), производятся в таких местах и с такой частотой, чтобы получить убедительные данные о реальных значениях измеряемых параметров. Обычно это является предметом соглашения заинтересованных сторон и отмечается в технологической документации.

На каждом месте производится не менее трех измерений и рассчитывается средняя величина. Критерии качества окрашенной поверхности по каждому контролируемому показателю должны быть указаны в технологической документации и рекомендациях поставщика краски.

Перед началом работы инспектор должен внимательно изучить требования технической документации к производству окрасочных работ. Различные документы (стандарты, контракты, технологические инструкции, рекомендации поставщика красок) не должны содержать противоречивых требований. Если

таковые все-таки имеют место, то все противоречия должны быть устранены до начала окрасочных работ.

перед началом; и 1 раз в 2 часа при неустойчивой погоде точность ±0,5°С

6.5.2. Контроль климатических условий

Контроль климатических условий во время выполнения окрасочных работ необходимо производить не реже, чем два раза за смену, в т.ч. первый раз – перед началом работы. При неустойчивой погоде измерения следует производить через каждые два часа.

Контроль климатических условий включает в себя определение:

- отсутствия осадков (снега, дождя), или их последствий (лед, иней, мокрая поверхность);
- соответствие температуры воздуха и окрашиваемой поверхности требованиям, изложенным в технической документации на используемый лакокрасочный материал;
- соответствие относительной влажности воздуха требованиям, изложенным в технической документации на используемый материал;
- вероятности конденсации влаги во время окрасочных работ в соответствии со стандартом ИСО 8502-4.

В соответствии с требованиями к измерительной аппаратуре, изложенными в стандарте ИСО 8502-4, температуру воздуха можно измерить ртутными или электронными термометрами с точностью до ±0,5 °С. Измерения необходимо выполнять в непосредственной близости от окрашиваемой поверхности. При выполнении окрасочных работ на открытом воздухе измерения необходимо выполнять как с солнечной, так и с теневой стороны. Полученные значения температуры воздуха необходимо сравнить с допустимыми значениями температуры нанесения используемого лакокрасочного материала и сделать заключение о возможности выполнения окрасочных работ.

В соответствии со стандартом ИСО 8502-4 относительную влажность можно измерять:

- аспирационными психрометрами (стандарт ИСО 4677-1) или вихревыми психрометрами (стандарт ИСО 4677-2) с точностью ±3%;
- цифровыми электронными гигрометрами, принцип работы которых основан на измерении изменения емкости полимерной пленки, с точностью измерения ±3% и пределом измерения от 0 до 100%, работающими в интервале температур от –40 °С до +80 °С;
- цифровыми электронными гигрометрами, принцип работы которых основан на измерении изменения сопротивления соляного мостика, с точностью измерения ±2% и пределом измерения от 0 до 97% в интервале температур от 0 до 70 °С.

При выполнении измерений вихревыми психрометрами необходимо обращать внимание на состояние термометров и регулярно увлажнять фитиль влажного термометра. Для получения более точных результатов вращение цилиндра с термометрами необходимо выполнять с постоянной скоростью в течение одного и того же времени (~ 1 мин). Снимать показания влажного и сухого термометров следует сразу после прекращения вращения, при этом начинать нужно обязательно с мокрого термометра. Измерения необходимо повторить несколько раз до

получения одинаковых значений температур в двух последующих измерениях. Совмещая показания сухого и влажного термометров, значение относительной влажности можно прочитать напротив стрелки на верхней шкале. По значениям температур сухого и влажного термометров значение относительной влажности можно определить из таблиц или номограмм (рис. 6.8). Полученные значения относительной влажности необходимо сравнить со значениями, допустимыми для используемого лакокрасочного материала и сделать заключение о возможности выполнения окрасочных работ.

В соответствии со стандартом ИСО 8502-4 температуру окрашиваемой поверхности следует измерять магнитными контактными термометрами или цифровыми электронными термометрами с точностью ±0,5 °С. Рекомендуется выполнить, по крайней мере, одно измерение на 10 м^2 поверхности. Затем следует выбрать самое низкое и самое высокое значение для каждого участка, сравнить их с допустимыми значениями температуры окрашиваемой поверхности для используемого лакокрасочного материала и сделать заключение о допустимости выполнения работ.

В случае необходимости допускается выборочное окрашивание тех участков, которые на данный момент удовлетворяют требованиям по климатическим условиям.

Вероятность конденсации влаги на окрашиваемой поверхности определяется:

- по значениям относительной влажности;
- по разности значений температуры воздуха и точки росы;
- по разности значений температуры окрашиваемой поверхности и точки росы.

В соответствии со стандартом ИСО 8502-4, если относительная влажность 85% или выше, условия для окрашивания считаются критическими, так как температура при этом выше точки росы менее чем на 3 °С.

При относительной влажности 92% температура воздуха выше точки росы, не более чем на 1,5 °С; в этом случае окрасочные работы можно проводить только при снижении влажности воздуха искусственными способами.

Если относительная влажность воздуха составляет 80% или температура воздуха на 3,4°С выше точки росы, то условия для окрашивания можно считать благоприятными в течение примерно шести последующих часов.

Для исключения конденсации влаги температура окрашиваемой поверхности должна быть по крайней мере на 3 °С выше точки росы во время выполнения окрасочных работ.

Для красок, которые допускают наличие влаги на поверхности, разница может быть меньше, однако это должно быть отражено в технологической документации на окрасочные работы или в рекомендациях поставщика лакокрасочных материалов.

Точку росы определяют из таблиц, приведенных в стандарте ИСО 8502-4, по измеренным значениям температуры и относительной влажности воздуха.

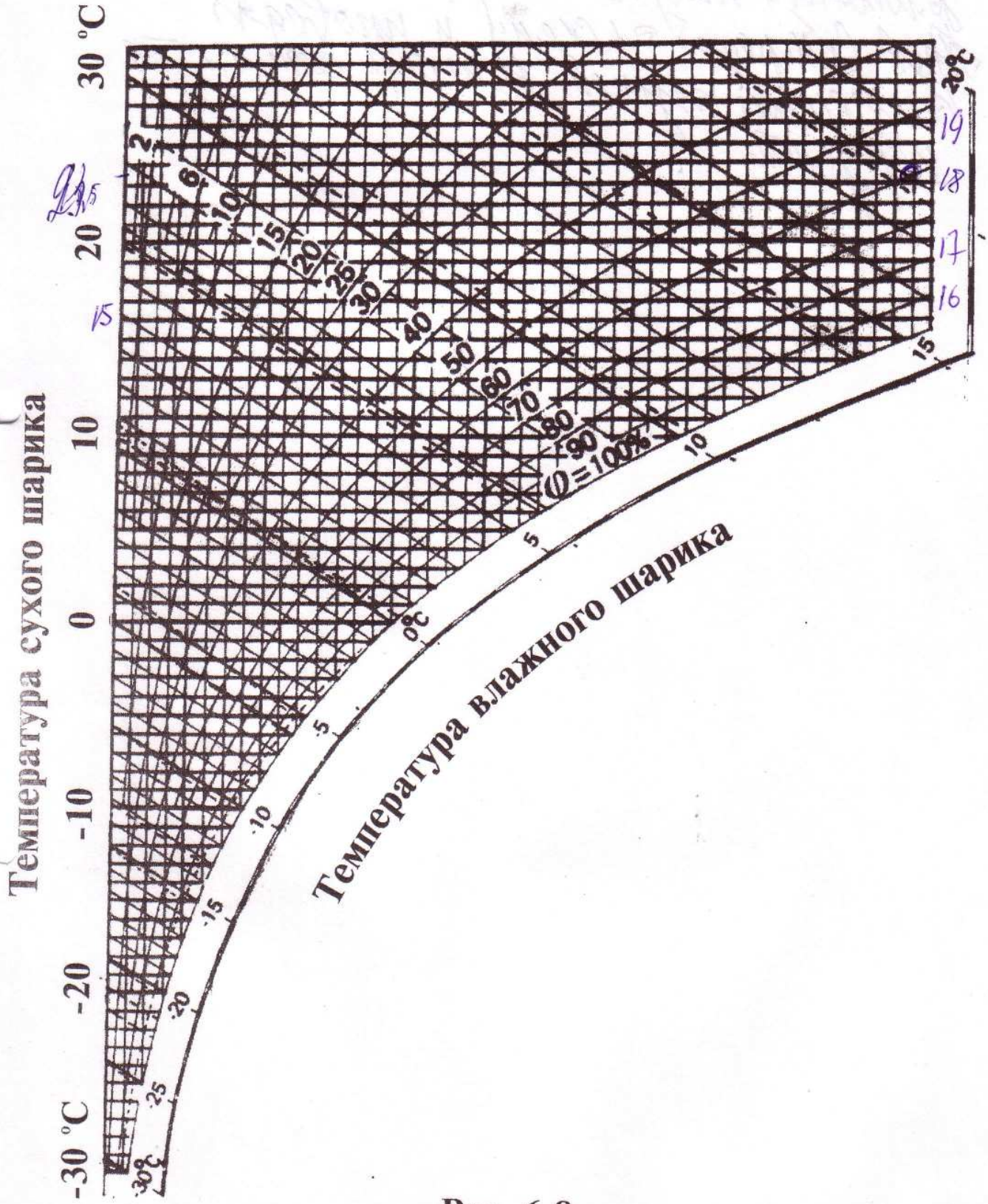


Рис. 6.8

Номограмма для определения относительной влажности воздуха с помощью психрометра Elcometer G116C с двумя (сухим и влажным) термометрами

обместить данное

Для расчета точки росы и допустимой температуры окрашиваемой поверхности можно использовать также калькулятор Маринтека.

Результаты измерений климатических параметров с соответствующими значениями должны быть зафиксированы в рабочем журнале. В случае выполнения работ на открытом воздухе в рабочем журнале необходимо отмечать тип погоды (солнце, ветер, осадки).

6.5.3. Контроль в процессе нанесения лакокрасочных материалов

В процессе нанесения лакокрасочных материалов обычно контролируются следующие показатели:

визуально

- сплошность покрытия по всей площади поверхности;
- толщина сырого слоя;
- толщина сухого слоя;
- количество слоев покрытия;
- адгезия;
- степень высыхания каждого слоя покрытия перед нанесением последующего слоя.

Перед началом окрасочных работ инспектор должен еще раз проконтролировать состояние поверхности. Если после очистки прошло более 4-х часов, необходимо убедиться, что состояние поверхности отвечает соответствующим требованиям (см. п.5.5).

Сплошность покрытия, т.е. равномерное, без пропусков распределение лакокрасочного материала по поверхности обычно оценивается визуально (по укрывистости) при хорошем рассеянном дневном свете или искусственном освещении.

Однако при формировании лакокрасочных покрытий на ответственных конструкциях сплошность контролируется инструментальными способами по стандарту NACE RP 0188. Стандартом предусмотрены два метода определения сплошности: для покрытий толщиной менее 500 мкм – с помощью детектора сплошности низкого напряжения; для покрытий толщиной свыше 500 мкм – детектором сплошности высокого напряжения. В основу работы приборов положен принцип определения электропроводности покрытия при определенном напряжении. В первом случае покрытие предварительно увлажняется водой, затем с помощью губки, перемещаемой по поверхности со скоростью приблизительно 30 см/с, по звуковому сигналу отмечаются те места, где сплошность покрытия неудовлетворительна.

удовлет

Для покрытий толщиной свыше 500 мкм подбирается нужное напряжение (по табл. 1 стандарта NACE RP 0188), которое должно быть достаточным для получения отчетливого сигнала, но не чрезмерным, чтобы не привести к пробою покрытия. Перемещая маркер по поверхности покрытия со скоростью около 30 см/с, фиксируются места, где сплошность покрытия неудовлетворительна, т.е. имеются непрокрасы, трещины, проколы и другие нарушения целостности пленки. В случае обнаружения участков с несплошным покрытием оно должно быть исправлено и повторно испытано.

удовлет при 300-500 мкм

Толщина покрытия. В процессе нанесения лакокрасочных материалов обязательно должна контролироваться толщина пленки каждого слоя и общая толщина покрытия. Это делается обычно путем измерения толщины сначало мокрого слоя, затем (перед нанесением последующего слоя) сухой пленки.

Контроль мокрого слоя осуществляется непосредственно после нанесения лакокрасочного материала по стандарту ИСО 2808 (метод 7) с помощью двух простейших устройств: колесного толщиномера или калиброванной гребенки (рис 6.9).

Методика определения толщины мокрого слоя с помощью колесного толщиномера заключается в прокатывании колеса толщиномера по свеженанесенному слою лакокрасочного материала. При этом определяется точка первого соприкосновения эксцентрически расположенного на колесе обода с краской. По шкале диска определяют толщину мокрой пленки. Используя комплект толщиномеров, можно измерять толщины мокрого слоя в разных диапазонах (от единиц до сотен микрометров).

При использовании калиброванной гребенки толщина слоя определяется по зазору между измерительным зубом, касающимся краски и крайним (базисным) зубом гребенки. Над каждым зубом на гребенке отмечена величина зазора, по которой и определяется толщина слоя. Гребенку необходимо устанавливать перпендикулярно к плоскости поверхности.

Следует отметить, что указанные методы весьма приблизительны и используются не столько контролерами, сколько самими операторами для уточнения режимов нанесения лакокрасочного материала. Инспектор использует эти методы, как правило, для эпизодического предварительного контроля толщины наносимого покрытия.

По толщине мокрой пленки можно оценить приблизительно толщину сухой пленки по формуле:

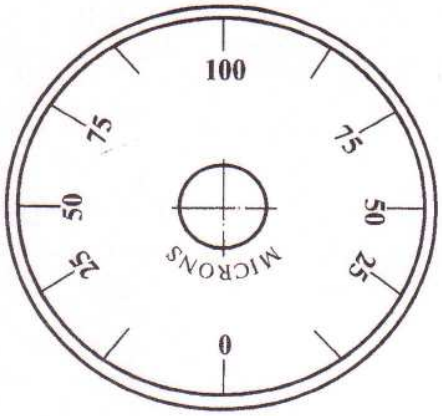
$$ТСП = \frac{ТМП \cdot ДН}{100},$$

где ТМП – толщина мокрой пленки,
ДН – объемная доля нелетучих веществ (%).

Однако чаще всего осуществляют прямой контроль толщины сухой пленки, как послойный, так и всей системы покрытия, так как он дает более точные величины толщины покрытия и не ограничен временем определения.

Стандартом ИСО 2808 предусмотрено несколько методов измерения толщин, но на практике используются главным образом измерители толщины отвержденного покрытия без разрушения образца (метод 6).

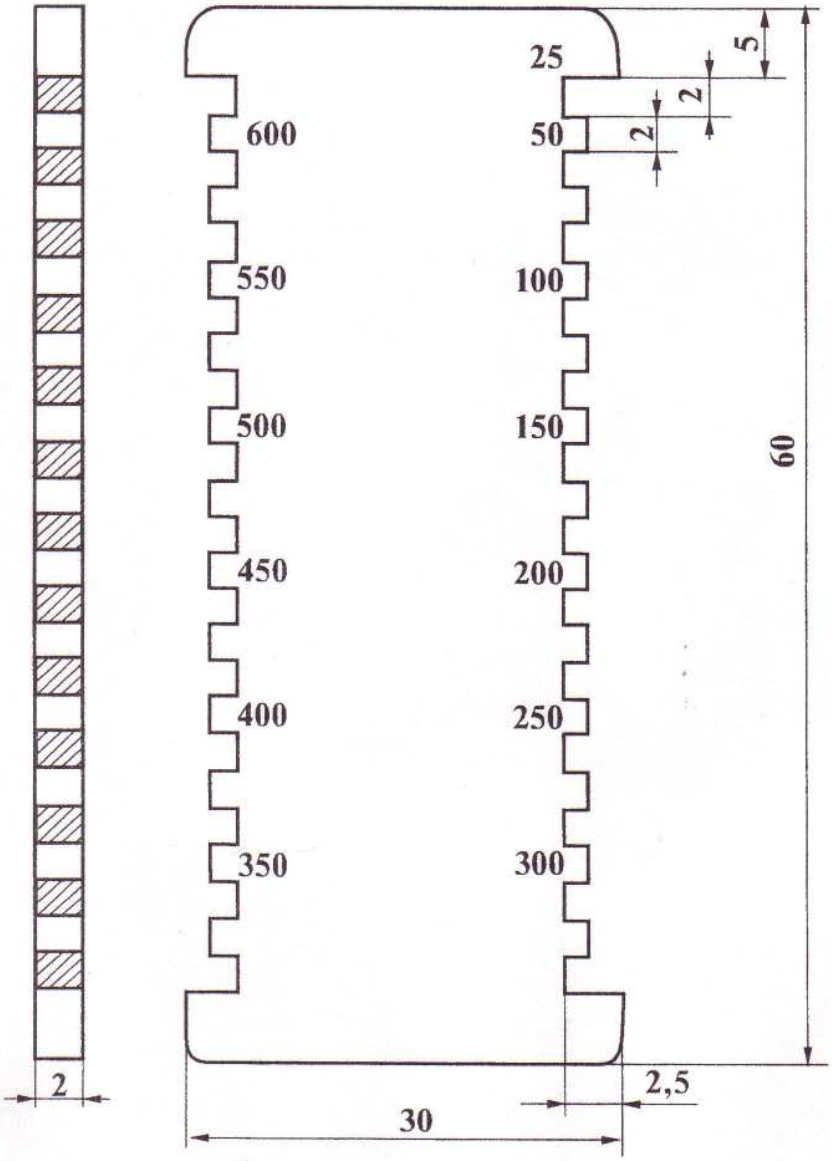
Стандартом предусмотрены различные контрольно-измерительные приборы в зависимости от природы подложки. Для измерения толщины покрытий на магнитной подложке используются приборы, работающие на принципе измерения магнитного потока между магнитом (постоянным или электромагнитом) и



а)

0	50	100	150	200
0	125	250	375	500
0	250	500	750	1000

б)



в)

Рис. 6.9.
Инструменты для определения толщины сырой пленки лакокрасочного покрытия (ИСО 2808):
а - колесный толщиномер; б - шкалы колесных толщиномеров; в - гребенка

1. магнита (банан), карандаш)
2. магнитная индукция
вихревые токи (немагниты)

магнитной подложкой или силы отрыва постоянного магнита от магнитной подложки.

Для измерения толщины пленки на немагнитных металлических подложках применяются приборы, действие которых основано на использовании вихревых токов и диэлектрических свойств пленки.

В тех случаях, когда необходимо исключить контакт измерительного прибора с покрытием, используются приборы, действующие на основе обратного рассеивания бета-частиц или рентгеновской флуоресценции.

На рабочих местах чаще всего используются электромагнитные приборы для магнитных подложек и приборы, использующие вихревые токи, для немагнитных. При использовании этих приборов следует помнить, что их показания могут быть искажены на краях исследуемого образца, поэтому измерения следует производить на расстоянии не менее 25 мм от края.

При проведении измерений на шероховатых поверхностях необходимо делать большее количество измерений на одном и том же участке (как минимум 10). Предпочтительно, чтобы значение шероховатости поверхности Ry_5 не превышало 5% толщины пленки. В противном случае для определения толщины пленки рекомендуется использовать метод микроскопии (ИСО 2808, метод 5А), который также используется как эталонный метод в спорных случаях.

Все приборы перед применением, а также через каждые 4 часа во время применения должны быть откалиброваны на "0", верхний предел и те значения толщин, которые предпочтительно будут контролироваться. Для этого используют набор эталонных образцов.

При контроле толщин покрытия в производственных условиях количество и местоположение участков для измерений должны быть такими, чтобы получить убедительные данные о реальной толщине лакокрасочного покрытия. Это должно быть предметом соглашения между заинтересованными сторонами и отмечено в технологической документации.

Количество контролируемых участков зависит от площади и конфигурации окрашиваемой поверхности. Следует провести измерения на всех обособленных и отличающихся конструктивно частях сооружения, особенно в тех местах, к которым затруднен доступ при окрашивании. Можно рекомендовать следующее соотношение количества мест измерений толщины покрытия и площади окрашиваемой поверхности:

план измерений

Площадь окрашиваемой поверхности, м^2	Количество мест измерений
10	5
20	10
30–100	15
200	20
400	30
600	40
800	50

Продолжение таблицы

Площадь окрашиваемой поверхности, м^2	Количество мест измерений
1000	60
2000	70
5000	90
10000	100
25000	125

На каждом месте измерения площадью около 0,5 м^2 производится не менее трех измерений и рассчитывается среднее значение. Для решения вопроса о допустимости толщины покрытия обычно применяется известное "Правило 90–10": 90% измеренных толщин должно быть не менее толщины, указанной в технологической документации; 10% измеренных толщин должны быть не ниже 90% от толщины, указанной в технологической документации. Например, при требуемой в документации толщине 100 мкм не менее 90% измеренных толщин должны быть не ниже 100 мкм, а остальные 10% измеренных толщин – не ниже 90 мкм.

Если толщина покрытия на контролируевых участках меньше допустимой, следует нанести дополнительный слой лакокрасочного материала на этот участок.

Если толщина покрытия значительно выше указанной в документации, то вопрос о допустимости покрытия решается заинтересованными сторонами. Обычно покрытие считается неприемлемым, если его толщина более, чем в два раза превышает требуемую.

Количество слоев наносимого покрытия контролируется визуально; оно не должно быть меньше, чем указано в технологической документации. Для удобства контроля желательно, чтобы отдельные слои системы покрытия были разных цветов или оттенков. записано 3, наносить 3

Адгезия покрытия определяется в соответствии со стандартами ИСО 2409 и ИСО 4624 (см.п. 4.3.1). Методы определения адгезии по указанным стандартам являются разрушающими и требуют восстановления покрытия на разрушенных участках. Поэтому количество измерений согласовывается заинтересованными Сторонами и отмечается в документации.

Степень высыхания каждого слоя покрытия контролируется для определения возможности нанесения последующего слоя. Ориентировочно о степени высыхания можно судить по значениям времени сушки одного слоя данного материала определенной толщины при определенной температуре, которые рекомендуются поставщиком краски или технологической документацией. Однако инспектор все-таки должен контролировать не время сушки, а степень высыхания слоя покрытия, так как на время сушки могут повлиять различные обстоятельства (влажность воздуха, количество растворителя, наличие вентиляции и др.).

Степень высыхания покрытия может контролироваться по методикам стандарта ИСО 1517 (см.п. 4.3.1) или тактильными методами (прикосновением пальцев рук). Как правило, на практике пользуются такими

Срок сушки - в ТУ

показателями как "высыхание до отлипа" и "высыхание на ощупь". Под этими выражениями понимают:

- высыхание до отлипа – легкое нажатие на покрытие пальцем не оставляет следа и не дает ощущения липкости;
- высыхание на ощупь – тщательное ощупывание покрытия руками не вызывает его повреждения.

Согласовать

При использовании цинкнаполненных этилсиликатных материалов помимо указанных методов определения степени высыхания рекомендуется проверка устойчивости покрытия по методу МЕК (стандарт ASTM D 4752). Метод основан на оценке стойкости покрытия при истирающем воздействии на него тканью, смоченной метилэтилкетоном. Оценка производится в баллах (от 0 до 5) по таблице 1 стандарта в зависимости от числа воздействий до разрушения покрытия.

50 движений вверх-вниз высший бал 5

Помимо оценки покрытия по указанным выше показателям инспектор в процессе контроля должен визуально осмотреть всю поверхность после нанесения каждого слоя на предмет обнаружения дефектов покрытия (см.п. 6.5.4). Имеющиеся дефекты следует исправить до нанесения последующего слоя.

6.5.4. Контроль сформированного лакокрасочного покрытия

полное высыхание

Контроль сформированного лакокрасочного покрытия производится в том же объеме, что и контроль в процессе нанесения лакокрасочных материалов (см.п. 6.5.3).

Однако в данном случае за срок высыхания покрытия принимается срок выдержки до ввода в эксплуатацию, т.е. до достижения покрытием оптимальных физико-механических и защитных свойств.

Кроме того, у декоративных лакокрасочных покрытий контролируется цвет, который определяется визуально сравнением с эталоном по стандарту ИСО 3668 (см.п. 4.3.1).

После полного формирования покрытие подлежит 100%-ному визуальному контролю на наличие дефектов окрашивания. Перечень наиболее распространенных дефектов, их причины и методы устранения приведены в табл. 6.1.

6.5.5. Оформление документации

Выполнение контрольных операций и результаты контроля оформляются документально на всех стадиях работы по нанесению лакокрасочных материалов (см. п. 1.2).

В рабочем журнале инспектор ежедневно отмечает все работы, которые ему пришлось выполнять в течение дня, с указанием даты и времени.

Акты контроля оформляются на отдельные этапы работы, соответствующие, как правило, нанесению каждого слоя системы покрытия. В акте отмечаются

результаты контроля техпроцесса нанесения лакокрасочных материалов и качества сформированных покрытий, включая:

- климатические условия в период выполнения работ;
- марки и качество используемых материалов;
- работоспособность оборудования, технологической оснастки и приборов контроля;
- квалификацию персонала;
- параметры технологического процесса;
- качество нанесения каждого слоя покрытия по основным показателям (см. п. 6.5.3);
- качества полностью сформированного покрытия по основным показателям (см. п. 6.5.4).

В акте делается заключение о соответствии качества окрасочных работ требованиям стандартов и технологической документации и принятии инспектором конкретного объема работ.

В случае каких-либо отклонений от требований стандартов или технологической документации на выполнение окрасочных работ, которые не были исправлены по замечаниям инспектора, оформляется уведомление о нарушении требований. Уведомление обсуждается представителями заинтересованных сторон (см. п. 1.2).

По окончании окрасочных работ, т.е. приемке инспектором полностью сформированного лакокрасочного покрытия, оформляется сводный отчет о контроле качества выполнения окрасочных работ на объекте. В сводный отчет заносятся вся основная информация об организации работы и значения основных параметров по всему технологическому процессу (см.табл. 6.2). При необходимости к сводному отчету прикладываются фотографии наиболее характерных (или спорных) участков очищенной или окрашенной поверхности.

Константа – толщиномер, гребенки

Таблица 6.1

Дефекты лакокрасочных покрытий, причины их возникновения и рекомендации по их устранению

Дефекты	Причины	Предупреждение. Исправление
1 Потеки и наплывы	Вязкость ниже нормы	Применять материалы с вязкостью, соответствующей норме
	Слишком толстый слой лакокрасочного материала	Уменьшить расход материала
	Расстояние от распылителя до окрашиваемой поверхности меньше нормы, распылитель неправильно ориентирован относительно окрашиваемой поверхности	Распылитель держать перпендикулярно к окрашиваемой поверхности на расстоянии 200–400 мм
	Замедленное перемещение распылителя по отношению к окрашиваемой поверхности	Ускорить перемещение распылителя
	Слишком высокая температура лакокрасочного материала (в случае применения 2-компонентных материалов)	Уменьшить температуру лакокрасочного материала
	Устранить потеки и наплывы можно, убрав их кистью, пока материал не начал подсыхать. После высыхания пленки дефектные участки необходимо очистить и нанести покрытие заново	
2 Апельсиновая корка (шагрень)	Плохое диспергирование частиц, вызванное низким давлением на выходе из сопла	Отрегулировать давление
	Низкая температура воздуха во время нанесения лакокрасочного материала	Прекратить окраску до установления допустимой температуры

Продолжение таблицы 6.1

Дефекты	Причины	Предупреждение. Исправление
	Повышенная вязкость лакокрасочного материала	Применять лакокрасочный материал с вязкостью, соответствующей норме
	~~Расстояние от распылителя до окрашиваемой поверхности меньше нормы~~	~~Держать распылитель на правильном расстоянии~~
	Слишком быстрое испарение растворителя	Применять растворитель в соответствии с нормативной документацией
	Удалить покрытие и нанести заново	
3 Шелушение, отслаивание	Неудовлетворительная подготовка поверхности	Тщательно контролировать подготовку поверхности ~~и нанесения каждого слоя покрытия~~
	Несовместимость с нижележащим покрытием	
	Загрязнение промежуточного слоя покрытия	
7.2 7.4	Нанесение лакокрасочного материала на пересушенные нижележащие слои	Поверхность прошкурить. Соблюдать сроки сушки слоев
	Нанесение при низкой температуре и высокой влажности	Прекратить окраску до установления допустимых температуры и влажности
	Удалить покрытие и нанести заново	
4 Сухая струя (шероховатость покрытия) зуб материалов физическое высыхание	Расстояние от распылителя до поверхности слишком большое	Держать распылитель на правильном расстоянии от окрашиваемой поверхности

Продолжение таблицы 6.1

Дефекты	Причины	Предупреждение. Исправление
	Слишком большой угол распыления	Держать распылитель под нужным углом
	Растворитель испаряется слишком быстро	Использовать подходящий растворитель
	Слишком высокая температура воздуха	Прекратить окраску до снижения температуры до допустимых значений
	Удалить покрытие и нанести заново	
5 Межслойная проницаемость	Проникновение красящих пигментов из предыдущего слоя в последующий	Изменить систему покрытия
6 Вздутие пленки	Нанесение материала с активным растворителем на несовместимый с ним материал	Изменить систему покрытия
	Нанести краски на недостаточно высохший предыдущий слой покрытия	Выдерживать необходимое время межслойной сушки
	Слишком высокая или слишком низкая температура воздуха	Прекратить окраску до установления допустимой температуры
	Удалить покрытие и нанести заново	
7 Кратеры, поры	Пористость окрашиваемой поверхности или предыдущего слоя покрытия	Контролировать подготовку поверхности и нанесение каждого слоя покрытия
	Краска нанесена при повышенной температуре воздуха или на грязную поверхность	Выполнять требования технологической документации
	Вязкость материала выше нормы	Разбавить материал до нормы
	Присутствие в краске воды, масел, пузырьков воздуха	Заменить материал
	Удалить покрытие и нанести заново	

Продолжение таблицы 6.1

Дефекты	Причины	Предупреждение. Исправление
8 Пузыри	Применение разбавителей, не предусмотренных документацией	Использовать разбавитель, предусмотренный документацией
	Недостаточная очистка поверхности от растворимой соли, влаги, масел и др. загрязнителей	Тщательная промывка или обезжиривание поверхности
	Загрязнение лакокрасочного материала водой, минеральными маслами	Заменить материал
	Присутствие пузырьков воздуха в лакокрасочном материале	Заменить материал
	Удалить покрытие, промыть поверхность и заново окрасить	
9 "Рыбьи глаза"	Нанесение лакокрасочного материала на загрязненную маслами, влагой и другими загрязнителями поверхность	Контроль подготовки поверхности
	~~Несовместимость лакокрасочных материалов в системе покрытия~~	~~Правильный выбор системы покрытий~~
	Загрязнение лакокрасочного материала маслами или водой	Заменить лакокрасочный материал
	Удалить покрытие, очистить поверхность и заново окрасить	
10 Растрескивание	Нанесение лакокрасочного материала неравномерным по толщине слоем	Наносить материал равномерно по толщине

выдержать
Zn наполненные этил
силикатные грунтовки
нужен "тайкот"

Продолжение таблицы 6.1

Дефекты	Причины	Предупреждение. Исправление
	Нанесение лакокрасочного материала по ~~непро~~ пересушенному предыдущему слою	Соблюдать сроки сушки слоев
	Удалить покрытие и нанести заново	
11 Морщинистость	Повышенная температура окрашиваемой поверхности	Прекратить окраску до установления допустимой температуры
	Нанесение слишком толстого слоя лакокрасочного материала	Наносить слой краски требуемой толщины
	Нанесение лакокрасочного материала по непросушенному предыдущему слою	Соблюдать сроки сушки слоев
	Удалить покрытие и нанести заново	
12 Неравномерный блеск, различные оттенки цвета	Нанесение краски при низкой температуре и высокой влажности	Окраску прекратить до установления требуемых температуры и влажности
	Присутствие влаги в краске	Заменить краску
	Плохое перемешивание краски перед нанесением	Тщательно перемешать краску
	~~Плохой перетир краски~~	~~Перетереть краску~~
	Зачистить покрытие и нанести дополнительный слой краски	
13 Сорность пленки	~~Плохой перетир краски~~	~~Перетереть краску~~
	Загрязнение краски механическими примесями, плохая фильтрация	Профильтровать краску
	Зачистить покрытие и нанести дополнительный слой краски	
	Загрязнение поверхности абразивом	

Таблица 6.2

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ФОРМА СВОДНОГО ОТЧЕТА О КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ ОКРАСОЧНЫХ РАБОТ НА ОБЪЕКТЕ

<table>
<tr><td colspan="3">Наименование окрашиваемого объекта</td><td>Проект №</td></tr>
<tr><td colspan="3">Наименование конструкции [1)]</td><td rowspan="2">Чертеж №</td></tr>
<tr><td colspan="3">Площадь окрашиваемой поверхности, м^2</td></tr>
<tr><td colspan="2">Владелец объекта</td><td>Фирма</td><td>Ответственное лицо</td></tr>
<tr><td colspan="2">Проектант объекта</td><td>Фирма</td><td>Ответственное лицо</td></tr>
<tr><td colspan="2">Исполнитель очистных работ</td><td>Фирма</td><td>Ответственное лицо</td></tr>
<tr><td colspan="2">Исполнитель окрасочных работ</td><td>Фирма</td><td>Ответственное лицо</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Первоначальное состояние поверхности</td><td rowspan="2">Неокрашенная поверхность</td><td colspan="2">Степень коррозии:
(ИСО 8501-1) □A □B □C □D</td></tr>
<tr><td colspan="2">Дополнительная информация (материал, характер коррозионных повреждений, наличие дефектов и т.п.)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Ранее окрашенная поверхность</td><td colspan="2">Степень образования пузырей (ИСО 4628-2):
Степень коррозии (ИСО 4628-3):
Степень растрескивания (ИСО 4628-4):
Степень отслаивания (ИСО 4628-5):
Степень меления (ИСО 4628-6):</td></tr>
<tr><td colspan="2">Дополнительная информация (тип покрытия, толщина, срок эксплуатации и т.п.)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Подготовка поверхности</td><td colspan="3">Степень подготовки: (ИСО 8501-1; ИСО 8501-2)
□ Sa1 □ Sa2 □ Sa2$^1/_2$ □ Sa3
□ St2 □ St3
□ PSa2 □ PSa2$^1/_2$ □ PSa3
□ PSt2 □ PSt3
□ PMa
□ Fl</td></tr>
<tr><td colspan="3">Шероховатость (ИСО 8503-2): □G тонкая □ G средняя □ G грубая
□S тонкая □S средняя □S грубая</td></tr>
<tr><td colspan="3">Дополнительная информация (метод обработки, марка абразива, оборудование, квалификация персонала и т.п.).</td></tr>
</table>

Продолжение таблицы 6.2.

Окрасочные работы	Этапы работы (нанесение слоев)					
	1	2	3	4	5	6
Марка материала						
Фирма-поставщик						
Партия, дата изготовления, № сертификата						
Цвет						
Метод нанесения						
Дата и время окрашивания						
Температура воздуха, °С						
Температура поверхности, °С						
Относительная влажность, %						
Точка росы, °С						
Погодные условия [2)]						
Средняя толщина пленки [3)],мкм сырого слоя/сухого слоя						
Результаты контрольных измерений других параметров лакокрасочных материалов и покрытий [3, 4)]						
Обнаружение дефектов покрытия и их исправление [5)]						
Дата составления отчета, подписи ответственных лиц						

[1)] Сводный отчет может составляться один на весь объект или (в случае большого объема работ, длительных сроков или различий в обработке отдельных частей объекта) на отдельные крупные конструкции.

[2)] Приводится краткое описание погодных условий (солнечное освещение, ветер, наличие увлажнения поверхности от осадков и т.п.).

[3)] Приводятся краткие сведения о местах и количестве измерений, используемых инструментах и т.п.

[4)] Приводятся результаты измерений всех контролируемых параметров (вязкость, адгезия, время и степень высыхания, укрывистость, прочность пленки и пр.).

[5)] Указывается характер дефекта, причина возникновения и меры устранения.

Раздел 7

ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

7.1. Основные правила безопасности

7.2. Охрана окружающей среды

7.3. Обязанности инспекторов, связанные с безопасностью труда и охраной окружающей среды

7.1. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ

В процессе подготовки поверхности под окраску, включающей операции механической очистки и обезжиривания, имеют место следующие вредные для здоровья работающих воздействия:

- шум;
- пыль;
- ударное воздействие частиц абразива;
- органические растворители.

При уровне шума более 85 дБ даже при кратковременном его воздействии у человека появляются головные боли, головокружения, усталость. Систематическое воздействие шума приводит к профессиональной глухоте – невриту слухового нерва. При работе мощных установок абразивоструйной очистки шум может достигать 110 дБ. В качестве защиты от шума используются разнообразные индивидуальные средства защиты: вкладыши, наушники, шлемы, шумоизолирующие костюмы и др. В необходимых случаях следует изменять режим работы операторов, уменьшать продолжительность рабочего дня.

Пыль образуется при очистке сварных швов, удалении краски, ржавчины, окалины и т.п. Особенно много пыли (до 2000 мг/м^3) образуется при абразивоструйной очистке. Пыль представляет опасность прежде всего для органов дыхания. Осевшие в легких частицы пыли вызывают различные легочные заболевания (силикоз, сидероз и т.п.). Особенно опасна пыль, осевшая в верхних дыхательных путях и вызывающая бронхит. Попадание крупных частиц пыли в глаза может вызвать их механическое повреждение, конъюктивит и другие заболевания. Национальными стандартами безопасности труда устанавливаются предельно допустимые концентрации (ПДК) пыли различного происхождения. Например, для оксидов железа – 6 мг/м^3, для оксида кремния – 1–2 мг/м^3.

Для очистки рабочей зоны от пыли используются различные фильтры и вентиляция. В случае невозможности обеспечить достаточно полное удаление пыли из воздуха применяют индивидуальные средства защиты органов дыхания (респираторы, противогазы, тканевые маски и т.п.).

Скорость частиц абразива при струйной очистке может достигать 150 м/с. Отсюда понятна большая опасность этой работы при неосторожном обращении с оборудованием. Поэтому обязательным требованием при выполнении абразивоструйной очистки является использование защитной одежды, включая шлем, верхнюю одежду, обувь, перчатки.

Большую опасность для организма представляют пары и аэрозоли органических растворителей, применяемых для обезжирования поверхности. Особенно опасны бензол, дихлорэтан, метиловый спирт, трихлорэтилен и другие ароматические и галогенсодержащие углеводороды. Они могут оказывать различное влияние на организм: некоторые вызывают удушье, другие обладают наркотическим действием, третьи способствуют расстройству нервной системы и т.д. Для снижения токсикологической опасности при работе с растворителями применяют различные способы: запрещение особо опасных растворителей, использование лакокрасочных материалов на водной основе или безрастворительных, хранение материалов в закрытой таре, своевременное удаление смоченной растворителем ветоши, хорошая вентиляция и др. Непосредственно для защиты работающих

применяются индивидуальные средства защиты органов дыхания (те же, что для защиты от пыли), кожного покрова (специальные костюмы, головные уборы, перчатки) и глаз (очки).

Растворители являются не только токсичными, но и пожаро- и взрывоопасными материалами. Для понимания и оценки пожаро- и взрывоопасности материалов следует знать их основные характеристики:

- температура вспышки – температура, при которой над поверхностью материала образуются пары или газы, способные вспыхнуть от источника воспламенения, но недостаточная для последующего горения;
- температура воспламенения – температура, при которой возникает устойчивое горение от источника воспламенения. Температура воспламенения в зависимости от горючего вещества на 2–30°С больше температуры вспышки;
- температура самовоспламенения – температура, при которой вещество загорается без источника воспламенения;
- нижний и верхний пределы воспламенения – соответственно минимальная и максимальная концентрации газов в воздухе, при которых происходит их воспламенение;
- взрыв – быстрое сгорание горючих веществ с образованием большого количества теплоты и высокого давления газов.

Наиболее пажаро- и взрывоопасны такие растворители, как ацетон, бензол и смесевые растворители на их основе, нижний предел воспламенения которых составляет 45–52 г/м^3, температура вспышки – от минус 18 до +5°С, температурные пределы воспламенения: нижний от минус 20 до +7°С, верхний от +7 до +20°С. Средствами снижения опасности пожара и взрыва являются: применение менее опасных материалов; вентиляция помещений; исключение источников воспламенения; проектирование помещений соответствующей конструкции и из негорючих материалов; правильный подбор средств пожаротушения; строгий контроль за выполнением требований взрыво- и пожаробезопасности.

При выполнении окрасочных работ наиболее опасными для здоровья и жизни людей являются:

- органические растворители;
- пыль и аэрозоли лакокрасочных материалов.

Все, что сказано выше о вредности и взрыво- и пожароопасности пыли и органических растворителей и мерах безопасности при их использовании для обезжиривания поверхности металла, полностью относится и к процессу нанесения лакокрасочных материалов.

Наиболее токсичными из применяемых лакокрасочных материалов являются те, которые содержат в качестве пигментов свинцовые, ртутные, кадмиевые, медные, хромовые, оловоорганические и некоторые другие соединения.

Сильное токсическое действие могут оказать вещества, выделяющиеся в процессе отверждения покрытий, особенно при повышенных температурах: формальдегид, фенол, эпихлоргидрин, дибутилфталат, изоцианаты и др. Указанные вредные вещества могут вызывать у работающих с ними поражения верхних дыхательных путей, бронхиты, аллергические заболевания, изменения в печени и желудочно-кишечном тракте, кожные заболевания и др.

Помимо указанных выше мероприятий по технике безопасности, в процессе окрашивания объектов следует использовать методы и оборудование, снижающие потери лакокрасочного материала на туманообразование (например, замена пневмораспыления на безвоздушное), удаляющие красочный аэрозоль из рабочей зоны (например, методом водяной завесы), устраняющие контакт краски с атмосферой производственных помещений (например, транспортировка по трубопроводам) и др.

7.2. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Очистные и окрасочные работы могут оказывать вредное воздействие на атмосферу, почву и водные акватории.

Воздух, удаленный вентиляцией с окрасочных постов, всегда загрязнен парами растворителей и нередко красочным аэрозолем. Считается, что в момент нанесения лакокрасочного материала из пленки улетучивается около 20% растворителя, остальное его количество удаляется при сушке. Концентрация растворителей в воздушных выбросах обычно составляет 80–400 мг/м^3, а в газах, отходящих из сушильных камер, достигает 3–5 г/м^3. Эти концентрации сильно превосходят ПДК в атмосферном воздухе населенных пунктов (для растворителей ПДК – в пределах 0,1–0,6 мг/м^3).

Для создания нормальной экологической обстановки в атмосфере требуется комплекс технологических мероприятий, которые сводятся к двум направлениям:

1) уменьшение вредных выбросов за счет замены части традиционных материалов на экологически полноценные (краски на водной основе, порошковые, безрастворительные) и применения более совершенного оборудования;
2) очистка воздуха, отходящего из производственных помещений.

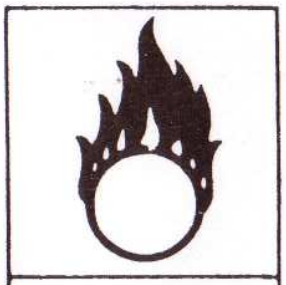
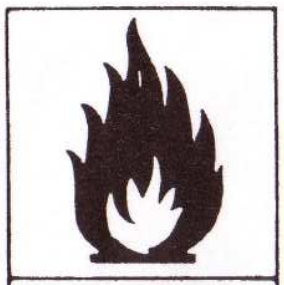
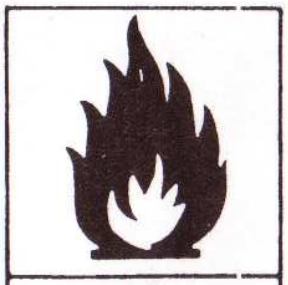
При получении покрытий образуются также разные загрязняющие почву и водную среду стоки. Наибольшее их количество образуется при подготовке поверхности металла – обезжиривании, травлении, фосфатировании, оксидировании, пассивировании. Сточные воды содержат кислоты, щелочи, эмульгированные масла, соединения хрома и др.

Сточные воды перед спуском в канализацию должны подвергаться очистке до допустимых норм, которые для ряда особо токсичных веществ (амины, соединения шестивалентного хрома и др.) не должны превышать 0,001–0,1 мг/л. В основе очистки сточных вод лежат процессы фильтрования, ионного обмена и перевода вредных веществ в физиологически безвредное состояние.

Особую опасность для водных акваторий представляют собой противообрастающие лакокрасочные покрытия, содержащие в качестве биоцидов металлоорганические соединения мышьяка, ртути и олова.

Нанесение ущерба земельным ресурсам происходит, главным образом, в связи с захоронением отходов лакокрасочных материалов и химикатов. Эти отходы часто делают почву непригодной для хозяйственного использования на многие годы.

Tx	T	Xn	C	Xi
VERY TOXIC	TOXIC	HARMFUL TO HEALTH	CORROSIVE	IRRITANT

E	O	Fx	F	Fo
				FLAMMABLE
EXPLOSIVE	OXIDIZING	EXTREMELY FLAMMABLE	HIGHLY FLAMMABLE	

182a

7.3. ОБЯЗАННОСТИ ИНСПЕКТОРА, СВЯЗАННЫЕ С БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРУДА И ОХРАНОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Инспектор, контролирующий выполнение очистных и окрасочных работ, должен иметь ясное представление о токсикологических и санитарно-гигиенических свойствах и взрыво- и пожароопасности используемых материалов, а также правилах безопасности труда и охраны окружающей среды при их использовании. Он должен контролировать выполнение этих правил и адекватно реагировать на их нарушения.

Инспектор должен знать требования в части безопасности труда и охраны окружающей среды, изложенные в следующей документации:

1. Национальных стандартах безопасности труда и охраны окружающей среды той страны, где производятся работы.
2. Технологической документации на выполнение очистных и окрасочных работ.
3. Описании материалов и указаниях по их использованию, изданных изготовителем этих материалов.
4. Этикетках на транспортной таре.

Инспектор должен иметь следующие сведения об используемых материалах:

1. Полное наименование продукта, его изготовителя, срок изготовления.
2. Токсикологические свойства: вредные компоненты, их количественное содержание, характер воздействия на организм, величины ПДК.
3. Характеристики взрыво- и пожароопасности, условия, при которых материал может гореть и взрываться.
4. Противопоказания по использованию материалов.
5. Меры предосторожности при работе с материалами, средства коллективной и индивидуальной защиты.

Инспектор, контролируя качество очистных и окрасочных работ, должен обращать внимание и оценивать выполнение работ с точки зрения требований безопасности труда и охраны окружающей среды. Нарушения этих требований могут не отражаться на качестве покрытия, поэтому инспектор не всегда вправе требовать от исполнителей выполнения его указаний или советов в этой части или прекращения работы. В таких случаях он должен докладывать о нарушениях руководству предприятия и фиксировать их в своем рабочем журнале.

Литература

2. Пожарная безопасность

2.1. "Правила пожарной безопасности в РФ" ППБ-01-93. года

2.2. "Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности" НПБ 105-95 с 96 года

2.3. Пособие по применению НПБ 105-95.

2.4. СНиП 10-01-94 "Система нормативных документов в строительстве".

2.5. СНиП 11-01-95 "Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий, сооружений".

2.6. А. Н. Баратов, В. А. Пчелинцев "Пожарная безопасность", Учебное пособие, М., 1997.

выше -115°С. опасный избыточное давление 0,7 Мпа

3. Охрана труда, промышленная безопасность

3.1. Закон РФ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 20 июня 1997г.

3.2. Закон РФ "Об основах охраны труда в РФ" от 23 июня 1999 г.

3.3. Постановление Правительства РФ от 10.07.98 №779 "О федеральном органе исполнительной власти, специально уполномоченном в области промышленной безопасности"

3.4. Указ Президента РФ от 18.02.93. № 234 "Перечень предприятий (организаций), производств, объектов и работ, надзор за которыми осуществляют органы Федерального горного и промышленного надзора России"

Все окрасочная работа - опасна!

4. Охрана окружающей среды

4.1. ИСО 14001-1996 "Системы экологического управления. Требования и руководство по использованию".

4.2. ИСО 14004-1996 "Системы экологического управления. руководство по принципам организации и методам обеспечения функционирования"

4.3. ИСО 14010-1996 "Руководство по экологическому аудиту. Основные принципы"

4.4. ИСО 14011-1996, ИСО 14012-1996 "Экологический аудит"

Государственное **унитарное предприятие** —
Центр проектной продукции в **строительстве** (ГУП ЦПП)
127238, Москва, Дмитровское ш., 46, корп. 2.
Тел/факс: (095) 482-42-65 — **приемная.**
Тел.: (095) 482-42-94 — **отдел заказов;**
(095) 482-41-12 — **проектный отдел;**
(095) 482-42-97 — **проектный кабинет.**

Раздел 8

ЛИТЕРАТУРА, РЕКОМЕНДУЕМАЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Коррозия и защита судов. Справочник под ред. Е.Я.Люблинского, В.Д.Пирогова. Л., Судостроение, 1987. 376 с.

Улиг Г.Г., Реви Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику. Пер. с англ. Под ред. А.М.Сухотина. Л., Химия, 1989. 456 с.

Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. Учебник для вузов. Л.: Химия, 1989. 384 с.

Судовые покрытия: Справочник/ С.А. Дринберг и др. Л.: Судостроение, 1982. 208 с.

Яковлев А.Д., Евстигнеев В.Г., Гисин П.Г. Оборудование для получения лакокрасочных покрытий. Л.: Химия, 1982. 192 с.

Лапин В.С., Вольберг В.Р. Контроль окрасочных работ в машиностроении. М.: Высшая школа, 1984. 200 с.

Иванникова Г.Ф., Фиалковская Т.А. Безопасность труда при нанесении лакокрасочных покрытий в машиностроении. М.: Машиностроение, 1981. 112 с.

Боград В.М., Коваль В.И., Скороходов В.А. Охрана труда в судостроении: Учебное пособие. СПб.: Судостроение, 1992. 288 с.

NS 476. Правила для аттестации инспектора по нанесению покрытий.

ИСО 8501. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Визуальная оценка чистоты поверхности. Ч.1–3.

ИСО 8502. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Испытания для оценки чистоты поверхности. Ч.1–7.

ИСО 8503. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Характеристики шероховатости поверхности стальной основы, очищенной методом струйной очистки. Ч.1–4.

ИСО 8504. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Методы подготовки поверхности. Ч.1–3.

ИСО 11124. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Спецификации металлического абразива для струйной очистки. Ч.1–5.

ИСО 11125. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Методы испытаний металлического абразива для струйной очистки. Ч.1–8.

ИСО 11126. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Спецификации неметаллического абразива для струйной очистки. Ч.1–9.

ИСО 11127. Подготовка стальной основы перед нанесением красок и подобных покрытий. Методы испытаний неметаллического абразива для струйной очистки. Ч.1–8.

ИСО 1513. Лаки и краски. Исследование и подготовка образцов для испытания.

ИСО 1514. Лаки и краски. Стандартные образцы для испытаний.

ИСО 2409. Лаки и краски. Испытания на поперечный разрез.

ИСО 2808. Лаки и краски. Определение толщины пленки.

ИСО 4624. Лаки и краски. Определение адгезии методом отрыва.

ИСО 4628. Оценка разрушения лакокрасочных покрытий. Определение интенсивности, количества и размеров типовых дефектов. Ч.1–6.

ИСО 9001–9003. Системы качества. Модели для обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании.

ОСТ 5Р.9258–95. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Системы окрашивания судов.

ОСТ 5Р.9566–94. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Типовые технологические процессы окрашивания судов.

ГОСТ 9.032–74. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Классификация и обозначения.

ГОСТ 9.072–77. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Термины и определения.

ГОСТ 9.104–79. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Группы условий эксплуатации.

ГОСТ 9.402–80. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей перед окрашиванием.

ГОСТ 9.105–80. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Классификация и основные параметры методов окрашивания.

ГОСТ 5233–89. Лаки и краски. Метод определения твердости покрытия по маятниковому прибору.

ГОСТ 16976–71. Покрытия лакокрасочные. Метод определения степени меления.

ГОСТ 9980–86. Материалы лакокрасочные. Правила приемки. Отбор проб для испытаний. Упаковка. Маркировка. Транспортирование и хранение.

ГОСТ 9.401–91. ЕСЗКС. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов.

ГОСТ 4765–73. Материалы лакокрасочные. Метод определения прочности пленок при ударе.

ГОСТ 6589–74. Материалы лакокрасочные. Метод определения степени перетира прибором "Клин".

ГОСТ 6806–76. Материалы лакокрасочные. Метод определения эластичности пленки при изгибе.

ГОСТ 8420–76. Материалы лакокрасочные. Методы определения условной вязкости.

ГОСТ 15140–78. Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии.

ГОСТ 19007–73. Материалы лакокрасочные. Метод определения времени и степени высыхания.

ГОСТ 27271–87. Материалы лакокрасочные. Метод контроля срока годности.

Приложение 1

СОПОСТАВЛЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ

1. Подготовка поверхности

Объекты стандартизации	Стандарты		Существенные отличия
	международные	Отечественные	
1	2	3	4
1. Степени очистки: – степени коррозии и степени очистки ранее неокрашенной поверхности	ИСО 8501-1	ГОСТ 9.402	1) Степени коррозии оцениваются приблизительно одинаково, но другие обозначения : ИСО 8501-1 – А, В, С, Д; ГОСТ 9.402 – соответственно Г, В, А, Б 2) В ИСО 8501-1 степень очистки зависит от метода очистки (Sa, St, Fl). В ГОСТ 9.402 различий нет, хотя они весьма существенны. 3) В ИСО 8501-1 оценки степеней очистки более отчетливы. Приблизительное соответствие: SaI – степень 4, Sa2 – степень 3, Sa2 ½ – аналога нет, Sa 3 – степени 1 и 2. 4) В ГОСТ 9.402 регламентированы не только механическая, но и химическая очистка. 5) ГОСТ 9.402 неудобен при использовании, т.к. там смешаны вопросы нормативного документа и технологической инструкции.

187

1	2	3	4
– степени очистки после локального удаления прежних покрытий	ИСО 8501–2	Аналога нет	
– устранении дефектов (сварные швы, острые кромки и т.п.)	ИСО 8501–3	ГОСТ 9.402	Острые кромки должны быть закруглены: По ИСО 8501–3 – радиусом не менее 2 мм; По ГОСТ 9.402 – радиусом не менее 0,3 мм (что не может обеспечить качественного покрытия)
2. Степени очистки от различных загрязнений:	ИСО 8502	ГОСТ 9.402	
– растворимых продуктов коррозии	ИСО 8502–1	Аналога нет	
– хлоридов	ИСО 8502–2	Аналога нет	
– пыли	ИСО 8502–3	Аналога нет	
– масел и жиров	ИСО 8502–7 (в стадии оформления)	ГОСТ 9.402	ГОСТ 9.402 устанавливает две степени зажиренности: Первая – содержание масел и жиров до 3 г/м^2, вторая – свыше 3 г/м^2, что ни о чем не говорит, т.к. обе степени недопустимы. а также две степени обезжиривания 1-я и 2-я по 3-м способам обезжиривания (салфетки, капли, разрыв водяной плёнки) 30"
– растворимых загрязнений в совокупности	ИСО 8502–6 (метод Бресли)	Аналога нет	
3. Степени шероховатости поверхности после абразивоструйной очистки:	ИСО 8503		
– эталоны сравнения	ИСО 8503–1	Аналога нет	
– методика оценки	ИСО 8503–2	Аналога нет	

1	2	3	4
4. Методы подготовки поверхности (рациональные области применения)	ИСО 8504 (ч. 1–3)	Аналога нет	
5. Параметры шероховатости поверхности	ИСО 468 ИСО 8503 (ч. 1–4)	ГОСТ 2789	По стандарту ИСО 8503 степень шероховатости оценивается параметрами h_y и R_y, выражающими одну и ту же величину – среднюю максимальную высоту от пика до впадины, но измеренную разными методами. По ГОСТ 2789 и ИСО 468 степень шероховатости можно оценить тремя параметрами: R_a, R_z, R_{max}, где: R_a – среднее арифметическое отклонения профиля, R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам, R_{max} – наибольшая высота профиля. Т.е. величины h_y и R_y практически соответствуют величине R_z.
6. Спецификация металлического абразива для струйной очистки	ИСО 11124 (ч. 1–5)	ГОСТ 11964	
7. Методы испытаний металлического абразива для струйной очистки	ИСО 11125 (ч. 1–8)	ГОСТ 11964	
8. Спецификации неметаллического абразива для струйной очистки	ИСО 11126 (ч. 1–9)	ГОСТ 3647	ГОСТ 3647 регламентирует только зерновой состав по размеру частиц

1	2	3	4
9. Методы испытаний неметаллического абразива для струйной очистки	ИСО 11127 (ч. 1–8)	Аналога нет	
10. Степени разрушения лакокрасочных покрытий:	ИСО 4628	ГОСТ 9.407	
– принципы оценки	ИСО 4628–1	ГОСТ 9.407	
– пузыри	ИСО 4628–2	–«–	
– коррозия	ИСО 4628–3	–«–	
– растрескивание	ИСО 4628–4	–«–	
– отслаивание	ИСО 4628–5	–«–	
– меление	ИСО 4628–6	ГОСТ 16976	

II. ПОДГОТОВКА И НАНЕСЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Объекты стандартизации	Стандарты		Существенные отличия
	международные	отечественные	
1	2	3	4
1. Отбор проб лакокрасочных материалов для испытаний	ИСО 1512	ГОСТ 9980	В ГОСТ 9980 нет критериев отбраковки ЛКМ
2. Приготовление образцов для испытаний	ИСО 1513	Аналога нет	
3. Определение высыхания лакокрасочных покрытий с помощью стеклянных шариков	ИСО 1517	ГОСТ 19007	ГОСТ 19007 помимо метода стеклянных шариков предусматривает также другие методы

1	2	3	4
4. Определение состояния и времени полного высыхания лакокрасочных покрытий	ИСО 9117	ГОСТ 19007	Значительные отличия в методике
5. Определение прочности пленок при изгибе	ИСО 1519	ГОСТ 6806	Существенных различий нет, за исключением диаметра цилиндрических стержней (ИСО 1519 – от 2 до 32 мм; ГОСТ 6806 – от 1 до 50 мм) и конструктивного исполнения
6. Определение прочности пленок при ударе	ИСО 6272	ГОСТ 4765	Существенных отличий нет. В ИСО 6272 может использоваться груз 1 и 2 кг
7. Определение степени перетира	ИСО 1524	ГОСТ 6589	
8. Определение адгезии методом решетчатого надреза	ИСО 2409	ГОСТ 15140	ИСО 2409 предусматривает шестибальную шкалу оценки адгезии, ГОСТ 15140 – четырехбальную. Методика ИСО 2409 более полная, четкая и детальная. ГОСТ 15140 предусматривает также определение адгезии на отслаивание
9. Определение адгезии методом отрыва	ИСО 4624	ГОСТ 27890	
10. Определение вязкости с помощью воронок	ИСО 2431	ГОСТ 8420	Существенных отличий нет, за исключением диаметра воронок (ИСО 2431 – 3,4,5,6 мм; ГОСТ 8420 – 2,4,6 мм)
11. Определение вязкости тиксотропных материалов при высокой скорости сдвига	ИСО 2884	Аналога нет	
12. Определение толщины пленок	ИСО 2808	~~Аналога нет~~ ГОСТ Р-51694	в гост соответствует ИСО
13. Определение блеска пленок	ИСО 2813	ГОСТ 896	
14. Определение укрывистости лакокрасочных материалов	ИСО 2814	ГОСТ 8784	

1	2	3	4
15. Определение нелетучих веществ в лакокрасочных материалах	ИСО 3251	ГОСТ 17537	
16. Определение цвета лакокрасочных покрытий	ИСО 3668	ГОСТ 19266 ГОСТ 29319	ГОСТ 19266 не имеет отношения к определению цвета покрытий, а только к определению цвета непигментированных жидких продуктов (лаков, растворителей и т.п.) соответствует ИСО 3668
17. Оценка совместимости лакокрасочных материалов	ИСО 4627	Аналога нет ГОСТ 29318	соответствует ИСО 4627.
18. Определение жизнеспособности лакокрасочных материалов	ИСО 9514	ГОСТ 27271	По ГОСТ 27271 жизнеспособность ЛКМ определяется по изменению вязкости, в ИСО 9514 – дифференцированно в зависимости от типа пленкообразующего (теплота реакции, блеск, вязкость, адгезия и др.)
19. Определение сплошности лакокрасочного покрытия	NACE RP 0188	Аналога нет	
20. Определение стойкости цинксиликатных грунтовок	ASTM Д 4752	Аналога нет	
21. Контроль качества сжатого воздуха для распыления ЛКМ	ИСО 8573 ИСО 8573-1.	ГОСТ 9.010 17433 –	– технические требования и методы контроля методы контроля

191а

1	2	3
1.10. Ручной фонарь	Elcmeter 132	Автономное питание на несколько дней работы.
1.11. Нож		Острый, из высококачественной стали.
1.12. Шпатель		Металлический, острый.
1.13. Мел для маркировки поверхности		Не должен содержать жиров. Цвет - белый или желтый.
1.14. Блокнот и шариковая ручка		
1.15. Маркировочная ручка с чернилами.		Для пометок на бумаге. Цвет - черный, красный, зеленый.
1.16. Комплект стандартов ИСО		Стандарт ИСО: 2808, 4628, 8501-1, 8501-2, 8502-3, 8502-4.
2. Средства контроля для уточнения отдельных измерений (при необходимости)		
2.1. Толщиномер для измерения ТСП (DFT) с выводом на компьютер	Elcometer 300 Minitest 4100-2100	Обеспечивает возможность заполнения и хранения результатов контроля.
2.2. Компаратор для определения шероховатости поверхности	Elcometer 125 Elcometer 127 Snrtest	Могут использоваться электронные цифровые приборы аналогичного назначения.
2.3. Компактный микроскоп с подсветкой		Увеличение 20х
2.4. Термогидрограф для измерения и записи °C и % RH		Для случая, например, непрерывной работы в отсутствие инспектора. Заряд самописца должен обеспечивать работу в течение недели.
2.5. Зеркало с длинной ручкой.	Elcometer 131	Для визуального контроля в труднодоступных местах.
2.6. Рулетка		Длина 25 м.
2.7. Кондуктометр для определения растворимых загрязнений	Elcometer 130	Контролируется наличие растворимых загрязнений в абразиве и на окрашиваемой поверхности. Комплектуется необходимой оснасткой для проведения измерений, например, по методу Бресли (ИСО 8502-6) или ИСО-8502-1, 8502-2.
2.8. Набор запасных частей для всех средств контроля.		

1	2	3
2.9. Комплект стандартов ИСО.		Стандарты ИСО: 8502-1, 8502-2, 8502-6, 8503 (1-4)
3. **Специальные средства контроля для измерения отдельных параметров (если это требуется по техдокументации)**		
3.1. Режущий инструмент для оценки адгезии	Elcometer 107	Оценка производится методом решетчатых надрезов по ИСО 2409. Дополнительная оснастка: направляющие шаблоны, мягкая кисть, прозрачная липкая лента, лупа 2х или 3х.
3.2. Прибор для определения адгезии методом отрыва	Elcometer 106	прибор обеспечивается набором оснастки и клеев для различных случаев контроля.
3.3. Высоковольтный прибор для контроля пористости	Elcometer 136	Напряжение (0 -15 кВ) выбирается в зависимости от толщины токрытия.
3.4. Низковольтный прибор для контроля пористости	Elcometer 204 Elcometer 269	Напряжение 9, 67, 90В. Рекомендуется использовать в случае не до конца сформированного покрытия.
3.5. Стандартная шкала цветов		
3.6. Комплект стандартов ИСО		Стандарты ИСО: 2409, 3668, 4624.
4. **Оборудование для обеспечения безопасности работы инспектора**		
4.1. Верхняя рабочая одежда		
4.2. Рабочая обувь		
4.3. Защитные перчатки		
4.4. Защитная каска		
4.5. Защитные очки		
4.6. Респиратор, защитная маска		
4.7. Крем для защиты кожи		
4.8. Аптечка		Должна содержать все необходимое на случай вредного воздействия каких-либо производственных факторов.