

**Инспекция защитных покрытий**

# **Курс лекций**

**Инспекция защитных покрытий**

**by Jan Scheie  
National Institute of Technology  
Oslo, Norway**

**Содержание**

<b>Содержание</b>	<b>2</b>
<b>Обязанности инспектора</b>	<b>11</b>
<b>Подготовка поверхности</b>	<b>13</b>
<b>Значение обезжиривания поверхности</b>	<b>13</b>
Использование эмульгаторов	13
Использование щелочного обезжиривания	13
Использование растворителей	14
<b>Механическая обработка поверхности</b>	<b>14</b>
<b>Ручной и ручной механизированный инструмент</b>	<b>14</b>
<b>Ударный очистной инструмент</b>	<b>15</b>
Вращающийся (ротационный) инструмент	15
Пламенная очистка	15
<b>Струйная очистка</b>	<b>16</b>
Абразивная струйная очистка	16
Оборудование	17
<b>Абразивный клапан</b>	<b>17</b>
<b>Шланги и соединения</b>	<b>17</b>
<b>Сопла</b>	<b>18</b>
<b>Рукоятка аварийной остановки</b>	<b>18</b>
<b>Абразивы</b>	<b>19</b>
Металлические абразивы	19
Минеральные абразивы (шлак, песок)	19
<b>Контроль абразивов и сжатого воздуха</b>	<b>20</b>
<b>Невоздушные среды для переноса абразива</b>	<b>21</b>
<b>Струйная обработка водой высокого и сверхвысокого давления</b>	<b>21</b>
<b>Осмотическое вспучивание</b>	<b>23</b>

<b>Измерение состояния окружающей среды до начала подготовки поверхности и покраски</b>	<b>26</b>
Влажность	26
Относительная влажность	27
Конденсация	27
До покраски	28
Чтобы обеспечить качественное покрытие	28
Методы снижения влажности (дегьюмидификация)	28
Какое оборудование рекомендуется?	29
IX-диаграмма	30
<b>Типы коррозии</b>	<b>31</b>
Общая коррозия	31
Гальваническая (биметаллическая) коррозия	31
Питтинговая коррозия	32
Щелевая коррозия	33
Эрозионная коррозия	34
Избирательное выщелачивание	35
Коррозионное растрескивание (SCC)	36
<b>Катодная защита</b>	<b>37</b>
Как работает этот тип защиты?	37
Системы расходоуемых анодов	38
Системы защиты наведёнными токами	39
Катодная защита и краски	39

<b>Краски и окрасочные системы</b>	<b>41</b>
Состав красок	42
Связующее	42
Пигменты	43
Наполнители	44
Растворители	44
Добавки	45
<b>Краски</b>	<b>46</b>
Физически сохнувшие краски	46
Краски кислородного окисления	47
Краски химического отверждения	47
<b>Различные типы красок</b>	<b>48</b>
Алкидные	48
Эпоксистеровые	49
Хлоркаучуковые	49
Виниловые	50
Битумные	51
Эпоксидные	51
Каменноугольно-эпоксидные/эпоксидно-каменноугольные	52
Эпоксидные и полиуретановые мастики	53
Эпоксидные не содержащие растворителей	53
Полиэстеровые армированные стеклянными чешуйками	54
Силиконовые	54
Водорастворимые	55

<b>Цеховые грунты</b>	<b>56</b>
Цеховые грунты на основе оксида железа	56
Цеховые грунты на основе цинка	56
<b>Травильные грунты</b>	<b>57</b>
<b>Краски с высоким содержанием цинка</b>	<b>58</b>
Органические краски с высоким содержанием цинка	58
<b>Цинк-этилсиликатные грунты</b>	<b>58</b>
<b>Цинковые щелочные силикаты</b>	<b>59</b>
<b>Противообрастающие краски</b>	<b>59</b>
Традиционные или основанные на растворимых матрицах	60
Долгоживущие или контактные	60
Самополирующиеся	60
<b>Многослойные (сандвичевые) покрытия</b>	<b>61</b>
<b>Типы покрытий, отличные от красок</b>	<b>62</b>
Резиновая облицовка (футеровка)	62
Порошковые покрытия	62
Ленты и облицовки	63
Временные покрытия	63
<b>Нанесение красок</b>	<b>64</b>
<b>Окрасочные перчатки или рукавицы</b>	<b>64</b>
<b>Кисть</b>	<b>64</b>
<b>Валик</b>	<b>64</b>
<b>Распыление</b>	<b>65</b>
Традиционное (воздушное) распыление	65
Безвоздушное распыление	65
<b>Проблемы, относящиеся к безвоздушному распылению</b>	<b>66</b>
<b>Номограммы для определения количества краски, истекающего через сопло за минуту</b>	<b>66</b>
<b>Номограмма</b>	<b>68</b>
<b>Расчет покрытий</b>	<b>70</b>

<b>Дефекты окраски</b>	<b>76</b>
<b>Применение ISO 4628 для определения дефектов</b>	<b>78</b>
<b>Стандарты обеспечения качества</b>	<b>81</b>
<b>Процедуры несоответствия</b>	<b>82</b>
<b>Корректирующие действия</b>	<b>82</b>
<b>Руководства и стандарты</b>	<b>83</b>
<b>Руководства DNV и BV (Бюро Веритас)</b>	<b>83</b>
<b>ISO 12944</b>	<b>83</b>
<b>Стандарт Norsok M 501</b>	<b>84</b>
<b>Спецификации и процедуры</b>	<b>85</b>
<b>Что такое спецификация?</b>	<b>85</b>
<b>Процедуры</b>	<b>85</b>
<b>Коммуникабельность</b>	<b>85</b>
<b>Ежедневные отчёты</b>	<b>87</b>
<b>Ежедневный отчёт</b>	<b>88</b>
<b>Аспекты ТБ и Охраны Труда</b>	<b>89</b>
<b>Общие</b>	<b>89</b>
<b>Пыль</b>	<b>89</b>
<b>Шум</b>	<b>90</b>
<b>Средства индивидуальной защиты</b>	<b>90</b>
<b>Опасность растворителей и контроль</b>	<b>91</b>
<b>Поражение организма растворителями тремя путями</b>	<b>91</b>
<b>Контакт с кожей</b>	<b>91</b>
<b>Вдыхание</b>	<b>91</b>
<b>Проглатывание</b>	<b>92</b>
<b>Средства защиты и личная гигиена</b>	<b>92</b>

<b>Порог предельного значения (TLV)и ПДК (MAC)</b>	<b>92</b>
<b>Летучие органические соединения (VOC)</b>	<b>93</b>
<b>Едкие и аллергенные материалы</b>	<b>93</b>
<b>Пожаро - и взрывоопасность</b>	<b>93</b>
Точка вспышки	94
Нижний предел взрывоопасности	94
Верхний предел взрывоопасности	94
Взрывоопасная область	94
Температура самовоспламенения	94
Источники воспламенения	95
<b>Этикетки и SAFETY DATA SHEETS</b>	<b>95</b>
Идентификация продукта	95
Опасные ингредиенты	95
Физические условия	95
Условия взрывоопасности	96
Опасность для здоровья	96
Условия реактивности	96
Меры при проливе или просачивании	96
Информация по специальной защите/предосторожности	96
<b>Контроль качества</b>	<b>97</b>
<b>Подготовка поверхности</b>	<b>97</b>
Степени ржавления	97
Степени подготовки	97
<b>Загрязнения поверхности</b>	<b>98</b>
Масло	99
Растворимые продукты коррозии железа	99
Хлориды	100
<b>Измерения электропроводности</b>	<b>100</b>
Метод Брэсли	100
SCM 400	100
Влажность	100
Пыль	101
Сварочные дымы	101
<b>Профиль поверхности</b>	<b>101</b>
Компараторы	102
Цифровой прибор (Elcometer 121)	103
Копирующая лента	104
<b>Измерение толщины красочной пленки</b>	<b>104</b>
Толщина мокрой пленки	<b>105</b>
Измерительная гребёнка	105

Измерительное колесо	105
<b>Толщина сухой плёнки</b>	<b>105</b>
<b>Магнитный отрывной инструмент</b>	<b>106</b>
<b>Электромагнитный инструмент</b>	<b>106</b>
<b>Калибрование</b>	<b>107</b>
<b>Как отрегулировать Ваш толщиномер?</b>	<b>107</b>
<b>Непродолжительный (Holiday) контроль</b>	<b>107</b>
Детектор с влажной губкой	108
<b>Высоковольтный (искровой) детектор</b>	<b>108</b>
<b>Проверка адгезии</b>	<b>109</b>
<b>Метод отрыва</b>	<b>109</b>
PAT GM 01	109
Elcometer Hate 108	110
Saberg - инструмент IS 90	110
<b>Пользование инструментом</b>	<b>110</b>
Очистка	110
Приклеивание	111
Прорезание вокруг куколки (грибка)	111
<b>Какого рода отрывные силы могут быть измерены?</b>	<b>111</b>
<b>Метод решетчатых надрезов</b>	<b>113</b>
<b>Проверка высыхания (полимеризации) красок</b>	<b>113</b>
<b>Отверждение цинкэтилсиликатных красок</b>	<b>113</b>
Тест NIT, Норвегия	114
<b>Оборудование для инспекции</b>	<b>114</b>
Другое оборудование, которое может быть необходимо	115
<b>Термическое напыление</b>	<b>116</b>
Пламенное напыление	116
Дуговое напыление	116
Подготовка поверхности перед термическим напылением	116



<b>Гальванизация горячим погружением</b>	<b>117</b>
<b>Процесс</b>	<b>117</b>
<b>Инспектирование гальванизированной стали</b>	<b>118</b>
<b>Окрашивание оцинкованной стали</b>	<b>118</b>
Щелочная промывка	119
Лёгкая струйная очистка (свиппинг)	119
Травильные грунты	119
Проблемы при окрашивании гальванизированной стали	119
<b>Пассивная противопожарная защита</b>	<b>120</b>
<b>Требования, предъявляемые к взрыво- и огнезащите выгорюдок в нефтяной промышленности</b>	<b>120</b>
<b>Рекомендации, относящиеся к пассивной огнезащите</b>	<b>120</b>
<b>Технические рекомендации по противопожарным перегородкам</b>	<b>120</b>
Класс А противопожарных перегородок	120
Класс В противопожарных перегородок	121
Класс Н противопожарных перегородок	121
<b>Пассивная противопожарная защита</b>	<b>121</b>
<b>Органические покрытия</b>	<b>122</b>
<b>Неорганические покрытия</b>	<b>122</b>
<b>Стандарты по подготовке поверхности и краскам</b>	<b>124</b>
<b>Чистота поверхности</b>	<b>124</b>
<b>Шероховатость поверхности</b>	<b>124</b>
<b>Методы подготовки</b>	<b>125</b>
<b>Абразивы</b>	<b>125</b>
<b>Толщина плёнки</b>	<b>125</b>
<b>Адгезия</b>	<b>126</b>
<b>Непродолжительный (Holiday) контроль</b>	<b>126</b>
<b>МЕК тест для неорганических цинкнаполненных красок</b>	<b>126</b>
<b>Оценка разрушений лакокрасочных покрытий</b>	<b>126</b>

---

<b>Антикоррозионная защита стальных конструкций защитными красками</b>	<b>126</b>
<b>Практическое применение стандартов и оборудования</b>	<b>127</b>
ISO 8501-1 Визуальная оценка чистоты стали до и после обработки	128
ISO 8501-1 Определение степеней ржавления и степеней подготовки	129
ISO 8501-2 Уровни подготовки после местной очистки предварительно окрашенной подложки	130
ISO 8502-1 Испытания для растворимых продуктов коррозии железа	131
ISO 8502-2 Лабораторное определение хлоридов на очищенной поверхности	132
ISO 8502-3 Оценка пыли на очищенной поверхности (липкой лентой)	133
ISO 8502-4 Руководство по оценке вероятности конденсации влаги перед покраской	134
ISO 8502-6 Отбор образцов растворимых загрязнений с поверхности, подлежащей окрашиванию	135
ISO 8503-2 Метод классификации профилей поверхности после струйной очистки - использование компаратора	136
ISO 2808 Определение толщины плёнки - гребёнка и колесо	137
ISO 2808 Определение толщины плёнки - магнитно-отрывной метод	138
ISO 2808 Определение толщины плёнки - магнитно-поточный принцип	139
ASTM D 4138 Определение толщины плёнки разрушающими методами	140
ISO 2409 Метод решетчатых надрезов	141
ISO 4624 Определение адгезии методом отрыва	142
ASTM D 5162 Непродолжительное (Holiday) тестирование непроводящих защитных покрытий на металлической подложке - Низковольтный детектор с влажной губкой	143
ASTM D 5162 Непродолжительное (Holiday) тестирование непроводящих защитных покрытий на металлической подложке - Высоковольтный искровой детектор	144
ASTM D 4752 Измерение сопротивления МЕК неорганических цинкэтилсиликатных грунтов при помощи тампона, смоченного в растворителе	145

### ОБЯЗАННОСТИ ИНСПЕКТОРА

В соответствии со стандартом NS 476 как инспектор по покрытиям вы являетесь частью системы обеспечения качества. Ваша ответственность будет большой.

Инспектор обязан удостовериться, что

- применяется действительная спецификация
- подготовка поверхности, в том числе скругление острых углов, устранение дефектов поверхности, удаление сварочных брызг и т.п., производится в соответствии со спецификацией
- основные материалы, краски/покрытия, растворители применяются в соответствии со спецификацией и используются правильно
- специфицированные краски/покрытия наносятся на правильную подложку
- очистное и окрасочное оборудование находится в хорошем рабочем состоянии
- краски/покрытия и растворители правильно хранятся
- подготовка, окружающие условия, толщина покрытия, временные интервалы между слоями контролируются и находятся в соответствии с рекомендациями
- требования техники безопасности и охраны окружающей среды соблюдаются
- персонал квалифицирован в соответствии с рекомендациями
- тесты и анализы производятся в соответствии с рекомендациями квалифицированным персоналом и что приборы в рабочем порядке и откалиброваны
- работа, инспекция и тестирование задокументированы соответствующим образом

Дополнительно инспектор должен

- планировать свою работу в соответствии с рекомендациями спецификации и процедур или стандартов, которые согласно договора, применяются при инспекции
- стараться добиваться согласия без противоречий
- основывать свой отчет на результатах инспекций, тестов, согласований и корректирующих действий
- указывать и фиксировать поверхности, которые не могут быть окрашены в соответствии со спецификацией ввиду их формы либо состояния

### Поведение

Инспектор зачастую является “волком-одиночкой” и контактирует всего лишь с несколькими людьми для обсуждения различных проблем.

Уважение и доверие остальных людей являются ключевыми словами для инспектора. Он должен быть прямым и искренним и стараться наладить хорошие отношения с людьми, с которыми ему предстоит работать. Главной задачей его будет являться увлечь за собой при выполнении работы. Это даст ему возможность получить правильный результат, избежав многих задержек.

Как инспектору вам необходимо все время подробно фиксировать, что происходит. Совсем не обязательно быть все время на стороне производства -это может дать эффект родства с оператором. Всё должно быть записано в отчете, т.е. ежедневно или еженедельно отмечено в развитии.

Также немаловажно, чтобы инспектор был способен понимать , что действительно возможно для достижения ,а что нет. Во время работы оператора Вы всегда должны замерять отклонения DFT - эти отклонения могут быть вызваны несколькими причинами , а не только ошибками оператора. Все инструменты , которыми мы пользуемся , имеют погрешность, и об этом также необходимо всегда помнить.

**Здравый смысл - вот ключевое слово для инспектора.**

### ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ

Каждый видел водяные “жемчужины” на жирной или восковой поверхности. Вода на плохо очищенном ветровом стекле новой машины и на покрытых маслом стальных листах является хорошим наглядным примером этого. Если мы хорошо очистим эти поверхности, то есть удалим все жиры и смазки, и затем нанесем воду, то мы увидим, что вода образует растянутую пленку. Это объясняется восприимчивостью поверхности и может быть описано следующим: между всеми твердыми, жидкими и газообразными веществами при их контакте друг с другом действуют силы притяжения. Эти силы также присутствуют, когда мы наливаем воду на жирную поверхность. Тем не менее, силы между молекулами воды гораздо больше, чем силы между водой и жирной поверхностью. Восприимчивость поверхности воды стягивает водную пленку, и вода имеет большую восприимчивость поверхности, чем жирная поверхность.

Когда жир удален с поверхности, вода “смачивает” поверхность лучше. Восприимчивость поверхности возрастает, когда она очищена. Это значит, что чем большую восприимчивость поверхности мы имеем, тем лучшую адгезию для покрытия мы достигнем.

#### *Значение обезжиривания поверхности*

##### **Использование эмульгаторов**

Существует множество путей для обезжиривания поверхности. Наиболее традиционным из них является использование эмульгирующих растворителей - концентрированных смесей органических растворителей жиров, эмульгаторов и воды. Составы такого рода обычно имеют запах **парафина** или **уайт-спирита**. После того, как эмульгаторы оставлены на поверхности на несколько минут, они должны быть удалены пресной водой. Наилучший результат достигается при промывке горячей водой, или в комбинации с паром. Хороший результат может быть достигнут и при использовании холодной пресной воды.

##### **Применение щелочного обезжиривания**

При использовании щелочного обезжиривания удаляются не только жиры и масла с поверхности, но также и другие загрязнения. Водорастворимые соли и краски также удаляются с поверхности. Это “водноосновный” метод.

Этот способ часто используется на производствах, где стальные листы погружаются в щелочную ванну. Наиболее традиционной является ванна с натрийгидроксидом (каустической содой) с высокой щелочностью рН 13 - 14. Когда жирная поверхность опускается в ванну, жиры реагируют со щелочью с образованием мыла, которое растворяется в воде. Часто реактив в ванне подогревается и перемешивается.

### **Применение растворителей**

В некоторых отраслях промышленности применяются продукты на основе соединений хлора, такие как трихлорэтилен, перхлорэтилен. Такие продукты известны под наименованием **хлоротенов**. Чаще всего такие растворители применяются для обезжиривания небольших изделий.

На дне емкости с растворителем расположена спираль нагрева, используемая для разогрева растворителя до кипения. Вверху емкости располагается охлаждающая спираль. Когда холодное изделие опускается в зону пара, то пар конденсируется на поверхности, и жиры вместе с растворителем стекают вниз.

Затем поверхность сушится после удаления из емкости.

### ***Механическая обработка поверхности***

Многие из нас до известной степени вовлечены в удаление ржавчины и масляных красок различными способами. Применяется оборудование, такое как проволочные щетки, скребки, ударный и ротационный инструмент. Это оборудование достаточно тяжелое и после работы с ним оператор устает.

### ***Ручной и ручной механизированный инструмент***

Ручной инструмент, применяемый для очистки стальных конструкций, относится к одному из следующих типов: проволочные щетки, скребки, молотки и долота; весь ручной и ручной механизированный инструмент ударного или дискового типа применяется для удаления ржавчины.

Применение стальных проволочных щеток никогда не удалит всю ржавчину, в лучшем случае до 10%. Для большого объема работ скорей всего может быть рекомендован пневматический инструмент. Всякий инструмент такого типа должен быть смазан маслом перед применением. Использование слишком большого количества масла может вызвать разбрызгивание масла на поверхность во время очистных операций.

Имеется в наличии широкий спектр такого оборудования; дисковые машинки, вращающиеся проволочные щетки - такой инструмент обычно не повреждает поверхность. Однако, длительное применение ротационных щеток вызывает заполирование или перегрев поверхности и делает ее слишком гладкой для хорошего сцепления с краской. В настоящее время используют специальные набивки, имеющие внутри абразив для достижения заданной шероховатости.

Очистка ручным или ручным механизированным инструментом гораздо более длительная и трудоемкая, чем струйная очистка.

### **Ударный очистной инструмент**

Ударный очистной инструмент чаще всего представлен долбежными и скалывающими молотками. Долото (как обдирочное, так и долбежное), приводимое в действие внутренним поршнем, обстукивает поверхность. Такой инструмент удобен для удаления плотных слоев ржавчины, сварочного шлака или толстых слоев старой краски.

Игольчатый отбойник или игольчатый молоток, действует по выше описанному принципу, но только вместо долота имеет пучок стальных игл, расположенных впереди поршня и могущих проникать вглубь поверхности.

Очистка поверхности при помощи скалывающих и долбежных молотков является очень медленной, но для поверхностей, покрытых толстыми слоями ржавчины или старой краски, этот способ все еще остается наиболее экономичным и может быть наилучшим.

### **Вращающийся очистной инструмент**

Ротационный инструмент является быстрым очистным оборудованием, используемым в виде различных средств очистки ржавчины и краски. Наиболее распространенным типом являются проволочные щетки, не плетеные и плетеные абразивные круги.

При использовании проволочных щеток и не плетеных абразивных кругов удаляются старая краска, слои ржавчины, сварочный шлак и другие загрязнения. Как проволочные щетки, так и не плетеные абразивные круги выпускаются в виде чашечной, радиальной и дисковой форм.

Покрытые абразивом, они используются в виде дисков и “хлопающего” круга для удаления прокатной окалины, старой краски и также могут удалять основной металл.

### **Пламенная очистка**

Несколько лет назад это был достаточно широко распространенный метод очистки стали во многих странах. Однако сейчас использование этого метода очистки стали снижено. Это главным образом обусловлено огромным количеством стали, подвергаемой **дробеметной** очистке и грунтованию на предприятиях.

Ранее данный метод был достаточно широко распространен для очистки больших поверхностей на открытом воздухе при постройке судовых корпусов из негрунтованной стали. Однако условия очистки значительно медленнее, в сравнении со струйной очисткой и тем, что сталь после струйной очистки более чистая. И по прошествии времени струйная очистка стала преобладать над пламенной очисткой.

Процесс пламенной очистки являлся так называемым **термальным процессом** - пламя и нагрев поверхности “производили” ее очистку.

Этот метод имел следующие задачи:

- удаление большинства прокатной окалины и ржавчины
- отжигание жиров и масел с поверхности
- сушка поверхности
- возможность окраски по подогретой поверхности

Процесс термической очистки осуществлялся движением по поверхности газовой горелки с определенной скоростью. В процессе обработки прокатная окалина и ржавчина подвергались большему расширению, чем сталь. Напряжения приводили к растрескиванию окалины и ее отслаиванию на некотором протяжении. Кроме того, небольшие количества воды, скопившиеся под окалиной и ржавчиной, способствовали этому же при нагреве.

Процесс нагрева сам по себе не в состоянии удалить много окалины или ржавчины и всегда заканчивался доочисткой при помощи механизированного инструмента (проволочных щеток). Толстые слои ржавчины должны были быть удалены при помощи ударного инструмента.

На стали с неповрежденной прокатной окалиной предположительно считают возможным удалить приблизительно 20% ее и процент удаляемой окалины и ржавчины будет повышаться с повышением степени корродированности стали.

Используемое оборудование достаточно однородно оборудованию для газовой сварки - ацетиленокислородная газовая смесь подается через специальную горелку.

### ***Струйная очистка***

**Струйная очистка** это общий термин для всех способов очистки, когда разного рода абразивы выбрасываются на поверхность.

Различными способами струйной очистки являются:

- **Воздушная абразивная струйная очистка**
- **Ротационная (дробеметная) струйная очистка**
- **Водоструйная очистка**

### **Абразивная струйная очистка**

При этом способе абразив приводится в движение сжатым воздухом. Обычно такой способ очистки используется на открытом воздухе с применением дешевых абразивов, не подлежащих повторному использованию. Применение более дорогих абразивов, таких как оксид алюминия, стальной песок или дробь, предусматривает более чем однократное использование абразива. Они рециркулируются в системах, где от них отделяются пыль и загрязнения.



### Оборудование

На сегодняшний день большинство оборудования, используемого на верфях и судостроительных предприятиях, работает на этом принципе.

Основными компонентами являются:

- Компрессор соответствующей производительности
- Сосуд под давлением (содержащий абразив)
- Воздушные шланги
- Абразивные шланги/ сопла
- Влажомаслоотделитель
- Аварийная рукоятка

В большинстве случаев сосуд под давлением портативный. До начала работ оператор должен быть оснащен соответствующим защитным обмундированием. При закрытии аварийного клапана давление внутри сосуда вызывает закрытие захлопки. Давление внутри сосуда и в абразивном шланге выравнивается. Абразив сыпается вниз в абразивный клапан и подается по шлангу к соплу. В сопле абразиво-воздушная смесь разгоняется и выбрасывается на поверхность.

Сосуды под давлением могут изготавливаться различных размеров, приблизительно от 50 до 200 литров. Соответственно для больших сосудов требуются более производительные компрессоры. Производительность компрессора зависит от нескольких факторов: рекомендуемого давления и расхода абразива в единицу времени.

### *Абразивный клапан*

Существует несколько различных типов абразивных клапанов, но наиболее распространенным является клапан **Мизера**. Открытием двух пластин с закрепленными на них шлангами обеспечивается возможность регулирования струи воздушно-абразивной смеси. Часто, но не всегда, ассистент оператора помогает ему во время очистки, например, регулирует абразивный клапан и наполняет бак абразивом.

### Шланги и соединения

Транспортировка абразиво-воздушной смеси от абразивного клапана к соплу осуществляется по струйным шлангам. При этом теряется определенное количество давления - снижается в зависимости от длины шлангов. Количество теряемого давления может быть измерено игольчатым манометром, погруженным в абразивный шланг, когда абразивный клапан закрыт.

Шланги обычно изготавливаются из каучука с толщиной стенок 1/4 дюйма и оснащаются заземлением от статического электричества, образующегося при движении абразива внутри шланга. Шланги также имеют дополнительный заземляющий провод между каучуком и внешней оболочкой. Часто шланги изготавливают 30-ти метровой длины, поэтому для достижения большей длины используют **соединения**. В настоящее время применяют соединения только наружного типа и в целях безопасности, прикрученные к шлангам.

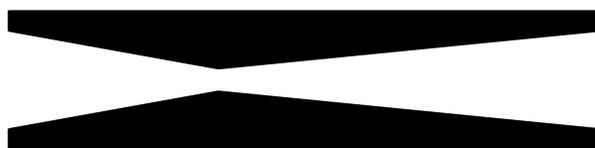
### *Сопла*

Сопла подвергаются продолжительному воздействию абразивов. В настоящее время их изготавливают из **карбидов вольфрама** или **бора** со сроком службы приблизительно от 200 до 300 часов. Карбиды достаточно хрупкие и накапливают статическое электричество, поэтому сопла внутри облицовывают свинцовой лентой и покрывают пластиком.

Сегодня наиболее широко используются сопла **Вентури**. Они конические внутри и обеспечивают разгон абразива от 300 до 700 км/ч при давлении 7 Бар. Имеются в наличии сопла различных размеров, их длина и конфигурация зависят от назначения.



**Прямое сверленное сопло**



**Фасонное сопло Вентури**

След рабочего пятна от сопла Вентури перекрывает большую поверхность в сравнении с прямым сверленным соплом того же размера.

### *Аварийная рукоятка*

Эта рукоятка предназначена для того, чтобы оператор мог в любое время контролировать процесс очистки и своевременно остановить работу при неожиданной ситуации. При отпуске аварийной рукоятки давление в сосуде снижается до нуля. Это может занимать некоторое время в зависимости от того, пневматический или электропневматический привод используется.

### **Абразивы**

Наиболее широко распространенные абразивы, используемые в абразивной очистке, могут быть разделены на две группы - металлические и минеральные абразивы.

#### **Металлические абразивы**

Такие абразивы обладают достаточно длительным сроком службы, поскольку способны выдерживать сотни соударений пока их размер не уменьшится и не возникнет необходимость их замены. Эти абразивы достаточно дорогие и в большей или меньшей степени применяются только на установках, регенерирующих абразив и позволяющих использовать его повторно.

Металлические абразивы могут иметь три различных модификации:

- песок (колотая дробь) (многоугольные частицы)
- дробь (литая) (сферические частицы)
- рубленая проволока (цилиндрические частицы)

В установках, где абразив регенерируется, часто используется стальная литая или колотая дробь. Применение стали повышенной твердости позволяет увеличить срок службы абразива. В процессе использования частицы абразива скругляются и приобретают сферическую форму.

#### **Минеральные абразивы (шлак, песок)**

В основном минеральные абразивы применяются для открытой воздушной струйной очистки стали. Большинство из них недорогие. Их форма многоугольная за некоторыми исключениями (например, стеклянные шарики). Большинство из них имеют небольшой срок использования, т.е. они обычно используются только один раз. Правила охраны здоровья (например, риск развития силикоза) законодательно запрещают применение кремнийсодержащих абразивов (особенно кремниевого песка) во многих странах.

Большинство абразивов стандартизовано **Международным Стандартом ISO12226**. В этом стандарте представлено 9 различных абразивов.

- Кремниевый песок
- Медный очищенный шлак
- Угольный печной шлак
- Никелевый очищенный шлак
- Железный печной шлак
- Плавленый оксид алюминия
- Оливиновый песок
- Ставролит
- Гранат (минеральный)

Многие абразивы являются шлаками металлического производства, например, очищенный никелевый шлак, очищенный медный, печной железный и печной угольный шлак. В шлаках не должно быть частиц чистого металла, которые могут вызвать коррозию очищенной поверхности. Также они не должны содержать тяжелых металлов.

При определенных условиях очистки при удалении окислов с алюминия или нержавеющей стали, или когда требуется малая либо “нулевая” шероховатость поверхности, могут использоваться иные типы абразивов, например, дробленая ореховая скорлупа, стеклянные шарики, пластики, бикарбонат натрия.

### ***Проверка абразивов и сжатого воздуха***

Абразивы и оборудование должны проверяться на чистоту до начала струйной очистки. Абразивы не должны содержать масел, грязи и солей.

При проведении проверки должны использоваться:

- чистая емкость
- дистиллированная вода
- индикаторная бумага

### **Контроль загрязнений абразивов**

- Небольшое количество абразива поместить в чистую емкость и залить дистиллированной водой, перемешать. Если вода стала мутной после оседания абразива или на поверхности воды видна масляная пленка, то абразив загрязнен и не должен использоваться
- Индикаторная бумага и портативный счетчик показывают присутствие водорастворимых солей. Тестирование при помощи бумаги заключается в оценке изменения ее цвета. Портативный счетчик измеряет проводимость водорастворимой смеси.

### **Контроль загрязнений сжатого воздуха**

- Во время проверки абразивный клапан должен быть закрыт. Поместить белую ветошь перед соплом и направить струю воздуха в течение 1 минуты. Если ветошь стала влажной, это означает, что воздух содержит влагу. Если ветошь грязная или масляная, то необходимо проверить маслоотделитель.

### **Способы транспортировки абразива, отличные от воздуха**

В порядке снижения количества пыли при струйной очистке возможно добавление воды. Это может быть сделано несколькими способами и зачастую называется водоструйной (гидроабразивной) очисткой. Количество добавляемой воды различно; на некотором оборудовании вода подается снаружи абразивного шланга и ее главным назначением является снижение количества пыли. На другом оборудовании вода добавляется в песок до ее подачи к соплу и водо-абразивная смесь выбрасывается на поверхность. Применение воды, несомненно, вызывает легкое ржавление стальной поверхности. Иногда такое состояние допустимо и не требует добавления специальных составов (превенторов или ингибиторов ржавчины), применяемых для предотвращения ржавления.

Во многих странах стоимость утилизации использованных абразивов и удаленной старой краски достаточно высока. Например, в Норвегии стоимость утилизации может быть выше, чем стоимость самого абразива. Правила охраны окружающей Среды привели к развитию в последние несколько лет новых методов удаления красок.

### **Очистка водой высокого и сверхвысокого давления**

Очистка конструкций перед покраской может быть выполнена применением воды высокого давления. Обычно используется давление от 300-700 бар и расходом до нескольких сотен литров воды в минуту. На сегодняшний день имеются в наличии несколько новых методов обработки поверхности. Один из них использует воду очень высокого давления и применяется как средство для удаления прокатной окалины, ржавчины и старой краски.

Объединенный стандарт SSPC и стандарт NACE США определяет обработку поверхности водой высокого и сверхвысокого давления. Этот стандарт известен как **NACE No.5/SSPC-SP12 “Подготовка поверхности и очистка стали и других твердых материалов водой высокого и сверхвысокого давления до окрашивания”**.

- **Очистка водой низкого LP WC Менее 34 Мпа**  
давления
- **Очистка водой высокого HP WC Давление от 34 до 70 Мпа**  
давления
- **Очистка струей высокого HP WJ Давление от 70 до 170 Мпа**  
давления
- **Очистка струей сверх - UHP WJ Давление выше 170 МПа**  
высокого давления

Использованием струи сверхвысокого давления(UHP WJ) с 200-250 Мпа возможно удалять как прокатную окалину, так и слоистую ржавчину, и старые покрытия со стальной подложки. При выполнении этого процесса оператором количество воды должно быть достаточно небольшим. Иначе отдача будет для него слишком высокой и приведет к быстрому утомлению.

Данный способ обработки не придает поверхности дополнительной шероховатости, поэтому сталь должна обладать заранее заданной шероховатостью, и в большей или меньшей степени этот метод применим для ремонтной окраски. В Норвегии некоторые нефтяные компании уже начали использовать такое оборудование.

Конечный результат такой обработки дает минимум проблем для проведения последующих работ и практически не дает пыли. При очистке водой высокого давления расходуется очень маленькое количество воды, порядка 15-20 литров в минуту. При этом чистота поверхности достаточно высока. Удаляются все соли с поверхности, и энергия воды нагревает поверхность, что быстро высушивает ее.

Рабочее расстояние до объекта при применении сверхвысокого давления небольшое, максимум около 1 см. При увеличении дистанции процесс очистки значительно замедляется. Скорость очистки зависит от состояния покрытия. Некоторые источники отмечают, что достигаемая степень очистки даже выше, чем при абразивной струйной, другие - что она ниже.

## **ОСМОТИЧЕСКОЕ ВСПУЧИВАНИЕ**

Наиболее серьезные проблемы, относящиеся к покрытиям, возникают при потере адгезии между покрытием и подложкой. Отслоение всей системы вызывает необходимость проведения **полной** обработки поверхности, что всегда очень дорого. Если отслаивается только верхнее покрытие, то такие проблемы могут быть исправлены достаточно легко.

**Обеспечение адгезии является ключевой рекомендацией для успешной работы системы покрытий. Вне зависимости от других свойств, покрытие с высокой адгезией к подложке покажет лучшую стойкость к внешним воздействиям, чем покрытие со слабой адгезией.**

В процессе подготовки поверхности с нее удаляются такие загрязнения, как оксиды металлов, прокатная окалина, старые покрытия, ржавчина, пыль и посторонние химические соединения. Удаление этих посторонних веществ обеспечивает плотный контакт грунта с подложкой и достижение максимальной адгезии. При струйной очистке увеличивается также площадь поверхности сцепления, что дополнительно повышает адгезионные свойства.

Количество загрязнений на поверхности дает существенную разницу адгезионных характеристик выполняемых покрытий.

Прежде масляные системы окраски, которые наносились кистью и имевшие высокую проникающую способность и низкий молекулярный вес связующего, были в состоянии “приспосабливаться” к гораздо большему количеству загрязнений поверхности, чем покрытия с высоким молекулярным весом. Так как вследствие большого размера молекул у высокомолекулярных покрытий гораздо меньшая способность проникать внутрь загрязнений, даже при нанесении кистью. Для этих покрытий особое ударение делается на подготовке поверхности.

Проблемы смачивания поверхности краской могут также встретиться, когда сталь загрязнена маслами или жирами. Поверхности с такими загрязнениями не будут в достаточной степени смочены краской. Соответственно, краска на этих поверхностях не будет иметь достаточной адгезии к подложке, и дефекты неизбежны.

Одним из самых влиятельных факторов адгезионных свойств покрытия является **абсорбция воды и проницаемость органической пленки** для водных паров. Оба эти фактора играют важную роль в поведении пленки и ее адгезии к подложке<sup>1</sup>.

Молекулы воды с их маленьким размером являются главной причиной потери адгезии. Механизм этого влияния развивается соответственно:

- Абсорбции водяных молекул в пленке
- Накоплении воды в пространстве между пленкой и подложкой
- Коррозии подложки
- Отслоению или шелушению пленки

<sup>1</sup> Е.В.Шмид; Внешние свойства органических покрытий, FMJ Int.Publ. Ltd , 1988

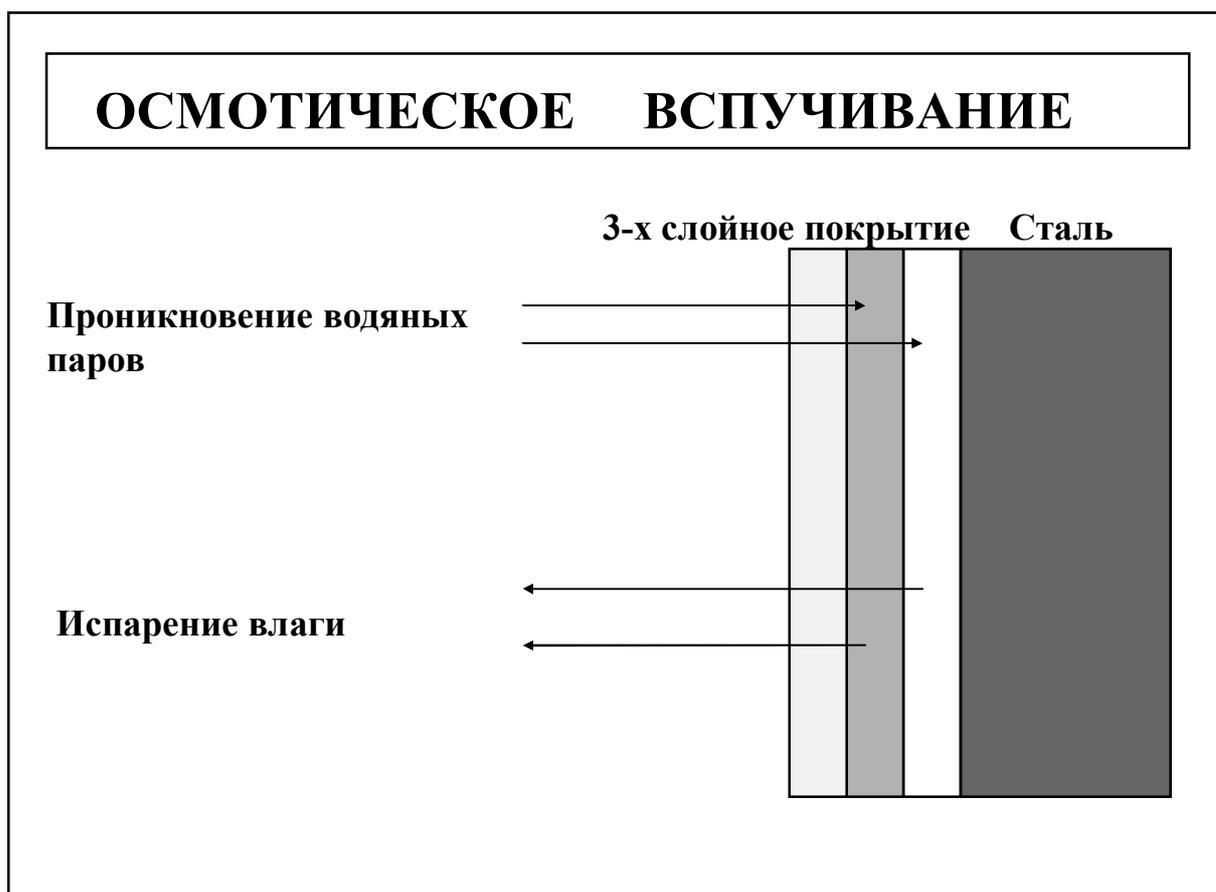
Количество водяных паров, абсорбируемых краской, может быть определено использованием “проникающих” измерений. Сохнувшие масляные, алкидные краски имеют большую проницаемость в сравнении с двухкомпонентными системами, такими как эпоксидные и полиуретановые.

Один из наиболее часто встречающихся видов адгезионных дефектов - вспучивание (blistering). Вспучивание - явный признак потери адгезии.

При применении органических покрытий формируется полупроницаемая мембрана. До тех пор, пока мембрана плотная и не имеет пористости, такие вещества, как соли, не проходят сквозь покрытие. Главной причиной дефектов являются небольшие количества водо-растворимых веществ на поверхности под покрытием.

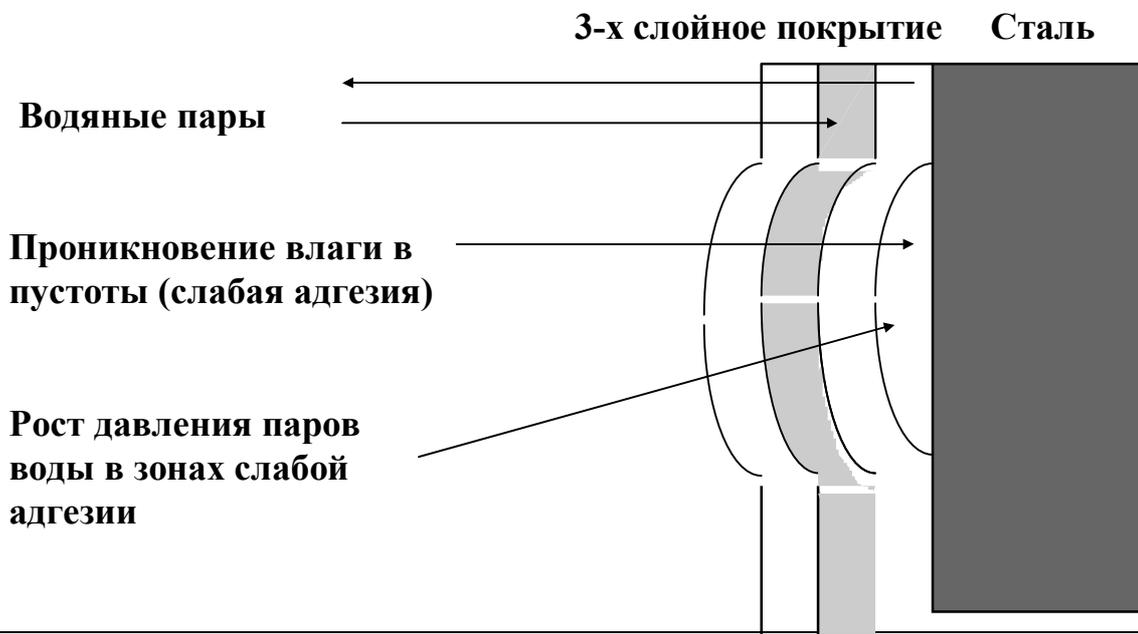
**Осмоз** - это движение воды сквозь полупроницаемую мембрану из раствора с меньшей концентрацией к раствору с большей концентрацией. Это важный феномен, когда покрытие погружено в воду, влажную среду или хранится при высокой влажности. В любом случае, верхнее покрытие образует поверхность с меньшей концентрацией, и растворимые соли внутри покрытия между слоями являются более концентрированной поверхностью.

Важность подготовки поверхности для систем окраски подтверждена многочисленными тестами, проведенными научными учреждениями многих стран.

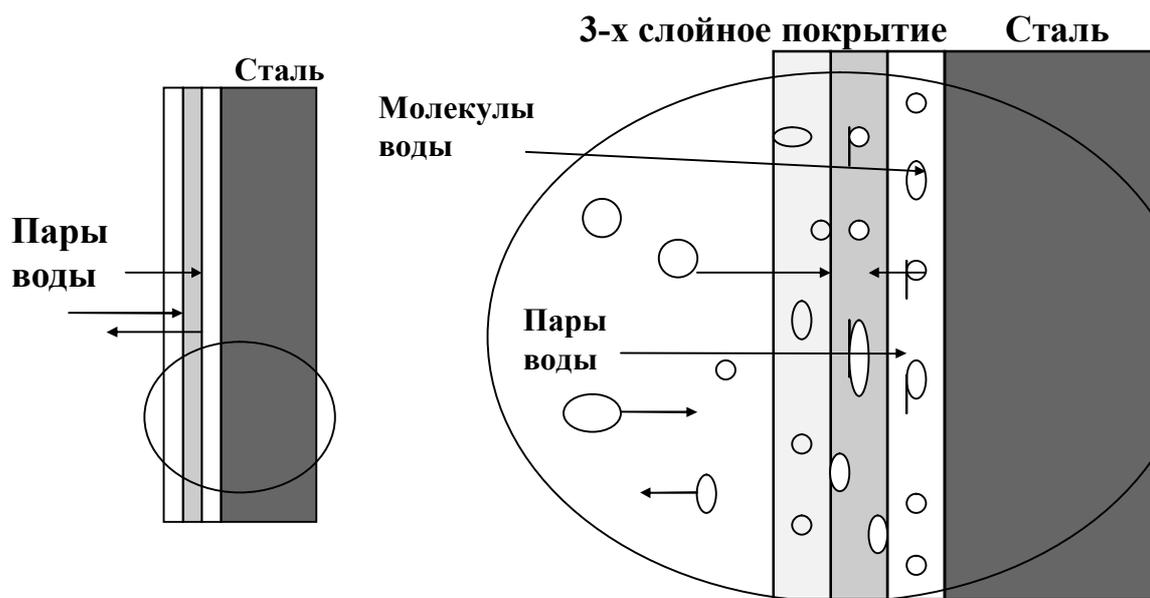




## ОСМОТИЧЕСКОЕ ВСПУЧИВАНИЕ



## ОСМОТИЧЕСКОЕ ВСПУЧИВАНИЕ



### **Замеры состояния окружающей среды перед подготовкой поверхности и покраской.**

Определение и проверка состояния окружающей среды перед проведением подготовки поверхности или покраской чрезвычайно важно как при проведении работ внутри цеха, так и снаружи.

Относительная влажность и точка росы воздуха являются важными рекомендациями для успешной подготовки поверхности и окраски. В случае, когда они выше предельных, данных в спецификации, конденсация на стали вызовет следующие проблемы:

- Во время подготовки поверхности                    может вызвать ржавление стали
- Во время окраски    может вызвать проблемы с адгезией и/или дефекты окраски, связанные с конденсато- образованием

Проблемы, связанные с относительной влажностью и конденсированием влаги, встречаются ежедневно:

- Во время приема душа или горячей ванны (конденсат на зеркале ванной)
- При пользовании краном холодной воды (конденсация не видна при включении горячей воды)
- При доставании бутылки или другого холодного предмета из холодильника

Воздух представляет собой смесь некоторых газов и водяных паров, горячий воздух способен удерживать большее количество водяных паров, чем холодный.

Очевидно, что горячий воздух с большим содержанием водяных паров вызовет образование конденсата на холодной поверхности при определенной температуре. Температура, при которой происходит конденсация влаги, часто называется **температурой точки росы**. При этой температуре воздух имеет относительную влажность около 100%.

Зачастую, когда нет тумана или дождя, влажность выражается через **относительную влажность**, меньшую 100%.

### ***Влажность***

Качество окрасочных работ зависит, кроме всего прочего, от влажности воздуха во время окраски.

**Когда влажность достаточно высока, существует риск конденсирования влаги на поверхности, подлежащей окраске.**

Присутствие некоторого количества влаги на поверхности может:

- инициировать начало коррозионных процессов
- снизить адгезию покрытия к стали

- снизить свойства краски при ее высыхании

Влажность воздуха обычно описывается термином **относительная влажность (RH)**.

### ***Относительная влажность***

Это отношение суммы водяных паров в данном объеме воздуха при данной температуре к максимальному количеству водяных паров, которое этот объем воздуха может удержать при этой температуре.

Относительная влажность часто выражается в процентах. Обычно относительная влажность на открытом воздухе варьируется в пределах 50-90%, но может быть и выше. При относительной влажности 100% говорят, что воздух насыщен.

Температура, при которой воздух становится насыщенным (100%) и количество водяных паров представлено как растворенный газ, который станет конденсироваться в виде жидкости при некоторой выдержке поверхности на воздухе, называется **точкой росы**.

Легко понять, что если относительная влажность снижается, то испарение влаги будет происходить тем быстрее, чем теплее воздух и чем большее количество влаги он может впитать. Соответственно, чем выше относительная влажность, тем медленнее будет происходить испарение воды. Это важное утверждение, так как растворимость жидкой фазы (воды) в газообразной (воздух) будет **максимальной**.

Исходя из этого, при проведении окрасочных работ, верхний предел для нанесения покрытия - относительная влажность 85%. При более высокой относительной влажности замедляется испарение растворителей. Практически нулевое испарение будет наблюдаться при RH 100%. Это выразится в остатках растворителей в нанесенной пленке покрытия и катастрофических дефектах под покрытием - осмотическом вспучивании или обширном шелушении покрытия.

### ***Конденсация***

Вода, конденсируемая при охлаждении воздуха, остается на всех поверхностях, включая и подлежащие окраске.

Конденсация влаги на открытом воздухе зачастую встречается тихими ясными вечерами при сильном снижении температуры воздуха. Конденсат может присутствовать долгое время в зависимости от времени года и погодных условий.

Конденсация может также иметь место при холодной поверхности (например, стальной) и теплом и влажном окружающем воздухе. К примеру, верх корпуса судна, если в танках содержится холодная жидкость. Вероятность конденсатообразования выше при переменных погодных условиях.

### *Перед покраской*

Климатические условия должны быть оценены на предмет вероятности конденсатообразования.

- Если температура стали опускается ниже точки росы, то конденсация неизбежна
- Для продолжительных работ рекомендуется проверку влажности и точки росы необходимо проводить часто

Для успешной окраски необходимо, чтобы во время окрасочных работ и в течение нескольких часов после нанесения краски температура подложки оставалась выше точки росы окружающего воздуха.

### *Для обеспечения качественной окраски*

- окраска не должна начинаться, когда относительная влажность превышает 85% (если иное не рекомендовано производителем краски)
- Окраска должна возобновляться, когда температура подложки как минимум на 3°C выше точки росы

### *Способы снижения влажности (дегьюмидификации)*

В порядке воздействия на точку росы количество водяных паров может быть снижено. Это может быть достигнуто двумя путями: охлаждением и осушением.

Применение охлаждения для удаления влаги из воздуха является традиционным методом дегьюмидификации. При этом процессе воздух при начальной температуре и содержании влаги принудительно охлаждается.

Таким способом воздух достаточно охлаждается до состояния конденсатообразования - до точки насыщения.

Дальнейшее охлаждение вызывает образование конденсата, который удаляется внутренним дренажом. После дренажирования холодный воздух вдувается, например, в помещение, и, поскольку он там нагревается, общее количество содержащейся в нем влаги снижается. Как результат, воздух может абсорбировать большее количество водяных паров, что означает общее снижение RH в помещении.

Осушители представляют собой вещества с высокой способностью впитывать влагу. В окрасочной промышленности наиболее предпочтительным является адсорбент **силикагель**. После протекания процесса его зерна приобретают больший диаметр. Осушенный таким способом воздух вдувается в зону проведения очистных или окрасочных работ. В результате этого процесса влага из воздуха адсорбируется на поверхности зерен силикагеля.

Во избежание насыщения силикагеля влагой часть его периодически удаляется для восстановления адсорбирующих свойств в струе горячего воздуха.

Типовые растворители, применяемые сегодня при производстве и нанесении красок, тяжелее воздуха. Например, в танках они оседают на дно и насыщают воздух. Когда это происходит, испарение растворителей замедляется или прекращается. Растворители будут оставаться в пленке покрытия после ее отверждения. Путь для предупреждения этого - постоянная вентиляция танка с тем, чтобы растворители испарялись из покрытия.

Значение проблем, приведенных выше, в большой важности проверки атмосферных условий до начала работ.

### ***Какое оборудование рекомендуется?***

В порядке определения параметров среды Вам необходимо следующее оборудование:

- вихревой или цифровой вращающийся психрометр
- цифровой термометр для стали
- калькулятор точки росы
- психрометрическая карта

## ТИПЫ КОРРОЗИИ

### *Общая коррозия*

Общее поражение больших площадей поверхности металла является одним из наиболее распространенных типов коррозии. Оно обычно характеризуется химической или электрохимической реакцией, которая протекает равномерно по всей поверхности или на большой площади. Металл получает утончение и в итоге - теряет свои свойства.

При таком типе поражения поверхности анодные и катодные процессы распределяются равномерно по всей поверхности металла.

Общая коррозия ведет к снижению толщины материала линейно во времени. Условие сквозного прободения может быть подсчитано из условий коррозии.

Например, при условии коррозии 0.13 мм/ год (5 мру) потеря толщины металла будет составлять 1.52 мм (0.060") в течение 12-ти летнего периода. При норме коррозии 1.59 мм (1/16") это можно считать равнозначным 12-ти летнему периоду работы, и при хранении в танке - 25 лет.

Трубы теплообменников с толщиной стенок 2.11 мм (0.083") могут допускать не более 50% потери толщины (т.е. 1.02 мм(0.040")) в течение 8 лет при условии 0.13 мм/год (5 мру) .



### *Гальваническая (биметаллическая) коррозия*

Гальваническая коррозия наблюдается, когда металл или сплав электрически соединен с другим или с проводящим неметаллом (графит, прокатная окалина) в коррозионной среде (электролите).

Условия корродирования одного из металлов или сплавов обычно усиливаются, в то же время для другого - они снижаются. Т.е. металл с более отрицательным в свободном состоянии коррозионным потенциалом (активный член пары) будет подвержен коррозии более интенсивно.

На процесс гальванической коррозии в основном влияют следующие факторы:

- разница электрохимических потенциалов металлов или сплавов, соединенных в электрическую пару
- величина площадей анодной и катодной зон
- расстояние между анодом и катодом
- электросопротивление гальванической цепи

Наиболее распространенный способ предсказания развития гальванической коррозии - это погружение гальванической пары в интересующий электролит и тестирование. В большинстве случаев гальваническая коррозия может быть предсказана исходя из гальванической серии. В гальванической серии металлы и сплавы расположены в соответствии с их потенциалами, измеренными, например, в морской воде.

Также на развитие процесса гальванической коррозии влияют площадь поверхности, расстояние между анодом и катодом и их геометрические параметры.

Когда поверхность более благородного металла или сплава (катода) больше в сравнении с площадью более активного члена пары (анода), мы получим наиболее неблагоприятные условия развития гальванической коррозии.

И, наоборот, при большей площади анодной зоны (больше - активный член и меньше - более благородный) гальваническая коррозия развивается в меньшей степени.



**Анод**

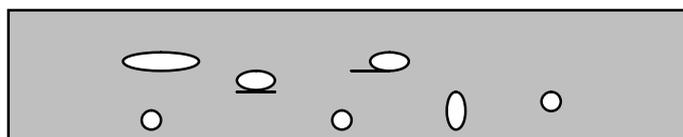
**Катод**

### ***Язвенная (питтинговая) коррозия***

Язвенная коррозия это форма локального поражения, результатом которой являются поры в металле. Эти поры могут быть как малого, так и большого диаметра, но чаще всего они относительно малы. Они могут быть причиной сквозного прободения металла или сплава. Часто поры изолированы либо расположены так близко друг к другу, что выглядят как шероховатость поверхности. В общем, поры можно представить как отверстия или каверны, диаметр которых равен или меньше их длины. Питтинг это одна из наиболее коварных форм коррозии. Он приводит к разрушению оборудования вследствие сквозного прободения при очень незначительной потере общего веса всей конструкции.



Вид сбоку



Вид сверху

Язвенная коррозия часто развивается в местах пор или поврежденных участков:

- непроводящего слоя металлической поверхности (окисной пленки)
- металлического покрытия поверхности, которое является более благородным по отношению к основному металлу. Это может инициировать питтинг на основном металле.

Язвенная коррозия часто наблюдается у нержавеющей стальной сплавов. На развитие коррозии влияют такие факторы, как температура и движение Среды.

### ***Щелевая коррозия***

Щелевая коррозия является типом интенсивной локальной коррозии, часто встречающейся в щелевых зазорах металлических поверхностей, подверженных воздействию коррозирующей среды. Такой тип поражения обычно ассоциируется с малостью объема стоячего раствора, причиной которой выступают отверстия, поверхности прокладок, коленные соединения, щелевые зазоры под болтами и головками заклепок. В итоге такой тип коррозии называют ***щелевой коррозией*** или иногда ***депозитной***.

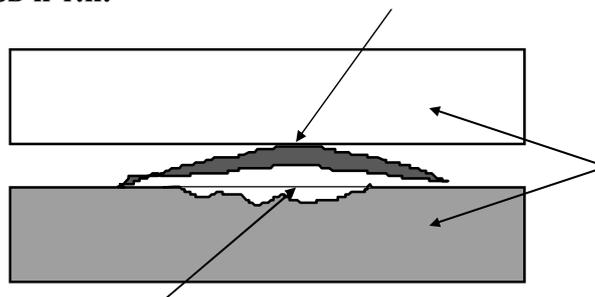
Для развития щелевой коррозии зазор должен быть достаточно широким для допуска раствора внутрь и, в то же время, достаточно узким, чтобы поддерживать застойность раствора в зоне щели, ограничивая процессы миграции и диффузии ионов. Растворы, содержащие хлорид-ионы, наиболее проводимые для развития щелевой коррозии.

Механизм процессов щелевой коррозии достаточно сложен, но может быть описан как очень медленный доступ кислорода, необходимого для поддержания окисной пленки, например, для нержавеющей сталей или алюминиевых сплавов.

Не всегда необходимо наличие непосредственно щелевого зазора - этот тип коррозии может иметь место и на поверхности металла, покрытой песком, грязью или мусором.



Песок, грязь и т.п.



Металлические поверхности

Зона развития щелевой коррозии

### *Эрозионная коррозия*

Эрозионная коррозия является формой разрушения, происходящего при относительном движении между металлической поверхностью и электролитом. Частицы металла или продукты его коррозии вымываются с поверхности электролитом. Мягкие металлы частично подвержены такому типу коррозии, к примеру, медь, латунь, чистый алюминий и свинец, однако большинство металлов подвержены эрозионной коррозии в значительно меньшей степени.

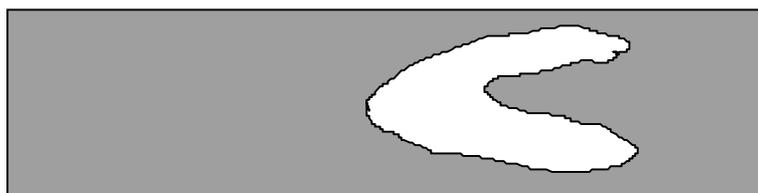
Некоторые факторы, чаще всего инициирующие эрозионную коррозию:

- Внезапные изменения внутренних диаметров или направлений трубопроводов
- Плохо пригнанные прокладки или соединения, образующие различные неровности на гладкой поверхности металла
- Зазоры, позволяющие части жидкости отклоняться от основного потока
- Наличие продуктов коррозии и других взвешенных частиц, которые могут изменить ламинарность потока жидкости

Проявление результатов эрозионной коррозии можно наблюдать в виде пазов, промоин, волновых и круглых ям и отверстий. Зачастую они могут иметь весьма специфический вид, называемый “копытным” разрушением.



Вид сбоку



Вид сверху

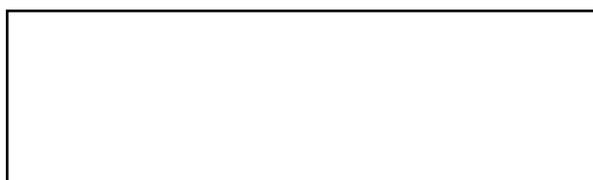
***Избирательное выщелачивание***

При этом типе коррозии один элемент, как правило, более активный, избирательно удаляется из сплава. Как результат, компоненты сплава реагируют со средой в пропорциях, отличных от первоначальных. Исходя из общего термина, частные случаи часто называют соответственно **децинкификация латуни**, **деалюминизация алюминиевых бронз**. То же самое и в случае **графитизации серых чугунов** (здесь удаляемым элементом является железо).

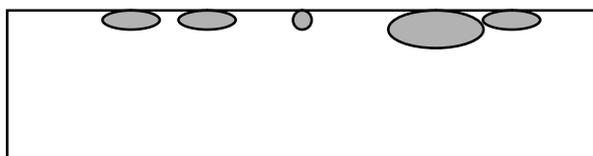
Хорошо известным примером избирательного выщелачивания является децинкификация бронзы. Она легко узнаваема, когда сплав приобретает красномедный цвет, т.е. контрастирует с желтым цветом бронзы.

Известны два основных типа децинкификации. Один - поверхностного вида (сплошной), другой - локальный.

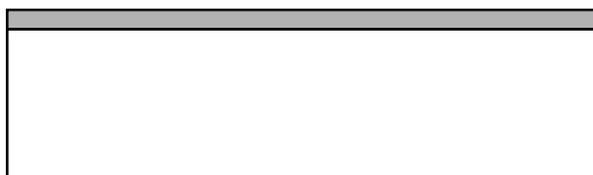
Обедненные цинком зоны механически ослаблены и пористы и могут встречаться на сплавах с высоким содержанием цинка.



**Неповрежденный сплав**



**Локальные повреждения,  
красные точки**



**Поверхностная коррозия,  
красный цвет**



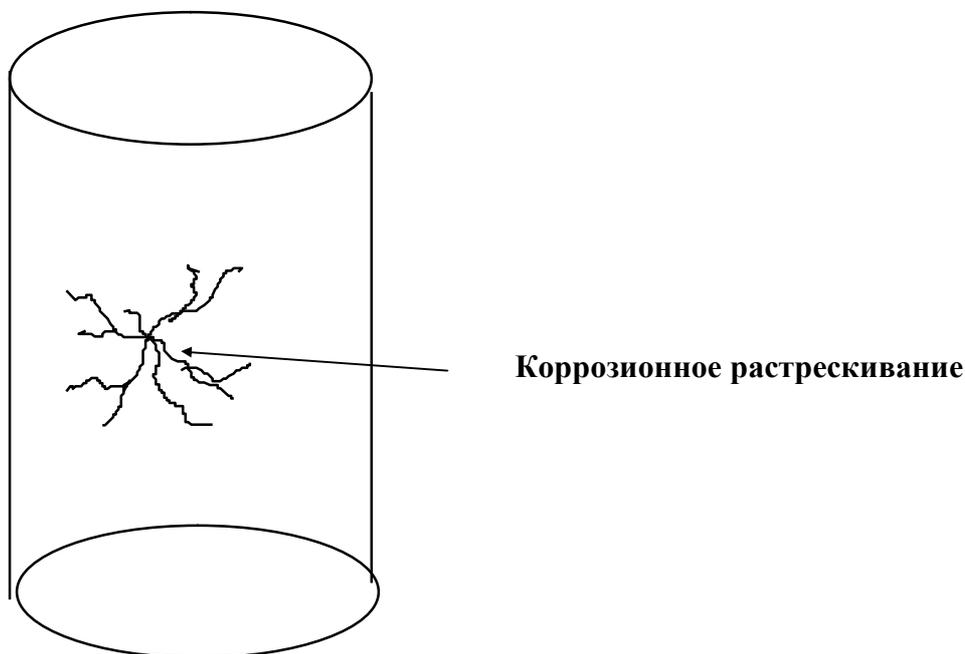
**Сплошная коррозия сквозь металл  
Сплав хрупкий**

### ***Коррозионное растрескивание***

Трещины могут образовываться на многих конструкционных материалах при работе в коррозионной среде в присутствии механического воздействия, которое само по себе не опасно. Трещины, образованные при таком комбинированном воздействии, часто трудно определить и при дальнейшем их росте может произойти внезапное катастрофическое разрушение.

Хорошо известными материалами, проявляющими склонность к коррозионному растрескиванию в среде хлоридов, являются аустенитные нержавеющие стали, содержащие хром и никель, и определенные алюминиевые сплавы. Вообще, склонность к коррозионному растрескиванию повышается при повышении температуры. Для определенных сплавов может быть определена комбинация Среды при конкретной температуре, ниже которой склонность к растрескиванию практически равна нулю.

В офшорной индустрии большинство горячих трубопроводов из нержавеющей стали струйно очищается мелким неметаллическим абразивом и покрывается эпоксидным покрытием. Это делается для снижения вероятности коррозионного растрескивания, особенно на изолируемых трубопроводах из нержавеющей стали, работающих при температуре выше 60°C.



## **КАТОДНАЯ ЗАЩИТА**

Катодная защита это способ защиты стали, при котором сталь, которую мы хотим защитить, является катодом в гальваническом элементе. Как мы видели ранее в разделе гальванической коррозии, катод не корродирует. Процесс коррозии развивается на аноде. Этот способ защиты известен уже более 160 лет и широко применяется для защиты корпусов судов, нефтеперекачивающего оборудования и трубопроводов.

### ***Как работает этот тип защиты?***

Коррозионный процесс полностью зависит от обоих металлов и окружающего электролита. Как мы уже видели, все металлы обладают определенным электрическим потенциалом при погружении в раствор электролита, например, в морскую воду. Потенциал измеряют против представленного электрода.

Следует помнить - сталь корродирует в кислотах и не корродируют в растворах щелочей. Это говорит о том, что коррозия стали, т.е. ее энергетический уровень зависит от окружающей среды. Бельгиец Пуарбэкс тщательно изучал этот вопрос и создал диаграммы потенциалов/рН, показывающих, когда коррозионные процессы будут иметь место. Он также определил, что ниже определенного значения потенциала коррозии не будет совершенно.

**Назначение катодной защиты - поставить сталь (или другой материал) в состояние, когда она будет не в состоянии корродировать в данной среде.**

Сталь корродирует при погружении в морскую воду. Цинк также корродирует в морской воде. Но когда сталь электрически соединена с цинком, то цинк будет корродировать и отдавать энергию. Эта энергия будет получена сталью. Так как сталь все время получает энергию, то она не может ее отдавать и, таким образом, защищена от коррозии цинком. В этом случае цинк будет анодом, а сталь - катодом.

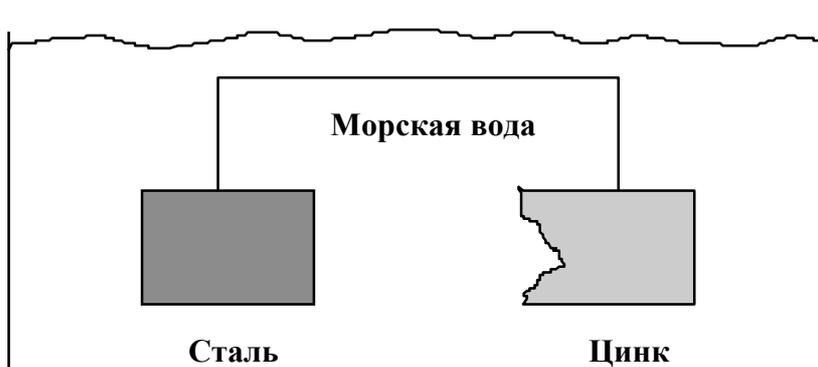
При погружении стали в морскую воду ее потенциал, будет иметь значение от -0.60 до -0.65 вольт при измерении против представленного электрода из меди/ сульфата меди (Cu/CuSO<sub>4</sub>). Без защиты сталь будет корродировать в морской воде. Сталь будет только частично защищена при потенциале между -0.60 -0.85 вольт. При значении -0.85 вольт сталь полностью защищена. Дальнейшее снижение потенциала вызовет **сверхзащиту**. При сверхзащите происходит ощелачивание выделение водорода, что может вызвать вспучивание краски.

Катодная защита может осуществляться двумя путями:

- Системой расходуемых анодов
- Системой защиты наложенным током

## Системы расходоуемых анодов

В таких системах защитные свойства обеспечиваются добавлением внешних анодов из менее благородного (более анодного) металла, чем защищаемая сталь. Когда сталь контактирует с анодом, тот отдает стали определенную часть энергии и тем самым защищает ее.



Аноды обычно изготавливают из цинковых или алюминиевых сплавов. Оба типа сплавов могут применяться для защиты стали в морской воде. Аноды в форме прутков, полос, относительно тонких брусков содержат внутри менее электроотрицательный материал (например, сталь) для обеспечения непрерывности и механической прочности. Внутренняя стальная пластина должна иметь форму и обработку, необходимые для обеспечения механического крепления к защищаемой стали. Зачастую их приваривают к стали.

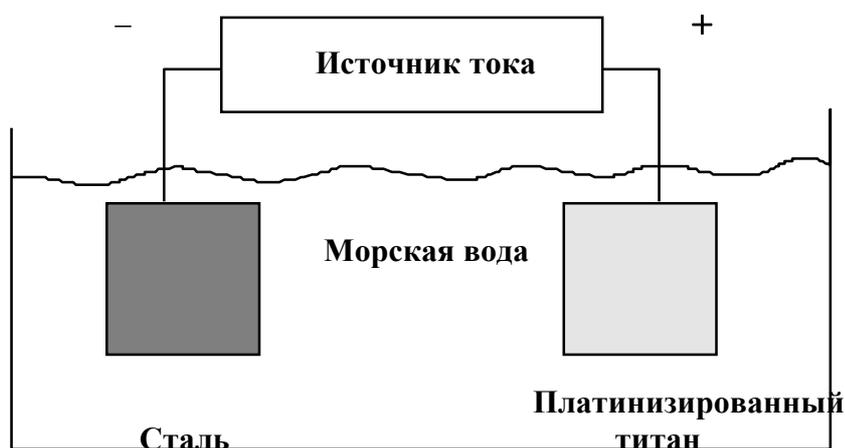


**Типовой корпус анода**

Магниеые аноды не применяются для защиты стали в морской воде, но они могут использоваться как очищающие аноды для внутренних объемов танков.

### Система защиты наложенным током

Эта система является альтернативной для судов и офшорных конструкций, передача потенциала в ней осуществляется от источника тока. Аноды делают более или менее химически стойкими. Они могут быть изготовлены из платинизированного титана или графита. Они не разрушаются и являются нейтральными анодами.



При работе системы наложенного тока обычно рекомендуется автоматический контроль. Это позволяет все время измерять потенциал стали относительно представленного электрода. При изменении потенциала изменяется величина тока.

Количество анодов при использовании систем наложенного тока гораздо меньше, так как они рассчитаны на более высокие токи. Это вызывает сверхзащиту в зоне, близко прилегающей к аноду. Во избежание разрушения покрытия на этих участках вокруг анода наносится толстое покрытие (поле). Толщина может составлять от 1 до 1.5 мм, чаще всего поля наносятся диаметром 2...3 метра вокруг анодов.

Системы защиты наложенным током могут применяться как на стационарном оборудовании для нефтепродуктов, так и для судов. При использовании расходоуемых анодов увеличивается сопротивление движению. Напротив, в системах наложенного тока аноды обычно обтекаемые и сопротивление незначительно.

### *Катодная защита и краски*

До платформы **Oseberg B**, которая начала добычу нефти в Норвежском секторе Северного моря в 1986 году, все погружные стальные платформы оснащались катодной защитой систем расходоуемых анодов. Позднее большинство стальных платформ были окрашены эпоксидными/ эпоксидно-каменноугольными покрытиями ниже ватерлинии. Применение красок и покрытий позволило снизить количество анодов: назначением анодов стала защита стали от коррозии в тех местах, где краска или покрытие разрушено.

Краски, применяемые в сочетании с катодной защитой, должны быть стойкими к щелочной среде, следовательно, использование масляных или алкидных красок невозможно ввиду их разрушения. Предпочтительно применение каменноугольных, эпоксидных, эпоксимастиков, виниловокаменноугольных. Также важно, чтобы краска имела достаточную стойкость к сверхзащите во избежание *катодного отслоения* (**cathodic disbonding**, потеря адгезии).

## **КРАСКИ И ОКРАСОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

Защитные краски предотвращают коррозию стали различными способами:

- Сдерживающая (**ингибиторная**) защита - пассивируют стальную поверхность
- Барьерная защита - предотвращают реагирование поверхности с водой и кислородом
- Катодная защита - расходуют себя при защите стали

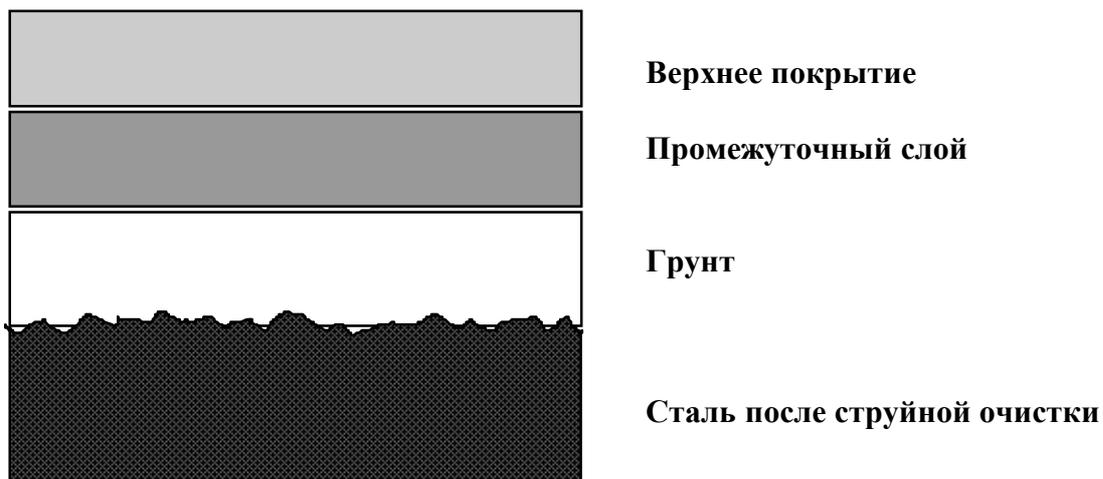
Сегодня традиционным считается нанесение более чем одного слоя покрытия, для обеспечения необходимой защиты на длительный период времени. Такие окрасочные системы состоят из различных слоев, начиная с грунта.

Грунт для стали должен обеспечивать хорошую адгезию к подложке, часто имея в своем составе антикоррозионные пигменты, и формировать хорошую основу для нанесения следующего слоя - промежуточного покрытия.

Промежуточное покрытие должно хорошо сцепляться с грунтом и обеспечивать необходимую структуру покрытия. Добавление ламинирующих пигментов повышает водонепроницаемость системы.

Верхнее покрытие является окончательным слоем окрасочной системы с требуемыми цветом и глянцем. Этот слой подвергается воздействию окружающей среды, солнечной радиации, дождя и химических реагентов.

Краски промежуточных и верхних покрытий обычно называют по типу связующего, например, виниловые или эпоксидные.





### *Состав красок*

Основными составляющими красок являются:

- Пигменты
- Связующие
- Наполнители
- Растворители
- Добавки

### *Связующее*

Главной задачей связующего является обеспечение связывание пигментов вместе и обеспечение адгезии к подложке. Связующее в большой степени определяет свойства краски. В большинстве красок связующее - это пластичный органический материал. В то же время некоторые связующие являются неорганическими, например, силикаты и цемент.

Связующее также определяет механизм сушки или отверждения краски:

- Краски физической сушки *(испарение растворителя)*
- Виниловые
- Хлоркаучуковые
- Акриловые
- Битумные
- Каменноугольные
  
- Краски кислородного окисления *(реакция между связующим и кислородом воздуха)*
- Алкидные
- Масляные
- Эпоксистеровые
  
- Краски химического отверждения *(два или более компонента реагируют друг с другом)*
- Эпоксидные
- Эпоксиднокаменноугольные
- Полиуретановые
- Полиэстеровые

Важно отметить, что краски физической сушки растворяются в том же самом растворителе, который использован в краске. Этот тип красок обычно обеспечивает хорошую межслойную адгезию. Растворитель в последующем слое растворяет предыдущее покрытие, что как бы “сплавливает” оба слоя вместе.

Сопротивляемость таких красок растворителям, бензину или нефти очень слабая. В то же время, химически отверждаемые краски обладают большей стойкостью к этим типам химических соединений.

Краски, основанные на пластичных дисперсиях, такие как латексные, являются физически сохнущими красками. В то же время сухая краска не растворима в воде.

### **Пигменты**

Пигменты обеспечивают цвет краски и ее глянец. Также они часто служат для обеспечения некоторой защиты от ультрафиолетовой радиации солнечных лучей. Некоторые пигменты являются активными ингибиторами и входят в состав грунтов.

#### **Светонепроницаемые пигменты**

- Двуокись титана - белый
- Кальциевые компаунды - красный, желтый
- Железные компаунды - красный, желтый

#### **Пигменты, ингибирующие коррозию**

- Хромат цинка (сегодня используется редко)
- Фосфат цинка
- Свинцовый сурик (сегодня используется редко)

#### **Ламинирующие пигменты**

- Слюдавый оксид железа (MIO)
- Алюминиевые чешуйки
- Стекланные чешуйки

Ламинирующие чешуйки дают эффект **лифинга** (эффект палой листвы), когда краска сохнет, то чешуйки укладываются параллельно поверхности поверх друг друга, образуя превосходное покрытие, снижающее проникновение воды сквозь него.

Обычно пигменты представляют собой порошки, размер частиц которого около 1мкм. Важно, чтобы пигменты были тщательно размешаны в связующем и связующее полностью обволакивало пигмент.

Не все пигменты являются ингибиторами коррозии, некоторые из них обеспечивают необходимый краске цвет; в основном это неорганические пигменты.

### *Наполнители*

Наполнители или экстендеры - это минеральные вещества, добавляемые в краски в виде порошков. Они обеспечивают структуру слоя краски и ее свойства. Часто они белого или серого цвета и обычно не обладают какими-либо скрытыми преимуществами.

Внешний вид покрытия часто определяется количеством экстендеров и пигментов. Если их концентрация по объему высока, то поверхность краски будет матовой.

- Оксиды, в основном, кремния
- Карбонат кальция (мел)
- Силикат алюминия (китайская глина, слюда)
- Силикат магния (тальк)

### *Растворители*

Вообще, растворители это то в красках, чего следует избегать, однако, связующие часто имеют определенные свойства, которые требуют добавления растворителей. Растворители **растворяют** связующее, что обеспечивает краскам нужные для правильного нанесения свойства.

Некоторые из связующих сухие, другие - очень вязкие; в обоих случаях рекомендуются растворители.

- уайт-спирит
- ксилен
- толуен
- метил-этил-кетон (бутанон; МЭК)
- ацетон

Растворитель должен сочетаться со связующим. Не все растворители растворяют каждый тип связующего. Многие особенности должны быть сообщены производителем краски относительно добавления растворителя в краску. Например, способность связующего растворяться в данном типе растворителя, скорость испарения растворителя. Очень важно, чтобы рабочий использовал нужный тип растворителя для краски. Разбавитель для краски часто, но не всегда, представляет собой смесь растворителей.

Основное назначение растворителей - растворение связующего. Разбавители применяют для снижения вязкости краски.

Некоторые растворители называют действительными, что означает полное растворение ими связующего, в отличие от так называемых скрытых сольвентов (дилуентов), которые не полностью растворяют связующие.

### Определения в соответствии с ISO 4618; Словарь - Часть 1: Основные термины

- **растворитель** Жидкость, отдельная или смешанная, летучая при нормальных условиях сушки, и которая полностью растворяет связующее
- **латентные растворители (дилуенты)** Летучая жидкость, отдельная или смешанная, которая хотя и не является растворителем для нелетучих составных частей красок и лаков, но может быть использована в сочетании с растворителями без каких либо негативных эффектов
- **разбавители** Летучая жидкость, отдельная или смешанная, добавляемая в продукт для снижения вязкости

### *Добавки*

Добавки могут быть различного рода и типа и служат для обеспечения различных свойств.

Сиккативы используют в красках кислородного окисления (таких, как алкидные или масляные) для ускорения процесса сушки. Они представляют собой комбинацию кобальта, марганца, кальция, циркония и жирных кислот. Они влияют на абсорбцию кислорода в красочной пленке.

Другие катализаторы влияют на скорость отверждения и применяются в других типах красок, например, полиэстеровых.

### КРАСКИ

Краски могут быть разделены на три группы в зависимости от механизма сушки или отверждения; например:

- краски физической сушки
- краски кислородной сушки
- краски химического отверждения

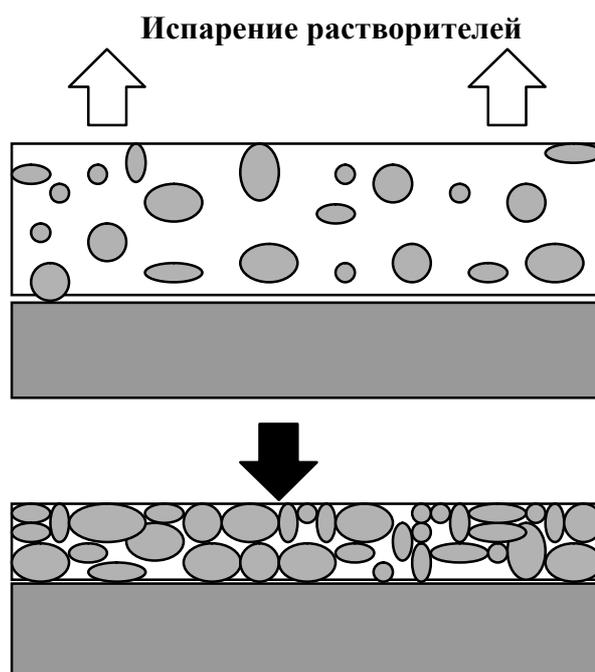
#### *Краски физической сушки*

Процесс сушки в этом типе красок состоит исключительно из испарения растворителей/дилуентов и разбавителей. Большинство растворителей являются быстролетучими, что делает процесс сушки достаточно быстрым.

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

Краски физической сушки могут наноситься при низких температурах, даже ниже нуля. При этом подложка должна быть сухой и свободной ото льда. При пониженных температурах процесс испарения растворителей замедляется.

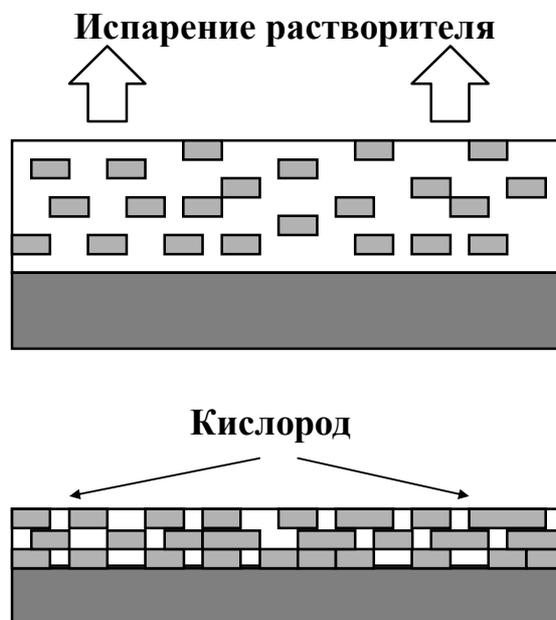
#### **Краски физической сушки**



### **Краски кислородного окисления**

Высыхание таких красок заключается в химической реакции захвата кислорода воздуха. Растворители добавляются для испарения после нанесения, но окончательное высыхание является результатом реакции между связующим и кислородом.

### **Краски кислородного окисления**



Характерным для красок кислородного окисления является то, что такие краски однокомпонентные. После высыхания они не растворяются в первоначальных растворителях. В то же время сильные растворители могут вызвать проблемы лифтинга этих красок. Новые и старые краски кислородного окисления, такие как алкидные, могут начать отслаиваться (вздуться), когда поверх них нанесены краски физической сушки или химического отверждения, содержащие сильные растворители. Нижний слой не будет растворен, но адгезия последующего слоя к подложке будет потеряна.

Процесс высыхания красок кислородного окисления замедляется при понижении температуры. Некоторые из этих красок могут наноситься при +5°C или даже при 0°C.

### **Краски химического отверждения**

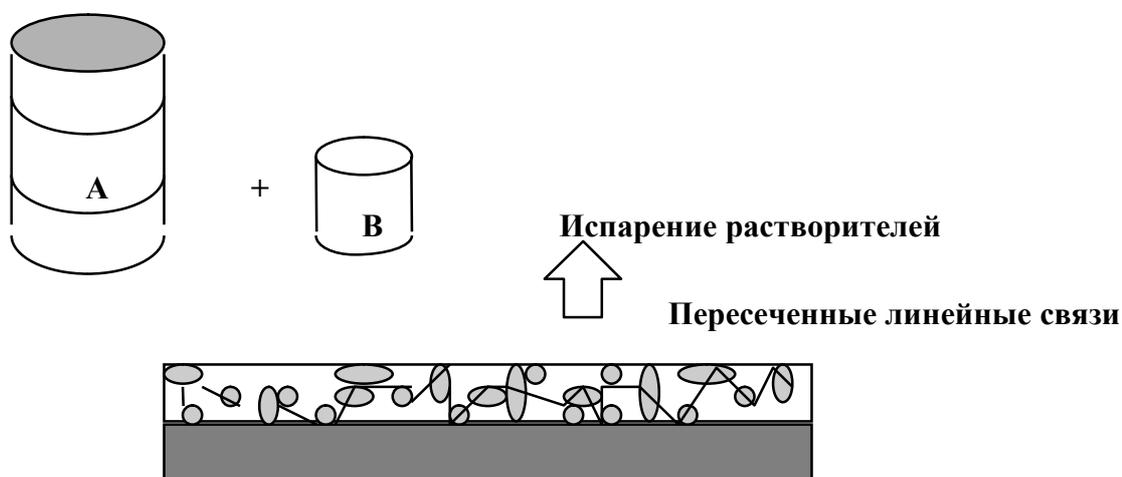
Процесс сушки таких красок заключается в химической реакции между связующим (основой) и отвердителем. Перед применением основа и отвердитель должны быть перемешаны и должна начаться химическая реакция. Очень важно, чтобы компоненты были смешаны в соответствующей пропорции, указанной производителем краски. Смешивание компонентов должно происходить непосредственно перед применением. Отверждение таких красок включает в себя как химическую реакцию между компонентами, так и испарение растворителей, начинающихся сразу после смешивания компонентов. Как правило, эти краски

должны быть использованы в течение короткого времени после приготовления; это время называют сроком живучести. При повышении температуры время живучести сокращается.

Типовым для красок химического отверждения является то, что они двухкомпонентные (двухупаковочные) краски, и иногда - трехкомпонентные. После отверждения эти краски формируют пленки, не подверженные действию растворителей.

Процесс отверждения таких красок замедляется при понижении температуры. Без придания каких либо специальных свойств эпоксидные краски наносятся при температурах до  $+10^{\circ}\text{C}$ , а полиуретановые - до  $0^{\circ}\text{C}$ . При использовании специальных отвердителей эти краски могут отверждаться и при температурах ниже нуля.

### **Краски химического отверждения**



## **Различные типы красок**

### ***Алкидные краски***

Алкиды получают путем реакции между кислотой и спиртом. Часто их разделяют на группы в зависимости от их "масляной длины". "Масляная длина" выражается отношением количества масел к другому сырью, использованном в процессе. Вы, возможно, слышали выражения короткие, средние и длинные алкиды.

Алкиды часто модифицируют путем добавления других типов связующих для придания специальных свойств. Наиболее часто используют такие связующие, как хлоркаучук, винилы, силиконы и уретаны.

Ранее применялось большое количество красок на основе льняного масла, свинцовый сурик и алкидный свинцовый сурик для стальных конструкций. 30-40 лет назад краски на основе свинцового сурика широко использовались для защиты стальных конструкций. Проблемы вреда для здоровья в процессе нанесения и эксплуатации потребовали отказа от этих красок.

### **Область применения**

Алкидные краски часто используются в качестве антикоррозионных для строений в не очень агрессивной атмосфере.

Алкидные краски подвержены обмылению, они размягчаются в воде и практически не применяются для окрашивания подводных конструкций. Они не очень стойки к растворителям и химическим реагентам. Вместе с тем, они легко наносятся и показывают хорошую долговечность на открытом воздухе. Ввиду их склонности к обмылению они не рекомендуются к нанесению на гальванизированные стали и стали, покрытые цинкнаполненными покрытиями, предназначенными для использования во влажной атмосфере.

Нанесение может осуществляться безвоздушным распылением, валиком или кистью.

### ***Эпоксистеровые краски***

Этот тип красок не следует отождествлять с эпоксидными. Эпоксистеры относятся к алкидам и сохнут по принципу кислородного окисления. Они однокомпонентные.

### **Область применения**

Это быстросохнущие краски и более прочные, чем алкидные. Могут наноситься безвоздушным распылением, валиком или кистью.

### ***Хлоркаучуковые краски***

Хлоркаучук представляет собой синтетический беловатый порошок и является продуктом реакции природного каучука и хлора. Хлоркаучук используется в качестве связующего в красках и растворяется в ароматических углеводородах типа кетона и хлорных углеводородах.

Хлоркаучуковые краски сохнут путем испарения растворителя, в процессе сушки не протекают какие - либо химические реакции. Краска может быть повторно растворена при нанесении следующего слоя.

Краски могут быть пигментированы алюминиевыми чешуйками, которые образуют в структуре краски “кирпичную кладку”, что повышает сопротивляемость краски.

### **Область применения**

Хлоркаучуковые краски широко используются в химической промышленности, как морские покрытия и т.п. Их стойкость к растворителям невысока, но они пригодны для растительных и животных жиров, поскольку обладают достаточной стойкостью к кислотам и щелочам.



Хлоркаучуковые краски являются так называемыми термопластичными, то есть становятся мягкими при повышении температуры и твердеют при ее понижении. Эти краски выдерживают температуры до 60°C, при дальнейшем повышении температуры существует риск того, что краска начнет разлагаться и выделять пары соляной кислоты.

У этих красок слабая сохранность глянца и они имеют тенденцию к пожелтению на солнечном свете. Для улучшения свойств на открытом воздухе верхний слой часто делают винилово-акриловым.

### ***Виниловые краски***

Виниловые краски достаточно родственны по свойствам хлоркаучуковым и сохнут путем испарения растворителей. Связующее синтетическое и растворяется в ароматических углеводородах типа кетона. Виниловые краски подвержены повторному растворению, но их стойкость к растворителям несколько выше в сравнении с хлоркаучуковыми, но не стойки к сильным растворителям типа ксилена и кетона. Сухой остаток этих красок невысокий и часто не выше 30-35%. Это вызывает необходимость наносить более одного слоя для обеспечения потребной толщины покрытия. В порядке снижения количества летучих органических соединений (VOC) во многих странах виниловые и хлоркаучуковые краски будут запрещены к применению с 2000 года.

### **Область применения**

Виниловые краски широко используют во многих отраслях промышленности. У них хорошая стойкость к органическим растворителям. Они также стойки к воде, нефти и спиртам. Ранее винилы широко применялись для окраски платформ поверх цинксиликатных грунтов, но сегодня там преобладают эпоксидные / полиуретановые покрытия.

Краски выдерживают температуры приблизительно до +60°C, при повышении температуры существует риск разложения краски с выделением паров соляной кислоты.

Сохранность глянца невысока и они имеют тенденцию к пожелтению на солнечных лучах. Для улучшения свойств покрытия на открытом воздухе окончательный слой часто делают акриловым или виниловоакриловым.

Это краски с высоким содержанием растворителей, что может дать определенные проблемы в ветреную погоду, например, в потере растворителя и образовании мелких “шпилечных” отверстий.

Для применения для подводных районов наиболее часто используют винилово-каменноугольные краски. Добавление каменноугольной смолы в виниловые краски улучшает водостойкость, и краска может наноситься на хуже подготовленную поверхность.

### ***Битумные краски***

Битумные краски также сохнут путем испарения растворителей. Эти краски обычно коричневого или черного цвета, и в соответствии с этим чаще всего используются для подводных районов. Битумные краски не очень подходят для выдержки на открытом воздухе и подвержены мелению.

#### **Область применения**

Битумные краски хорошо известны и все еще широко применяются для окраски подводных районов. Многие годы их интенсивно использовали для окраски балластных танков, но сейчас их применение для этих целей существенно сокращено.

Краски после высыхания остаются относительно мягкими и при использовании твердых красок поверх битумных подвержены растрескиванию и, в зависимости от цвета верхнего покрытия, возможно проступание смол сквозь верхний слой (блидинг).

### ***Эпоксидные краски***

Эпоксидные краски образуют очень прочные и упругие пленки и обладают высокой стойкостью ко многим агрессивным средам. Чистые эпоксиды обычно разделяют на не содержащие растворителей, краски на основе растворителей. Основным компонентом эпоксидных красок состоит из эпоксидных молекул разной длины.

Эпоксиды, не содержащие растворителей, часто низкомолекулярные с малой длиной молекул. Краски такого типа могут стать причиной развития экзем.

Эпоксиды на основе растворителей часто высокомолекулярные и имеют большую длину молекул. Этот тип эпоксидов содержит сильные растворители.

В эпоксидных красках применяются различные типы отвердителей. Наиболее часто используемые из них:

- Полиамины
- Полиамиды
- Изо-цианаты

Различные отвердители обеспечивают краскам различные свойства.

Полиамины придают покрытиям твердость и прочность пленки и высокую стойкость к кислотам и щелочам. Они очень летучи и реактивны, т.е. имеют малую живучесть и время отверждения. Они реагируют с двуокисью углерода и влагой воздуха с образованием аминокарбомитов, именуемых термином “аминного покраснения”. Эти белесые продукты должны быть удалены до нанесения следующего слоя до степени, пока не перестанут ощущаться на поверхности как слегка липкие участки, именуемые “аминным отпотеванием”.

Они должны удаляться любыми растворителями или слегка теплой пресной водой.

Полиамиды несколько проще в применении, чем полиамины. Они имеют достаточную живучесть и более простые требования по перемешиванию. Основа и отвердитель после смешивания требуют определенного времени индукции до нанесения. Такие покрытия также обладают высокой вязкостью.

Полиизоцианаты применяют как в эпоксидных, так и в полиуретановых покрытиях. Реакция протекает достаточно быстро, определяя тем самым малую живучесть и короткое время полимеризации. Твердая пленка имеет хорошую эластичность и барьерные защитные свойства. Изоцианаты реагируют с водой, поэтому краски, использующие такой отвердитель, чувствительны к воде.

### **Область применения**

Эпоксидные краски широко применяются как в офшорной, так и в химической промышленности - они дают хорошую защиту от агрессивных сред в течение длительного времени. Эпоксидные краски стойки к большинству растворителей, кислотам и щелочам.

Выдержка на открытом воздухе в течение длительного времени вызывает меление поверхности, поэтому часто верхний слой краски делают алифатическими полиуретанами для длительного сопротивления воздействию солнечных лучей.

Краски обычно наносятся безвоздушным распылением, валиком или кистью. Важно не забывать о времени живучести краски, если наносится более одного слоя (максимальное время для перекрытия). Если время для перекрытия превышено, то поверхность должна быть загрублена (прошкурена) до нанесения следующего слоя. Применяемое для этого оборудование, конечно, весьма разнообразно и зависит от конструкции. Возможно использование наждачной бумаги или струйной обработки при низком давлении.

Когда краска наносится при помощи безвоздушного распыления, очень важно очистить полностью оборудование по окончании работ. Если этого не сделать своевременно, то существует опасность полимеризации внутри шлангов и установок.

### ***Каменноугольноэпоксидные или эпоксиднокаменноугольные краски***

Каменноугольноэпоксидные или эпоксиднокаменноугольные краски являются двухупаковочными эпоксидными красками, модифицированными каменноугольными смолами. Использование каменноугольных смол дает краскам определенные преимущества:

- Хорошая эластичность
- Хорошая водостойкость

Этот тип красок имеет преимущества перед эпоксидными, обладающими хорошей стойкостью к химическим веществам и растворителям. Эпоксиднокаменноугольные краски не содержат пигментов, предотвращающих коррозию, и обеспечивают стали только барьерную защиту.

### **Область применения**

Каменноугольноэпоксидные краски часто используют для погруженных в морскую воду конструкций и для защиты балластных танков. Эти краски высокостойкие к кислотам и щелочам. Отвердители, используемые в каменноугольных эпоксидах, различны и более или менее однотипны с отвердителями для чистых эпоксидов.

Каменноугольные эпоксиды восприимчивы к воздействию солнечного света, что выражается в их мелении и становлении хрупкими. Наиболее традиционные цвета - черный и коричневый, хотя возможны светлые цвета для специально осветленных типов краски. Перекрытие к.у. - эпоксидных красок светлыми цветами сопровождается проступанием смол (блидинговая диффузия) через следующий слой с изменением его цвета.

Наносятся обычно безвоздушным распылением. Обладают максимальным временем для перекрытия. Перекрытие должно осуществляться в течение периода, указанного в Data Sheets. Если это время превышено, то поверхность должна быть заглублена перед нанесением следующего слоя.

### ***Эпокси- и полиуретаномстики***

Эпокси- и полиуретаномстики являются двухкомпонентными красками с высоким процентом сухого остатка. Обычно - 85-90%. Продукты являются достаточно новыми и многие материалы являются мастиками, пигментированными алюминием и слюдой оксида железа. Оба эти пигмента снижают проникновение кислорода и влаги сквозь покрытие.

### **Область применения**

Мастики ранее назывались “терпимыми к ржавчине” красками, что говорило о том, что эти материалы не требовали полного удаления всей ржавчины и других посторонних веществ. Необходимо только помнить, что мастики не следует наносить на поверхности с толстыми слоями ржавчины, либо покрытые жирами или маслами. Эти краски прекрасно проявляют себя поверх очищенной стали, не имеющей на поверхности растворимых загрязнений типа хлоридов.

### ***Эпоксидные краски, не содержащие растворителей***

Использование эпоксидных красок, не содержащих растворителей, дает возможность выполнять покрытия с высокой толщиной слоя. Необходимо помнить о времени для перекрытия.

### **Область применения**

Не содержащие растворителей эпоксиды имеют много назначений для применения. Некоторые используются для окрашивания танков пресной воды. Специальные типы используют как покрытия для танков. Они в основном содержат очень малое количество, либо не содержат совсем, горючих растворителей, что позволяет снизить пожароопасность и вред для здоровья.

Специальные типы мастиков применяют для ремонтных работ на подводных районах. Такие покрытия должны обладать хорошими свойствами и вытеснять воду.

### ***Полиэстеровые краски, наполненные стеклянными чешуйками***

Ненасыщенные полиэстеры растворяются в сильных растворителях типа стирена. При добавлении акселератора (пероксида) покрытие быстро сохнет. Эти типы красок и покрытий часто улучшают путем добавления стеклянных чешуек.

Эти типы покрытий обычно имеют небольшое количество воска для снижения кислородного окисления и испарения растворителей из краски.

Обычно эти покрытия наносят за один слой с толщиной 1000-1500мкм, но иногда наносят и большее количество слоев. Возможно возникновение проблем с адгезией между слоями, возникающих по причине наличия воска на поверхности. Время для перекрытия очень небольшое, от 3 до 12 часов при температуре 23 °С. Если время для перекрытия превышено, то поверхность должна быть промыта растворителем.

### **Область применения**

Улучшенные полиэстеры часто применяют для окрашивания небольших судов. Однако в сочетании с коррозионной защитой эти покрытия часто используют при очень жестких условиях. Защита, обеспечиваемая полиэстерами, это чистая барьерная защита.

Растворители в этом типе красок - сильные и химические процессы протекают при смешивании трех компонентов. После начала экзотермической реакции выделяется большое количество теплоты. Реакция может протекать настолько интенсивно, что возможно воспламенение краски в банке.

Нанесение производится специальными установками с широкими шлангами и большими соплами. В основном используют сопла от 0.040 до 0.050 дюйма.

### ***Силиконовые краски***

Силиконовые краски часто представляют как краски с комбинацией кремния (стекла) и органического связующего. Связующее зачастую достаточно дорогое и краски часто модифицируют другими типами связующих.

Силиконово-алкидные краски обычно обладают большей водостойкостью, чем обычные и модифицированные алкиды. Жаростойкость некоторых силиконов уникальна. Некоторые из них способны в течение короткого времени выдерживать температуры 500-600°C. Другие типы используемых связующих - это силиконово - акриловые и алюмо-силиконовые. Последние часто используют как связывающий слой (силер) для стали с термальным напылением алюминия.

### ***Водоосновные (дисперсные) покрытия***

Имеется множество защитных покрытий, использующих разные типы связующих. Самой крупной группой являются водные дисперсии акрилов или комбинации акрилов с другими.

Связующие дисперсны, то есть представляют собой дисперсию мелких частиц или сфер в воде. Размер сфер обычно менее 1мкм. Применение водоосновных красок постоянно повышается ввиду ужесточения требований по охране окружающей Среды. Количество растворителей должно быть снижено. Объем летучих органических соединений может быть снижен путем использования красок с высоким сухим остатком или применением водоосновных материалов. Однако использование водоосновных красок не избавляет полностью от проблем. Некоторое количество растворителей все еще применяется в этих красках, при нанесении присутствует большое количество пыли (аэрозоли), что требует определенной защиты.

Некоторые водоосновные покрытия имеют в своем составе эпоксидные смолы, что может стать причиной развития экзем.

### **Область применения**

Краски этого типа наносятся на струйно очищенную сталь с хорошим результатом как внутри цехов, так и на открытом воздухе в присутствии различных агрессивных сред. Эти краски не рекомендуются для окрашивания подводных районов или районов с повышенной влажностью.

Краски обычно наносятся на грунты, содержащие предотвращающие коррозию пигменты, в один или несколько слоев. Окончательный слой может быть акриловым в зависимости от области применения.

Важным аспектом при нанесении водоосновных красок является относительная влажность воздуха. При повышенной влажности замедляется испарение растворителя (воды), что может вызвать ржавление поверхности, приводящей к "пятнистости" краски. В пленке появятся небольшие красные или коричневые пятна. Поскольку фактически растворителем является вода, то существует нижний температурный предел для нанесения, обычно не ниже +5°C.

### ***Грунты для предварительной обработки***

Это грунты, наносимые на предприятиях для защиты стали от коррозии во время сборки конструкций.

Грунты наносят непосредственно после прогрева и струйной очистки стали. Толщина слоя для этих покрытий должна быть небольшой, предпочтительно 15-18 мкм. Толщина важна, чтобы не снижать скорость резки и сварки в процессе производства.

Эти грунты должны обеспечивать стали необходимую защиту при нахождении конструкций на открытом воздухе - в зависимости от типа и агрессивности Среды цеховые грунты в течение 6-12 месяцев должны предотвращать появление ржавчины.

В зависимости от области применения цеховые грунты могут удаляться или не удаляться перед нанесением системы окраски. В строительной индустрии шоппраймеры обычно не удаляют. В судостроении и офшорной промышленности, при окраске танков и подводных районов сталь повторно очищают и грунтуют перед нанесением системы окраски.

### **Грунты на основе оксида железа**

Многие типы грунтов на основе оксида железа являются поливинилбутиральными (ПВБ) или эпоксидными. Цвет часто желтый или красный.

### **Область применения**

Этот тип грунтов обычно используют для обеспечения защиты в течение 6 месяцев. Нанесение производится автоматически, и сталь может быть запущена в дальнейшее производство буквально через несколько минут после грунтования.

### **Наполненные цинком грунты**

Такие грунты основаны на эпоксидном или этилсиликатном связующем. Цвета этих типов грунтов - сероватые.

Эти цеховые грунты тоже наносятся с небольшой толщиной 15-20 мкм. Эти грунты предпочтительны грунтам на основе оксида железа, поскольку служат дольше и более терпимы к механическим повреждениям. В то же время некоторые из них дают определенные проблемы при сварке: при вдыхании паров цинка может появиться жар как при простуде.

### ***Травильные грунты***

Травильные грунты можно отнести также к цеховым грунтам, обладающим специальными свойствами. Раньше они применялись исключительно для стали, но сегодня они используются на обезжиренных поверхностях цинка и алюминия.

Травильные грунты являются двухкомпонентными. Основа состоит из поливинилбутирального связующего, а отвердитель представляет собой спиртовой раствор фосфорной кислоты. Максимальная толщина пленки не должна превышать 10 мкм, что зачастую трудно измерить. При нанесении большей толщины не вся фосфорная кислота прореагирует и такой тонкий, в общем, то, слой позднее создаст проблемы с адгезией.



### ***Цинк-наполненные краски***

#### **Органические цинк-наполненные краски**

Наиболее часто сегодня применяются типы цинковых красок на основе эпоксидных связующих. В то же время используют и другие типы связующих, такие как полиуретановые, виниловые и хлоркаучуковые. Во избежание омыления цинка важно, чтобы краска была щелочестойкой.

Эпоксидное связующее в краске выступает в роли изолятора, и в порядке обеспечения определенной катодной защиты применением цинкэпоксидных красок, количество цинка в краске должно быть высоким. Должен быть обеспечен контакт между частицами цинковой пыли и стальной подложкой для достижения этого эффекта.

В офшорной индустрии многие верфи используют цинкэпоксидные грунты из-за проблем с отверждением цинкэтилсиликатных грунтов. Процесс отверждения цинкэпоксидных грунтов намного проще и производственный цикл короче.

#### ***Цинкэтилсиликатные грунты***

Цинкэтилсиликатные грунты также двухкомпонентные. Одна банка цинковой пыли перемешивается со связующим перед применением. В отличие от цинкэпоксидных красок связующее (этилсиликат) электропроводно, и краска обеспечивает стали катодную защиту в течение длительного времени. Эти краски также обладают хорошей стойкостью к абразивному износу. Цинкэтилсиликатные краски до сих пор широко применяются в сочетании с верхними покрытиями или без них.

В отличие от большинства других красок механизм отверждения цинкэтилсиликатных очень специфичен. Для быстрого отверждения они требуют определенной температуры и высокой относительной влажности. Влажность должна поддерживаться в течение нескольких часов после нанесения грунта. Наилучший путь для отверждения этого типа красок - использование пара - горячего влажного воздуха. Испытания, проведенные широко во всем мире, показали проблемы, связанные с отверждением цинкэтилсиликатных красок. Вы, возможно, уже знакомы с проблемой растрескивания цинкэтилсиликатных красок при небольшом растягивающем усилии. Скорей всего, это не полностью отвержденный грунт.

Сегодня ситуация несколько лучше, поскольку теперь мы имеем различные способы контроля отверждения этих красок. Наиболее часто применяется стандартизованный тест ASTM D 4752 - МЕК тест. Этот метод подробно описывается далее. Для испытания применяется растворитель метил-этил-кетон.

При наличии механических повреждений покрытия до металла цинк будет обеспечивать катодную защиту стали. Часто поверх цинкэтилсиликатных грунтов наносят эпоксидные и виниловые краски.

### ***Цинк-гидроксильносиликатные краски***

Цинкгидроксильносиликатные краски содержат водорастворимое силикатное связующее. Силикат цинка образуется в результате реакции между цинком и связующим. Во время этого процесса на поверхности образуется щелок (ОН<sup>-</sup>). Поэтому он должен быть смыт водой до перекрашивания.

Щелочные силикаты очень крепкие и прочные во многих агрессивных средах. На открытом воздухе они немного поражаются под воздействием атмосферы и солнечных лучей. Однако они не разрушаются при действии органических растворителей типа кетона, хлорных углеводородов и т.п. Но имеют слабую стойкость к действию кислот и щелочей.

Во многих случаях эти краски применяют внутри танков и хранилищ сырой нефти, перекачивающего топливного оборудования. Они также жаростойки приблизительно до +400°C. Наносятся обычно воздушным распылением.

### ***Противообрастающие краски***

Если подводная часть конструкции окрашена, то она в воде будет обрастать микроорганизмами.

Существует множество типов обрастания, но часто их разделяют на основные группы:

- Водоросли
- Ракушки

Степень обрастания зависит от температуры воды. В тропических водах обрастание происходит в течение всего года, а в холодных районах только в летний период. Температура воды и солнечный свет, также как и соленость воды, влияют на интенсивность обрастания.

В порядке предотвращения обрастания окрашенных подводных районов обычно наносят противообрастающие краски поверх окончательного покрытия. Противообрастающие краски выделяют яды, поэтому микроорганизмы не прикрепляются к поверхности.

Основными ядами в противообрастающих красках являются оксиды меди и органометаллические соединения, такие как оксид трибутилолова (ТБТ). Законодательством многих стран содержание трибутилолова в противообрастающих красках должно быть исключено. Сегодня эти яды допускаются только при окрашивании судов с длиной менее 25 метров.

### **Обычные противообрастающие краски на основе водорастворимых матриц**

Обычные противообрастающие краски основаны на природных смолах. Связующее, как и яд, частично растворяется в воде. Такие типы противообрастающих красок часто называют классическими.

После их нанесения существует большой риск растрескивания этих красок, поэтому они должны наноситься незадолго до спуска судна на воду в соответствии со временем сушки.

Обычные противообрастающие краски предназначены для работы в течение 6 - 12 месяцев.

### **Долгоживущие или контактные противообрастающие краски**

Связующее в этих красках нерастворимо или полурстворимо.

Нерастворимая часть связующего часто хлоркаучуковая смола или винил. В морской воде ядовитая часть связующего и его растворимая часть вымываются из красочной пленки, оставляя скелет из нерастворимой части. Диффузия яда становится слишком слабой для обеспечения противообрастающих свойств и краска перестает работать.

Работоспособность слоя краски с толщиной 150 мкм около 16 - 24 месяцев.

Несколько лет назад специальные соединения назывались реактивными противообрастающими красками. Они наносились кистью под водой для "обновления" старого слоя краски. Процесс нужно было повторять достаточно часто - как минимум ежегодно.

### **Самополирующиеся противообрастающие краски**

Противообрастающие краски этого типа основаны на органометаллических полимерах, очень часто - на сополимерах акрилата трибутилолова. В морской воде выделяется органоолово. Такие краски обеспечивают защиту от обрастания и гладкость корпуса. Поскольку нет нерастворимых матриц, то токсичный материал все время работает.

Процесс выделения токсинов в этих красках достаточно линейный, что обеспечивает для толщины покрытия 150 мкм работоспособность в течение 3 - 5 лет.

***Многослойные (сандвичевые) покрытия***

Наслаивание краски в процессе нанесения следующих слоев при выполнении ремонтных работ может вызвать в итоге отслаивание покрытия. Часто такого рода покрытия называют “сандвичевыми”. При частичном удалении их только в отдельных участках мы получим довольно неприглядный внешний вид и большую шероховатость поверхности.

Слишком большая шероховатость корпуса вызывает дополнительные силы сопротивления морской воды, для преодоления которых потребуется увеличение расхода топлива судном.

### **Типы покрытий, отличные от красок**

Хорошо известны многие типы покрытий, отличных от красок, наносимых на стальную поверхность для обеспечения ее длительной защиты. Ниже будут подробно рассмотрены следующие типы покрытий:

- резиновые облицовки (футеровки)
- порошковые покрытия
- восковые составы
- ленты
- гальванизация
- термальное напыление

#### **Резиновые облицовки**

На многих районах, где необходима длительная защита стали, использование резиновых футеровок преобладает.

Нанесение футеровок обычно производится на нанесенный связующий грунт с последующей облицовкой резиновыми листами. Окончательно продукт, предназначенный для подводных районов или в танках, подвергается непродолжительному (holiday) обследованию и вулканизации в автоклавах. Процесс отверждения в автоклаве происходит при высоких температурах и давлении.

После отверждения футеровки часто еще раз подвергаются повторному обследованию.

Резиновые футеровки применяют в зависимости от назначения, например, внутри танков, для защиты вокруг приемных патрубков морской воды.

#### **Порошковые покрытия**

Порошковыми покрытиями обычно называют некоторые продукты, которые, в отличие от красок, не содержат каких либо растворителей. Состав порошковых покрытий почти такой же как у обычных красок:

- связующие
- пигменты
- наполнители
- добавки

Обычно небольшие объекты домашнего потребления покрывают порошковыми покрытиями, но также и более габаритные изделия, например, трубы, могут быть покрыты порошками.

- **Электростатическое напыление**

Этот метод использует распыляющий пистолет, электризирующий порошок, и разность потенциалов между окрашиваемым объектом и заземлением. Разность потенциалов и электризация порошка позволяют краске налипать на поверхность окрашиваемого объекта. Часто используются порошковые эпоксидные покрытия.

- **Погружение в порошковую ванну**

Этот метод заключается в предварительном нагреве изделия до температуры чуть выше точки плавления порошка. Затем объект погружается в порошок, который начинает плавиться. После этого объект охлаждается в водяной ванне. Термин текучая ванна образован вследствие постоянного перемешивания порошка струей воздуха.

### **Ленты и облицовки**

Использование ленточных покрытий также часто применяется для трубопроводов, клапанов и трубных соединений. Лентами часто оборачивают стальные предварительно загрунтованные изделия. Обычно ленту наматывают с 50 ти % перекрытием.

Вот некоторые типы ленточных покрытий.

- **Петролатумные ленты** (Хлопчатая сетка пропитана специальными жирами или петролатумом. Верхний температур-ный предел составляет 45-70 °С)
- **Битумные ленты** (Применяются для защиты трубопроводов в земле)
- **Смоляные ленты** (Ленты этого типа модифицированы фиберглассом и до настоящего времени использовались при строительстве трубопроводов в Северном Море. Полная толщина покрытия часто составляет 5-6 мм).

### **Временные покрытия**

В замкнутых объемах, например, во внутренних каналах автомашин, обычно применение находят различные восковые материалы. Некоторые из них предназначены для обеспечения только временной защиты и очень часто удаляются паром, другие- для более длительной защиты.

### НАНЕСЕНИЕ КРАСОК

В основном краски поставляются производителем в баррелях или банках и могут рассматриваться как полуфабрикаты. На поверхность краски наносятся определенными методами. Для достижения этого возможны различные способы:

- Окрасочная перчатка или рукавица
- Кисть
- Валик
- Распыление

#### *Окрасочная перчатка или рукавица*

Использование окрасочных перчаток или рукавиц иногда просто необходимо, но только для окрашивания труднодоступных мест. Изготавливают перчатки из овечьей шкуры, при окраске рука в перчатке погружается в краску, и затем краска наносится на поверхность.

#### *Кисть*

Кисть-это хороший выбор, когда окраска выполняется на труднодоступных поверхностях, таких, как сварные швы, кромки, углы, шпигаты и т.п.

Этот метод достаточно трудоемкий и, поэтому, дорогой. Слой краски, наносимый кистью, будет характеризоваться большим разбросом толщин, в зависимости от доступности поверхности и профессионализма маляра. Обычно достигаемая толщина при окраске кистью составляет 40-50 мкм. Некоторые из противокоррозионных красок могут наноситься кистью, а некоторые настолько вязкие или быстросохнущие, что их нанесение затруднено.

В целом, считается, что использование кисти позволяет окрасить поры, сварные швы и т.п. И тем не менее, при нанесении второго слоя красок физической сушки первый слой будет частично растворяться, и слои перемешаются.

#### *Валик*

Нанесение красок валиком возможно на большой плоской поверхности, труднодоступной для окраски распылением. Применение валика позволяет маляру выполнить работу быстрее в сравнении с кистевой окраской, покрывая большую площадь за тот же интервал времени.

Внешний вид покрытия после окраски валиком будет различным, в зависимости от типа «меха» валика и длины его волоса. Вполне возможно получить в результате окраски валиком мелкие воздушные пузырьки в красочной пленке.

В противокоррозионной защите не рекомендуется применение валика при нанесении грунта на стальные конструкции. Также не рекомендуется наносить валиком быстросохнущие краски, такие, как виниловые и хлоркаучуковые. Высокомолекулярные мастики тоже слишком вязкие для нанесения валиком.

### ***Распыление***

Когда краска наносится традиционным методом, для распыления и переноски частиц краски применяется сжатый воздух. Этот метод наиболее часто применяется, когда предъявляются высокие требования к окончательному виду покрытия, например, при окраске автомобилей.

Краска извлекается из контейнера (сверху или снизу пистолета) сжатым воздухом. Так как краска проходит сквозь сопло, то краска перемешивается с воздухом при давлении около 2-5 кг/см<sup>2</sup>.

Нормальное расстояние до поверхности составляет 40-60 см, факел должен быть перпендикулярен окрашиваемой поверхности. Перекрытие слоев может составлять до 50%. При окрашивании важно. Чтобы маляр контролировал толщину мокрого слоя и корректировал соответственно скорость окраски.

### **Безвоздушное распыление.**

Применяя оборудование для безвоздушного распыления мы также используем сжатый воздух, который подается по шлангам для приведения в действие воздушного насоса.

Внутри насоса воздух приводит в действие больший из двух цилиндров и создает давление в меньшем цилиндре, нагнетающем краску под высоким давлением. Коэффициент сжатия часто определяют как отношение площадей двух цилиндров.



Эти соотношения варьируются от 8:1 до 60:1. Давление распыла сопла может быть рассчитано путем умножения входящего давления на коэффициент сжатия.

- Используя установку с коэффициентом 45:1 и входящее давление 4 Бар, получим приблизительное давление распыла  $4 \times 45 = 180$  Бар.

В целом, предпочтительно иметь установку с большим коэффициентом, чем требуется, это обеспечит требуемую текучесть краски при нанесении.

Тем не менее, нет необходимости иметь слишком большое давление, так как это может вызвать поверхность нежелательного вида. Слишком большое давление не дает преимуществ. Неудовлетворительное давление вызывает нежелательную толщину (потеки, наплывы). Правильное давление даст желаемый вид поверхности.

Когда краска не смешивается с воздухом, мала вероятность того, что краска будет загрязнена маслом или водой. Производительность такого способа окраски 250-300 м<sup>2</sup> в час.

В порядке достижения правильного окрашивания также важно, чтобы оборудование было способно прокачать требуемое количество краски, и, при необходимости, сопло должно быть заменено, а вязкость должна регулироваться подогревом краски или добавлением растворителя. При использовании подогрева важно заметить, что живучесть двухкомпонентных красок снижается.

### ***Проблемы, связанные с безвоздушным нанесением***

Многие из красок при применении требуют перемешивания. Это, в первую очередь, необходимо для красок, содержащих тяжелые пигменты, например, цинк. Скорость перемешивания не должна быть слишком высокой, чтобы воздух не остался в краске. Неправильная скорость перемешивания может быть причиной пористости покрытия.

### ***Номограмма для определения количества краски, истекающего в минуту***

Для использования диаграммы требуется знать давление распыла и размер сопла.

- давление распыла определяется умножением подводимого давления на коэффициент сжатия установки (например. Давление 5 Бар x коэфф. 60:1=300 Бар)
- размер сопла, например, 0,021''
  1. найдите на диаграмме внизу 300 бар
  2. проведите линию вдоль линии 300 бар
  3. найдите пересечение линий 300 бар и кривой 0,021''
  4. проведите линию влево от точки пересечения
  5. количество краски по левой оси будет 2,6 литров в минуту

## Инспекция защитных покрытий

---

В дальнейшем мы еще столкнемся с определением количества краски. Но, пожалуйста, запомните эти простейшие правила:

- 1:1:1000                    1 литр краски покрывает площадь  $1 \text{ м}^2$  с толщиной мокрого слоя 1000 мкм.
- 1:10:100                    1 литр краски покрывает площадь  $10 \text{ м}^2$  с толщиной мокрого слоя 100 мкм.
- 10:100:100                10 литров краски покрывают площадь  $100 \text{ м}^2$  с толщиной мокрого слоя 100 мкм.

### РАСЧЕТ ПОКРЫТИЙ

В Вашей работе в качестве “инспектора ФРОСИО” Вам необходимо заказывать краску для выполнения специфических работ. Для того, чтобы иметь возможность делать это правильно, Вам потребуется определенная информация.

Толщина сухой пленки (**DFT**) наносимого покрытия может быть определена путем расчета, если известны процент сухого остатка краски(**%solids**) и толщина мокрой пленки (**WFT**). Эта информация может быть получена из публикуемых производителем краски технических условий на материал (**TDS**).

Для расчетов существует, безусловно, множество способов. Используйте способ, который Вам наиболее знаком, а ниже мы приведем наиболее простые формулы для расчета в качестве руководства.

Многие компании- производители красок для вычислений применяют “теоретическую” и “практическую” укрывистость. Термин *укрывистость* часто определяют как способность краски покрывать поверхность с определенной толщиной сухой пленки.

#### ПРИМЕР 1:

На стальную конструкцию нанесено 200 мкм мокрой пленки. Сухой остаток краски 60% от объема. Определить DFT.

Сухой остаток -60%, значит, остальные 40% - это растворители, которые испарятся при сушке. Если нанесено 200 мкм мокрой пленки и 40% из них испарятся, то то, что останется, будет толщина сухой пленки DFT. Таким образом, сухая пленка составит 120 мкм.

**Формула 1:** 
$$DFT = \frac{WFT \times \%сух.ост.}{100\%}$$

#### ПРИМЕР 2:

На стальную конструкцию наносится краска с толщиной сухого слоя (DFT) 100 мкм. Сухой остаток краски 50%. Определить толщину мокрого слоя.

Краска должна наноситься с толщиной мокрого слоя (WFT) 200 мкм, поскольку 50% ее состава это растворители, которые при высыхании испарятся.

**Формула 2:** 
$$WFT = \frac{DFT \times 100\%}{\%сух.ост.}$$

### ПРИМЕР 3 :

Зачастую оператору необходимо снизить вязкость краски добавлением растворителя. Это, конечно, влияет на требуемые DFT и WFT.

На стальную конструкцию наносится краска с толщиной сухого слоя 75 мкм. Сухой остаток 50% и краска разбавлена растворителем на 20 %. Определить WFT.  
Краска должна наноситься с толщиной мокрого слоя 180 мкм.

**Формула 3 :** 
$$\text{WFT} = \frac{\text{DFT} \times (100 + \% \text{раств.})}{\% \text{сух. ост.}}$$

Вы можете также определить процентное содержание сухого остатка после 20 % разбавления краски. Это проще всего сделать относительно 1 литра краски.

Если разбавить на 20% 1 литр краски, то ее объем повысится до 1.2 литра. Отношение **старого** процентного содержания сухого остатка к новому объему краски дает **новое** процентное содержание сухого остатка краски.

**Новое процентное содержание сухого остатка краски** = 
$$\frac{\text{исходный сухой остаток краски}}{\text{новый объем краски}}$$

$$= \frac{50\%}{1.2} = 41.7\%$$

**Формула 1 :** 
$$\text{WFT} = \frac{\text{DFT} \times 100\%}{\% \text{сух.ост.}} = \frac{75 \times 100}{41.7} = 180 \text{ мкм}$$

**Какая дополнительная информация еще необходима нам для подсчета количества краски, потребного для производства работ ?**

Для проведения расчетов приблизительного количества краски должно быть известно или подсчитано следующее :

- площадь поверхности окрашиваемой конструкции
  - внешний вид конструкции (геометрия)
  - исходная шероховатость поверхности
  - толщину сухого либо мокрого слоя
  - количество слоев для каждой краски
  - процентное содержание сухого остатка для каждой краски
-

### ПРИМЕР 4 :

Окрашивается наружная поверхность танка, площадь 500 м<sup>2</sup>. Методом безвоздушного распыления наносится следующая система окраски :

Краска	DFT	%сухого остатка
Цинковый оксид	25мкм	70%
Высокомолекулярный оксид	100мкм	50%
Полиуретановое верхнее покрытие	75мкм	50%

Считая, что при окраске не происходит потерь, подсчитаем требуемое количество краски.

**Формула 4 :**                      **Количество краски =  $\frac{\text{Площадь(м}^2\text{)} \times \text{DFT}}{10 \times \% \text{сух.ост.}}$**

Цинковый оксид                      =  $\frac{500\text{м}^2 \times 25 \text{ мкм}}{10 \times 70\%}$                       = 18 литров

Высокомолекулярный оксид                      =  $\frac{500\text{м}^2 \times 100 \text{ мкм}}{10 \times 50\%}$                       = 100 литров

Полиуретановое верхнее покрытие                      =  $\frac{500\text{м}^2 \times 75 \text{ мкм}}{10 \times 50\%}$                       = 75 литров

### ПРИМЕР 5 :

Исходные данные аналогичны примеру 4 : площадь 500 м<sup>2</sup>, безвоздушным распылением наносится следующая окрасочная система:

Краска	DFT	%сухого остатка
Цинковый оксид	25мкм	70%
Высокомолекулярный оксид	100мкм	50%
Полиуретановое верхнее покрытие	75мкм	50%

При этом фактор потерь составляет 40%. Какое количество краски требуется?

При подсчете количества краски с учетом фактора потерь важно правильно произвести расчет. Если Вы подсчитали требуемое количество краски, например, 100 литров, и фактор потерь составляет 40%, это означает, что после окрашивания на поверхности останется только 60% нанесенной краски. Таким образом, фактор использования составит 0.6.

Действительное количество краски должно составлять :

$\frac{100 \text{ литров} \times 100}{60}$                       или                       $\frac{100 \text{ литров}}{0.6}$                       = 167 литров

**Формула 5 :**      **Количество краски** = 
$$\frac{\text{Площадь(м}^2\text{)} \times \text{DFT}}{10 \times \% \text{ сух.ост.} \times \text{факт. использ.}}$$

Потребное количество краски для окрасочной системы должно составлять:

Цинковый эпоксид                      =  $\frac{500\text{м}^2 \times 25 \text{ мкм}}{10 \times 70\% \times 0.6}$                       = 30 литров

Высокомолекулярный эпоксид                      =  $\frac{500\text{м}^2 \times 100 \text{ мкм}}{10 \times 50\% \times 0.6}$                       = 167 литров

Полиуретановое верхнее покрытие                      =  $\frac{500\text{м}^2 \times 75 \text{ мкм}}{10 \times 50\% \times 0.6}$                       = 125 литров

### ПРИМЕР 6 :

Обычно покрытия наносятся на струйно очищенную сталь. Стальная поверхность при этом приобретает определенную шероховатость. Соответственно, площадь стальной поверхности увеличивается и требуется дополнительное количество грунта. Сколько же дополнительно краски требуется в зависимости от шероховатости ?

Некоторые из производителей краски используют определенные формулы зависимости количества дополнительной краски от шероховатости.

Шероховатость, определенная как значение R <sub>y</sub> (мкм)	“Мертвый объем” (Количество краски, необходимое, чтобы заполнить шероховатость (литр/ м <sup>2</sup> ))
30	0.02
45	0.03
60	0.04
75	0.05
90	0.06

### Формула 6 :

**“Суммарный мертвый объем”** = 
$$\frac{\text{Площадь (м}^2\text{)} \times \text{“мертвый объем” (л/м}^2\text{)} \times 100\%}{\% \text{сух.ост.} \times \text{фактор использов.}}$$

“Мертвый объем” - это фактор, который имеет значение только для грунтового слоя в окрасочной системе.

### ПРИМЕР 7 :

Танк с площадью поверхности 500 м<sup>2</sup> окрашивается снаружи. Методом безвоздушного распыления наносится следующая система окраски:

Краска	DFT	%сухого остатка
Цинковый эпоксид	25мкм	70%
Высокомолекулярный эпоксид	100мкм	50%
Полиуретановое верхнее покрытие	75мкм	50%

Расчитать теоретическую укрывистость для каждой краски.

### Формула 7 :

$$\text{Теоретическая укрывистость} = \frac{\% \text{ сух.ост.} \times 10}{\text{DFT}}$$

$$\text{Цинковый эпоксид} = \frac{75 \times 10}{25} = 30 \text{ м}^2/\text{литр}$$

$$\text{Высокомолекулярный эпоксид} = \frac{50 \times 10}{100} = 5 \text{ м}^2/\text{литр}$$

$$\text{Полиуретановое верхнее покрытие} = \frac{50 \times 10}{50} = 10 \text{ м}^2/\text{литр}$$

**ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА**

1 :  $DFT = \frac{WFT \times \%сух.ост.}{100\%}$

2 :  $WFT = \frac{DFT \times 100\%}{\%сух.ост.}$

3 :  $WFT = \frac{DFT \times (100\% + \%раств.)}{\%сух.ост.}$

4 : Количество краски =  $\frac{\text{Площадь}(м^2) \times DFT}{10 \times \%сух.ост.}$

5 : Количество краски =  $\frac{\text{Площадь}(м^2) \times DFT}{10 \times \%сух.ост. \times \text{фактор использ.}}$   
(с учетом потерь)

6 : “Мертвый объем” =  $\frac{\text{Площадь}(м^2) \times \text{“мертвый объем”}(1/м^2) \times 100\%}{\%сух.ост. \times \text{фактор использ.}}$

7 : Теоретическая укрывистость =  $\frac{\%сух.ост. \times 10}{DFT}$



### ДЕФЕКТЫ ОКРАСКИ

Даже самые квалифицированные рабочие в той или иной степени допускают ошибки в работе. Некоторые из наиболее часто встречающихся ошибок, случающихся при нанесении краски, могут быть легко исправлены во время производства работ. Другие проявляются позднее и иногда требуют полного или частичного удаления одного либо нескольких слоев краски.

Основные типы окрасочных дефектов:

- **Потеки, наплывы, сосульки** Стеkanie краски, часто вызвано ее избытком
- **Сухой распыл** Излишек растворителя в краске быстро испаряется во время нанесения. Часто проблемы быстро испаряющихся красок, например, цинк этилсиликатных и некоторых других при их нанесении, когда окрасочный пистолет находится далеко от поверхности.
- **Апельсиновая корка** Этот дефект представляет собой сморщенную поверхность, напоминающую апельсиновую корку. Может возникать при слишком близком положении пистолета к поверхности или при слабом распыле.
- **Рисунчатость** Тонкие поверхностные трещины, распределенные по поверхности в виде более или менее правильных узоров.
- **Грязевые трещины** Встречается, когда цинк этилсиликатные краски нанесены слишком толсто. Они напоминают трещины в сухой грязи.
- **Морщинистость** Часто встречается в масляных красках при их нанесении слишком толсто, когда наружный слой уже высох, а внутренний еще остается мягким.
- **Поры** Мелкие поры формируются в покрытии при нанесении и сушке. Вызваны мелкими газовыми пузырьками, которые лопаются и образуют мелкие отверстия и кратеры в покрытии.
- **Отслаивание, шелушение** Отслаивание краски от подложки или нижнего покрытия, вызванное загрязнениями: мел на поверхности, пыль, ржавчина, слишком гладкая поверхность, излишек живучести краски.
- **Рыбьи глаза** Участки поверхности, которые плохо смочены краской. Это, в основном, вызвано маслами, жиром или силиконовыми загрязнениями поверхности.

- **Неудовлетворительный внешний вид** Остатки абразива, сварочные брызги и т.п. под покрытием. Может быть также вызвано одним или более упомянутыми дефектами.
- **Межслойная проницаемость** Пятнистое изменение цвета верхнего слоя краски, вызванное миграцией битумных компонентов из каменноугольных эпоксидов, битумных и асфальтовых материалов.
- **Кратеры и трещины** Дефекты образуются при быстром испарении растворителей или когда краска нанесена поверх пористого покрытия. Мелко вулканический вид.
- **Покраснение, оцвечивание** Вызвано потерей глянца и ослаблением цвета. Может встречаться у аминоокисляемых эпоксидов во время их сушки при высокой влажности воздуха.
- **Меление** Мел в виде порошка формируется на поверхности покрытия. Проявляется на эпоксидных красках под воздействием солнечной радиации.
- **Пузырение, пустоты** Пузырение может проявиться со временем. Пустоты в краске могут содержать пары растворителей или газ, которые абсорбируют воду, вызывая пузырение.
- **Водные пятна** Конденсация или другие способы попадания воды на поверхность во время сушки покрытия вызывают появление пятен на краске.

Примеры различных дефектов окраски даны в приложении.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНДАРТА ISO 4628 ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ОКРАСКИ

При определении дефектов окраски таких, как вспучивание, ржавление, растрескивание, отслоение и меление может использоваться стандарт ISO 4628.

<b>ISO 4628</b>	Оценка разрушений лакокрасочных покрытий - определение интенсивности, количества и размера основных типов дефектов
-----------------	--

Этот стандарт состоит из 6 частей.

- ISO 4628 часть 1            Основные принципы и схемы
- ISO 4628 часть 2            Определение степени вспучивания
- ISO 4628 часть 3            Определение степени ржавления
- ISO 4628 часть 4            Определение степени растрескивания
- ISO 4628 часть 5            Определение степени отслаивания
- ISO 4628 часть 6            Определение степени меления

#### ***Стандарт ISO 4628 часть 1***

Эта часть стандарта содержит основные термины, касающиеся определения как количества, так и размера дефектов окраски.

Эта часть стандарта определяет термины гомогенные (сплошные) и негомогенные (локальные) дефекты.

Сплошные дефекты принято оценивать количественно и качественно по цифровой шкале от 0 до 5. “0” означает, что дефект практически не присутствует, а “5” означает, что дефект настолько развит, что дальнейшая количественная оценка его не имеет практического значения.

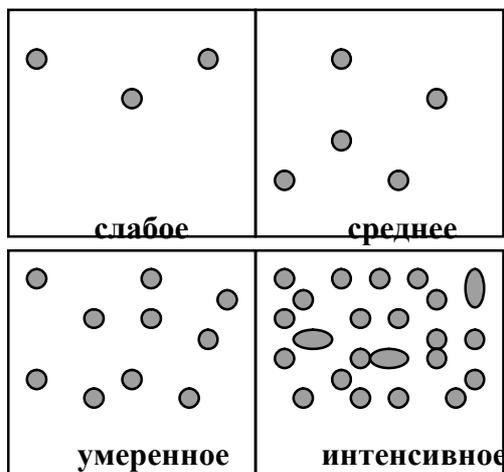
Наиболее часто встречающиеся дефекты приведены в частях 2 и 3.

#### ***Стандарт ISO 4628 часть 2***

Эта часть содержит оценку вспучивания окрашенной поверхности. Стандарт содержит фотографии, показывающие различные размеры и интенсивность вспучивания. Пример этого приведен на следующей странице. Это полезно, когда Вы проводите оценку вспучивания.

Вспучивание описывается следующим образом: 2(S3), что означает небольшое вспучивание размера 3.

## ISO 4628 - ВСПУЧИВАНИЕ



### Стандарт ISO 4628 часть 3

Эта часть стандарта предназначена для оценки степени ржавления покрытия. Уровень образования ржавчины определяется по фотографиям стандарта. Степени ржавления приведены как в процентном выражении, так и в виде индексов Ri0-Ri5.

- Ri 0 - ржавчины практически нет
- Ri 1 - приблизительно 0.05% покрытия повреждено ржавчиной
- Ri 2 - более 0.05% и менее 1% .....
- Ri 3 - приблизительно 1%.....
- Ri 4 - более 1% и менее 50%.....
- Ri 5 - около 50%

### Стандарт ISO 4628 часть 4

Данная часть стандарта описывает растрескивание краски и определяет размер и глубину трещин. Приводятся три основных типа растрескивания:

- a) Трещины на поверхности не проникают сквозь верхний слой (рисунчатость).
- b) Трещины проникают сквозь верхний слой и частично сквозь нижние слои.
- c) Трещины проникают сквозь всю систему до подложки.

### Стандарт ISO 4628 часть 5

Эта часть описывает отслоение краски и показывает количество и размер отслоения. Может также быть использована при отслоениях в окрасочных системах.

Различают два основных типа отслоений:

- a) Верхнее покрытие отслаивается от нижнего
- b) Вся система окраски отслаивается от подложки

### *Стандарт ISO 4628 часть 6*

Эта часть описывает метод оценки меления при помощи липкой ленты. На поверхность наклеивают 25 мм ленты и затем сравнивают с контрастным основанием. Степень меления оценивается от 0 до 5 сравнительно с фотографиями, представленными в стандарте.

### СТАНДАРТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ISO 9001, 9002 и 9003

Все отрасли промышленности, осуществляющие поставку продукции, должны гарантировать, что их продукт отвечает требованиям потребителя. Это то, что обычно определяют как качество продукции.

Обеспечение качества вообще подразумевает все необходимые меры в порядке достижения требуемого уровня качества продукции.

Производитель продукции должен сам гарантировать, что каждый его продукт соответствует уровню качества. Для того, чтобы достичь этого, правила производства должны быть тщательно изучены. Система качества это система со специфицированными требованиями, нацеленная изначально на предотвращение разногласий (несоответствий) на всех этапах производства.

Стандарты ISO 9001, 9002 и 9003 могут применяться как различные ступени обеспечения качества в различных отраслях производства.

ISO 9001      Системы качества - Модель для обеспечения качества в проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании.

Для применения, когда производителем обеспечивается соблюдение специфицированных требований на отдельных стадиях, которые могут включать разработку и проектирование, производство, установку и обслуживание.

ISO 9002      Системы качества - Модель обеспечения качества при производстве и монтаже.

Для применения, когда соблюдение специфицированных требований обеспечивается производителем на стадии производства и монтажа.

ISO 9003      Системы качества - Модель обеспечения качества при окончательной инспекции и проверке.

Для применения, когда соблюдение специфицированных требований обеспечивается производителем исключительно при окончательной инспекции и проверке.

Указанные три стандарта определяют требования системы качества для применения, когда контракт между двумя сторонами требует указания способности поставщика разработать и поставить продукт. Данные стандарты изначально нацелены на предотвращение разногласий на всех этапах производства и поставки продукции.

Для производственных предприятий, осуществляющих выполнение очистку поверхности и ее окраску, требуемой моделью обеспечения качества будет являться стандарт ISO 9002. Для больших судостроительных производств, осуществляющих как изготовление и сборку конструкций, так и обработку и окраску поверхности, должен применяться стандарт ISO 9001.

На следующих страницах мы хотели бы познакомить Вас с теми разделами стандартов, которые относятся к **инспекции и контролю**.

Потребитель хочет быть всегда информированным о том, как производится продукция. Выполняется ли работа так, как планировалось, или имеются некоторые отклонения. Потребитель может требовать гарантию качества продукции, которую он заказывает. Поэтому крайне важно, чтобы поставщик мог документально подтвердить качество продукции.

Также очень важно, чтобы выполняемые процедуры обеспечивали заказчика информацией о том, на какой стадии производства находится его заказ в любой момент времени.

### ***Процедуры разногласий***

Производитель продукции должен выполнять процедуры для того, чтобы исключить отклонения от требований спецификаций (разногласия) во избежание несоответствия требований для использования или монтажа.

**Процедуры разногласий (отклонений) относятся ко всем типам дефектов, например, на определенных этапах производства, либо при окончательном испытании. Цель этого - обеспечить гарантию того, что продукция производится в соответствии со спецификацией.**

### ***Корректирующие действия***

Корректирующие действия должны быть предприняты для исключения возникновения разногласий.

В качестве примера мы постараемся проиллюстрировать это на практическом случае из производства. Несколько лет назад определенное количество трубопроводов было заказано Норвежской нефтяной промышленностью вне Норвегии. В спецификации от нефтяной компании было дано следующее:

<b>Что</b>	<b>Описание</b>	<b>Стандарт</b>
• подготовка поверхности	Струйная очистка Sa2.5	ISO 8501-1
	Шероховатость -Средняя,G	ISO 8503-1
• система окраски	КУ эпоксид 300 мкм	ISO 2808

Инспекция со стороны заказчика не проводилась, и трубопроводы были поставлены на норвежскую верфь. Во время сборки краска неожиданно отслоилась на большой площади, инспекция показала, что краска была нанесена без струйной очистки. Следствие- все работы должны были быть выполнены еще раз с большей стоимостью на иностранной верфи.

### Руководства и стандарты

#### *Руководства от Det Norske Veritas и Bureau Veritas*

Некоторые из компаний, осуществляющих классификацию судов, оффшорных платформ, имеют свои собственные “Руководства по коррозионной защите”.

Норвежская классификационная компания “Det Norske Veritas” имеет “Руководство для Коррозионной Защиты Судов”.

Французская классификационная компания “Bureau Veritas” имеет “Руководство для коррозионной защиты водных балластных танков и трюмных объёмов”.

Оба этих руководства предназначены для обеспечения защиты в новом строительстве и судоремонте. Руководства содержат как подробную информацию относительно подготовки поверхности до покраски, так и спецификации для балластных и нефтяных грузовых танков.

#### *ISO 12944*

Новый международный стандарт ISO 12944 - Коррозионная защита стальных конструкций при помощи защитных систем окраски.

Данный стандарт состоит из 8 частей.

<i>Часть 1</i>	<i>Основные представления</i>
<i>Часть 2</i>	<i>Классификация окружающих сред</i>
<i>Часть 3</i>	<i>Положения проектирования</i>
<i>Часть 4</i>	<i>Типы поверхностей и подготовки поверхности</i>
<i>Часть 5</i>	<i>Защитные системы окраски</i>
<i>Часть 6</i>	<i>Методы лабораторных испытаний</i>
<i>Часть 7</i>	<i>Выполнение и контроль проведения окрасочных работ</i>
<i>Часть 8</i>	<i>Разработка спецификаций для нового строительства и судоремонта</i>

В порядке обеспечения эффективной коррозионной защиты стальных конструкций их владельцам, проектировщикам, исполнителям работ, консультантам, инспекторам защитных покрытий и производителям материалов необходимо иметь в своем распоряжении в сжатой форме системы окрасочной коррозионной защиты. Стандарт ISO 12944 предназначен для того, чтобы дать эту информацию в форме серий инструкций.



### ***NORSOK стандарт M 501***

NORSOK является промышленной инициативой повысить значение, снизить стоимость, сработать на перспективу и устранить ненужную деятельность в развитии буровых платформ.

Назначение этого промышленного стандарта - адаптировать индивидуальные спецификации нефтяных компаний к перспективному развитию нефтяной промышленности в будущем, одновременно подчиняя их запросам и требованиям этих самых компаний.

Стандарт NORSOK содержит обширные рекомендации международных стандартов.

Стандарт NORSOK содержит также определенные квалификационные требования, предъявляемые как к продукции, так и к персоналу. Вся используемые материалы должны пройти через интенсивные испытания, заключающиеся в выдержке в:

- соленом распыле/ аэрозоле (6000 часов)
- влажном помещении (6000 часов)
- а также циклический тест (4200 часов)

Допустимые критерии определены в соответствии со стандартом ISO 4628 , а допустимый уровень возможен только 0(0). Максимальный разрыв от царапин на панели - 3.5 мм. Прошедшие испытание продукты считаются принятыми в соответствии с NORSOK стандартом.

Персонал также квалифицируется в соответствии со стандартом NORSOK.

Операторы окрасочных работ должны квалифицироваться по профессиональному уровню операторов струйной очистки, маляров и т.п. Они должны обладать достаточными знаниями об охране здоровья и вредных воздействиях, использовании защитного оборудования, о покрасочных материалах, смешивании и разбавлении красок, времени их живучести, требованиям к поверхностям и т.д.

Если персонал не квалифицирован по профессиональному уровню, то он должен выполнить тест в соответствии со спецификацией процедуры окраски по системе покрытий No. 1 стандарта NORSOK.

Хотя и не столь подробные, но похожие требования предъявляются к операторам напыления металла и пассивной огнезащиты.

Персонал, выполняющий инспектирование или проверку, должен быть квалифицирован в соответствии с NS 476 (инспекторский уровень), NACE (сертификат инспектора 3 уровня) или эквивалентными.

Ассистент инспектора в соответствии с NS 476 может выполнять инспекторскую работу под наблюдением инспектора.

Супервайзеры и мастера квалифицируются по профессиональному уровню как инспекторы в соответствии с NS 476 , NACE или эквивалентными.

# СПЕЦИФИКАЦИИ И ПРОЦЕДУРЫ

### *Что такое спецификация ?*

Спецификация это управляющий документ для проводимых подготовки поверхности и окрасочных работ. Спецификация относительно подготовки стальной поверхности нефтяных платформ это документ, который говорит поставщику о том, каким хочет видеть потребитель конечный продукт.

Очень важно, чтобы спецификация охватывала все важные аспекты. Поэтому должны быть даны требования относительно чистоты, шероховатости, толщины сухой пленки, адгезии и внешнего вида.

### *Процедуры*

Процедура это, фактически, ответ поставщика на требования спецификации. В процедуре выполнения работы поставщик описывает, как работа будет выполняться, и какие требования должны быть выполнены.

### *Общение*

И при обеспечении качества, и при проведении контроля существуют определенные требования проверки качества продукции. Это часть ежедневной работы инспектора FROSIO.

Данная операция должна выполняться соответствующим образом. Используя контрольное оборудование проводят проверку того, соответствует ли продукт спецификации или нет. Очень важно, чтобы имел представление о:

- действующей спецификации
- технических характеристиках применяемых материалов
- чертежах
- планах работ
- ключевых персонах в организации

Считается вполне обычным, чтобы как операторы струйной очистки, так и маляры определенным образом осуществляли контроль выполняемых работ до инспекции. И если все, что проверено - в порядке, то вызывается инспектор. Инспектор оформляет результаты своей работы в виде ежедневного отчета.

Если, например, оператор постоянно пропускает окраску углов и теневых поверхностей в танках, важно, чтобы инспектор поставил в известность мастера. Он является важной персоной для объяснения важности нанесения краски на всей без исключения поверхности конструкции, а не только там, где оператору удобно красить.

Контроль подготовки поверхности должен быть разделен на четыре основных группы :

- контроль стальной подложки до обработки поверхности
- контроль подготовки поверхности
- контроль нанесения краски
- окончательный контроль

Очень большое количество различных рабочих моментов должно быть включено в ежедневный отчет.

### ЕЖЕДНЕВНЫЙ ОТЧЕТ

Ежедневный отчет это документация, содержащая информацию об окрашиваемом объекте на всех этапах производства. Ежедневные отчеты должны ежедневно оформляться производителем очистных и окрасочных работ.

Ежедневный отчет не должен представлять из себя “ хвалебный лист”, в котором пишется, что все в полном соответствии со спецификацией, не смотря на то , что люди обладают разными знаниями и квалификацией.

Поэтому бесполезно выполнять обследование сегодня, а запись производить на следующий день.

**Проводимые обследования должны записываться в отчет ежедневно.**

В ежедневном отчете должна содержаться информация относительно:

- вида поверхности до и после проведения подготовки
- состояния окружающей Среды во время очистки и окраски
- используемого абразива и его размера
- шероховатости стали
- производственном номере и типе применяемой краски
- толщинах сухого слоя послойно и в целом всего покрытия
- всехвыполненных тестах и их результатов

# АСПЕКТЫ ВРЕДА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ И ОХРАНЫ ТРУДА

## *Основные положения*

Инспектор должен подробно изучить факторы риска, относящихся к здоровью и окружающей среде, и объединяющие подготовку поверхности и нанесение покрытий. Он также должен быть в состоянии правильно выбрать защитные меры предосторожности и удостовериться, что полностью соблюдаются охрана труда и положения по охране окружающей Среды.

При очистке поверхности воздушно-абразивной струей вы встречаетесь с некоторой опасностью для здоровья. Некоторые из этих опасных факторов представляют смертельную опасность, поэтому крайне важно, чтобы вы представляли себе серьезность этой опасности и необходимые меры предотвращения этого.

Вредные факторы при проведении струйной очистки включают в себя:

- пыль
- шум
- давление и скорость частиц абразива

Во время нанесения краски вы работаете с материалами, содержащими растворители. Это означает как опасность для здоровья, так и пожарную опасность.

- пары растворителей
- пожароопасность

## *Пыль*

Большое количество пыли выделяется при удалении краски со стальной поверхности во время струйной очистки. Пыль образуется как от разрушения абразива, так и от удаления ржавчины, окалины и краски.

Пыль различают по размеру, при этом наибольшую опасность представляют наименьшие частицы - их размер порядка 0-5 микрон. Частицы пыли размером более 10 микрон видимы и быстро оседают. Однако более мелкие частицы “невидимы” и остаются в воздухе во взвешенном состоянии долгое время. Вдыхаемые частицы в состоянии проникать в легочные альвеолы.

Количество пыли варьируется в зависимости от применяемого абразива. Наибольшую опасность представляет чистый силикон ( $\text{SiO}_2$ ) из кремниевого песка (кварцевого песка). Эта пыль не растворяется легочной жидкостью. В легких происходит образование волокнистых тканей, и такое поражение легких называется **фиброзом**. При дальнейшем его развитии может произойти нарушение деятельности функции легких, которое называется **силикозом**. Только применение противопылевых респираторов может защитить от опасной пыли чистого кремниевого песка.

Пыль, образуемая при струйной очистке, представляет и другую опасность. Удаление красок, содержащих такие элементы, как свинец, кадмий, цинк и т.п., может повредить здоровью. Пыль также может поражать глаза, уши, нос и горло. Поэтому очень важно, чтобы оператор струйной очистки применял противопылевые респираторы.

Противопылевой респиратор должен применяться как непосредственно во время проведения очистных работ, так и после до тех пор, пока остатки пыли находятся в воздухе. Это время, конечно, зависит от интенсивности местной вентиляции.

Кроме того, рабочие, производящие уборку пыли вакуум - пылесосом, тоже должны применять противопылевые респираторы. **Защитная маска рабочего должна быть бандажного типа и одеваться вокруг головы для укрытия носа и рта.**

### ***Шум***

Большинство типов абразивной струйной очистки вызывают шум. Уровень шума варьируется в зависимости от параметров очистки. В целом, повышенное количество шума требует применения средств защиты органов слуха для операторов и других рабочих, находящихся в рабочем пространстве. Уровень шума может быть в пределах 90-110 децибел. В Норвегии применение противошумных защитных средств рекомендуется при уровне шума свыше 85 децибел.

### ***Давление и скорость частиц***

Во время работы операторы абразивной струйной очистки должны избегать попадания под поток воздушной Среды, переносящей абразив. Так как это в большинстве случаев вызывает серьезные повреждения и травмы. Загрязнения рабочих платформ должны быть выполнены так, чтобы предотвращать попадание частиц абразива.

### ***Индивидуальные средства защиты***

В дополнение к респираторам и противошумным средствам операторы струйной очистки должны также носить защитную обувь и защитные резиновые или кожаные накладки и перчатки.

Другая немаловажная вещь - это принудительная подача воздуха в Ваш защитный шлем во время проведения струйной очистки. Сжатый воздух часто поступает от дизельного компрессора и при этом он не должен содержать окиси углерода или масел. Поэтому необходимы фильтрующие или очищающие воздух элементы. В США максимально допустимое содержание окиси углерода составляет 10ppm. Электрические не содержащие масел насосы вполне приемлемы, поскольку воздух из них не содержит окись углерода и свободен от паров масла.

Некоторые из фильтров могут быть установлены для очистки воздуха, поступающего от компрессора в маску оператора струйной очистки:

- Фильтр N 1 удаление частиц и воды из воздушного потока
- Фильтр N2 удаление масел из воздушного потока
- Фильтр N3 углеродная вставка фильтрует запахи и углеводороды

Комбинированный респиратор для струйной очистки состоит из поддерживающего пояса, контрольного воздушного клапана, дыхательной трубки и свободной фиксируемой шлем-маски.

**Никогда не используйте в качестве свежего воздуха воздух, применяемый для струйной очистки.**

### ***Вред от растворителей и контроль***

После того, как абразивная очистка закончена, наступает время для нанесения краски. Для защиты от коррозии широко применяют краски, содержащие большое количество растворителей, и мы иногда забываем о возможной опасности при несоответствующем обращении с ними.

### ***Растворители поражают организм тремя способами***

Растворители могут попасть в организм тремя путями: при контакте с кожей, при вдыхании и при проглатывании.

#### **Контакт с кожей**

Наиболее частый путь - это контакт с кожей. Многие рабочие постоянно используют растворители для удаления краски. Это может вызвать покраснение и опухание кожи и имеет тенденцию к ее высушиванию. Многие из растворителей таким путем проникают в организм и поражают внутренние органы. Такая опасность известна как абсорбция кожи и является первым способом проникновения растворителей в организм.

#### **Вдыхание**

Второй наиболее серьезный путь проникновения растворителей в организм является их попадание через органы дыхания. Многие растворители легко дают потенциально опасные испарения. Когда пары растворителей попадают в легкие, они очень быстро проникают в кровь. С кровью растворители переносятся к головному мозгу, вызывая головокружение и опьянение. Растворители поражают респираторную систему организма, а также имеют тенденцию к поражению слизистых глаз, носа и рта.

В танках и аналогичных объемах с ограниченной вентиляцией необходимо помнить об опасности от снижения содержания кислорода в воздухе. Замкнутые объемы должны вентилироваться соответствующим образом.

Операторы окраски и инспекторы должны носить воздухо-подающие маски. При снижении содержания кислорода в воздухе ниже 16% смерть от удушья - асфиксия - может наступить в течение нескольких секунд.

Многие из растворителей могут воздействовать на центральную и периферийную (ноги, руки, кисти рук и ступни ног) нервную систему. Они могут вызвать головную боль, сонливость, переменчивость поведения, провалы памяти, озноб и утрата ощущений и контроля.

Это результаты длительного постоянного воздействия паров растворителей, которое происходит в течение нескольких лет.

### **Проглатывание**

Третий способ проникновения растворителей в организм - это проглатывание. Случайное выпивание растворителей достаточно редко, за исключением этанола в различных его соединениях. В некоторых случаях случается проглатывание растворителей, поскольку его часто держат в бутылках из-под различных шипучих напитков. Тем не менее, вполне возможно проглатывание растворителей вместе с загрязненной пищей или при курении (при попадании растворителей на табачные изделия), что случается довольно редко, но при этом не менее опасно.

### ***Личная гигиена и средства индивидуальной защиты***

Всегда применяйте перчатки, респираторы со сменными органическими фильтрами и грубодисперсными предварительными фильтрами, химстойкие защитные очки и соответствующую спецодежду. Краска или растворитель, случайно попавшие на кожу при разбрызгивании, должны быть немедленно смыты водой с мылом.

Респиратор должен быть хорошо подогнан. Насколько хорошо, определяется использованием различных тестов. Убедитесь, что применяются фильтры и перчатки соответствующего данному растворителю типа. При проведении окраски методом распыления должны применяться фильтры комбинированного типа; механический - для взвешенных в воздухе частиц и фильтр из активированного угля для паров растворителя. Для лучшей защиты от паров растворителей применяйте респираторы с принудительной подачей воздуха. В закрытых объемах это необходимо.

Защитное оборудование обычно должно быть одобрено органами контроля за безопасностью работ. Во многих европейских странах оно маркируется CE - символом.

**Растворители не должны быть легко доступны. Они могут повредить кожу и внутренние органы и даже вызвать смерть.**

### ***Предельно допустимый объем/ Предельно допустимая концентрация***

В качестве руководства для оценки гигиенических стандартов рабочей Среды законодательства различных стран имеют определенные уровни загрязнений воздуха. Эти уровни концентрации определяют допустимый предел. Определение этих концентраций и количеств в различных странах может различаться. Обозначения таких объемов также может различаться.

**Предельно допустимый объем (TLV)** вещества определяется как концентрация в воздухе специфических субстанций (например, ксилен, свинец), которая не наносит вреда организму при нахождении в загрязненном воздухе в течение 8 часов.

Концентрации приведены в **частях на миллион (ppm)** или в **миллиграммах на кубометр (mg/m<sup>3</sup>)**.



### *Летучие органические соединения*

Летучие органические соединения (VOC) это термин, определяющий содержание растворителей и других органических соединений в воздухе. Дается в граммах на литр краски. В некоторых странах законодательства по охране окружающей Среды устанавливают ограничения по содержанию VOC в красках вследствие эффекта загрязнения растворителями.

### *Корродирующие и вызывающие аллергию материалы*

Применение корродирующих материалов достаточно редко сочетается с антикоррозионной защитой стали. Однако в некоторых случаях для удаления старых алкидных или масляных красок применяют гидроксид натрия (NaOH).

Гораздо больше можно сказать об аллергенных материалах. Эпоксидные краски могут содержать эпоксидные смолы с низким или высоким молекулярным весом. Низкомолекулярные эпоксиды являются наиболее опасными - они вызывают аллергические реакции у восприимчивых людей. Аллергия также может вызываться аминоотверждаемыми соединениями. При попадании аминов в глаза немедленно промойте некоторое время чистой водой. Применяйте средства защиты глаз при перемешивании компонентов эпоксидных материалов.

В полиуретанах также отвердитель, - изоцианат,- очень опасен. Он может вызвать раздражения при вдыхании и контакте с кожей.

Если не приведена предупреждающая информация, избегайте контакта кожи с эпоксидными и отвердителями, так как это может вызвать экземы (покраснение кожи и волдыри).

**Всегда применяйте средства защиты для предупреждения контакта кожи с эпоксидными, аминами и изоцианатами.**

### *Пожаро - и взрывоопасность*

Предотвращение пожарной и взрывоопасности являются двумя важнейшими факторами, требующими понимания следующих характеристик:

- Точка вспышки
- Нижний предел взрывоопасности
- Верхний предел взрывоопасности
- Диапазон взрывоопасности
- Температура самовоспламенения

### **Точка вспышки:**

Конечное повышение температуры летучей и горючей жидкости (например, горючие растворители в красках) позволяет достичь такой минимальной температуры, при которой воздушная смесь над жидкостью получает такое количество паров растворителей, что может быть воспламенена от искры или небольшого огня. Эта температура называется **точкой вспышки**.

При температурах ниже этой точки смесь паров растворителей и воздуха не может воспламениться каким-либо способом.

Давление паров летучего вещества, например, толуэна в красках, зависит от температуры. При повышении температуры давление растет. Точка вспышки дает нам информацию о том, как хранить краску, исключая вероятность ее воспламенения. Точка вспышки позволяет классифицировать материалы в соответствии с их горючестью.

### **Нижний предел взрывоопасности:**

При достижении точки вспышки давление смеси паров становится достаточным для воспламенения этой смеси от искры или огня. Смесь воздуха и паров называется нижним пределом взрывоопасности. Содержание паров в воздушной смеси называется **нижним пределом взрывоопасности**.

### **Верхний предел взрывоопасности:**

При повышении температуры горючей жидкости выше ее точки вспышки содержание паров в воздушной смеси также повышается. При конечной температуре содержание паров достигает такого значения, при котором смесь более не может быть воспламенена от искры или пламени. Соответствующее давление паров называется **верхним пределом взрывоопасности**.

Воздушная смесь с содержанием паров выше верхнего предела взрывоопасности может снова стать взрывоопасной при добавлении воздуха.

### **Диапазон взрывоопасности:**

Диапазон между нижним пределом взрывоопасности и верхним пределом называют **диапазоном взрывоопасности**.

### **Температура самовоспламенения:**

Минимальная температура, при которой смесь воспламеняется без источника огня, называется **температурой самовоспламенения**.

### **Источники воспламенения**

При присутствии источника огня, когда концентрация паров растворителя находится в диапазоне взрывоопасности, следствием может быть взрыв. Поэтому очень важно иметь в виду следующие основные источники огня: горящие сигареты, искры от сварки и резки, искры от инструмента, искры от электроприборов, электростатические разряды, горячие поверхности и открытый огонь.

### ***Товарные этикетки и Данные по безопасности материалов***

Почти все материалы, применяемые человеком, обладают определенным уровнем опасности. Некоторые из применяемых в промышленности красок достаточно опасны. Однако большинство из них могут быть использованы более или менее безопасно при соблюдении определенных мер безопасности.

Источниками информации об опасности материалов должны быть Данные по безопасности, публикуемые производителем материалов. Источником информации также являются этикетки на банках с краской.

Процесс обеспечения соответствующих этикеток и предоставления необходимой информации в Данных по безопасности материалов часто регулируется Законодательством по безопасности труда разных стран. Правила могут отличаться, но часто они имеют общие характеристики.

**В Данных по безопасности материала содержится не менее 9 разделов о продукте и его опасности.**

#### **1.Идентификация продукта**

Здесь Вы найдете наименование продукта, его класс, имя производителя, телефоны аварийной службы.

#### **2.Вредные компоненты**

Здесь Вы найдете главные опасные компоненты материала, их процентное содержание в смеси. Также в этом разделе находится информация о предельно допустимых объемах.

#### **3.Физические характеристики**

Здесь даны условия кипения, давление паров, плотность, условия испарения, внешний вид и цвет.

### 4. Условия взрывобезопасности

Здесь Вы найдете информацию относительно состояния, при котором материал возгорается или взрывается. Два важных фактора в этом определении - это точка вспышки материала и его горючесть (взрывоопасность) - предельные значения для воздушной смеси.

Жидкости с точкой вспышки ниже 55 °С являются частично опасными.

Многие из покрытий, основанных на растворителях, имеют точку вспышки ниже 55 °С. Эти продукты должны быть классифицированы как **горючие**.

Покрытия, имеющие точку вспышки максимум 21 °С, должны классифицироваться как **очень горючие**.

### 5. Опасность для здоровья

Здесь находится подробная информация относительно поражения, связанного с длительным пребыванием под воздействием вредных факторов, об острых и хронических проявлениях. Могут быть описаны результаты попадания в глаза при разбрызгивании, вред при вдыхании или проглатывании.

### 6. Реактивность материала

Здесь дана подробная информация относительно химической стабильности продукта. Стабильными являются те материалы, которые не вступают в химическую реакцию и не разрушаются самопроизвольно при нормальных условиях хранения и которые не вступают активно в реакцию с воздухом или водой.

Нестабильные материалы имеют тенденцию к спонтанному разрушению (при простейших химических реакциях) или полимеризуются. Такие реакции могут сопровождаться излучениями, выделением высоких температур, взрывоопасностью или вредных продуктов реакции.

### 7. Действия при разливе или протекании

Здесь Вы найдете подробную информацию относительно действий по предотвращению загрязнения окружающей среды. Требуемые материалы, оборудование и средства, которые будут необходимы при проливе содержимого, даны в этом разделе.

### 8. Информация по специальной защите, предупреждения

Здесь Вы найдете подробную информацию относительно оборудования для персонала, потребного для материала, при каких условиях оборудование использовать, и подробную информацию, чему уделять внимание при хранении и переноске продукта.

### КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Сегодня операции контроля качества выполняются во всех производственных процессах и являются, безусловно, важнейшими в обеспечении качества продукции. Компании, покупающие обработанные и окрашенные конструкции, весьма заинтересованы в том, чтобы система покрытия служила как можно дольше. Одним из способов достижения этого - удостовериться, что каждый производит свою работу в соответствии с договоренностями.

#### *Подготовка поверхности*

##### **Степени ржавости**

При поступлении стали из проката она покрыта прокатной окалиной. Прокатная окалина часто хрупкая и со временем трескается. В некоторых местах трещины образуются, в некоторых - нет. Поэтому очень распространенным является удаление всей прокатной окислы до производства окраски. Когда коррозионные процессы под окраской заходят так далеко, что сталь полностью поржавела, то поверхность должна быть перекрашена.

При инспекции стали поверхность должна быть свободна от окраски, при этом мы зачастую применяем стандарт ISO 8501-1. Стандарт представляет собой небольшую книгу с текстом и фотографиями, показывающими стальную поверхность в различных стадиях коррозионных процессов. Согласно стандарта приведены 4 степени ржавости, обозначенные A, B, C и D.

<i>Степень A</i>	<i>Стальная поверхность полностью покрыта плотно пристающей прокатной окалиной, но почти не имеющая ржавчину.</i>
<i>Степень B</i>	<i>Стальная поверхность, с которой прокатная окалина начинает отслаиваться в результате начала ржавления.</i>
<i>Степень C</i>	<i>Стальная поверхность, с которой прокатная окалина исчезла в результате ржавления или с которой она может быть удалена, но на которой наблюдается легкий питтинг.</i>
<i>Степень D</i>	<i>Стальная поверхность, с которой прокатная окалина исчезла в результате ржавления и на которой наблюдается общий питтинг при нормальном обзрении.</i>

##### **Степени подготовки**

При проведении инспекции стальной поверхности мы применяем также стандарт ISO 8501-1, или аналогичные стандарты, например, VIS 1 или VIS 3 (США).

В стандарте ISO 8501-1 вы найдете не только фотографии степеней ржавления, но и 24 фотографии, показывающие различные степени подготовки поверхности стали после струйной очистки, очистки ручным механизированным инструментом и пламенной очистки.

Степень ржавости	A	B	C	D
Струйная очистка	Sa 3	Sa 3	Sa 3	Sa 3
	Sa 2.5	Sa 2.5	Sa 2.5	Sa 2.5
Очистка ручным механизированным инструментом		Sa 2	Sa 2	Sa 2
		Sa 1	Sa 1	Sa 1
		St 3	St 3	St 3
		St 2	St 2	St 2
Пламенная очистка	Fl A	Fl B	Fl C	Fl D

При применении стандарта описание и фотографии сравниваются с проверяемой поверхностью для определения степени ржавости или степени подготовки/ чистоты обработанной поверхности поверхности.

Наиболее важной проблемой, связанной с чистотой поверхности, является оценка, основанная на описании и фотографиях из стандарта ISO 8501-1 и мнении оценивающего человека. При этом большинство проблем связано со степенью подготовки Sa 2.5.

Внешний вид стали после струйной очистки сильно зависит от типа применяемого абразива. Часто цвет после абразивной очистки выглядит отличным от приведенного в стандарте ISO 8501-1. Это главным образом объясняется тем, что фотографии в стандарте ISO 8501-1 даны для очистки кремниевым песком. Во многих странах этот тип абразива разрешен только для очистки на открытом воздухе, поэтому часто применяют более темные типы абразива. Это может привести к разногласиям. Эти проблемы могут быть разрешены путем очистки определенной площади, соглашения относительно степени очистки этого участка и его сохранения в качестве эталонного.

### *Загрязнения поверхности*

В соответствии с различными стандартами поверхности должны быть свободны в той или иной степени от загрязнений до выполнения окрасочных работ. В этом разделе мы приведем различные методы определения таких загрязнений, как масла, растворимые продукты коррозии железа, влага, пыль, соли.

### Масло

Часто одним из самых простейших тестов является водный метод, когда мы обследуем каплю воды на обработанной поверхности.

<i>Масло отсутствует</i>	<i>Капля воды равномерно растекается по поверхности</i>
<i>Масло</i>	<i>Капля воды не растекается по поверхности</i>

Также могут использоваться различные химикаты типа Fettrot BB. Одна капля 0.1% раствора Fettrot BB, окрашенного этанолом, наносится на поверхность.

### Растворимые продукты коррозии железа

Если сильно корродированная поверхность обрабатывается струйно до Sa3, принято, что поверхность с металлическим оттенком имеет чистоту 100%. Визуально мы видим 100% -но чистую поверхность, Однако в порах всегда будут присутствовать продукты коррозии железа. Часто это ферросульфат ( $\text{FeSO}_4$ ) и хлорид железа ( $\text{FeCl}_2$ ).

Эти продукты коррозии железа растворимы в воде и будут вызывать вспучивания под пленкой краски. Поэтому важно, чтобы их присутствие на поверхности было выявлено и они были удалены до покраски.

Простейшим способом является тест при помощи *ферроцианида калия*, описанный в стандарте ISO 8502-1 “Определение растворимых продуктов коррозии железа”.

### Подготовка индикаторной бумаги

Тест основан на применении фильтровальной бумаги, смоченной в 5-ти % растворе ферроцианата калия, и затем просушенной.

### Проведение теста

Поверхность, обработанная струйно, увлажняется дистиллированной водой распылением. Применение слишком большого количества воды испортит тест. Как только лишняя влага испарится, контрольная бумага накладывается на поверхность на 10-15 секунд. Используя пластиковые перчатки, прижмите бумагу к поверхности пальцем.

После этого бумага обследуется на предмет голубых точек, показывающих наличие растворимых продуктов коррозии железа.

Тест достаточно качественный, хотя и нет стандарта, позволяющего количественно определить степень загрязнений продуктами коррозии. Однако, множество синих точек, конечно же, показывает большее количество растворимых продуктов коррозии железа, нежели всего лишь несколько точек.

В зависимости от спецификации, с которой Вы работаете, наличие растворимых продуктов коррозии железа, выявленное ферроцианатом калия, может указывать на необходимость промывки поверхности водой высокого давления и ребластинга.

### **Хлориды**

Существует метод определения хлоридов на поверхности в соответствии со стандартом ISO 8502-2, однако этот метод исключительно лабораторный.

Постоянно ведется поиск метода тестирования хлоридов в рабочих условиях.

### ***Замеры проводимости***

#### **Анализатор проб Брэсли**

Одна из проблем при проведении тестов - это взятие проб. Проводимое тестирование должно быть просто в исполнении, иначе оно просто малоприменимо. Сегодня в Вашем распоряжении имеется анализатор проб Брэсли, который представляет собой небольшой кейс с различным оборудованием для взятия проб. Он содержит эластичные элементы из латекса с отверстием в средней части и имеющим самоклеющуюся основу. Внутри элемента впрыскивается дистиллированная вода, и через некоторое время откачивается. Вода берется из шприца маленькой пипеткой, и проводится замер проводимости воды из пробы.

Замер проводится дважды: первый раз - для определения начальной проводимости воды, второй раз - конечной. Разность замеров проводимости умножается на коэффициент 6 для определения результирующего количества солей в мг/м<sup>2</sup>.

#### **SCM 400**

Это также небольшой портативный измеритель проводимости. Взятие проб просто выполняется фильтровальной бумагой, смоченной дистиллированной водой. Бумага накладывается на стальную поверхность и затем вставляется в портативный прибор для замера проводимости.

#### **Влага**

Обычно Вы определяете наличие влаги при помощи электронного гигрометра или ротационного гигрометра и определителя точки росы. Однако, также применимы и другие методы.



<b>Порошок талька</b>	<i>Напылите немного порошка на поверхность. Если поверхность сухая, то порошок можно легко сдуть с нее.</i>
<b>Кобальтовая бумага</b>	<i>Фильтровальная бумага смачивается 15-ти % раствором хлорида кобальта и затем высушивается. После прижатия к влажной поверхности бумага изменяет цвет от голубого до розового.</i>

### **Пыль**

Этот тест заключается в приклеивании липкой ленты (скотча) на поверхность. Лента наклеивается на поверхность, снимается и прикладывается на белую подложку для сравнения с фотографиями (рисунками) степеней запыленности: количества и размера частиц пыли.

Степени подразделяются от "0" до "5". "0" означает, что частицы не видимы при 10-ти кратном увеличении, а "5" - частицы более 2.5 мм в диаметре. Рисунки показывают степени запыленности от 1 до 5.

Допустимое количество пыли различно. В Норвегии в спецификациях наиболее часто встречается степень 2(2).

### **Сварочные дымы (копоть)**

Сварные швы- это места, где в первую очередь случаются разрушения покрытия. Обработка этих поверхностей затруднена. Применение электродов оставляет щелочные загрязнения на стали и, поскольку они водорастворимы, это создает некоторые проблемы.

Водорастворимые загрязнения на стали должны быть удалены промывкой чистой водой до струйной очистки. Тестирование может быть выполнено использованием рН - индикаторов для определения степени чистоты. Если сталь чистая от щелочных загрязнений, то рН- индикатор показывает значения около 7.

Другой важной задачей является обработка сварных швов дисками для скругления острых выступов и неровностей. А также скругление острых кромок. Обе эти операции важно выполнить до начала окраски конструкции.

### **Профиль поверхности**

Нет строгой зависимости между профилем поверхности и ее чистотой после струйной очистки. Таким образом то, что поверхность обработана до Sa 3, не указывает на ее шероховатость.

Для определения шероховатости поверхности необходимо различное оборудование; шероховатость выражается в микронах.

### Компараторы (сравнительные эталоны)

Специальные стальные пластины с фиксированными значениями шероховатости использовались с давних пор, например, компаратор No. 3 Руготеста.

В США применяются компараторы профилей поверхности Клемтекс и Кин-Татор. Оба типа американских компараторов дают значения шероховатости в миллимиксах (1 милл.=0.001 дюйма), что не очень удобно для Европы и остального мира.

Международная Стандартизационная Организация (ISO) разрешает применение двух компараторов для оценки шероховатости струйно очищенной стали. Это компараторы ISO 8503-1.

Компаратор представляет небольшой квадрат с отверстием посередине, разделенный на четыре сегмента. Сегмент 1 - наименьшая шероховатость, сегмент 4- наиболее грубая.

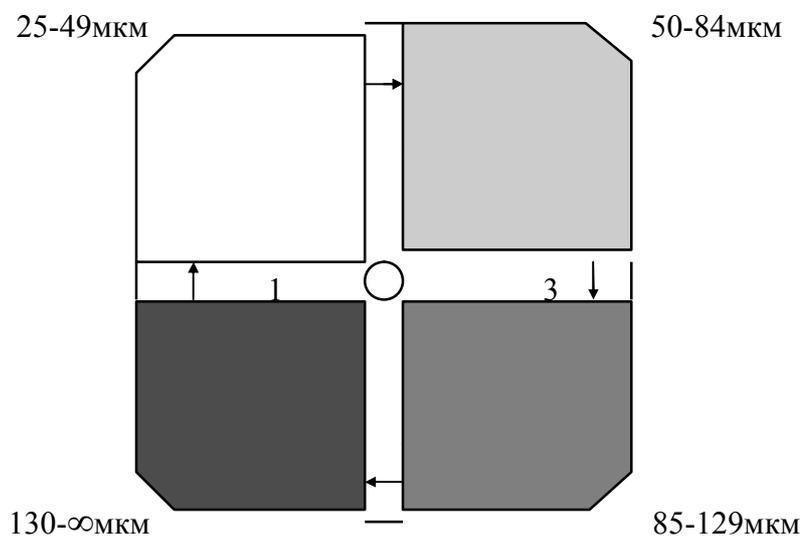
### ПРИМЕНЕНИЕ

Компаратор прикладывается к поверхности стали и вид поверхности сравнивается с сегментами компаратора. По компаратору ISO определяют три различных типа шероховатости.

Гладкая	Шероховатость между сегментами 1 и 2
Средняя	Шероховатость между сегментами 2 и 3
Грубая	Шероховатость между сегментами 3 и 4

Имеется два типа компараторов, один - для струйной очистки песком, второй - для очистки дробью. Значения шероховатости в микронах для обоих компараторов различны, компаратор для стали, очищенной литой дробью имеет меньшую шероховатость, чем компаратор для стали, очищенной колотой дробью (стальным песком).

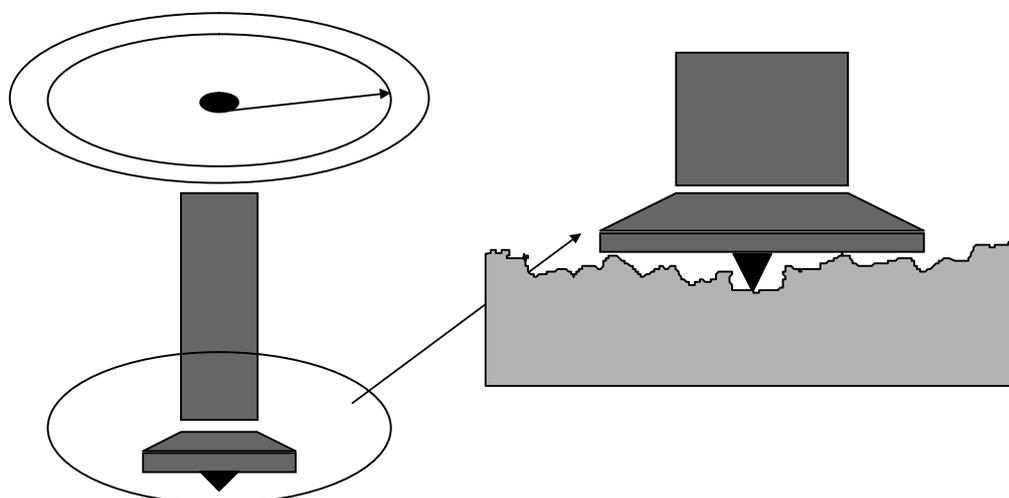
## ISO 8503-1



### Дисковый измеритель (Элкометр 121)

Этот прибор производит замер разности высоты (зазора) инструмента, установленного на струйно очищенной стали (вершины пиков и глубина впадин) при помощи игольчатого щупа, движущегося по плоскости. Игла достаточно толста, чтобы не проникнуть в мельчайшие глубокие поры, однако инструмент дает вполне корректные результаты измерений.

## ИЗМЕРИТЕЛЬ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТИ

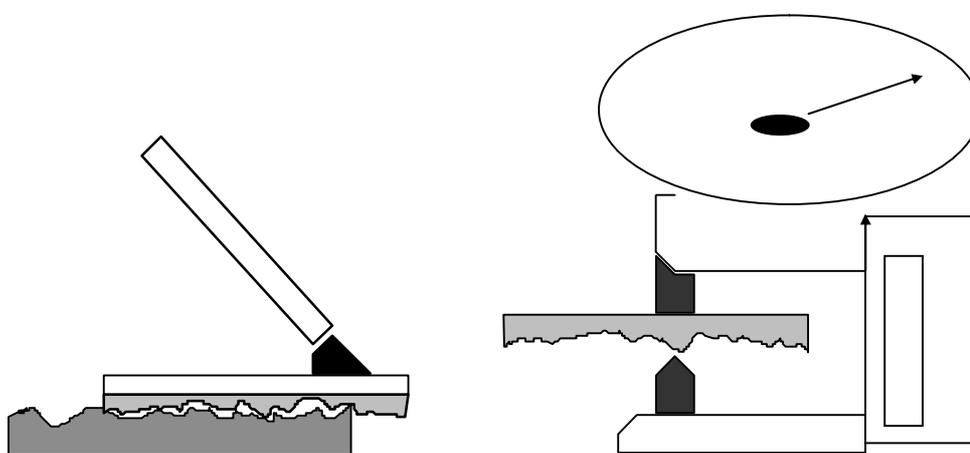


### Копирующая лента

В США стандартизован иной метод - метод копирующей ленты. Специальная лента прижимается к поверхности стали, фиксируя отпечаток ее профиля. Профиль отпечатка поверхности измеряется микрометром.

Копирующая лента доступна в продаже под названием “Тестекс-Пресс-о-филм “ ленты. Лента двухслойная. Слой основы - недеформируемый, рабочий слой - деформируемый. Лента накладывается на поверхность и затем прижимается тупым инструментом.

### КОПИРУЮЩАЯ ЛЕНТА



### *ИЗМЕРЕНИЕ ТОЛЩИНЫ КРАСОЧНОЙ ПЛЕНКИ*

### ТЕРМИЧЕСКОЕ НАПЫЛЕНИЕ

Металлические покрытия, наносимые напылением, не следует путать с красками, например, неорганическими цинк этилсиликатными. Напыляемое металлическое покрытие не содержит связующего, а состоит только из чистого металла или сплава. Этот метод широко применяется в нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности и обеспечивает длительную защиту конструкций в агрессивной атмосфере.

Термически напыляемые покрытия наносятся на поверхность при помощи распылительного пистолета. Существуют два наиболее широко применяемых способа нанесения цинковых и алюминиевых (или сплавов) покрытий для антикоррозионной защиты: *пламенное и дуговое напыление*.

#### *Пламенное напыление*

Металл в виде проволоки или порошка подается через сопло потоком воздуха или газа и расплавляется пламенем. Расплавленные частицы напыляются на сталь компрессионным воздухом или газом.

#### *Дуговое напыление*

Две электрически соединенные проволоки подаются в дугу, расплавляющую металл. Расплавленные частицы металла немедленно оседают на поверхности.

Производительность двух различных процессов различна и Вы достигнете более высокой производительности, применяя электродуговое напыление.

### Подготовка поверхности для термического напыления

Нанесенное металлическое покрытие - это обычно слой на поверхности стали. При этом покрытие не имеет какой-либо металлургической связи со сталью как, например, цинк при горячей гальванизации в ванне. В порядке обеспечения адгезии к стали поверхность должна быть обработана многогранным (колотым) абразивом (песком) для достижения шероховатости поверхности. Зачастую требуется, чтобы поверхность имела шероховатость среднюю или грубую в соответствии со стандартом ISO 8503-1. В порядке обеспечения адгезии сталь также должна иметь высокую чистоту поверхности, предпочтительно Sa3 в соответствии с ISO8501-1.

Если покрытие повреждено до металла, то в этом случае оно будет исполнять роль анода, расходуясь и обеспечивая защиту стали. Часто металлические напыляемые покрытия окрашивают, создавая, таким образом, *дуплексную защиту*, что обеспечивает более длительную защиту стали.

### ГАЛЬВАНИЗАЦИЯ ГОРЯЧИМ ПОГРУЖЕНИЕМ

Гальванизация горячим погружением это процесс, при котором сталь частично погружается в расплавленный цинк при температуре 440-465 °С, или , иногда, даже при более высокой температуре. Процесс погружения может осуществляться некоторыми путями:

- Продолжительная глубокая гальванизация стали, свернутой в рулон (фасадные панели, автомобильный металл)
- Общая гальванизация (трубопроводы, тубы, балки)

В 1992 году было подсчитано, что в целом в мире гальванизируется около 10 миллионов тонн.

#### *Производственный процесс*

Остатки масел, жиров и старой краски на стальной поверхности удаляются обезжириванием в щелочном растворе и затем смываются горячей или холодной водой. Затем сталь выдерживают в ванне из 14-16% раствора соляной кислоты , где удаляется прокатная окалина и ржавчина, и снова осуществляется промывка стали водой. После этого сталь погружают в жидкий флюсовый раствор, содержащий хлорид аммония цинка. Тонкий слой флюсовой пленки высушивается при температуре 75-120 °С, в зависимости от типа флюса. Флюс обеспечивает гарантию того, что сталь свободна от загрязнений, что дает возможность достичь оптимального смачивания при погружении в расплав цинка. Процесс флюсования может осуществляться двумя способами: как погружением в отдельную ванну, так и формированием слоя на поверхности расплавленного цинка . После флюсования сталь погружается в ванну с цинковым расплавом. Время погружения зависит от массы конструкции и от марки стали и составляет от 2 до 8 минут. Толщина покрытия обычно составляет 50-250 мкм.

- Щелочное обезжиривание
- Промывка водой
- Выдержка в соляной кислоте
- Промывка водой
- Флюсование в растворе хлорида аммония цинка
- Сушка при температуре 70-120 °С
- Погружение в расплавленный цинк
- Охлаждение воздухом или водой
- Инспекция

Цинк хорошо выдерживает нейтральную окружающую обстановку -рН 6-10. В сильных кислотах или щелочах он активно реагирует. На поверхности стали гальваническое покрытие выступает одновременно как барьерное , так и катодная защита стали. При разрушении цинка до стали, она защищена расходуемым цинковым слоем.

При небольших повреждениях цинк обладает способностью почти полностью “самоизлечиваться”, так как при корродировании образуются гидроксиды и карбонаты цинка, обладающие хорошей адгезией к поверхности, они частично растворимы в воде и обеспечивают защиту самого цинка.

### ***Инспекция гальванизированных покрытий***

Однажды Вас могут пригласить для инспекции гальванизации горячим погружением. Задача выглядит простой, но Вы должны знать, что необходимо инспектировать.

Для получения соответствующей адгезии цинка к стали необходима определенная подготовка поверхности. Это включает полное удаление отстающей и плотно прилегающей прокатной окислы, ржавчины и всех жиров и масел. Наиболее часто встречающимися дефектами горячей гальванизации являются :

- Черные точки голого металла (отсутствие цинка)
- Точки ржавчины, вызванные проникновением травильной кислоты в мелкие дефекты стальной поверхности
- Включения пепла

Для исправления таких дефектов применяют местную обработку абразивным кругом и цинковый припой. Также используется эпоксимастичная краска с добавлением алюминиевой пудры.

### ***Окрашивание цинковых покрытий***

Есть ли необходимость окрашивать сталь? Вообще-то, нет, но окрашивание гальванизированной стали подливает защиту поверхности. Комбинирование гальванизации и окраски часто называют “*дуплексной системой*”. Главным назначением дуплексной системы является поддержание хорошей адгезии гальванического покрытия в рабочий период.

Несмотря на то, что гальванизированная сталь выглядит “чистой” и готовой к окраске, это не так. Подготовка поверхности определенного типа необходима до нанесения краски. Несколько лет назад достаточно распространенным было выдерживание гальванизированной стали на открытом воздухе в течение года или двух до нанесения краски. Сегодня большое количество гальванизированной стали окрашивается в малярных цехах.

Часто подготовка поверхности состоит из :

- Щелочной обмыл с последующей промывкой чистой водой
- Свиппинг (легкий струйный обдув поверхности)
- Грунтование травильным грунтом

### Щелочной обмыв

Применение щелочного обмыва “протравливает” поверхность, что улучшает адгезионные свойства красок. Остатки должны быть удалены с поверхности чистой водой.

### Свиппинг

Свиппинг гальванизированной стали выполняется вне окрасочного цеха. Это должно быть выполнено осторожно, чтобы не нарушить гальваническое покрытие.

Рекомендуется следующее :

Абразив:	Оксид алюминия, алюмосиликат, оливин или шлаки
Размер зерна:	0.2-0.5 мм
Давление:	0.2-0.3 Мра
Расстояние до объекта:	300-500 мм
Состояние Среды:	20-25 °С, RH менее 50%
Нанесение краски:	максимум один час после свиппинга

### Грунтование травильным грунтом

Травильные грунты на основе фосфорной кислоты используются на гальванизированной стали многие годы. Назначение травильных грунтов - протравливание кислотой или развитие шероховатости гальванизированной поверхности. Травильный грунт наносится с толщиной 7-10 мкм. При нанесении такого грунта с большей толщиной не вся кислота прореагирует с цинком. Остатки кислоты водорастворимы и проблемы адгезии гальванизированной стали и покрытия могут иметь место.

### Проблемы при окрашивании гальванизированной стали

Некоторые из вас могут получить плохие результаты при окрашивании гальванизированных сталей. Это часто происходит при плохой подготовке поверхности, или при ошибочно выбранной системе наносимого покрытия, либо при комбинации того и другого.

Более или менее все покрытия могут наноситься на гальванизированную сталь после определенного рода обработки поверхности. Исключение составляют *алкидные краски или краски на основе масел*. Когда водяные пары проникают сквозь покрытие, гидроксидные ионы (ОН<sup>-</sup>) появляются на поверхности. И для алкидных, и для масляных красок возникновение гидроксильных ионов вызывает возникновение цинкового обмыления в промежуточном слое между цинком и краской. Это очень быстро приводит к отслоению краски.



## ПАССИВНАЯ ЗАЩИТА ОТ ОГНЯ

### Нормы, регулирующие установку взрыво- и огнезащиты в нефтяной отрасли (изложение неофициальное)

#### Введение

Представленные нормы определяют условия установки взрыво- и огнезащиты в нефтяной промышленности и разработаны Норвежским Нефтяным Директоратом.

Правила и руководства изложены последовательно для обеспечения полного понимания уровней безопасности и их достижения.

#### *Требования относительно пассивной огнезащиты.*

Пассивная огнезащита должна быть такой, чтобы обеспечить защищаемым конструкциям или компонентам оборудования адекватную стойкость к огню, необходимые свойства, целостность и изолирующие свойства при воздействии огня. В основном, способствовать снижению воздействия пламени.

#### *Технические требования относительно огнестойких переборок*

##### Огнестойкие переборки. Класс А

Стандартизованные тесты на огнестойкость описываются в стандарте ISO 834. Согласно этому стандарту перегородки должны изготавливаться из негорючих материалов и покрываться негорючей изоляцией.

Они должны препятствовать распространению пламени и дыма в течение минимум одного часа при стандартном тестировании.

Следуя требованиям стандарта, такие перегородки должны изолироваться таким образом, чтобы средняя температура и температура в отдельных точках на неподверженной пламени стороне не превышала 140°C и 180°C, а также не поднималась выше первоначальных температур в течение приведенных ниже интервалов времени:

<b>Класс А-60</b>	<b>60 минут</b>
<b>Класс А-30</b>	<b>30 минут</b>
<b>Класс А-15</b>	<b>15 минут</b>
<b>Класс А-0</b>	<b>0 минут</b>

### Огнестойкие переборки. Класс В

В соответствии с требованиями стандарта перегородки изготавливаются из негорючих материалов, чтобы обеспечивать нераспространение пламени в течение минимум 30 минут при стандартном тестировании.

Следуя требованиям стандарта, такие перегородки должны изолироваться таким образом, чтобы средняя температура и температура в отдельных точках на неподверженной пламени стороне не превышала 140°C выше первоначальной температуры. При последующем температурном воздействии температура в отдельных точках не должна превышать 225°C в течение приведенных ниже интервалов времени:

<b>Класс В-30</b>	<b>30 минут</b>
<b>Класс В-15</b>	<b>15 минут</b>
<b>Класс В-0</b>	<b>0 минут</b>

### Огнестойкие переборки. Класс Н

В соответствии с требованиями стандарта перегородки изготавливаются из негорючих материалов, изолируются также негорючими материалами. Материалы должны пройти тест на огнестойкость в специализированных лабораториях.

Перегородки должны быть требуемым образом подкреплены и препятствовать распространению пламени и дыма в течение минимум двух часов стандартного теста при горении углеводородов.

Следуя требованиям стандарта, такие перегородки должны изолироваться таким образом, чтобы средняя температура и температура в отдельных точках на неподверженной пламени стороне не превышала 140°C и 180°C выше первоначальной температуры в течение приведенного ниже времени:

<b>Класс Н-120</b>	<b>120 минут</b>
<b>Класс Н-60</b>	<b>60 минут</b>
<b>Класс Н-0</b>	<b>0 минут</b>

### *Пассивная огнезащита*

Специальные покрытия, применяемые для защиты конструкций от огня, называют, в основном, **пассивной огнезащитой**.

Такие покрытия подразделяют на две основные группы:

- **Органические покрытия**
- **Неорганические покрытия**

Основное назначение пассивной огнезащиты стальных конструкций состоит в снижении риска для жизни и здоровья людей. В первую очередь пассивной огнезащитой должны быть оснащены пути эвакуации персонала. Также должны быть защищены жилые помещения и на нефтедобывающих платформах.

Применяемые покрытия для пассивной огнезащиты наносятся для предотвращения разрушения стальных конструкций.

### ***Органические покрытия***

Большинство из известных покрытий при воздействии пламени образуют пористую структуру, обеспечивая изолирующий слой между стальной конструкцией и огнем. Список таких продуктов достаточно разнообразен, большинство из них - на эпоксидной основе (например, Chartek 4, Pittchar, Thermolag).

Основные требования, которые необходимо выполнить до нанесения пассивной огнезащиты:

1. Струйная очистка стали до степени Sa2,5
2. Приварка шпилек и их струйная очистка
3. Установка проволочных петель на шпильки
4. Нанесение противокоррозионного грунта (цинк этилсиликат или цинковый эпоксид)
5. Нанесение эпоксидного грунта - для некоторых продуктов максимальный предел грунтовочной схемы составляет 110 микрон
6. Нанесение пассивной огнезащиты с толщиной от 6 мм до 20 или 30 мм.

### ***Неорганические покрытия***

Большинство неорганических покрытий разрабатываются на основе цементов, которые при воздействии высоких температур выпускают связанную кристаллически воду. Таким же образом, как и в чайнике: температура в чайнике не будет повышаться, пока испаряется вода.

Из наиболее известных материалов это Mandolite, Pyrocrete.

До нанесения пассивной огнезащиты необходимо выполнить следующее:

1. Струйная очистка стали до степени Sa2,5
2. Приварка шпилек и их струйная очистка
3. Установка проволочных петель на шпильки
4. Нанесение противокоррозионной системы покрытий без верхнего слоя, 200-300 микрон
5. Нанесение специального связывающего грунта для лучшей адгезии покрытия
6. Нанесение пассивной огнезащиты с толщиной 20-40 мм.

### Какие температуры могут развиваться при горении?

При горении бумаги, дерева, часто называемого целлюлозным горением, температура уже через 5 минут достигает  $556^{\circ}\text{C}$ , через час она достигнет значения  $945^{\circ}\text{C}$ .

При горении углеводородов, например, нефти, растворителей или красок, температура через 5 минут достигает значения  $926^{\circ}\text{C}$ , а через час она составит  $1145^{\circ}\text{C}$ .

## СТАНДАРТЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ПОДГОТОВКЕ ПОВЕРХНОСТИ И ОКРАСКЕ

### *Чистота поверхности*

- **ISO 8501-1** Подготовка стальной основы перед нанесением красок и родственными продуктами. Визуальная оценка чистоты поверхности.
- **ISO 8501-2** Подготовка стальной основы перед нанесением красок и родственными продуктами. Визуальная оценка чистоты поверхности.  
Степени подготовки предварительно окрашенной стальной основы после частичного удаления предыдущих покрытий.
- **ISO 8502** Подготовка стальной основы перед нанесением красок и родственными продуктами. Тесты для оценки чистоты поверхности.
  - Часть 1 Тест для растворимых продуктов коррозии железа
  - Часть 2 Лабораторное определение хлоридов на очищенной поверхности
  - Часть 3 Оценка количества пыли на поверхности, подготовленной под окраску.
  - Часть 4 Руководство по оценке вероятности конденсации влаги на поверхности перед нанесением краски
  - Часть 6 Определение растворимых солей на поверхности перед покраской. Метод Бресли.

### *Шероховатость поверхности*

- **ISO 8503** Подготовка стальной основы перед нанесением красок и родственными продуктами. Характеристика шероховатости струйно-очищенной стальной основы.
  - Часть 1 Спецификации и определения для ISO-компараторов профиля поверхности, прошедшей абразивную очистку.
  - Часть 2 Метод оценки профиля поверхности, прошедшей струйную очистку.
  - Часть 3 Метод калибровки компараторов для оценки профиля поверхности. Метод фокусируемого микроскопа.
  - Часть 4 Метод калибровки компараторов для оценки профиля поверхности. Инструмент Stylus.
- **NACE 0287** Измерение профиля поверхности, прошедшей абразивную очистку, с использованием оттисковой ленты.

### *Методы подготовки поверхности*

- **ISO 8504** Подготовка стальной основы перед нанесением красок и родственными продуктами. Методы подготовки поверхности.
  - Часть 1 Основные принципы
  - Часть 2 Абразивная струйная очистка
  - Часть 3 Ручная очистка и очистка ручным механизированным инструментом

### *Абразивы*

- **ISO 11126** Подготовка стальной основы перед нанесением красок и родственными продуктами. Спецификации для неметаллических абразивов.
  - Часть 1 Основные описания и классификация
  - Часть 2 Кремниевый песок
  - Часть 3 Очищенный медный шлак
  - Часть 4 Печной угольный шлак
  - Часть 5 Очищенный никелевый шлак
  - Часть 6 Печной железный шлак
  - Часть 7 Оксид алюминия плавильный
  - Часть 8 Оливиновый песок
  - Часть 9 Ставролит
  - Часть 10 Гранит
- **ISO 11127** Подготовка стальной основы перед нанесением красок и родственными продуктами. Методы испытаний неметаллических абразивов
  - Часть 1 Отбор проб
  - Часть 2 Определение размера частиц абразива
  - Часть 3 Определение действительного удельного веса
  - Часть 4 Определение твердости частиц
  - Часть 5 Определение содержания влаги
  - Часть 6 Определение водорастворимых загрязнений измерением проводимости
  - Часть 7 Определение водорастворимых хлоридов
  - Часть 8 Определение механических свойств абразива

### *Толщина пленки*

- **ISO 2808** Краски и лаки. Определение толщины пленки

*Адгезия*

- ISO 2808      Краски и лаки. Метод решетчатых надрезов
  
- ASTM D 3359      Стандартные методы испытаний. Измерение адгезии тестовой лентой
  
- ISO 4624      Краски и лаки. Метод отрыва

*Определение сплошности покрытия*

- ASTM D 5162      Стандартизованные рекомендации. Непродолжительное тестирование неэлектропроводных защитных покрытий на стальной подложке
  
- ASTM D 5162      Стандартизованные рекомендации. Непродолжительное тестирование защитных покрытий

*MEK тест неорганических цинк-наполненных красок*

- ASTM D 4752      Стандартные методы испытаний. Измерение сопротивления Метил-Этил Кетону этилсиликатных (неорганических) цинкнаполненных грунтов протиранием растворителем

*Оценка разрушений красочных покрытий*

- ISO 4628      Краски и лаки. Оценка разрушений красочных покрытий. Описание интенсивности, количества и размера основных типов разрушений
  - Часть 1      Основные принципы и условные схемы
  - Часть 2      Описание степени пузырения
  - Часть 3      Описание степени ржавления
  - Часть 4      Описание степени растрескивания
  - Часть 5      Описание степени отслаивания
  - Часть 6      Описание степени меления

*Коррозионная защита стальных конструкций окрашиванием защитными системами*

- ISO 12944      Краски и лаки. Коррозионная защита стальных конструкций защитными системами окраски
  - Часть 1      Основные понятия
  - Часть 2      Классификация условий окружающей среды
  - Часть 3      Моменты проектирования
  - Часть 4      Типы поверхностей и типы подготовки
  - Часть 5      Защитные системы окраски
  - Часть 6      Лабораторные методы испытаний
  - Часть 7      Выполнение и контроль окрасочных работ
  - Часть 8      Развитие специфицирования в новом строительстве и ремонте

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СТАНДАРТОВ И  
ИНСПЕКТОРСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Состояние поверхности до подготовки	(ISO 8501-1)
Состояние поверхности после подготовки	(ISO 8501-1)
Состояние после локального удаления старого покрытия	(ISO 8501-2)
Контроль солей и пыли	(ISO 8502:1-3)
Параметры воздушной среды	(ISO 8502-4)
Определение загрязнений- Метод Бресли	(ISO 8502-6)
Шероховатость поверхности	(ISO 8503)
Толщина мокрой и сухой пленок	(ISO 2808)
Определение толщины покрытия разрушающими методами	(ASTM D 4138)
Адгезия. Метод решетчатых надрезов	(ISO 2409)
Адгезия. Метод отрыва	(ISO 4624)
Определение сплошности покрытия	(ASTM D 5162)
Отверждение цинк-этилсиликатных красок	(ASTM D 4752)



### *ISO 8501-1 Визуальная оценка чистоты стали до и после подготовки поверхности*

Степени ржавости:

- A Сталь полностью покрыта плотно пристающей прокатной окалиной, но почти не имеющая ржавчину
- B Сталь, начавшая ржаветь, и с которой начинает отставать прокатная окалина
- C Сталь. С которой прокатная окалина исчезла из-за ржавления, или с которой она может быть удалена, но на которой наблюдается легкий питтинг
- D Сталь, с которой прокатная окалина исчезла в результате ржавления, и на которой наблюдается общий питтинг

### **Струйная очистка, Sa**

- Sa 1 Легкая струйная 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
- Sa2 Тщательная струйная очистка**  
При осмотре без увеличения поверхность должна быть свободной от видимых масла, смазки, грязи, а также от большей части прокатной окалины, ржавчины, краски и посторонних частиц. Любые оставшиеся загрязнения должны приставать прочно.
- Sa2,5**  
При осмотре без увеличения поверхность должна быть свободной от видимых масла, смазки, грязи, а также от прокатной окалины, ржавчины, краски и посторонних частиц. Любые оставшиеся загрязнения должны выглядеть только как легкое окрашивание в виде пятен или полос.
- Sa3**  
При осмотре без увеличения поверхность должна быть свободной от видимых масла, смазки, грязи, а также от прокатной окалины, ржавчины, краски и посторонних частиц. Она должна иметь однородную металлическую окраску.

### **Очистка ручным и механическим инструментом**

- St2 Тщательная очистка ручным и механическим инструментом**  
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 ручным и механическим инструментом**  
Как для St2, но поверхность должна обрабатываться более тщательно для получения металлической окраски, обуславливаемой металлической основой.

### **Пламенная очистка**

Поверхность должна быть свободной от прокатной окалины, ржавчины, краски и посторонних частиц. Любые оставшиеся загрязнения должны выглядеть только как слабое окрашивание поверхности (оттенки разных цветов).