

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ.	9-6
Цели и задачи.	9-6
Основные термины.	9-6
9.1. Общие сведения.	9-6
9.2. Работы по подготовке поверхности.	9-6
9.3. Факторы, влияющие на срок службы покрытия.	9-7
9.4. Типы поверхностей и их подготовка.	9-8
9.4.1. Стальные поверхности.	9-8
9.4.1.1. Новые стальные поверхности.	9-8
9.4.1.2. Ранее окрашенная сталь.	9-8
9.4.1.3. Общие сведения о подготовке стальных поверхностей (ISO 8504-1).	9-9
9.4.1.4. Состояние подготавливаемой поверхности (ISO 8504-1).	9-10
9.4.1.4.1. Оценка состояния поверхности.	9-10
9.4.1.4.2. Влияние условий окружающей среды на стройплощадке.	9-10
9.4.1.4.3. Удаление загрязнений.	9-10
9.4.1.5. Выбор метода подготовки поверхности.	9-11
9.4.2. Поверхности, покрытые цинком.	9-11
9.4.2.1. Типы поверхностей, покрытых цинком.	9-11
9.4.2.2. Подготовка цинковых поверхностей, не подверженных атмосферному воздействию.	9-11
9.4.2.3. Подготовка цинковых поверхностей, подверженных атмосферному воздействию.	9-12
9.4.3. Алюминиевые поверхности.	9-13
9.4.4. Нержавеющая сталь.	9-13
9.5. Проектные решения и дефекты при изготовлении.	9-13
9.5.1. Труднодоступные места.	9-14
9.5.2. Заклепочные и болтовые соединения.	9-17
9.5.3. Соприкасающиеся поверхности	9-18
9.5.4. Сварные швы.	9-18
9.5.5. Узкие зазоры и щели.	9-19
9.5.5.1. Соединения внахлест.	9-20
9.5.5.2. Участки перехода с бетона на сталь.	9-21
9.5.6. Резьбовые патрубки.	9-21
9.5.7. Разнородные металлы.	9-22
9.5.8. Кромки.	9-23
9.5.9. Наружные и внутренние углы.	9-23
9.5.10. Вспомогательные приспособления.	9-24
9.5.11. Предотвращение образования застойных зон.	9-24
9.5.12. Замкнутые и открытые внутренние полости.	9-25
9.5.13. Хранение, транспортировка и монтаж.	9-26
9.6. Подготовка дефектов стальных поверхностей.	9-26
9.6.1. Дефекты поверхности основного металла.	9-27
9.6.2. Подготовка дефектов поверхности основного металла.	9-28
9.6.3. Формы кромок.	9-29
9.6.4. Подготовка кромок.	9-30
9.6.5. Дефекты сварных швов.	9-30
9.6.5.1. Сварочные брызги.	9-30
9.6.5.2. Прерывистый сварной шов.	9-31
9.6.5.3. Грубая поверхность сварного шва.	9-31
9.6.5.4. Подрез сварного шва.	9-32

9.6.5.5.	Поры сварного шва.	9-33
9.6.5.6.	Кратер сварного шва.	9-33
9.6.5.7.	Шлаковые включения в металле шва.	9-33
9.6.6.	Подготовка сварных швов.	9-34
9.7. Требования к внутренней поверхности резервуаров.		9-35
9.7.1.	Практика проектирования.	9-35
9.7.1.1.	Доступность к поверхностям.	9-35
9.7.1.2.	Соединения.	9-35
9.7.1.3.	Отводы.	9-35
9.7.1.4.	Вспомогательные элементы и оборудование внутри емкостей.	9-36
9.7.1.5.	Упрочняющие элементы конструкций.	9-36
9.7.1.6.	Теплопоглощение.	9-36
9.7.2.	Практика изготовления.	9-36
9.7.3.	Практика обработки поверхности.	9-37
9.7.4.	Рекомендуемая ответственность.	9-40
9.7.4.1.	Совместная ответственность	9-40
9.7.4.2.	Ответственность заказчика.	9-40
9.7.4.3.	Ответственность проектировщика.	9-40
9.7.4.4.	Ответственность изготовителя.	9-40
9.7.4.5.	Ответственность подрядчика, наносящего облицовку.	9-40
9.7.4.6.	Ответственность инспектора.	9-40
9.8. Предварительная очистка.		9-41
9.8.1.	Удаление масла и смазки.	9-41
9.8.1.1.	Стандарты.	9-41
9.8.1.2.	Методы испытаний масла и смазки.	9-42
9.8.1.3.	Методы удаления масла и смазки.	9-42
9.8.2.	Удаление растворимых солей.	9-45
9.8.2.1.	Водорастворимые загрязнители.	9-45
9.8.2.2.	Допустимые уровни концентрации солей.	9-47
9.8.2.3.	Стандарты методов испытаний растворимых солей.	9-49
9.8.2.4.	Визуальное распознавание солевого загрязнения поверхности.	9-50
9.8.2.5.	Полевые испытания для обнаружения растворимых солей	9-51
9.8.2.5.1.	Полевое испытание растворимых продуктов коррозии железа.	9-52
9.8.2.5.2.	Метод обнаружения ионов с помощью трубки.	9-53
9.8.2.5.3.	Метод Бресла.	9-56
9.8.2.5.4.	Определение проводимости растворимых в воде солей.	9-59
9.8.2.5.5.	Определение растворимых солей с использованием метода извлечения фильтровальной бумагой.	9-62
9.8.2.6.	Правила выборочного отбора проб растворимых солей с поверхности и критерии приема.	9-66
9.8.2.7.	Требования спецификации к определению растворимых солей.	9-67
9.8.2.8.	Методы удаления растворимых солей.	9-69
9.8.2.9.	Рекомендации по инспектированию солевых загрязнений.	9-71
9.8.3.	Химическая очистка загрязнений.	9-72
9.8.4.	Степени ржавости стальной поверхности перед очисткой.	9-73
9.8.5.	Рекомендации по инспектированию.	9-74
9.8.6.	Контрольный лист инспектора.	9-74
9.9. Очистка ручными инструментами.		9-74
9.9.1.	Чистота поверхности после очистки ручным инструментом.	9-74
9.9.2.	Методы очистки ручными инструментами.	9-75
9.9.3.	Рекомендации по инспектированию.	9-76

9.9.4. Контрольный лист инспектора.	9-76
9.10. Очистка механическими инструментами.	9-77
9.10.1. Очистка механическими инструментами по стандарту ISO 8501-1 и SSPC SP 3.	9-77
9.10.1.1. Чистота поверхности после очистки механическими инструментами.	9-78
9.10.2. Очистка механическими инструментами до чистого металла (SSPC SP 11).	9-79
9.10.2.1. Выбор средств очистки.	9-79
9.10.3. Коммерческая степень очистки механическими инструментами (SSPC SP 15).	9-81
9.10.4. Методика подготовки поверхности механическими инструментами по SSPC-SP 11 и SSPC-SP 15.	9-82
9.10.5. Измерение профиля поверхности.	9-82
9.10.6. Недоступные зоны.	9-82
9.11. Механические инструменты для подготовки поверхности.	9-82
9.11.1. Ротационные проволочные щетки.	9-83
9.11.2. Инструменты ударного действия.	9-84
9.11.3. Плунжерный зачистной инструмент.	9-85
9.11.4. Игольчатый пистолет.	9-85
9.11.5. Ротационные зачистные головки.	9-86
9.11.6. Жесткие абразивные круги и стержни.	9-89
9.11.7. Гибкие шлифовальные диски и круги.	9-91
9.11.8. Зачистная щеточная машина Bristle Blaster®.	9-92
9.11.9. Подключение вакуумных установок.	9-92
9.11.10. Рекомендации по инспектированию.	9-92
9.11.11. Контрольный лист инспектора.	9-92
9.12. Абразивоструйная очистка.	9-93
9.12.1. Методы абразивоструйной очистки.	9-93
9.12.1.1. Сухая абразивоструйная очистка.	9-94
9.12.1.1.1. Степени очистки поверхности.	9-94
9.12.1.1.1.1. Стандарт ISO 8501-1.	9-94
9.12.1.1.1.2. Визуальная оценка чистоты поверхности по ISO	9-95
9.12.1.1.1.3. Стандарты NACE-SSPC	9-99
9.12.1.1.1.4. Визуальный стандарт SSPC-VIS 1.	9-102
9.12.1.1.1.5. Влияние типа абразива на внешний вид поверхности.	9-103
9.12.1.1.2. Абразивоструйная очистка сжатым воздухом.	9-104
9.12.1.1.2.1. Комплект оборудования	9-104
9.12.1.1.2.2. Абразивоструйные аппараты.	9-105
9.12.1.1.2.2.1. Типы абразивоструйных аппаратов.	9-105
9.12.1.1.2.2.2. Нагнетательные абразивоструйные аппараты.	9-108
9.12.1.1.2.3. Шланги воздушные.	9-110
9.12.1.1.2.4. Рукав абразивоструйный.	9-111
9.12.1.1.2.5. Компрессоры.	9-114
9.12.1.1.2.5.1. Рекомендации по организации подачи сжатого воздуха.	9-115
9.12.1.1.2.5.2. Измерение давления в абразивном сопле.	9-116
9.12.1.1.2.5.3. Влагомаслоотделители.	9-117
9.12.1.1.2.6. Выявление масла или воды в сжатом воздухе.	9-118
9.12.1.1.2.7. Абразивные материалы.	9-118
9.12.1.1.2.7.1. Металлические абразивы.	9-119

9.12.1.1.2.7.2. Методы испытаний металлических абразивов.	9-123
9.12.1.1.2.7.3. Неметаллические абразивы.	9-125
9.12.1.1.2.7.3.1. Классификация и основные требования.	9-125
9.12.1.1.2.7.3.2. Виды неметаллических абразивов.	9-127
9.12.1.1.2.7.3.3. Абразивы специального применения.	9-133
9.12.1.1.2.7.4. Методы испытаний неметаллических абразивов.	9-135
9.12.1.1.2.7.5. Чистота повторно используемых металлических абразивов.	9-136
9.12.1.1.2.7.6. Основные соображения инспекции.	9-138
9.12.1.1.2.7.7. Внестандартные методы проверки чистоты абразива.	9-139
9.12.1.1.2.7.8. Выбор абразива.	9-139
9.12.1.1.2.8. Абразивоструйные сопла.	9-143
9.12.1.1.2.8.1. Форма канала и длина сопла.	9-147
9.12.1.1.2.9. Здоровье и безопасность.	9-148
9.12.1.1.2.10. Основные соображения инспекции.	9-150
9.12.1.1.2.10.1. Температура воздуха и очищаемой поверхности.	9-151
9.12.1.1.2.10.2. Относительная влажность воздуха.	9-151
9.12.1.1.2.10.3. Температура точки росы.	9-151
9.12.1.1.2.10.4. Защита не подлежащих очистке частей конструкций.	9-151
9.12.1.1.2.10.5. Чистота поверхности.	9-151
9.12.1.1.2.10.6. Обеспыливание поверхности.	9-152
9.12.1.1.2.10.6.1. Оценка запыленности стальной поверхности по стандарту ISO 8502-3.	9-152
9.12.1.1.2.10.7. Состояние поверхности во время нанесения покрытий.	9-154
9.12.1.1.2.11. Контрольный лист инспектора.	9-155
9.12.1.1.3. Центробежная струйная очистка абразивами.	9-155
9.12.1.1.3.1. Стандарты чистоты поверхности.	9-157
9.12.1.1.3.2. Безопасность.	9-157
9.12.1.1.3.3. Основные соображения инспекции.	9-157
9.12.1.1.3.4. Контрольный лист инспектора.	9-158
9.12.1.1.4. Вакуумная струйная очистка абразивами.	9-158
9.12.1.2. Обзор методов влажной абразивоструйной очистки.	9-159
9.12.1.2.1. Абразивоструйная очистка с помощью сжатого воздуха с впрыскиванием влаги.	9-160
9.12.1.2.2. Пневмо-гидроструйная очистка с абразивами.	9-160
9.12.1.2.3. Жидкоструйная очистка с абразивами.	9-161
9.13. Обзор методов очистки водой и обработки водяной струей.	9-162
9.13.1. Очистка водой низкого давления.	9-163
9.13.2. Очистка водой высокого давления.	9-163
9.13.3. Водоструйная подготовка под высоким давлением.	9-163
9.13.4. Водоструйная подготовка под высоким давлением с введением абразива.	9-163
9.13.5. Водоструйная подготовка под сверхвысоким давлением.	9-164
9.13.6. Очистка и водоструйная подготовка в условиях погружения.	9-164
9.13.7. Оборудование для очистки водой и водоструйной подготовки.	9-165
9.13.7.1. Установки и системы.	9-165
9.13.7.2. Насосы.	9-166
9.13.7.3. Насадки высокого давления.	9-166

9.13.7.4. Аксессуары.	9-168
9.13.8. Ингибиторы.	9-170
9.13.9. Толерантные к влаге покрытия.	9-171
9.13.10. Заключение о водоструйной подготовке.	9-171
9.13.11. Стандарты по визуальной оценке чистоты поверхности.	9-171
9.13.11.1. Стандарт ISO по оценке чистоты поверхности.	9-172
9.13.11.1.1. Начальное состояние поверхности.	9-172
9.13.11.1.2. Степени подготовки.	9-172
9.13.11.1.3. Степени вновь проявившейся ржавчины.	9-174
9.13.12. Безопасность.	9-176
9.13.13. Соображения безопасности инспектора.	9-176
9.13.14. Контрольный лист инспектора.	9-176
9.14. Контроль шероховатости поверхности.	9-177
9.14.1. Основные соображения инспекции.	9-177
9.14.2. Общие понятия о структуре и профиле поверхности.	9-178
9.14.3. Параметры профиля шероховатости поверхности.	9-180
9.14.4. Способы испытания характеристик шероховатости.	9-182
9.14.5. Компараторы для сравнения профилей поверхности.	9-184
9.14.5.1. Компараторы ISO.	9-185
9.14.6. Метод определения профиля поверхности с применением фокусирующего микроскопа.	9-189
9.14.7. Метод определения профиля поверхности прибором с измерительным штифтом.	9-190
9.14.8. Метод копий (реплик) для определения профиля поверхности	9-192
9.14.9. Методы измерения шероховатости поверхности в полевых условиях по стандарту ASTM D4417	9-196
9.14.9.1. Метод А.	9-196
9.14.9.2. Метод В.	9-197
9.14.9.3. Метод С.	9-198
9.15. Заключительные соображения инспекции.	9-198
9.16. Обобщающий контрольный лист инспектора.	9-198
Основные термины и определения.	9-199
Руководство по изучению раздела.	9-204

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ.

Цели и задачи.

После изучения данной главы, специалист должен знать и понимать:

- Дефекты при проектировании и изготовлении;
- Дефекты стальных поверхностей;
- Ошибки при изготовлении;
- Предварительная очистка;
- Растворимые соли;
- Очистка ручными инструментами;
- Очистка механическими инструментами;
- Абразивоструйная очистка;
- Типичные абразивные материалы;
- Дробленые шлаки;
- Размер сопла;
- Дробеметный метод очистки;
- Абразивы;
- Водоструйная подготовка;
- Очистка водой;
- Список действий инспектора.

Основные термины.

- Околошовная зона;
- Расслоение металла;
- Сварочный шлак;
- Сварные брызги;
- Канавки;
- Предварительная очистка;
- Органические растворители;
- Щелочные чистящие средства;
- Кислотные чистящие средства;
- Моющие средства;
- Сухая абразивоструйная очистка (очистка с применением сжатого воздуха);
- Металлический абразив;
- Керамическая крошка;
- Сопло Вентури;
- Водоструйная подготовка;
- Очистка водой;
- Профиль поверхности.
- Метод реплик.

9.1. Общие сведения.

Практически любой процесс нанесения покрытий начинается с очистки и подготовки поверхности, от качества выполнения которой во многом зависит эффективность системы покрытий.

Основной задачей подготовки поверхности является удаление вредных веществ и получение поверхности, обеспечивающей достаточное сцепление грунтовки со сталью. Подготовка поверхности также способствует уменьшению количества загрязняющих веществ, инициирующих коррозию.

Следует отметить, что исключением могут быть покрытия, специально предназначенные для нанесения на плохо подготовленные поверхности. Статистика утверждает, что около 75% всех преждевременных повреждений покрытий вызваны полностью или частично недостаточной или ненадлежащей подготовкой поверхности.

Чаще всего защитные системы покрытий применяются на:

- Стальных поверхностях;
- Оцинкованных поверхностях;
- Алюминиевых поверхностях.

В следующих разделах рассматривается каждая из трех поверхностей, упомянутых выше, однако стальная поверхность наиболее часто покрывается защитными покрытиями и, соответственно выполняется ее очистка и подготовка.

9.2. Работы по подготовке поверхности.

Работы по подготовке поверхности перед нанесением покрытия могут включать в себя:

- Оценка и проверка состояния поверхности, в том числе недостатки проектирования и дефекты при изготовлении конструкций;
- Предварительная очистка, или удаление видимых поверхностных загрязнений, таких как масла и смазки;
- Работа по исправлению или ослаблению влияния конструктивных недостатков и производственных дефектов;
- Технический осмотр и документирование процесса предварительной очистки и устранения дефектов, если таковые имеются;
- Подготовка поверхности любым подходящим способом для удаления вредных поверхностных загрязнений.

9.3. Факторы, влияющие на срок службы покрытия.

В рамках подготовки поверхности на срок службы покрытия влияют многие факторы:

- Остатки масла, смазки и др. загрязнений могут препятствовать адгезии или механическому сцеплению покрытия с окрашиваемой поверхностью;
- Осадки (не видимые) химических солей могут вызвать коррозию после нанесения покрытия;
- Ржавчина на поверхности препятствует адгезии;
- Прокатная окалина:
 - Отслаивающаяся или поврежденная окалина может вызвать преждевременный выход из строя покрытия;
 - Плотная пристающая окалина может вызвать повреждение покрытия позже.
- Пластовая ржавчина не может быть защищена никаким покрытием и не может поддерживать адгезию к стали;
- Шероховатость поверхности (формируется в результате подготовки поверхности):
 - Может быть настолько грубой, что образуются пики, которые трудно защитить покрытием;
 - Может быть настолько тонкой, что произойдет повреждение покрытия из-за потери адгезии.
- Острые кромки, заусеницы, ребра или порезы от оборудования для механической очистки могут помешать нанесению необходимой толщины сухой пленки покрытия.
- Конденсация влаги на поверхности, если по ней было нанесено покрытие, может привести к его повреждениям в виде образования пузырей и расслоения;
- Старые покрытия могут иметь плохую адгезию или быть в слишком плохом состоянии, чтобы можно было перекрывать их новыми слоями;
- Существующие покрытия могут быть несовместимы и подрываться наносимыми ремонтными покрытиями.

Покрываемые покрытиями поверхности требуют определенной предварительной очистки. Проверка поверхности на предмет загрязнения, включая сильные загрязнения смазкой, грязью, пылью, грунтом или брызгами цементного раствора, является важным компонентом процесса нанесения покрытия. Необходимо удалить все инородные тела, и убедиться, что поверхность полностью пригодна для нанесения покрытий. Проверка на предмет чистоты поверхности является непрерывным процессом и должна выполняться, по крайней мере, три раза в процессе нанесения покрытия:

- Перед любым действием по подготовке поверхности;
- После подготовки поверхности и перед началом нанесения покрытия;
- Между каждым нанесением покрытия в многослойной системе.

Покрытие – непрерывный слой металлического материала или непрерывная пленка лакокрасочного материала, в результате однослойного нанесения.

Прежде всего, для подготовки поверхности исключительно важно рассмотреть конкретную покрываемую поверхность. Среди металлических поверхностей, на которые часто наносятся покрытия, факторы, которые определяют способ подготовки поверхности и сами покрытия, различаются. К таким поверхностям относятся:

- Новая или неокрашенная сталь;
- Сталь с прокатной окалиной;
- Корродированная сталь;
- Корродированный цинк или оцинкованная сталь;
- Корродированный алюминий;

Подготовка поверхности бетона обсуждается во втором уровне подготовки инспекторов.

9.4. Типы поверхностей и их подготовка.

9.4.1. Стальные поверхности.

9.4.1.1. Новые стальные поверхности.

Новую сталь сравнительно легко чистить, если она является новой и неокрашенной, при условии, что поверхность не подвергается коррозии в химической или морской среде. Самой большой проблемой будет удаление прокатной окалины. С помощью абразивоструйной очистки с применением круглой дроби или крошки, или их смеси, можно легко удалить большую часть окалины. Преимущество использования абразивной крошки для производства струйных работ заключается в одновременном создании углового профиля поверхности, который обеспечивает хорошую адгезию. Плотную держащуюся прокатную окалину будет трудно удалить без абразивоструйной очистки.

Окалина образуется на новой стали за счет реакции между горячей сталью и кислородом в окружающей среде во время производственного процесса. В результате, поверхность новой горячекатаной стали, как правило, покрыта сине-черными отложениями прокатной окалины.

Адгезия окалины к стали непредсказуема и изменяется от плотно пристающей до слегка пристающей к поверхности. Покрытие окалины грунтовкой может привести к отслоению окалины, тем самым вызывая повреждение покрытия.

Окалина также является относительно гладкой. Этот фактор имеет большое значение для современных толстослойных быстросохнущих покрытий. Адгезия покрытий к гладкой поверхности окалины может быть плохой, что приводит к повреждению покрытия вследствие потери адгезии.

Окалина является катодом по отношению к голой стали. Когда сталь частично покрыта окалиной и подвергается коррозии, катодная окалина не подвергается коррозии, поскольку она защищена от коррозии сталью-анодом. Коррозия имеет место на анодной поверхности, и стальное основание под окалиной разрушается. Этот эффект противоположен тому, который обычно требуется.

Когда большая часть поверхности покрыта окалиной, коррозия на анодных участках может быть ускорена путем неблагоприятного эффекта анодной и катодной зон:

Большой катод + Небольшой анод = Ускоренная коррозия на аноде.

Для достижения наилучших результатов, необходимо очищать окалину на новой стали абразивоструйным способом. При этом образуется шероховатость для оптимальной адгезии покрытия.

9.4.1.2. Ранее окрашенная сталь.

Если необходимо перекрыть ранее окрашенную сталь, требуется удалить старое покрытие шлифованием, пескоструйной очисткой или соскабливанием всех существующих покрытий, которые:

- Имеют плохую адгезию;
- Слишком ухудшились свойства существующего покрытия для того, чтобы наносить на него ремонтный слой;
- Несовместимы с или подрываются последующим ремонтным покрытием;
- Отслаиваются, шелушатся или разрушаются каким-либо образом.

Если существующее покрытие не повреждено, необходимо обмыть поверхность с применением сильных моющих средств или растворителем и зачистить наждачной бумагой, чтобы удалить блеск. Выполнить перечисленные ниже простые тесты:

- *Испытание методом пятна*: нанести небольшое количество ремонтной краски на существующее покрытие. Старое покрытие может сморщиться или подняться в течение 30 минут: это указывает на необходимость удаления старого покрытия. Так как этот тест разрушает старое покрытие, необходимо получить разрешение, прежде чем проводить тестирование поверхности;
- *Тест на адгезию*: если существующее покрытие не поднимается и не образует морщин после испытания методом пятна, необходимо выполнить тест на адгезию. Сделать "X"-надрез на покрытии. Поместить липкую ленту плотно по разрезу. Затем быстро и сильно потянуть (ASTM D3359). Если покрытие разрушается, необходимо либо удалить его, либо рассмотреть другое покрытие.

9.4.1.3. Общие сведения о подготовке стальных поверхностей (ISO 8504-1).

Существует очень большой разброс в состоянии стальных поверхностей, требующих очистки перед покраской. Особенно это касается ремонтируемых конструкций, на которых уже нанесено покрытие. На затраты по подготовке поверхности влияют:

- Продолжительность эксплуатации конструкций и их размещение;
- Качество предыдущей подготовки поверхности;
- Эффективность существующей системы покрытий и степени ее повреждения;
- Тип и агрессивность окружающей среды в которой находились и будут эксплуатироваться конструкции;
- Предполагаемая новая система покрытий.

При выборе способа подготовки поверхности, необходимо рассмотреть вопрос о степени подготовки, необходимой для получения требуемого уровня чистоты и, при необходимости, профиля стальной поверхности (шероховатости), соответствующих наносимой системе покрытий. Поскольку стоимость подготовки поверхности, как правило, напрямую зависит от уровня чистоты поверхности, необходимо выбрать:

- степень подготовки поверхности, которая бы соответствовала назначению и типу применяемой системы покрытий или
- выбрать систему покрытия, которую можно применить на той степени подготовки поверхности, которую можно достичь в конкретных условиях.

Персонал, выполняющий работы по подготовке поверхности, должен иметь соответствующее оборудование и обладать достаточными техническими знаниями применяемых технологических процессов, чтобы можно было выполнять свою работу в соответствии с требованиями технических условий. При этом должны соблюдаться все соответствующие правила безопасности и охраны труда. Важно, чтобы поверхности были легкодоступны и достаточно освещены. Все работы по подготовке поверхности должны надлежащим образом контролироваться и проверяться.

Если выбранный способ очистки не обеспечивает заданную степень чистоты поверхности, или состояние подготовленной поверхности к моменту нанесения покрытия ухудшилось, необ-

ходимо повторить соответствующие технологические процессы, чтобы получить заданную степень подготовки поверхности.

9.4.1.4. Состояние подготавливаемой поверхности (ISO 8504-1).

9.4.1.4.1. Оценка состояния поверхности.

Поскольку стоимость подготовки поверхности в значительной степени зависит от состояния поверхности, прежде чем определиться со степенью подготовки поверхности, необходимо получить информацию о состоянии поверхности которую необходимо будет очищать:

а) для непокрытых поверхностей:

- Класс или марка стали (в том числе и специальные обработки их, которые влияют на подготовку поверхности) и толщина стали;
- Класс ржавчины по ISO 8501-1 (рассматривается ниже в этой главе);
- Дополнительные подробности, касающиеся, например, химических и/или других загрязняющих веществ, таких как растворимые в воде соли, способствующих образованию коррозии.

б) Для поверхностей с нанесенным покрытием:

- Тип покрытия (например, тип связующего вещества и пигмента), примерная толщина пленки, состояние и срок службы покрытия или системы покрытий;
- Степень ржавления покрытия (ISO 4628-3) вместе с любыми соответствующими дополнительными видимыми под ржавчиной деталями;
- Степень вздутия в соответствии с ISO 4628-2;
- Степень растрескивания в соответствии с ISO 4628-4;
- Степень отслоения в соответствии с ISO 4628-5;
- Дополнительные подробности, касающиеся, например, адгезии и химических и/или других загрязняющих веществ.

9.4.1.4.2. Влияние условий окружающей среды на стройплощадке.

Чтобы не допустить повышения стоимости подготовки поверхности из-за возможного сильного загрязнения трудноудаляемыми веществами, стимулирующими коррозию, следует избегать хранения незащищенной стали в промышленных или морских условиях. Насколько это возможно, абразивоструйную подготовку поверхности стали необходимо производить, когда она находится еще в состоянии ржавости класса А или В (или С при ручной подготовке) по стандарту ISO 8501-1, с последующим нанесением подходящей грунтовки в возможно короткие сроки.

Ни одна подготовка поверхности на рабочей площадке с использованием методов сухой или влажной абразивоструйной очистки (ISO 8504-2) или других способов подготовки поверхности не должна проводиться во время дождя или других осадков. Для того, чтобы свести к минимуму образование конденсата на поверхности, температура подготавливаемой поверхности должна быть выше, как минимум, на 3°C точки росы окружающего воздуха. Если работа должна быть продолжена даже при неблагоприятных условиях, необходимо принимать специальные меры предосторожности, такие как работа под шатром, в палатке, нагрев поверхности и/или осушка воздуха (ISO 8502-4).

Подготовка поверхности в огне- и взрывоопасных условиях должна проводиться с соблюдением специальных мер предосторожности (например, погашение искрообразования, электрическое заземление или применение технологий без образования пламени).

9.4.1.4.3. Удаление загрязнений.

Масло, жир, грязь и другие подобные загрязняющие вещества должны быть удалены до подготовки поверхности с использованием выбранного метода.

Кроме того, может потребоваться применение механических методов очистки для предварительного удаления трудно отделимой ржавчины и прокатной окалины.

Если указано в технических условиях (спецификации) или согласовано сторонами, растворимые в воде загрязняющие вещества, такие как соль, должны быть удалены с использованием других методов, до и/или после применения выбранного метода подготовки поверхности.

Подходящие способы удаления загрязняющих веществ изложены в ISO 12944-4.

9.4.1.5. Выбор метода подготовки поверхности.

Выбор метода, используемого для подготовки данной поверхности будет зависеть от:

- состояния поверхности;
- возможности применения метода, например, по условиям эксплуатации конструкций, срокам выполнения работ, а также исходя из соображений санитарных требований, охраны труда и экологических норм, таких как выделение пыли, сокращение отходов путем подбора соответствующих абразивов, количество необходимой воды и применение пламени);
- подлежит ли подготовке вся поверхность или только ее часть;
- требуемого уровня подготовки поверхности;
- применяемой системы покрытий;
- экономических соображений;
- особых требований относительно условий эксплуатации или ожидаемого результата подготовки поверхности (например, профиль поверхности или удаление водорастворимых солей).

9.4.2. Поверхности, покрытые цинком.

9.4.2.1. Типы поверхностей, покрытых цинком.

Стальные поверхности могут быть защищены цинком или цинковыми сплавами, нанесенными одним из следующих способов:

Гальваническим способом – путем погружения в ванну с расплавленным металлом (ISO 1461).

Оцинкованные поверхности стали – покрытие железоцинковым сплавом, полученным путем нагревания стального компонента в контейнере вместе с цинковой пылью.

Газотермическим напылением (англ. Thermal Spraying – ISO 2063) – покрытие термораспыленным цинком газовым или плазменным потоком для формирования на подложке слоя металла.

Поверхности, покрытые цинком с помощью электролиза – во время электролиза цинковый анод растворяется, и оседает на поверхности стального изделия (катода).

9.4.2.2. Подготовка цинковых поверхностей, не подверженных атмосферному воздействию.

Дефектные участки, или повреждения цинковой поверхности должны быть восстановлены защитной системой, адекватной защитной силе цинкового покрытия.

К таким дефектам на цинковых покрытиях относятся:

- Глубокие царапины;
- Утолщенные участки цинкового покрытия и капли цинка;
- Отверстия в цинковом покрытии;
- Отсутствие адгезии цинка к стали;
- Белая ржавчина.

Загрязнения покрытых цинком поверхностей, например жир, масло, остатки разбавителей или маркировочных материалов, должны быть удалены.

Свеженанесенное цинковое покрытие рекомендуется обработать плавной струйной очисткой с использованием неметаллического абразива. Плавная метущая струйная очистка предполагает выполнить очистку, нанести шероховатость и удалить верхний слой плохо пристающего покрытия, оставляя неповрежденным плотно приставший слой под ним (ДСТУ ISO 12944-4). Для определения оптимальных параметров плавной метущей струйной очистки, таких как твердость и размер частиц абразива, угол наклона сопла и его расстояние до поверхности, а также давление воздуха, должна быть проведена предварительная тестовая очистка специально подготовленного участка поверхности. Обычно, для плавной метущей струйной очистки используется мелкий абразив (песок), низкое давление сжатого воздуха и угол наклона сопла 30°. После такой очистки существующее покрытие должно быть сплошным без механических повреждений, а поверхность грунтовки должна иметь равномерный матовый блеск.

После такой очистки цинковое покрытие должно быть сплошным без механических повреждений. Цинковые покрытия не должны иметь прилипших или вкрапленных загрязнений, отрицательно влияющих на долговечность цинкового покрытия и на примененную окрасочную систему.

После плавной метущей очистки поверхность цинка должна иметь равномерный матовый блеск.

Для увеличения срока службы газотермически напыленного цинка покрытие необходимо сразу же после его нанесения окрасить до выпадения конденсации.

9.4.2.3. Подготовка цинковых поверхностей, подверженных атмосферному воздействию.

При атмосферном воздействии на поверхности образуется пассивная пленка из оксида и/или карбоната цинка. Если слои этой пленки плотно сцеплены с самой цинковой поверхностью, они будут помогать покрытию сцепляться с поверхностью из-за их относительной шероховатости.

На подвергшихся атмосферному влиянию цинковых поверхностях образуются также производные цинковой коррозии (белая ржавчина) и аккумулируются загрязнители. Поэтому, прежде чем наносить покрытие, с оцинкованной поверхности необходимо удалить все плохо пристающие и/или порошкообразные соответствующими методами, выбранными в зависимости от рода и масштаба загрязнения.

Продукты окисления, некоторые соли и другие загрязнители, могут быть удалены смыванием, чистой пресной водой, содержащей моющие средства или с использованием синтетических подушек с вкрапленными абразивами с последующим тщательным смыванием горячей водой. Кроме того, можно использовать горячую воду, воду под давлением, паровую струйную очистку, плавную метущую струйную очистку, ручную или механическую очистку, если это целесообразно.

Обмыв водой эффективно удаляет наиболее слабо пристающие оксиды и соли цинка при использовании техники мытья под давлением, с большим количеством чистой, пресной воды. Этот метод является менее эффективным, чем абразивоструйная очистка.

При абразивоструйной очистке необходимо выполнить легкий обдув поверхности для придания ей шероховатости перед нанесением покрытия, или обработать раствором на основе кислоты (например, кислотнотравильная грунтовка или кислотнотравильный раствор), чтобы получить чистую шероховатую поверхность. Каждый из этих методов обработки улучшает адгезию покрытия к оцинкованной поверхности. По мнению специалистов, абразивоструйная очистка перед нанесением покрытия обеспечивает лучшую адгезию, чем кислотное травление грунтовкой.

Покрытия на масляной основе, такие как алкидные или эпоксиэфирные, плохо работают на оцинкованных поверхностях из-за реакции между покрытием и поверхностью цинка, называе-

мой омылением. Эта реакция, сопровождающаяся образованием мыла, приводит к ухудшению свойств вяжущего на масляной основе и последующей потере адгезии покрытия на поверхности цинка. Инспекторы должны знать стандарт ASTM D1731. *«Стандартная практика подготовки алюминиевых поверхностей, получаемых методом горячего погружения, перед покраской»*.

9.4.3. Алюминиевые поверхности.

Новые алюминиевые поверхности образуют защитную оксидную пленку, которая имеет низкую адгезию к подложке. Если эту оксидную пленку покрыть органическим покрытием, она может отделяться от поверхности. Тем не менее, оксидная пленка, полученная путем анодной поляризации алюминия в растворе серной кислоты (так называемый анодированный алюминий), сильно прилипает к подложке, и может быть покрыта органическим покрытием, требующим легкой шлифовки поверхности перед его нанесением. В некоторых случаях для подготовки поверхности достаточно выполнения только обезжиривания и промывки водой. В других ситуациях может быть необходимо подготовить поверхность с помощью мокрой или сухой абразивной очистки тонкодисперсным песком или пластмассовым абразивом. Необходимо избегать высоких профилей шероховатости на алюминиевых поверхностях.

Проверьте корродированные алюминиевые поверхности на предмет окисления. Алюминий, как цинк и оцинкованные поверхности, образует пассивную пленку из оксида алюминия в атмосферных условиях. Перед нанесением покрытия с помощью легкой абразивоструйной очистки или проволочной щеткой с поверхности удаляются рыхлые или неплотно пристающие соли алюминия. Может потребоваться специальная обработка алюминиевой поверхности (например, травильной грунтовкой) перед нанесением покрытия. Выберите грунтовку с проверенной совместимостью и высокой адгезией к чистой поверхности. Ознакомьтесь со стандартом ASTM D1730 *«Подготовка алюминиевых и из алюминиевых сплавов поверхностей перед окраской»*.

9.4.4. Нержавеющая сталь.

Непокрытая нержавеющая сталь реагирует с атмосферой, образуя защитную пленку, которая является неотъемлемой частью ее защиты от коррозии. Тем не менее, перед нанесением покрытия, в процессе подготовки поверхности необходимо удалить любого рода пленку. Покрытие может отставать от поверхности, если ее не удалить. В общем, защитные пленки, образованные на нержавеющей стали прочные и хорошо сцепленные с поверхностью.

Некоторые типы нержавеющей стали при воздействии неудовлетворительных условий окружающей среды склонны к образованию ржавых пятен. Если это происходит, необходимо удалить ржавчину, влажной или сухой абразивоструйной очисткой всей поверхности или частично с использованием неметаллического абразива, или интенсивной промывкой водой с жесткой щетинной или проволочной щеткой.

9.5. Проектные решения и дефекты при изготовлении.

Многие конструкции проектируются без учета процесса нанесения покрытий. Конструктивные недостатки и дефекты изготовления могут легко усложнить подготовку поверхности и нанесение эффективной системы покрытия. Ни инспектор, ни подрядчик не имеют доступа к контролю проблемных проектных решений, создающих зоны, труднодоступные или недоступные к выполнению антикоррозионных работ. Ни один подрядчик, ни инспектор, и даже покрытие не могут устранить недостатки, порождаемые работой конструкторов, инженеров или изготовителей. В некоторых случаях, специальные сопла для абразивоструйной очистки (например, под углом 45 и 90°) или частичная разборка этих элементов могут способствовать решению этой проблемы.

Однако, и инспектор, и подрядчик должны обратить особое внимание на все труднодоступные участки при инспектировании или подготовке к работе. Инспектор должен быть в состоянии предоставить полезную информацию о выявленных недостатках проектов и/или производственных дефектах конструкций, которые очень затрудняют выполнение работ надлежащим образом. Эти участки должны быть задокументированы в письменной форме и доведены к сведению старшего инспектора или представителя заказчика.

Стандарт ISO 12944-3 приводит базовые требования, направленные на минимизацию рисков коррозии соответствующими мерами проекта для стальных конструкций, которые будут покрыты защитными системами краски.

Общее проектирование должно предусматривать улучшение условий подготовки поверхности, нанесения защитных покрытий, их контроль и обслуживание во время эксплуатации.

Форма конструкции может влиять на ее подверженность коррозии. Поэтому конструкции должны быть спроектированы таким образом, чтобы не возникали очаги коррозии, с которых она могла бы, потом, распространяться. Поэтому настоятельно рекомендуется, чтобы проектировщик имел консультации с экспертом, по защите от коррозии, в самом начале процесса проектирования. В идеале, система защиты от коррозии должна выбираться еще в самом начале проектирования, с учетом назначения этой конструкции, срока службы и требований по обслуживанию.

Размеры элементов этой конструкции и методы, которые используются для соединения, должны быть такими, чтобы их соединение и любое последовательное обращение с ними не способствовало развитию коррозии. Аналогично, следует обратить внимание на форму этой конструкции и ее элементов по отношению к классу окружающей среды при определении той или иной системы защитной окраски.

Проекты должны быть простыми, следует избегать излишних сложностей. Если к элементам стальных конструкций больше не будет доступа, т.е. они находятся внутри других строительных материалов, например кирпичная кладка, меры по защите от коррозии должны быть настолько эффективными, чтобы заделанные элементы просуществовали весь срок службы этой конструкции.

Стальные конструкции, защищенные гальваническим способом, должны быть спроектированными в соответствии с требованиями ISO 1461 и ISO 14713,

Некоторые распространенные проектные недостатки, которые влияют на процесс нанесения покрытия, включают в себя:

- Труднодоступные или недоступные участки;
- Заклепочные, болтовые или другие соединения;
- Сварные швы;
- Зазоры (в частности, прерывистые сварные швы или поверхности, расположенные близко друг к другу);
- Соединения поверхностей внахлест (например, листы кровли в емкостях для воды);
- Сложно расположенная или плохо ориентированная уголковая сталь;
- Участки резьбы;
- Разнородные металлы;
- Острые Кромки, особенно на углах, или грубая резка листов;
- Вспомогательные приспособления для строительства.

9.5.1. Труднодоступные места.

Труднодоступные участки сложно покрыть надлежащим образом и требуют для этого особого внимания. Например, усиливающие элементы на внутренней стороне сосуда создают участки, к которым трудно добраться, очистить или нанести покрытие. При строительстве мно-

гих высоких сосудов мало внимания уделяется вопросу обслуживания их внутренней поверхности.

Вспомогательные средства, которые будут необходимы для того, чтобы осуществлять работу по безопасному выполнению антикоррозионных работ (например: крюки или крепления для возведения подмостей) должны быть предусмотрены еще на стадии проектирования.

На рисунке 9.1 показана опора воздуховода, нижняя панель которой выполнена в виде рамы для пропуска железнодорожного технологического транспорта, а верхняя – в виде фермы, вертикальные пояса которой являются продолжением стоек рамы нижней панели и изготовлены из двутаврового профиля. Для усиления конструкции рамы к двутавровым стойкам опоры на расстоянии не более 80 мм приварены листы по всей высоте панели (рисунок 9.1). Такая конструкция не позволяет зачистить сварочные дефекты, выполнить качественно абразивоструйную очистку и соответственно окраску внутри пространства, ограниченного листами усиления и вертикальным двутавровым поясом опоры.



Рисунок 9.1. – Недостаточный зазор между стойкой рамы и усиливающим листом.

Для обеспечения очистки и окраски внутри конструкций или между ними следует избегать узких мест. Если нет возможности избежать узких мест по конструктивным причинам или практическим соображениям, следует пользоваться рекомендациями, вытекающими из требований ISO 12944-3. Минимально допустимые расстояния между элементами необходимо принимать с учетом габаритных размеров инструментов (таблица 9.1) и технологических особенностей выполнения операций.

Все покрываемые поверхности, должны быть видимы и доступны оператору для очистки и окраски. При этом он должен находиться в безопасности. Персонал, привлеченный к подготовке поверхности, покраске и контролю, должен быть в состоянии легко и безопасно двигаться по всем частям этой конструкции при хорошем освещении. Поверхность, с которой будут работать, должна быть доступной, с тем, чтобы дать возможность оператору иметь достаточно места для работы.

Стандарт ISO 12944-3 приводит рекомендуемые минимальные размеры a для узких пространств между поверхностями, которые должны быть подготовлены для защиты от коррозии и для технического обслуживания.

Таблица 9.1. – Габаритные размеры инструментов (ISO 12944-3).

Операции	Длина инструмента, l_2 , мм	Расстояние между инструментом и поверхностью, l_1 , мм	Рабочий угол, α°
Абразивоструйная очистка	800	200 - 400	60-90
Механическая очистка:			
– иглоударный пистолет	250-350	0	30-90
– шлифовальная машинка	100-150	0	30-90
Ручная очистка			
– щетка или зубило	100	0	0-30
Металлизация распылением	300	150-200	90
Нанесение краски:			
– распылением	200 -300	200 - 300	90
– кистью	200	0	45-90
– валиком	200	0	10-90



Минимальные размеры a для узких пространств между профилями, имеющими доступ с двух сторон (рисунок 9.2, б и в) или между плоскими поверхностями, которые доступны с од-

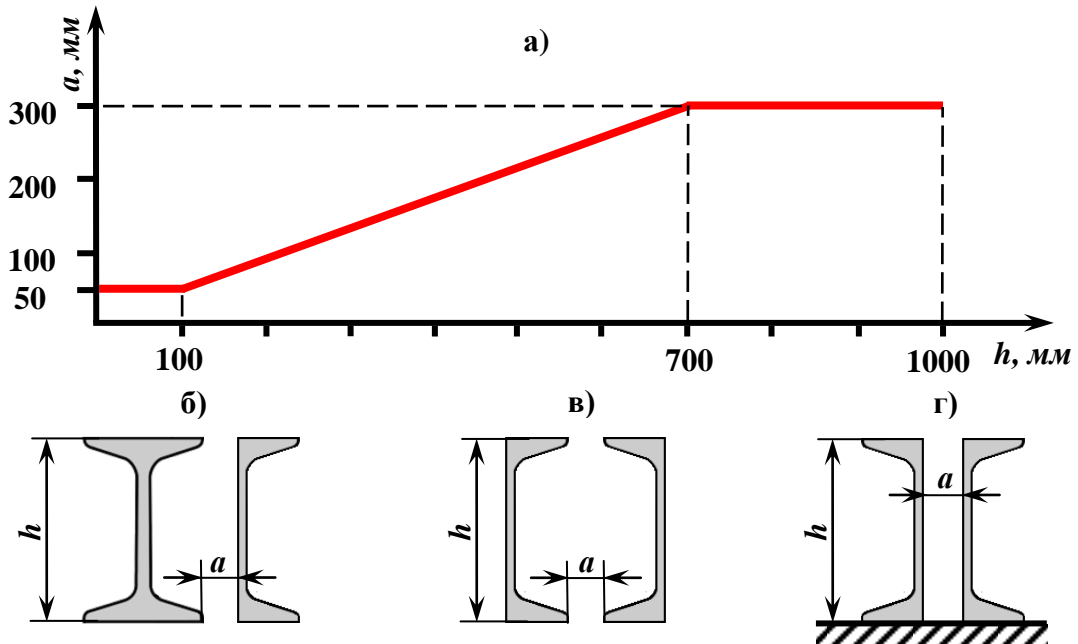


Рисунок 9.2. – Рекомендуемые минимальные размеры (ISO 12944-3) для узких пространств между профилями, имеющими доступ с двух сторон (б, в) или между плоскими поверхностями, которые доступны с одной стороны (г).

ной стороны (рисунок 9.2, г) стандарт ISO 12944-3 рекомендует определять по графику (рисунок 9.2, а). Если глубина h узкого пространства не превышает 100 мм, чтобы оператор имел доступ ко всем обрабатываемым зонам, расстояние a между обрабатываемыми элементами должно быть не менее 50 мм. При глубине пространства h более 700 мм минимальный размер узкого пространства должен составлять $a = 300$ мм, а когда h превышает 1000 мм, расстояние a

должно быть, как минимум, 800 мм. Если глубина h находится в диапазоне от 100 мм до 700 мм, в зависимости от значения h размер пространства a изменяется по линейной зависимости от 50 мм до 300 мм.

Для узких пространств между профилями, имеющими доступ только с одной стороны, и примыкающими к плоской поверхности, рекомендуемая ширина узкого пространства должна быть не менее 300 мм при его глубине до 700 (ISO 12944-3). С увеличением глубины пространства h от 700 мм до 1000 мм его ширину a необходимо увеличивать до 800 мм пропорционально глубине. При глубинах узкого пространства h свыше 1000 мм для его нормального

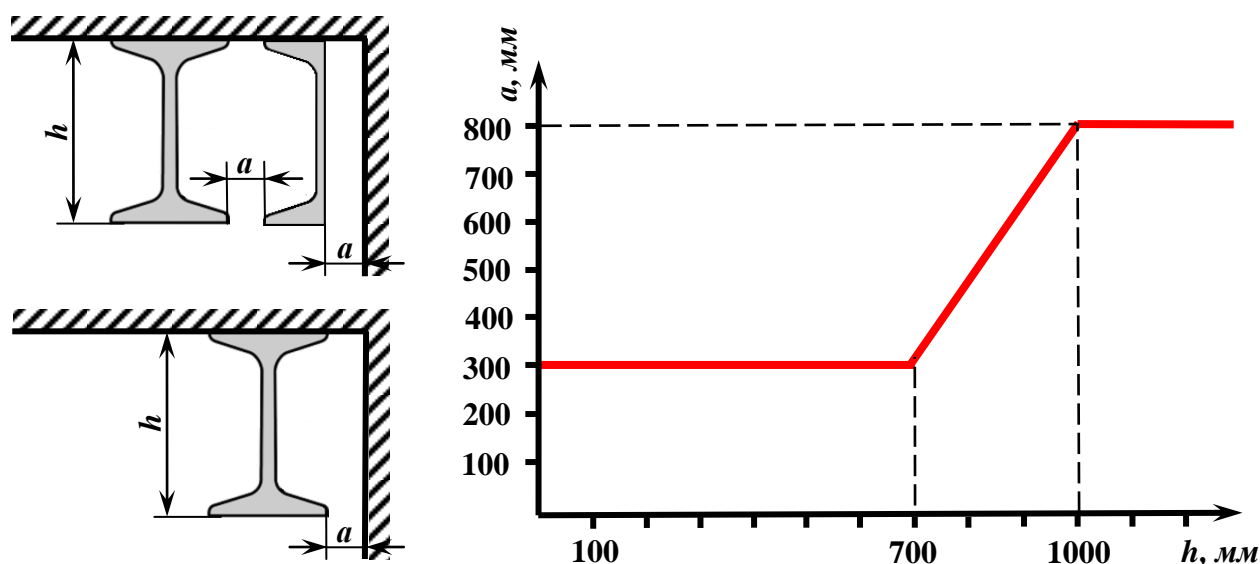


Рисунок 9.3. – Рекомендуемые минимальные размеры (ISO 12944-3) для узких пространств между профилями, имеющими доступ только с одной стороны, и примыкают к плоской поверхности.

обслуживания оператором минимальная ширина $a = 800$ мм будет достаточной (рисунок 9.3).

Элементы конструкций, которые могут быть подвержены коррозии и, которые становятся недоступными после их сооружения, должны быть или изготовлены из коррозионно-стойкого материала, или иметь защитную систему покрытия, которая будет эффективна в течении всего срока службы этой конструкции. Как альтернатива может быть рассмотрен припуск на коррозию, то есть, принята более толстая сталь.

Технические обслуживания всех видов, включая и работы, связанные с предотвращением коррозии, чрезвычайно важны для надежной и безопасной эксплуатации объектов и сооружений. Поэтому проектировщики должны предусматривать опорные устройства (рисунок 9.4) для очистки, окраски и размещения ремонтных инструментов, такие как подвесные люльки, лестницы, опорные устройства для ног и рук, и встроенные строительные леса, чтобы обеспечить легкий доступ и складирование оборудования и материалов во время работы.

9.5.2. Заклепочные и болтовые соединения.

В заклепочных (рисунок 9.5, а) и болтовых (рисунок 9.5, б) соединениях металлоконструкций могут оставаться зазоры, а также очень узкие щели, которые почти невозможно очистить и защитить покрытием.



Рисунок 9.4. – Встроенные приспособления для обслуживания сооружения.

Узкими местами в болтовых соединениях является резьба с ее острыми кромками и глубокими острыми канавками, кромки на головках болтов, гайках, шайбах и накладках, а также щели между ними.

Болты, гайки, шайбы и накладки должны быть защищены от коррозии с той же степенью долговечности, что и вся конструкция. Для этого применяется полосовая окраска кистью узлов болтовых соединений. Эта операция производится для того, чтобы достичь необходимой толщины покрытия, а также для дополнительной защиты самых опасных для коррозионного разрушения мест (рисунок 9.6.).



Рисунок 9.5. – Соединения мостовых конструкций:
а – заклепочное; б – болтовое.



Рисунок 9.6. – Полосовая окраска
болтовых соединений.

9.5.3. Соприкасающиеся поверхности.

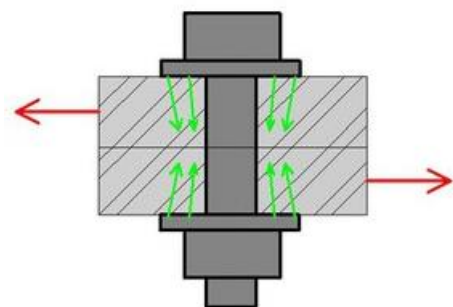


Рисунок 9.7. – Соединение на
высокопрочных болтах

Соприкасающиеся (прилегающие или контактирующие) поверхности представляют собой особый случай, имеющий место в фрикционных соединениях на высокопрочных болтах, которые работают за счет трения поверхностей соединяемых элементов (рисунок 9.7). Их очищают и оставляют без покрытия или очищают и покрывают испытанным и одобренным покрытием. Если необходимо окрашивать соприкасающиеся поверхности, несущие нагрузку, необходимо использовать систему окраски, которая не приведет к уменьшению силы нагрузки, особенно при повышенных температурных воздействиях. Если контактирующие поверхности не защищены покрытием, необходимо предусматривать герметизацию щелей. Выбор системы окраски и

предосторожности обращения с такими соединениями будут зависеть от типа конструкции, последующей сборки и транспортировки. Стандарты ASTM и британские стандарты описывают методы испытания для установления пригодности покрытия для соприкасающихся поверхностей. Наиболее часто используются неорганические цинковые покрытия.

9.5.4. Сварные швы.

На ровной поверхности сварные швы обычно создают неровные, не сплошные участки и могут иметь много острых краев. Слишком часто сварные швы не подготавливаются должным образом, оставляя брызги расплавленного металла, поры, неровности, подрезы, шлаки и кислотные остатки флюса и т.д. (рисунок 9.8). Если эти дефекты не будут устранены, коррозия может



Рисунок 9.8. – Дефектный сварной шов, на котором присутствуют подрезы, неровности и сварные брызги.

начать развитие именно со сварных швов.

Очистите участки сварных швов, особенно в резервуарах и сосудах, выполните шлифованные их до гладкого состояния или зачистите их заподлицо, в зависимости от условий эксплуатации, а затем нанесите полосовой слой. Однако, шлифование сварных швов не всегда целесообразно, поэтому инспекторы должны разрешать шлифование сварных швов только после консультации с инженером-куратором.

Если требуется проведение инспекции, может быть полезным визуальный компаратор, связанный со стандартом NACE SP0178 «Практика проектирования, изготовления и отделки поверхности для резервуаров и сосудов, которые подлежат облицовке для условий погружения». Этот стандарт дает детальные рекомендации по проектированию, производству работ и приводит требования к поверхности резервуаров и сосудов. Он включает текстовые и графические описания различных степеней обработки поверхностей сварных швов, которые могут быть предусмотрены при подготовке резервуаров или емкостей к нанесению защитного покрытия (см. параграф 9.4.4.6).

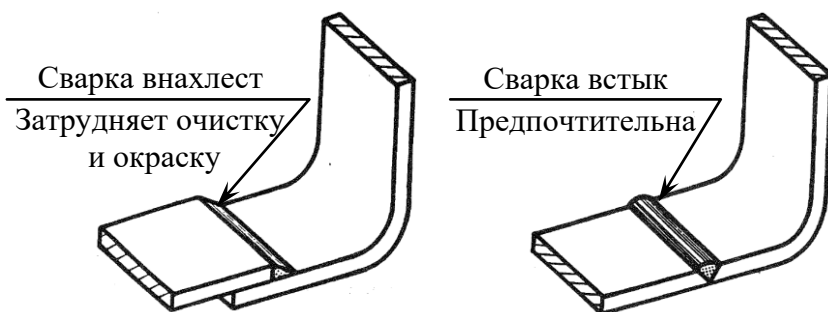


Рисунок 9.9. – Конструкции сварных соединений (ISO 12944-3).

Рациональное проектирование с целью повышения долговечности металлоконструкций заключается в том, чтобы изначально в проекте конструкции не было заложено причин, способствующих возникновению коррозии и ее развитию. В этой связи прерывистая и точечная сварка, а также сварка внахлест (рисунок 9.9.) не

должны применяться за исключением тех мест, где риск коррозии незначителен.

Швы часто проверяются на наличие трещин с помощью химических растворов для испытания (например, проникающие растворы с красителем), которые оставляют загрязнения на поверхности. У нас до сих пор для этих целей используют керосин. Покрытия, нанесенные поверх такого типа поверхности, не имеют хорошего сцепления, и при этом ухудшается качество покрытия, что увеличивает вероятность образования последующей коррозии. Удаление таких загрязнений затруднено. По мере необходимости их удаляют предписанным растворителем, пока все оставшиеся следы не перестанут влиять на ухудшение адгезии покрытия или просачиваться сквозь него.

9.5.5. Узкие зазоры и щели.

Прерывистые сварные швы, узкие зазоры, щели и соединенные в тавр уголки также могут привести к преждевременному повреждению покрытий, возникающему от скопления влаги и грязи, включая абразивов, которые использовались при подготовке поверхности. Эти проблемы являются общими на старых конструкциях и не должны быть настолько же распространены сегодня на более новых конструкциях.

Угловой прокат, широко используемый в строительстве, очень часто соединяется в тавр (рисунок 9.10.), что создает области между уголками, где скапливается влага и грязь. Эти области недоступны для очистки и нанесения



Рисунок 9.10. – Горизонтальные связи, пояса и раскосы фермы выполнены в виде спаренных уголков.

покрытия на обратную сторону этих уголков. Иногда, их предварительно оцинковывают или окрашивают неорганической цинковой грунтовкой.

Уплотнение пустоты выполняют мастикой или герметиком для предотвращения коррозии и возможного подрыва покрытия на краях. Другие способы могут базироваться на применении проникающих герметиков. В наиболее агрессивных окружающих условиях в зазор должен быть вбит клин из стали, который выдается из зазора и обваривается.

Чтобы предотвратить преждевременное повреждение коррозией конструкций в зазорах и щелях (рисунок 9.11), следует руководствоваться рациональным проектированием. А именно, необходимо избегать использования составных сечений из уголков (т.н. спаренные уголки) и швеллеров, в которых образуются зазоры, недоступные для нанесения защитных покрытий, и щели, где возможно возникновение нарастающего давления, вызванного образованием продуктов коррозии, способных разрушать фрагменты конструкции.

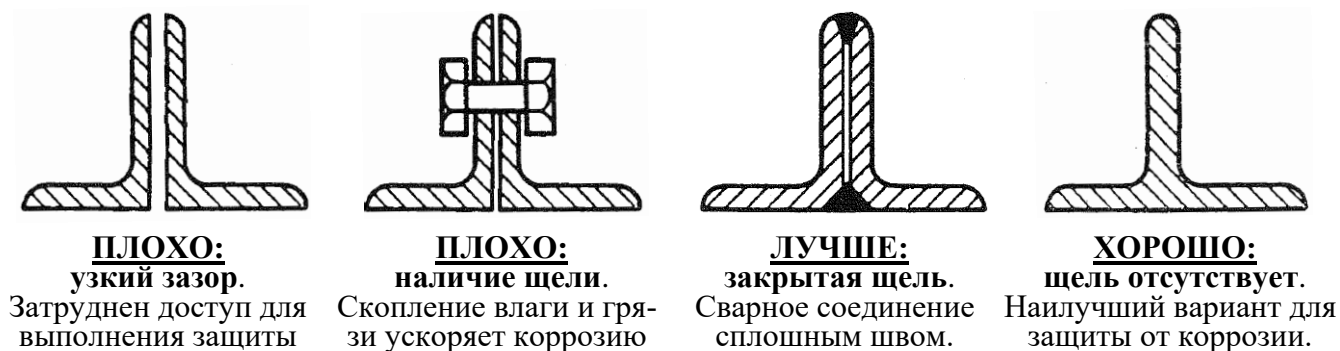


Рисунок 9.11. – Иллюстрация принципов влияния конструктивных особенностей зазоров и щелей на их коррозионное разрушение.

Свариваемые поверхности должны быть соединены непрерывным сварным швом, чтобы предотвратить попадание абразива и доступ влаги на необработанные участки. Сварные соединения более предпочтительны, чем болтовые.

9.5.5.1. Соединения внахлест.

Соединения элементов конструкций сварным швом внахлест (рисунок 9.12, а), как правило, прерывистыми сварными швами, или болтовым/заклепочным соединением с помощью накладок (рисунок 9.12, б), создают зоны, недоступные ни для очистки, ни для нанесения покрытия. В таких соединениях имеются щели, накапливающие влагу, где создается среда, благоприятная для коррозии. Уплотнение щелей выполняют мастикой, герметиком или проникающим герметиком.



Рисунок 9.12. – Соединения элементов конструкций внахлест прерывистыми сварочными швами (а), болтами или заклепками (б) приводит к преждевременной коррозии.

9.5.5.2. Участки перехода с бетона на сталь.

Особое внимание надо обратить на участки перехода с бетона на сталь (ISO 12944-3), особенно в случаях проектирования конструкций, подвергающихся сильным коррозионным воздействиям (см. рисунок 9.13). При заделке в бетон стальных конструкций бетон дает усадку и на контакте бетона с металлом образуются щели, куда попадает влага, пыль, соли и грязь, ускоряющие процесс корродирования металла.

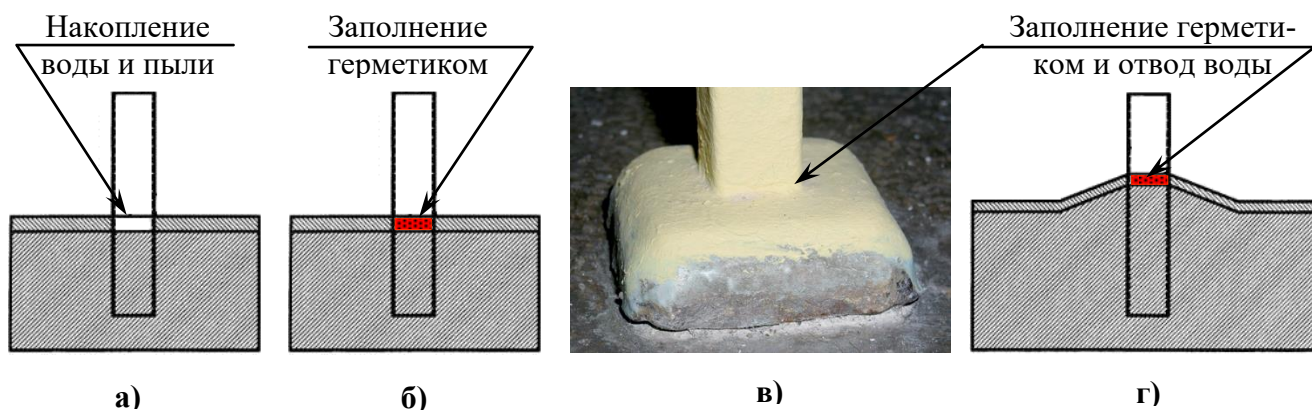


Рисунок 9.13. – Смешанная, сталебетонная конструкция:

а – склонная к коррозии; б – улучшенная; в, г – самая стойкая к коррозии.

Защитную систему сталебетонных конструкций красок наносят на стальной компонент так, чтобы защитный слой проникал в бетон на глубину приблизительно 5 см.

9.5.6. Резьбовые патрубки.

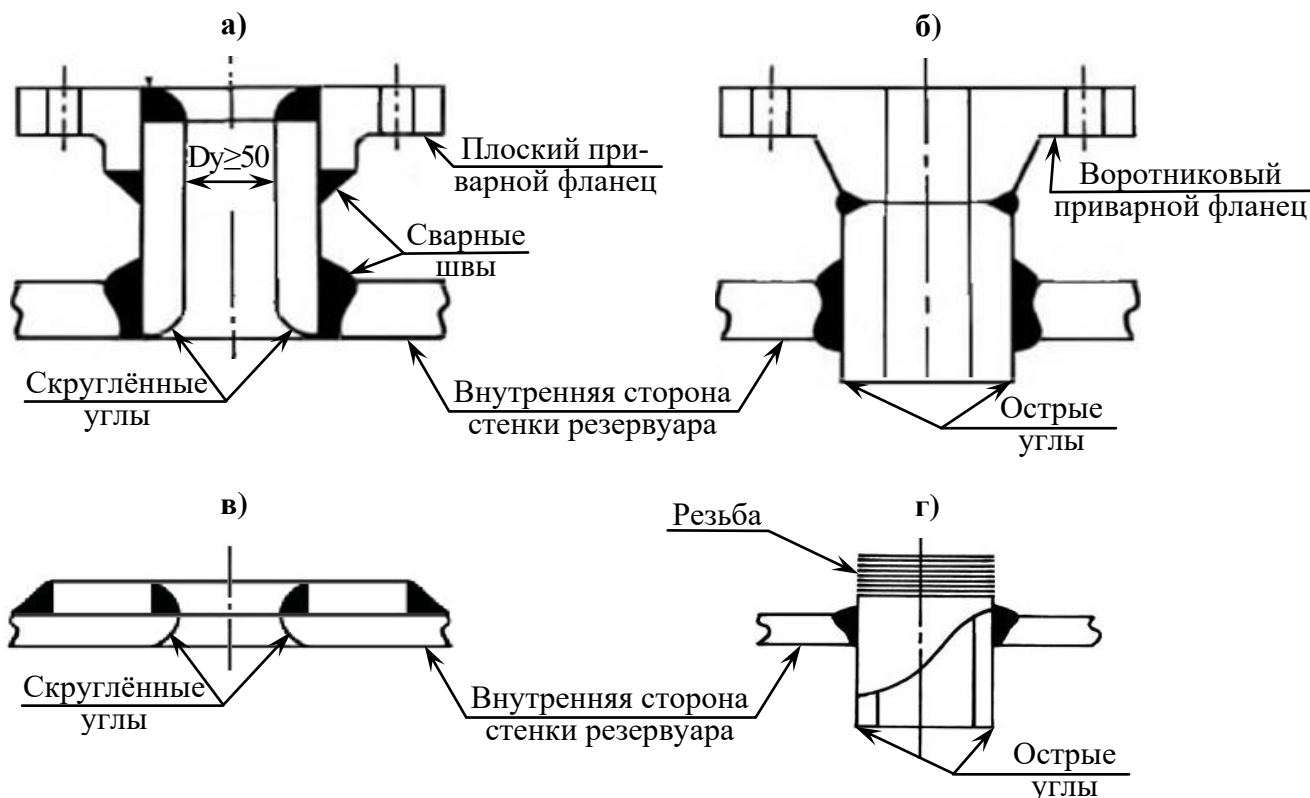


Рисунок 9.14. – Типы отводов в резервуарах (NACE SP0178):

а – правильный фланцевый отвод; б – неправильная конструкция фланцевого отвода; в – усиливающая накладка под приварной патрубком; г – резьбовой патрубок.

На резьбовые участки очень трудно наносить покрытие. Рабочие должны тщательным образом очистить и нанести покрытие на все поверхности. На трубной резьбе есть много щелей и острых кромок, которые могут способствовать инициации коррозии. Поскольку резьбу трудно очистить и нанести на нее покрытие должным образом, стандарт NACE SP0178 рекомендует заменить по возможности резьбовые патрубки на фланцевые или приварные, как правило, диаметром менее 50 мм, с усиливающей накладкой. Такие соединения более доступны для выполнения антикоррозионных работ (рисунок 9.14).

Отводы должны быть фланцевые или в виде приварного патрубка с усиливающей накладкой, но не резьбовые. В пределах ограниченного давления, плоские приварные фланцы (рисунок 9.14,а), являются предпочтительными, так как поверхность сварного шва внутри отвода и кромки легкодоступна для скругления и шлифования. Если для обеспечения требуемого рабочего давления необходимо использовать воротниковые приварные фланцы (рисунок 9.14,б), устранение неровностей поверхности сварного шва в горловине отвода методом шлифования крайне затруднено.

9.5.7. Разнородные металлы.

Разнородные металлы, которые вступают в контакт друг с другом, в присутствии электролита создают гальванический элемент, который может инициировать коррозию. Формирование такой гальванической пары ускоряет уровень коррозии менее благородного из двух металлов. Среди других факторов, уровень коррозии зависит от разницы потенциалов между двумя соединенными металлами, от природы и от периода действия электролита.

Поэтому, следует быть осторожными при соединении менее благородных, то есть более электроотрицательных металлических компонентов к более благородным металлическим компонентам. Особенно, если менее благородный металлический компонент имеет меньшую площадь в сравнении с более благородным металлом. Нет особых противопоказаний для использования, при менее суровых условиях, крепежных деталей небольшого размера, изготовленных из нержавеющей стали, в устройствах, изготовленных из менее благородных металлов. Однако, пружинные прокладки (например, прокладки для замков, зубчатые прокладки) не должны, использоваться, так как они могут повредить соединение, придав им склонность к щелевой коррозии.

Там, где соединяются разнородные металлы, формируется токопроводящий металлический мостик, создавая возможность для протекания биметаллической коррозии. В этом случае может существовать неблагоприятное соотношение между анодом и катодом. Когда анод является относительно небольшим по сравнению с катодным участком, коррозионное воздействие концентрируется на аноде и может быть очень серьезным, что приводит к быстрой коррозии анодного участка и, вероятней всего в форме точечной коррозии. Примером соединения разнородных металлов может служить оцинкованных стальных листов с помощью болтов из нержавеющей стали, которые являются катодом. Цинк разрушился, обнажив железо (рисунок 9.15).

Если по проекту нельзя избежать гальванического совмещения, контактирующие поверхности должны быть электрически изолированы, например, путем покраски поверхностей обоих металлов. Если возможно покрасить только один из металлов,



Рисунок 9.15. – Разрушение цинка на оцинкованных стальных листах, соединенных болтами из нержавеющей стали.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

смежных с переходом, это должен быть более благородный металл. Возможно также применение катодной защиты.

9.5.8. Кромки.

Типичная конструкция содержит кромки большой протяженности, большинство из которых не имеют закруглений. Обрезные кромки и края газопламенной резки, получаемые в процессе производства, имеют острую форму и адекватная защита их от коррозии нанесением покрытий весьма затруднительна. Покрытия, как правило, имеют тенденцию давать усадку и отрываться от острых кромок, оставляя тонкую пленку, толщина которой значительно меньше номинальной толщины защитного покрытия. Это является причиной того, что коррозия металла часто начинается из кромок (рисунок 9.16).



Рисунок 9.16. – Ржавление кромок двутавровой балки.

Закругленные кромки предпочтительны для того, чтобы можно было нанести защитный слой равномерно и получить адекватную толщину покрытия на острых краях. Покрытия на острых кромках также более подвержены повреждению. Поэтому, все острые края должны быть закруглены или скошены фаской (рисунок 9.17) и должны быть удалены заусеницы вокруг отверстий.

Полосовая окраска кромок, по крайней мере, один раз во время процесса нанесения покрытия, но желательно по одному разу для каждого основного слоя, позволяет наложить дополнительную толщину покрытия на кромки и довести ее до значения, близкого к номинальной толщине.

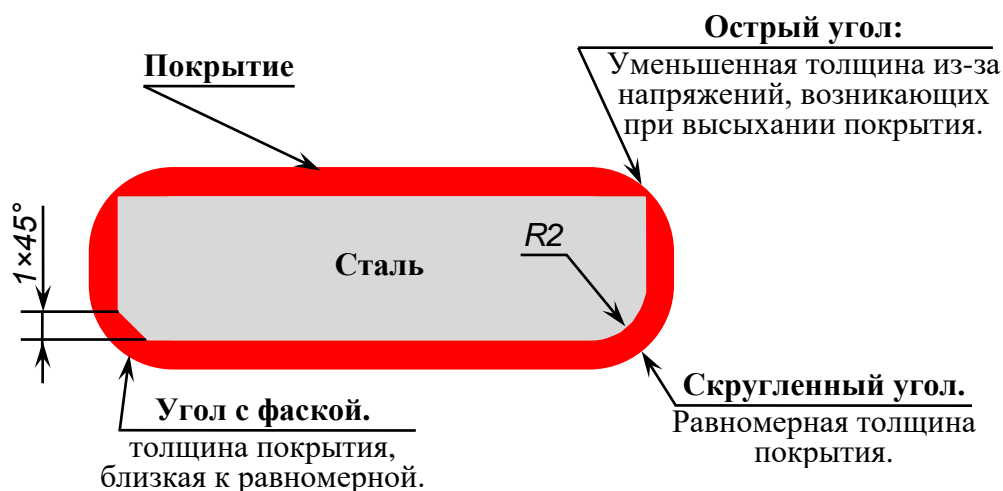


Рисунок 9.17. – Распределение пленки покрытия по поверхности наружных углов.

9.5.9. Наружные и внутренние углы.

Следует иметь в виду, что на углах имеет место тенденция к образованию коррозии, аналогичная той, которая происходит на кромках (см. рисунок 9.16).

Изгибы под острым углом и внутренние углы также могут привести к образованию покрытием в таких местах перемычек, не имеющих сцепление с поверхностью. При этом создаются пустоты, которые могут задерживать влагу и вызывать коррозию. Такие условия не так легко исправить или изменить. Поэтому необходимо проявлять особую осторожность во время нанесения покрытия.

Вопрос, касающийся рекомендуемой практики выполнения работ по нанесению полосового слоя на внутренних углах, выдвигает две потенциальные проблемы:

- Покрытия, нанесенные по внутренним углам, будут давать усадку во многом так же, как это происходит на острых кромках, формируя пленку с плохим контактом с поверхностью. Такое явление иногда называют эффектом обоев;
- В углах может накапливаться грязь или мусор, а покрытие может быть нанесено на загрязненную поверхность. Как и другие поверхности, внутренние углы должны быть чистыми, свободными от грязи, пыли и т.п. Полосовой слой рекомендуется наносить перед нанесением основного слоя покрытия.

Для обеспечения необходимой толщины покрытия на внутренних и наружных углах, которые не могут быть адекватно покрыты обычным или безвоздушным распылением, кистями наносят полосовые слои (рисунок 9.18.). В зависимости от агрессивности среды, в которой будет эксплуатироваться данная конструкция, полосовой слой может применяться только в грунующем слое, или в нескольких, а то и в каждом слое системы покрытия.



Рисунок 9.18. – Нанесение полосовых слоев на внутренние и наружные углы конструкции.

С этой же целью выполняется и закругление внешних углов радиусом не менее 2 мм (см. рисунок 9.17).

9.5.10. Вспомогательные приспособления.

Вспомогательные приспособления (рисунок 9.19), такие как прижимы, кронштейны, монтажные петли и т.п., часто привариваются к конструкции прерывистыми сварными швами или только односторонним сварным соединением.



Рисунок 9.19. – Вспомогательные приспособления:

а – монтажная петля; б – следы одностороннего сварного соединения после удаления приспособления.

Эти приспособления, как правило, временные, и должны удаляться после окончания монтажных работ. Иногда они оставляются на месте, а если и удаляются, то на поверхности металла остаются следы временного шва весьма сомнительного качества. Как оставленные вспомогательные приспособления,

так и следы сварных швов после их снятия могут окрашиваться вместе с нанесением основной системы покрытия. Когда такое происходит, подготовка поверхности и/или нанесение покрытия на таких участках могут быть далекими от оптимальных требований, и покрытия могут преждевременно разрушаться.

Хотя вспомогательные приспособления и создают потенциальную проблему для антикоррозионных работ, в полевых условиях не следует их снимать без согласования с инженерными службами. Тем не менее, необходима подготовка поверхности согласно спецификации и применение соответствующих систем покрытий для того, чтобы избежать преждевременного повреждения покрытия вокруг таких приспособлений.

Другие проблемы проектирования, которые могут привести к преждевременному разрушению покрытия, включают в себя:

- Углубления и впадины на лицевых поверхностях конструкций могут ускорить коррозию из-за ограничения стока атмосферных осадков, или сбора грязи или другого мусора;
- Щели, которые задерживают воду или агрессивные жидкости;
- Недостаточная вентиляция, которая замедляет испарение конденсационной влаги.

9.5.11. Предотвращение образования застойных зон.

Следует избегать таких конфигураций поверхности, при которых вода может задерживаться, и таким образом, увеличивать риск возникновения коррозии. Конструктор должен также принимать во внимание возможные эффекты смыва поверхности, например от мягких сталей на аутентическую или ферритную нержавеющую сталь и, как последствия этого – коррозию нержавеющей стали. Предостережения в этих случаях следующие:

- Проекты с наклонными или скошенными поверхностями;
- Устранение секций открытых сверху или их размещение в наклонной позиции;
- Избежание желобов или углублений, в которых может собираться грязь или вода;
- Дренаж водных и коррозионных жидкостей из конструкции.

Чтобы избежать накопления грязи и воды могут использоваться дренажные отверстия, водосточные трубы, карнизы и т.п. Следует также иметь ввиду, что капли воды могут занестись ветром. Когда предполагается использование растворов препятствующих образованию льда, для дренажа раствора и конструкции рекомендуются дренажные трубы.

При создании конструктивных форм необходимо учитывать, что на элементах конструкций не должны скапливаться гигроскопичная пыль, конденсат, вода, т.е. следует избегать застойных зон (рисунок 9.20,а), пазух, карманов, щелей и т.д. В элементах конструкций для предотвращения накопления воды, загрязнений и продуктов коррозии должны применяться разрывы элементов (см. рисунок 9.20,б) и максимально возможные зазоры и выборки радиусом ≥ 50 мм (рисунок 9.20,в).

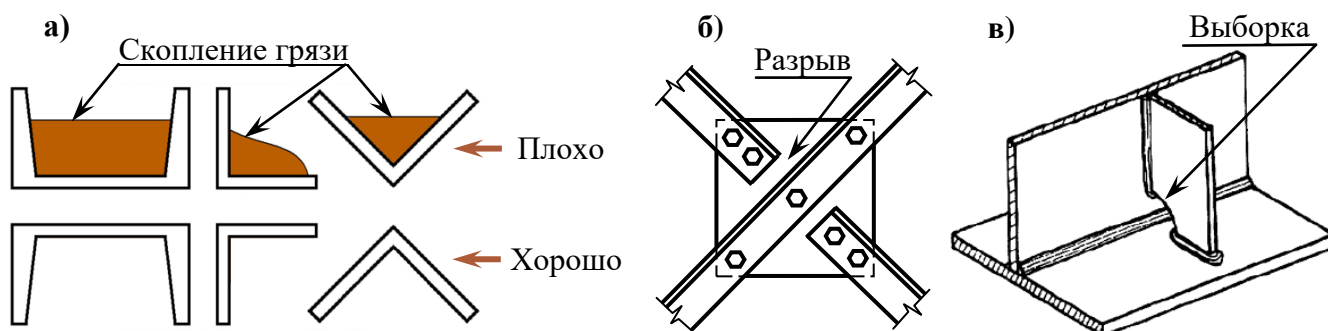


Рисунок 9.20. – Уменьшение коррозионных нагрузок на узлы конструкции за счет:

а – пространственного расположения элементов конструкций; б – оставление разрывов в соединении «фасонка-уголки»; в – выборки в ребре для стока воды; (ISO 12944-3).

Выборки (голубницы) в креплениях, ребрах и других компонентах конструкций должны иметь радиус не менее 50мм с тем, чтобы была возможность подготовить соответственно поверхность и нанести защитную систему окраски.

В ребрах жесткости, например, между перпендикулярно расположенными плоскостями, (см. рисунок 9.20, в), важно, чтобы сопряжение грани ребра и примыкающих компонентов было обварено сплошным швом по всему периметру для предотвращения образования щелей, в которых может возникнуть коррозия.

9.5.12. Замкнутые и открытые внутренние полости.

Поскольку внутренние поверхности, как замкнутых пространств (не имеющих свободного доступа), так и открытых полостей (внутренность которых является доступной), не подвергаются прямому атмосферному воздействию, они будут иметь особо подходящие условия для предотвращения коррозии, если при этом будут выполнены приведенные ниже рекомендации.

Открытые ящики и полые элементы, которые подвергаются атмосферной влаге, должны быть обеспечены вентиляцией и дренажными отверстиями, а их внутренние поверхности должны иметь доступ для эффективной защиты от коррозии.

Закрытые пространства и полости изолированные ящики и полые компоненты должны быть непроницаемы для воздуха и влаги. С этой целью, их края должны быть сварены непрерывными швами, а любые отверстия и люки снабжены герметичными крышками. Во время сварки таких элементов, нужно предотвратить попадание воды во внутрь.

Если перед покраской элементы должны быть оцинкованы, оцинкование производится в соответствии с требованиями (см. ISO 1461 и ISO 14713). Это особенно важно для предотвращения разрыва герметически сваренных элементов при их оцинковании, и избежания не защищенных оцинкованием пятен.

9.5.13. Хранение, транспортировка и монтаж.

Хранение, транспортировка и монтаж конструкций должны быть учтены на стадии проектирования. В проекте необходимо предусмотреть метод подъема и точки крепления при подъеме. Метод транспортировки, транспортный маршрут, трудность доступа к участку также должны быть приняты во внимание во время определения размера самого большого элемента. Необходимо учесть потребность в приспособлениях для поддержания элементов во время транспортировки и подъема, и предприняты соответствующие меры предосторожности, чтобы не повредить защитное лакокрасочное покрытие во время подъема, транспортировки и монтажа, то есть работ на участке, связанных со сваркой, резкой и зачисткой конструкций.

На этапе проектирования должна предусматриваться временная и постоянная коррозионная защита монтажных соединений сборных конструкций.

9.6. Подготовка дефектов стальных поверхностей.

Подготовка стальной поверхности перед окраской означает не только удаление окалины, ржавчины и других загрязнений, но и устранение дефектов поверхности. Дефекты поверхности основного металла образуются во время проката, транспортировки, правки, складирования, монтажа и других операций с металлом. Дефекты кромок возникают во время резки металла или штамповки, а сварных швов – во время выполнения сварочных работ.

Влияние дефектов на антикоррозионную способность покрытия определяется многими факторами. Оно зависит не только от характера самого дефекта – его размеров, формы, расположения, но и от свойств материала и условий эксплуатации конструкции. Поскольку изготовить бездефектную конструкцию практически невозможно, важно определить какие дефекты и до какой степени необходимо устранять в зависимости от условий эксплуатации конструкции.

Подготовка поверхности для нанесения покрытия включает в себя соответствующую подготовку поверхности стали по удалению всех поверхностных дефектов, которые могут повредить пленку покрытия, повлиять на его толщину или из-за наличия которых весьма сложно обеспечить соответствующую антикоррозионную защиту. Стандарт ISO 8501-3 устанавливает три степени подготовки для получения стальных поверхностей с видимыми дефектами, пригодными для нанесения лакокрасочных и других видов покрытий:

P1 – легкая подготовка: подготовка не требуется или требуется только проведение минимальной подготовки;

P2 – тщательная подготовка: большинство дефектов устранено.

P3 – очень тщательная подготовка: поверхность не имеет существенных видимых дефектов.

Приведенные степени обработки могут быть примерно взаимосвязаны с коррозионными категориями окружающей среды, приведенными в ISO 12944-2. Общая рекомендуемая взаимосвязь приведена в таблице 9.2.

Различные дефекты конструкций могут потребовать различных степеней подготовки.

Например, подрез может требовать подготовки Р3, а все другие дефекты могут требовать подготовки Р2. Если предъявляются требования к внешнему виду, то может быть установлена степень подготовки Р3, даже если не установлены требования к коррозионной стойкости.

Таблица 9.2. – Соотношение между степенью подготовки дефектов поверхности и коррозионной категорией среды.

Степень подготовки	Коррозионная категория
P1	C1 и C2
P2	C3 и C4
P3	C5-I, C5-M и Im1 до Im3

Следует помнить, если дефекты подвергались пескоструйной очистке, а затем удалялись шлифованием, непосредственно эти участки необходимо повторно обработать пескоструйной очисткой, чтобы сохранить профиль поверхности.

Дефекты, возникающие при производстве и монтаже металлоконструкций, должны быть рассмотрены в рамках технического задания (спецификации) и обсуждены на совещании перед началом работ. Инспекторы должны засвидетельствовать, что эти недостатки исправляются в соответствии с техническим заданием. Если исправления дефектов в спецификации не упоминаются, убедитесь, что рабочие подготавливают дефекты и наносят на них покрытия, насколько корректно, насколько это возможно. Инспектор должен обнаружить и задокументировать точное местоположение каждого дефекта в ежедневном отчете об инспекции. Эта информация будет очень полезна заказчику для выполнения технического обслуживания в будущем, и поможет ему определить, не намечается ли преждевременное повреждение покрытия.

Если спецификацией предусмотрен ремонт дефектов, в таком случае необходимо завершить ремонты, а затем продолжать работы.

Дефекты конструкций, влияющие на защитные свойства систем покрытий, делятся на три категории:

- Дефекты поверхности основного металла;
- Дефекты кромок;
- Дефекты сварных швов.

9.6.1. Дефекты поверхности основного металла.

К наиболее распространенным дефектам поверхности основного металла относятся:

- Впадины и кратеры (Pits and craters);
- Отслаивание, прокатные плены (Shelling, Sliver, Rolling skin);
- Закаты / расслоения (Roll-overs / cut laminations / roll laminations);
- Неметаллические включения (Rolled-in extraneous matter);
- Канавки и вмятины, образованные механическим действием (Grooves and gouges formed by mechanical action);
- Рванины и отпечатки валков (Indentations and roll marks).

Кратеры/раковины – чаще всего это дефекты поверхности листа в виде одиночного углубления, образовавшегося при выпадении вкатанной инородной частицы (рисунок 9.21). Дефект повторяет форму вкатанного предмета.



Рисунок 9.21. – Кратер.

Прокатные плены, отслаивания представляет собой сравнительно тонкие плоские отслоения на поверхности прокатанного металла, образовавшиеся в результате раскатки рванин,

подрезов, следов глубокой зачистки дефектов заготовки; (рисунок 9.22). В большинстве случаев плены имеют вид «языка», у которого уширенный и утолщенный конец составляет одно целое с основной массой металла. По размерам плены бывают от мелких едва заметных чешуек до 100 мм и более по длине и ширине (в толстых листах); толщина плен колеблется от десятых долей миллиметра до 3-5 мм и более.

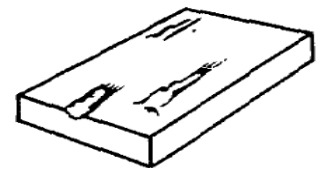


Рисунок 9.22. – Прокатная плена.

Закаты – закатанные заусенцы или продольные выступы на поверхности, получившиеся при предыдущем пропуске слитка через калибр прокатного стана (рисунок 9.23). При этом металл заусенца или возвышения не сваривается с основной массой проката. Закат, образовавшийся от заусенца, похож на продольную трещину, а от возвышения – на плену с криволинейным незамкнутым контуром.

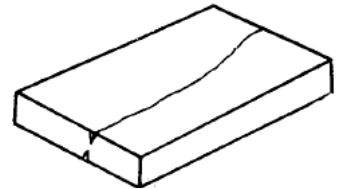


Рисунок 9.23. – Закат.

На поперечном микрошлифе дефект располагается под острым углом к поверхности без разветвления, заполнен окалиной и сопровождается искажением структуры.

Расслоения – нарушения сплошности внутри прокатанного металла на кромках и торцах листов и других видов проката, представляющие собой раскатанные крупные дефекты слитка (глубокие усадочные раковины, усадочная пористость, скопления пузырей или неметаллических включений). Характерным для расслоения является то, что поверхность нарушения сплошности параллельна плоскости прокатки (рисунок 9.24). Так, раскатанные скопления неметаллических включений дают внутреннюю прослойку, разделяющую лист или профиль на две, три или более частей. Расслоение может сопровождаться вздутием поверхности листа. Оно может быть обнаружено при резке металла.

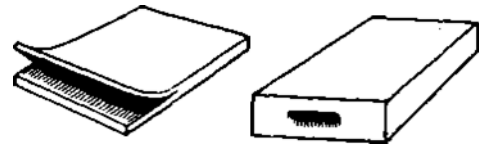


Рисунок 9.24. – Расслоение металла.

Неметаллические механические включения – вкатанные инородные частицы, такие как частицы оксида, сульфида, или силиката в металле. Могут быть также остатки подмоточной бумаги, кусочки дерева или гуммировки роликов на поверхности холоднокатаного листа.

Канавки и вмятины – дефект поверхности в виде произвольно расположенных углублений различной формы. Они могут образовываться вследствие повреждения и ударов поверхности при транспортировке, правке, складировании и других операциях.

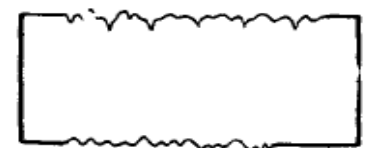


Рисунок 9.25. – Рванина на кромках.

Рванина на кромках – дефект поверхности листа и ленты в виде разрыва металла по кромкам листа, образовавшегося из-за нарушения технологии прокатки, а также при прокатке металла с пониженной пластичностью (рисунок 9.25).

Отпечатки валков – дефект поверхности в виде углублений или выступов, расположенных по всей поверхности или на отдельных ее участках, образовавшихся от выступов и углублений на прокатных валках, роликах. (рисунок 9.26).



Рисунок 9.26. – Отпечатки валков.

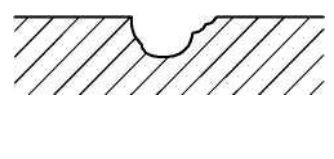
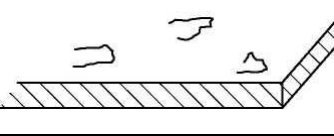
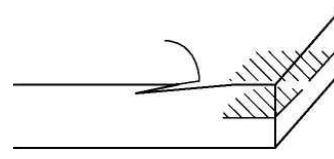
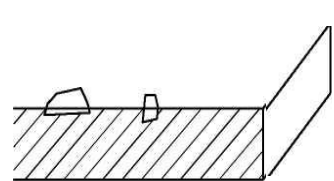
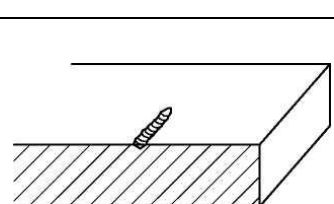
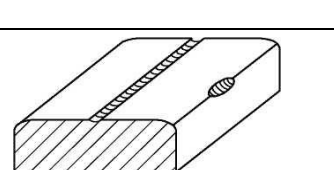
9.6.2. Подготовка дефектов поверхности основного металла.

В таблице 9.3 приведены требования стандарта ISO 8501-3 к степеням подготовки дефектов поверхностей основного металла.

Отслоения, расслоения, плены, и другие дефекты подобного типа должны быть правильно подготовлены. Для этого надо вскрыть эти участки, в противном случае они окажутся недо-

ступными для очистки и нанесения покрытий. Обязательно удалите плены, расслоения и другие дефекты, которые потенциально могут насквозь пробить покрытие.

Таблица 9.3 – Степени подготовки дефектов поверхностей основного металла.

Типы дефектов		Степени подготовки		
Описание	Иллюстрация	P1	P2	P3
1. Впадины, кратеры		Впадины и кратеры должны быть достаточно открытыми для заполнения краской	Впадины и кратеры должны быть достаточно открытыми для заполнения краской	Поверхность должна быть без впадин и кратеров
2. Отслаивания, плены		Поверхность должна быть без поднятых частиц	Поверхность должна быть без видимого отслаивания.	Поверхность должна быть без видимого отслаивания.
3. Прокатные расслоения, закаты		Поверхность должна быть без поднятых частиц	На поверхности не должно быть видимых, закатов, расслоений	На поверхности не должно быть видимых, закатов, расслоений
4. Неметаллические включения		На поверхности не должно быть вкатанных неметаллических включений	На поверхности не должно быть вкатанных неметаллических включений	На поверхности не должно быть вкатанных неметаллических включений
5. Канавки и вмятины, образованные механическим действием		Подготовка не требуется	Радиус канавок и вмятин должен быть не менее 2 мм	На поверхности не должно быть канавок, радиус вмятин должен быть более 4 мм
6. Рванины и прокатные отпечатки.		Подготовка не требуется	Рванины и отпечатки должны быть гладкими	На поверхности не должно быть рванин и отпечатков

Кратеры и любого рода вмятины ограничивают эффективность покрытий. Нанесение покрытия поверх углубления может просто образовывать перемычку над ним, создавая под пленкой пустоту, в которой может происходить коррозия. Поэтому такие углубления надо зашлифовать так, чтобы на всю поверхность можно было равномерно и полностью нанести покрытие.

9.6.3. Формы кромок.

При производстве металлопроката и его обработке образуются кромки, форма которых зависит от способа обработки. В результате производства фасонного, листового и полосового проката их катанные кромки имеют закругления различных размеров (рисунок 9.27,а). При механической резке металла, а также на обрезных кромках листового и фасонного проката углы кромок приобретают острую форму (рисунок 9.27,а,б), нередко с заусенцами. Самые неблаго-

приятные формы, с точки зрения влияния на качество антикоррозионных работ, имеют кромки, полученные при газопламенной резке (рисунок 9.27,в).

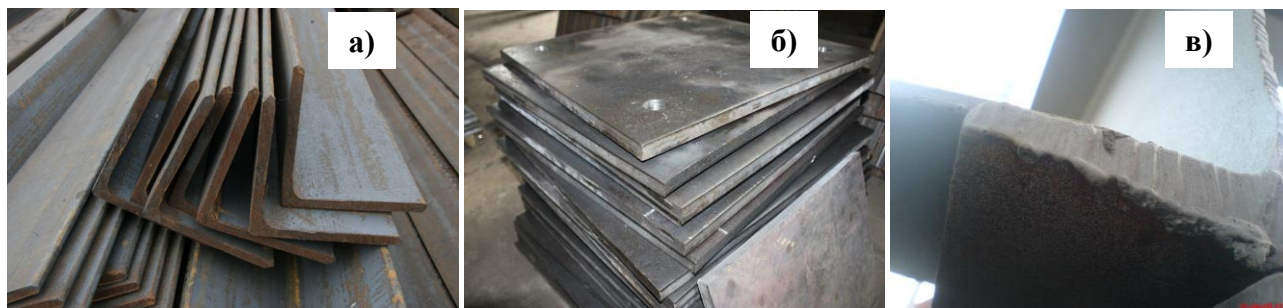


Рисунок 9.27. – Виды кромок стали при различных технологических процессах:
а – необрезная продольная катаная кромка фасонного проката и обрезная по торцам;
б – обрезные кромки при механической обработке; в – кромка при газопламенной резке.

9.6.4. Подготовка кромок.

Острые углы металлопроката и кромок изделий вызывают поверхностное натяжение покрытия, которое отрывает его от поверхности, особенно во время сушки и/или отверждения. Поэтому при подготовке кромок рекомендуется скруглять все острые края и внешние углы.

В таблице 9.4 приведены требования стандарта ISO 8501-3 к степеням подготовки кромок.

Таблица 9.4 – Степени подготовки кромок металла.

Типы дефектов		Степени подготовки		
Описание	Иллюстрация	P1	P2	P3
1. Скругленные кромки		Подготовка не требуется	Подготовка не требуется	Кромки должны быть скруглены радиусом не менее 2 мм (ISO 12944-3)
2. Кромки, полученные пробивкой, штамповкой, резанием, прошивкой или сверлением.	 1 – пробивка; 2 – штамповка	Кромки должны быть притуплены. Кромки должны быть без заусенцев	Кромки должны быть без заусенцев и притуплены.	Кромки должны быть скруглены радиусом не менее 2 мм (ISO 12944-3)
3. Термически обрезанные кромки		На поверхности не должно быть выгарки и рыхлой окалины	Кромки не должны иметь неправильного профиля	Поверхность реза должна быть удалена, кромки – скруглены радиусом не менее 2 мм

9.6.5. Дефекты сварных швов.

На качество защитного покрытия влияет состояние сварного шва, к основным дефектам которого относятся:

9.6.5.1. Сварочные брызги (рисунок 9.28) – капли наплавленного или присадочного металла, образовавшиеся во время сварки и прилипшие к поверхности затвердевшего металла сварного шва или околошовной зоны основного металла.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

Иногда сварочные брызги легко удаляются ударными инструментами, такими как механическое зубило, но, как правило, для их результативного удаления требуется зачистка с помощью радиальной или угловой шлифовальной машины.

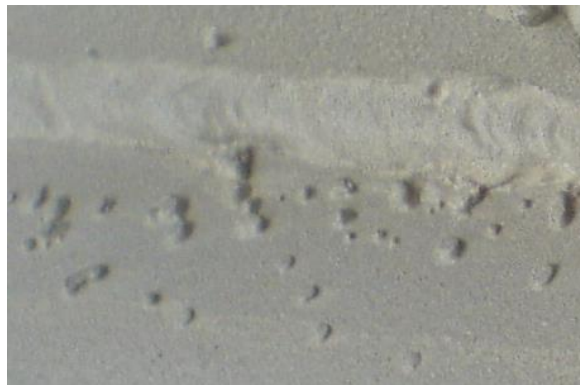


Рисунок 9.28. – Сварочные брызги

Сварочные брызги могут выступать над поверхностью основного металла до 1 мм и более, и их трудно перекрыть только покрытием соответствующей толщины. Полученная тонкая пленка покрытия по сварочным брызгам может в процессе эксплуатации преждевременно повредиться и стать причиной начала развития коррозии, которая впоследствии может распространиться и под пленкой покрытия. Поэтому обработка сварочных брызг имеет большое значение. Перед абразивоструйной очисткой в резервуарах и сосудах, где покрытия при эксплуатации работают в условиях погружения и где частый осмотр невозможен, все сварочные брызги должны быть удалены в обязательном порядке, чтобы минимизировать или исключить возможность образования очагов коррозии.

Поэтому обработка сварочных брызг имеет большое значение. Перед абразивоструйной очисткой в резервуарах и сосудах, где покрытия при эксплуатации работают в условиях погружения и где частый осмотр невозможен, все сварочные брызги должны быть удалены в обязательном порядке, чтобы минимизировать или исключить возможность образования очагов коррозии.

9.6.5.2. Прерывистый сварной шов (рисунок 9.29) оставляет в конструкции щели, в которых накапливается влага, соли и грязь при ограниченном доступе кислорода, провоцируя развитие щелевой коррозии.



Рисунок 9.29. - Прерывистый сварной шов внахлест.

Поэтому сварной шов должен быть непрерывным. Непрерывный сварной шов дороже прерывистого, однако, продление срока службы покрытия компенсирует дополнительные расходы на выполнение сварки непрерывным швом. Инспектор обязан сообщить заказчику о каких-либо щелях в сварочных соединениях для принятия дальнейших решений перед нанесением покрытия.

Лучший способ герметизировать щели в сварочном соединении – заварить его непрерывным швом, зачистить шов до гладкого состояния, затем выполнить полосовую окраску сварного шва и, наконец, нанести полный слой краски. Если выполнить непрерывный сварной шов невозможно, можно использовать проникающие герметики или замазку в соединениях внахлестку. Герметики должны быть совместимы с покрытием полосового слоя, наносимого по обработанному герметику соединению.

9.6.5.3. Грубая поверхность сварного шва (рисунок 9.30) – дефект в виде наплывов, чешуйчатости и бугристости на поверхности сварного шва. Дефекты возникают вследствие колебания напряжения в сети, проскальзывания проволоки в подающих роликах, неравномерной скорости сварки, неправильного угла наклона электрода.

Чешуйчатость сварного шва (рисунок 9.30,а) – поперечные или округлые углубления на поверхности валика сварного шва, образовавшиеся вследствие неравномерности затвердевания металла сварочной ванны.

Наплыв сварного шва (рисунок 9.30,б) – натекание металла шва на поверхность основного металла без сплавления с ним. Наплывы наблюдаются в основном при сварке однослойных стыковых швов без разделки кромок и при наплавке.

Бугристость сварного шва (рисунок 9.30,в) – местное превышение проплава сверх установленного значения.

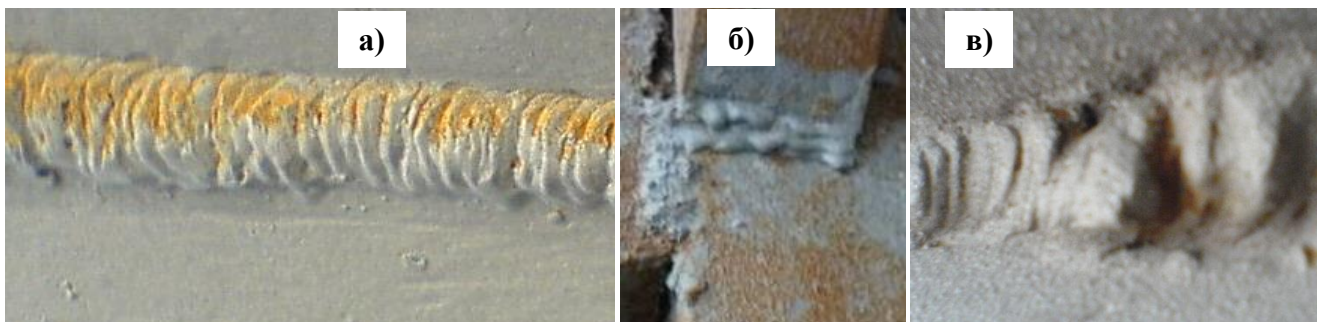


Рисунок 9.30. – Грубая поверхность сварного шва:

а – чешуйчатость сварного шва; б – наплывы; в – бугристость.

Для грубой поверхности сварного шва характерно наличие высоких острых выступов и углублений клиновидной формы. Подобно ребрам на кромках металла острые ребра и вершины сварного шва трудно покрывать: вследствие поверхностного натяжения на ребрах и выступах покрытие оттягивается от края ребра, и оно будет гораздо тоньше, чем на поверхности основного металла (рисунок 9.31,а). Вместе с этим, краска может плохо заполнять клиновидные углубления, создавая условия для образования коррозии.

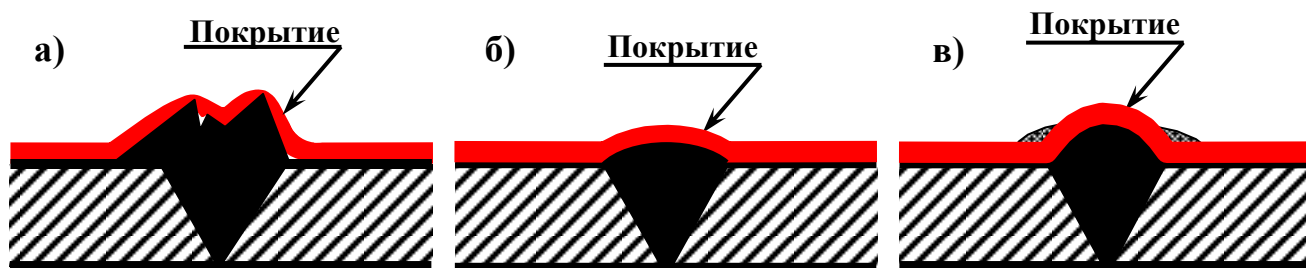


Рисунок 9.31. – Распределение пленки покрытия по поверхности сварных швов:

а – неравномерная пленка при наличии острых выступов на сварных швах и образование пустот в углублениях; б – равномерная пленка при гладком сварном шве; в – скопление пыли и грязи на границе сплавления выпуклого сварного шва с основным металлом.

Поэтому острые края и другие неровности на грубых поверхностях сварных швов необходимо зачистить, или отремонтировать, чтобы создать гладкую поверхность и предотвратить покрытие от образования перемычек на местах углублений в шве.

Превышение выпуклости сварного шва – избыток наплавленного металла на лицевой стороне стыкового шва сверх установленного значения (рисунок 9.31,в).

В процессе сварки из-за неправильных режимов сварки при формировании шва избыток металла кристаллизуется в центре сварочной ванны в виде выпуклости, превышающей допустимые значения. Чрезмерную выпуклость другими словами называют превышением усиления шва.

Превышение выпуклости удаляют механическим способом шлифовальным инструментом.

9.6.5.4. Подрез сварного шва (рисунок 9.32) – дефект, который характеризуется наличием острого клиновидного углубления между основным и наплавленным металлом на участке или по всему периметру сварного шва. Различают односторонний и двусторонний подрезы.



Рисунок 9.32. – Односторонний подрез сварного шва.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

Подрез является концентратором напряжения, вследствие чего с большой вероятностью он будет относиться к катодным участкам, провоцирующим коррозионный процесс на и без того проблемной зоне с точки зрения защиты от коррозии.

Способ исправления дефекта:

- при неглубоких подрезах – заглаживание дугой;
- при глубоких – подварка.

9.6.5.5. Поры сварного шва – заполненные газом полости округлой формы.

Поры возникают в жидком металле шва вследствие интенсивного газообразования, при котором не все газовые пузырьки успевают выйти наружу до затвердевания сварного шва. Размеры пор, образующихся в металле, бывают как микроскопические, так и достигающие нескольких миллиметров. В сварном шве, помимо одиночных пор, могут возникать и скопления пор, а иногда даже раковины и свищи. Они могут быть округлой или вытянутой формы, а их размеры зависят от размеров пузырьков образовавшихся газов.



Газовая пора, которая нарушает сплошность поверхности сварного шва, называется **поверхностной порой** (рисунок 9.33). Способом исправления поверхностных пор является подварка.

Рисунок 9.33. – Поверхностные поры сварного

9.6.5.6. Кратер сварного шва (рисунок 9.34) – усадочная раковина сварного шва – дефект в виде полости или впадины, образовавшейся при усадке расплавленного металла при затвердевании (располагается, как правило, в местах обрыва дуги или окончания сварки).

Способ исправления кратера – удаление дефектного участка и заварка. Кратеры являются концентраторами напряжений, сопровождаются усадкой и трещинами усадочного происхождения.



Рисунок 9.34. – Кратер сварного шва.

Подрезы, поры и кратеры, одинаково влияют на покрытие, наносимое на такие дефекты как острые углубления. Как правило, на месте углублений нарушается сплошность пленки покрытия – в покрытии образуются поры и пинхолы (точечные проколы). На мелких порах и щелях в некоторых случаях может образовываться сплошная пленка, но под ней могут иметь место пустоты вследствие плохого проникания краски в острые углубления и действия сил поверхностного натяжения при высыхании и полимеризации краски.

9.6.5.7. Шлаковые включения в металле шва – небольшие объемы металла шва, заполненные неметаллическими веществами (шлаками, окислами). **Шлаковые включения** образуются вследствие сварки загрязненных кромок металла, недостаточной величины сварочного тока и чрезмерно большой скорости сварки, небрежной зачистки предыдущего слоя шва перед наложением последующего при многослойной сварке.



Рисунок 9.35. – Шлаковые включения.

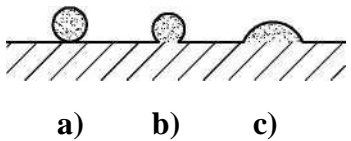
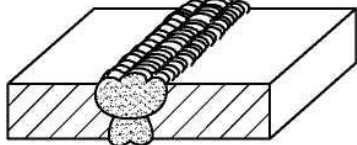
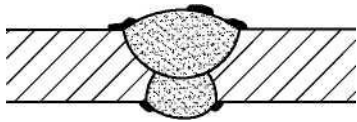
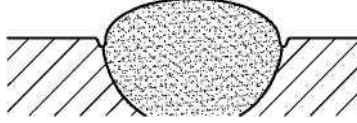
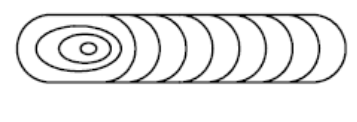
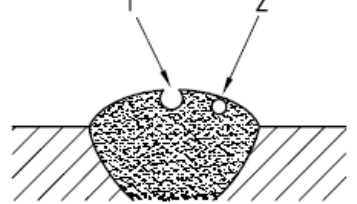
Поверхностные шлаковые включения (рисунок 9.35) перед грунтованием нужно обязательно удалять. Шлак как губка будет впитывать влагу, и шов

будет активно корродировать.

9.6.6. Подготовка сварных швов.

В таблице 9.5 приведены требования стандарта ISO 8501-3 к степеням подготовки сварных швов.

Таблица 9.5 – Степени подготовки сварных швов.

Типы дефектов		Степени подготовки		
Описание	Иллюстрация	P1	P2	P3
1. Брызги металла при сварке		На поверхности не должно быть неприваренных брызг металла [см. а)]	На поверхности не должно быть не приваренных брызг металла и незначительных налипаний [см. а) и b)]. Брызги металла при сварке, [см. с)], могут оставаться	На поверхности не должно быть сварочных брызг, за исключением не имеющих подрезов [см. с)]
2. Сварной чешуйчатый шов/грубый профиль сварного шва		Подготовка не требуется	Поверхность должна быть обработана (например, шлифованием) для удаления неправильного или с острыми краями профиля.	Поверхность должна быть полностью обработана, т.е. гладкой.
3. Сварной шлак		На поверхности не должно быть сварного шлака	На поверхности не должно быть сварного шлака	На поверхности не должно быть сварного шлака
4. Подрез сварного шва		Подготовка не требуется	На поверхности не должно быть острых или глубоких подрезов	На поверхности не должно быть подрезов
5. Концевые кратеры		Подготовка не требуется	Концевые кратеры не должны иметь острых кромок	На поверхности не должно быть концевых кратеров
6. Пористость сварного шва: 1 – видимые поры; 2 – невидимые поры		Подготовка не требуется	Поры должны быть достаточно раскрыты для проникновения краски, либо устранены.	На поверхности не должно быть видимых пор.

9.7. Требования к внутренней поверхности резервуаров.

Стандарт-методические рекомендации NACE SP0178 «Практика проектирования, изготовления и отделки поверхности для резервуаров и сосудов, которые подлежат облицовке для условий погружения» в качестве руководства содержит требования и рекомендации, позволяющие избежать многих типичных ошибок проектирования и дефектов изготовления сосудов и резервуаров, которые могут негативно повлиять на всю систему покрытия.

9.7.1. Практика проектирования.

9.7.1.1. Доступность к поверхностям.

Все внутренние поверхности резервуаров должны быть легкодоступны для подготовки поверхности и нанесения облицовки. Стандарт содержит эскизы, изображающие как хорошие, так и плохие практики компоновки элементов и узлов резервуаров и емкостей, подлежащих облицовке покрытиями для эксплуатации в режиме погружения.

Диаметр входного люка для рабочих должен обеспечить безопасный проход работающих вместе с оборудованием, включая оборудование по технике безопасности и из соображений безопасности во время нанесения должен быть таким же, как практикуется для танков и резервуаров при их эксплуатации (рисунок 9.36).

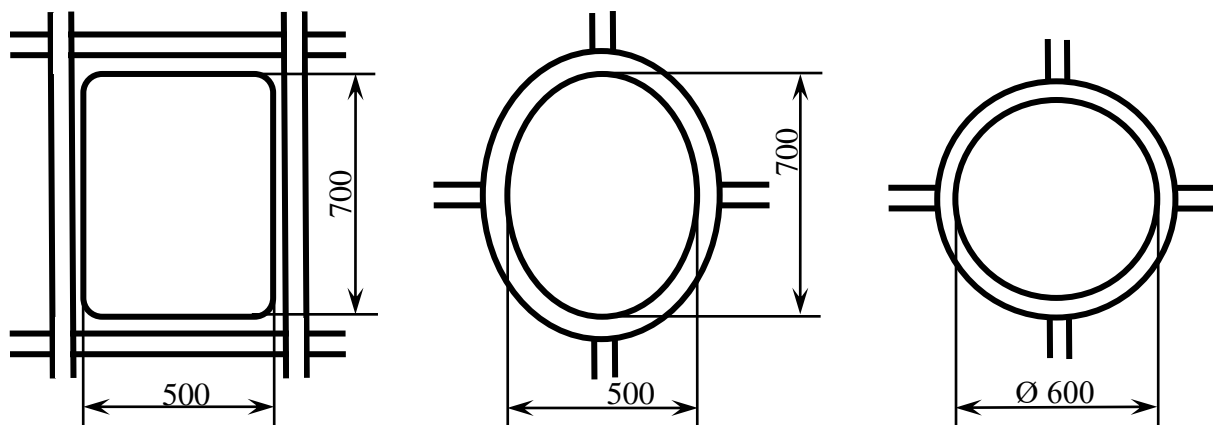


Рисунок.9.36 – Рекомендуемые стандартом ISO 12944-3 минимальные размеры люков прямоугольной, овальной и круглой формы для доступа к замкнутым пространствам.

По возможности, по крайней мере, один люк должен быть расположен около уровня земли, за исключением резервуаров или сосудов, зарываемых под землю. Должны быть предусмотрены дополнительные люки и отверстия по мере необходимости, чтобы облегчить вентиляцию. Они должны соответствовать требованиям безопасности.

9.7.1.2. Соединения.

По возможности должны использоваться непрерывные сварные соединения листов встык. Непрерывные сварные соединения внахлест могут использоваться, но не являются предпочтительными. Заклепочные соединения не должны использоваться. Использование внутренних болтовых соединений следует максимально избегать.

9.7.1.3. Отводы.

Все отводы резервуара или емкости должны быть фланцевыми. Резьбовые отводы для резервуаров или емкостей, работающие в агрессивных средах, не должны использоваться, либо они должны быть изготовлены из коррозионно-стойких материалов или выполнены составными. Соединительные патрубки, подлежащие облицовке, должны быть, как можно более короткими и составлять в диаметре не менее 50 мм. Патрубки диаметром менее 50 мм должны быть соответствующим образом присоединены через восстанавливаемый фланец.

9.7.1.4. Вспомогательные элементы и оборудование внутри емкостей.

Все элементы, устанавливаемые внутри емкостей, которые должны быть облицованы, подготавливаются таким же образом, как и внутренние поверхности резервуара. К таким вспомогательным элементам относят, но не ограничиваются ими, агитаторы, воронкогасители, выпускные патрубки, измерительные датчики, антизавихрители и внутренние трубопроводы.

Если оборудование внутри емкости или резервуара, включая гайки и болты, не может быть облицовано, оно должно быть изготовлено из коррозионно-стойких материалов.

Если необходимы болтовые соединения и не могут быть изготовлены из коррозионно-стойких материалов, соединяемые поверхности должны быть облицованы перед сборкой. На сопрягаемых поверхностях и поверхностях уплотнения гаек и болтов должны быть использованы прокладки для защиты облицовочного покрытия.

Разнородные металлы должны быть электрически изолированы от стального резервуара или поверхности сосуда. Там, где используются разнородные металлы, выбор должен быть таким, чтобы гальванический эффект был минимальным.

Нагревательные элементы должны быть вынесены из емкости или резервуара, чтобы обеспечить доступ для подготовки поверхности, нанесения, проверки и очистки. Элементы должны быть расположены таким образом, чтобы не повредить систему облицовки.

9.7.1.5. Упрочняющие элементы конструкций.

Упрочняющие элементы конструкций должны быть установлены на внешней стороне резервуара. Тем не менее, если такие элементы установлены внутри, то они должны быть изготовлены из простых форм, таких как гладкие, круглые стержни или трубы для облегчения нанесения облицовочного материала.

Использование внутри резервуаров фланцевых соединений, кольцевых ребер жесткости, усиливающих накладок, углов, каналов, двутавровых балок и других сложных форм следует избегать. Если такие элементы все же должны быть установлены внутри, они должны быть приварены сплошным швом. Сварные швы и острые кромки должны быть скруглены до радиуса не менее 3,2 мм или по согласованию между разработчиком, заказчиком и подрядчиком.

9.7.1.6. Теплопоглощение.

Принудительное отверждение облицовочных систем с подогревом, часто является предпочтительным, если не специально требуемым условием. При проектировании и изготовлении резервуаров, особенно возводимых в полевых условиях, необходимо принимать меры, позволяющие избегать или сводить к минимуму зоны поглощения тепла. Такие зоны могут включать лапы-опоры сосудов и аппаратов, плоские днища на фундаменте, а также кольцевые ребра жесткости.

Эти вопросы могут быть решены несколькими способами:

- а) Использованием нагревателей соответствующей мощности;
- б) Путем размещения резервуара на бетонной подушке, перекрытой слоем вермикулитового бетона толщиной 100 мм;
- в) Изолированием днища резервуара от фундамента с помощью конструкционной теплоизоляции с высокой прочностью на сжатие;
- г) Установкой внутри резервуара временного двойного дна, примерно 1,5 м над днищем резервуара до окончания высокотемпературной термообработки;

Другими подходящими средствами, которые практично и эффективно обеспечивают правильное отверждение облицовки на днище резервуара.

9.7.2. Практика изготовления.

Все методы проектирования применяются ко всем видам производства.

Все сварочные швы должны быть непрерывными. Прерывистые швы или точечная сварка не допускается.

Кромки и углы должны быть доступны для шлифования.

Резервуары, сооружаемые в полевых условиях с применением облицовки, отверждаемой при высокой температуре, (например, не модифицированные фенолформальдегидные терморезистивные покрытия) должны иметь соответствующим образом изолированные днища и быть смонтированы на хорошо высохшее основание для облегчения правильного отверждения облицовки на днище резервуара. Поскольку песчаная подсыпка на грунтовом основании, бетонная подушка, или другой подобный фундамент являются плохими теплоизоляторами, перед нанесением облицовки необходимо либо перекрыть отвод тепла, либо распределить тепло равномерно.

9.7.3. Практика обработки поверхности.

Острые кромки должны быть скруглены до радиуса не менее 3,2 мм или по согласованию между производителем, заказчиком и подрядчиком.

Подлежащие облицовке внутренние поверхности емкостей и резервуаров не должны содержать кратеров и раковин, канавок и вмятин, глубоких царапин, расслоений, отслоений и других поверхностных дефектов.

Дефекты должны быть отремонтированы с помощью сварки или шлифованием, в зависимости от их вида.

Грубый профиль сварного шва должен быть отшлифован, до удаления острых кромок и других подобных неровностей. Для удаления острых кромок может быть использована зачистка зубилом, если в последующем будет выполнена зачистка шлифмашиной. В таблице 9.6 приведены описание и графическое изображение пяти степеней обработки поверхности сварных швов, которые могут быть установлены после подготовки к нанесению облицовки в резервуарах и емкостях (приложение С, NACE SP0178).

Количество осуществляемых зачисток должно быть обоснованным и осуществляться только в объеме, необходимом для подготовки поверхности сварного шва и окружающих металлических поверхностей в соответствии со спецификацией. Следует избегать избыточной зачистки, которая может привести к уменьшению толщины стенки или целостности сварного шва, превысив ограничения размеров, налагаемые рациональной практикой сварки, применяемыми для сварки нормами и правилами или отнесением к классу сосудов и резервуаров.






Автоматические сварные швы могут быть рекомендованы спецификацией для обеспечения непрерывности пленки.

Все сварочные брызги и следы от зажигания дуги должны быть удалены. Может быть использована зачистка зубилом, если за ней следует шлифование с использованием абразивного диска.


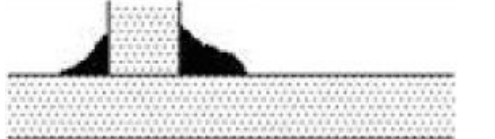
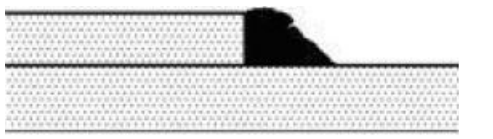
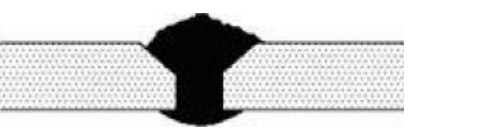

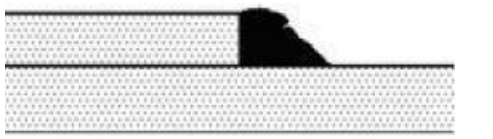


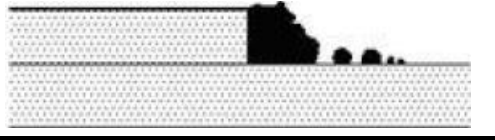
Если перед сваркой на прилегающие к месту сварки наносится материал против прилипания сварочных брызг, такой материал должен легко сниматься. Материалы против образования сварочных брызг должен быть удален перед абразивоструйной очисткой.

При проверке сварных швов на сплошность, производитель резервуаров или сосудов должен избегать использования масел, смазок или других инородных материалов, которые оставляют следы загрязнений, плохо поддающиеся пескоструйной очистке. Поверхности должны быть очищены от прокатной окалины, ржавчины и других загрязнений в соответствии с требованиями спецификации по нанесению облицовки.

Таблица 9.6. – Описание и графическое изображение различных степеней обработки поверхности сварных швов, которые могут быть установлены после подготовки к нанесению облицовки в резервуарах и емкостях^(А).

Обозначение NACE подготовки сварных швов	Тип зачистки шва	Сварное соединение встык	Сварное соединение в тавр угловым швом	Сварной шов внахлестку
А	Зачищен заподлицо, гладкий, без каких либо дефектов ^(В)	По мере необходимости удаляются сварочные брызги и ремонтируются все дефекты поверхности. Сварной шов шлифуется заподлицо с поверхностью листа.	Неприменимо	Неприменимо
			Неприменимо	Неприменимо
В	Зачищенный заподлицо с основным металлом	Имеются незначительные дефекты, такие как поры и подрезы. Сварной шов шлифуется заподлицо с поверхностью листа.	Неприменимо	Неприменимо
			Неприменимо	Неприменимо
С	Зачищен до гладкого состояния, без каких либо дефектов ^(В)	По мере необходимости удаляются сварочные брызги и ремонтируются все дефекты поверхности. Сварной шов шлифуется до гладкого состояния и плавно переходит к поверхности листа.	По мере необходимости удаляются сварочные брызги и ремонтируются все дефекты поверхности. Сварной шов шлифуется до гладкого состояния и плавно переходит к поверхности листа.	Угловой сварной шов между двумя листами. По мере необходимости удаляются сварочные брызги и ремонтируются все дефекты поверхности. Сварной шов шлифуется до гладкого состояния и плавно переходит к поверхности листа.
				

^(А) Текстовые описания различных степеней подготовки поверхности сварных швов имеют приоритет над графическими изображениями и дополняющим стандарт визуальным компаратором. Графические изображения только наглядно представляют сварные швы и их обработку шлифованием и не предназначены представлять полноту сварных швов в целом. «Состояние сварного шва до обработки» не является типичным. Оно предназначено только для иллюстрации дефектов в сварных швах, которые должны быть исправлены до нанесения облицовки. Рекомендуемые нормы для сварных швов и нормы и правила по сварке определяют целостность сварных швов емкостей и резервуаров. Приведенные данные касаются только подготовки поверхности сварных швов с целью нанесения облицовок резервуаров и емкостей, эксплуатируемых в режиме погружения.

Обозначение NACE подготовки сварных швов	Тип зачистки шва	Сварное соединение встык	Сварное соединение в тавр угловым швом	Сварной шов внахлестку
D	Зачищен до гладкого состояния с плавным переходом к поверхности листа ⁽¹⁾	<p>Имеются незначительные дефекты, такие как поры и подрезы. Сварочные брызги удаляются, затем сварной шов зачищается до гладкого состояния и выполняется плавный переход к поверхности листа.</p> 	<p>Имеются незначительные дефекты, такие как поры и подрезы. Сварочные брызги удаляются, затем сварной шов зачищается до гладкого состояния и выполняется плавный переход к поверхности листа.</p> 	<p>Имеются незначительные дефекты, такие как поры и подрезы. Сварочные брызги удаляются, затем сварной шов зачищается до гладкого состояния и выполняется плавный переход к поверхности листа.</p> 
E	Минимальная	<p>Удаляются острые выступы на сварном шве, шлак и сварные брызги.</p> 	<p>Удаляются острые выступы на сварном шве, шлак и сварные брызги.</p> 	<p>Удаляются острые выступы на сварном шве, шлак и сварные брызги.</p> 
	Состояние сварного шва до обработки			

⁽¹⁾ Абразивоструйная очистка в рамках подготовки к нанесению покрытия может выявить дополнительные поры и подрезы. Некоторые подрядчики требуют от изготовителя резервуаров возможность выполнения абразивоструйной очистки сварных швов, чтобы выявить эти недостатки перед инспектированием качества подготовки сварных швов. Ответственность за ремонт дефектов, выявленных таким образом, должен быть решен на совещании перед началом работ.

Визуальный компаратор, упоминаемый в примечании (A), представляет собой штампованную пластиковую копию, которая иллюстрирует различные степени отделки поверхности сварных швов перед нанесением покрытия или облицовки. Изображены непрерывный сварной шов, прерывистые сварные швы, сварные соединения встык, сварные соединения внахлест и другие.

9.7.4. Рекомендуемая ответственность.

В настоящем параграфе приведен перечень рекомендуемой ответственности, которую должны нести заказчик, проектировщик, изготовитель конструкций, подрядчик, наносящий облицовку, и инспектор, чтобы получить надлежащим образом спроектированный и изготовленный резервуар или сосуд под нанесение внутренней облицовки.

9.7.4.1. Совместная ответственность.

Заказчик, проектировщик, изготовитель конструкций, подрядчик, наносящий облицовку, и инспектор должны пересмотреть и согласовать требования, включенные в договорное соглашение, перед его подписанием.

Заказчику по согласованию с изготовителем конструкций и подрядчиком, наносящим облицовку, следует назначить ответственных за инспекцию при изготовлении, подготовке поверхности и нанесения облицовки, и такая ответственность должна быть отражена во всех контрактах.

9.7.4.2. Ответственность заказчика.

Заказчик должен отвечать за определение и/или утверждение подробных требований к проектированию, изготовлению и подготовке поверхности для всех заинтересованных сторон.

Детальные требования должны быть подробно описаны в виде документа (технических условий) и включать в себя чертежи сооружаемых резервуаров или сосудов и требования к их обслуживанию. Заказчик должен сообщить проектировщику, изготовителю конструкций, подрядчику, наносящему облицовку, и инспектору график выполнения работ, процедуру инспектирования и допустимые требования в письменной форме.

9.7.4.3. Ответственность проектировщика.

Проектировщик должен нести ответственность за авторский контроль над изготовлением и деталями поверхности по всем эскизам и чертежам, имеющим отношение к резервуарам и сосудам.

9.7.4.4. Ответственность изготовителя.

Изготовитель должен нести ответственность за соблюдение технологии изготовления и обработки деталей поверхности, показанных на рабочих чертежах и описанных в технических условиях емкости или резервуара.

Изготовителю при проверке качества сварного шва, следует использовать только те материалы, которые могут быть легко и полностью удалены изготовителем после завершения процедуры проверки.

9.7.4.5. Ответственность подрядчика, наносящего облицовку.

Подрядчик отвечает за соблюдение требований спецификации к подготовке поверхности и нанесению покрытия облицовки.

Ответственность за дополнительные сварочные работы, зачистку или обработку поверхностей, которые могут быть выявлены при подготовке поверхности перед ее облицовкой, а также при любой последующей повторной абразивоструйной очистке, должны быть определены в договоре по нанесению облицовки.

9.7.4.6. Ответственность инспектора.

Квалифицированный инспектор, чья квалификация и принадлежность к организации приемлемы для всех сторон, должен нести ответственность за проверку выполнения требований проектирования, изготовления и качества обработки поверхности.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

На стандарт NACE SP0178 может ссылаться спецификация, обеспечивая визуальное руководство по допустимому состоянию дефектов после стадии предварительной подготовки поверхности. Также имеются сопутствующие этому стандарту копии, наглядно показывающие различные степени подготовки сварного шва и примеры закругления кромок.

Обратите внимание, что стандарт NACE SP0178, т.е. непосредственно описательная часть стандарта и имеющий к нему отношение обычный компаратор, позволяет заинтересованным сторонам общаться на одном языке по вопросу требований к подготовке поверхностей сварных соединений.

Компаратор поверхности сварного шва (рисунок 9.37) – это пластиковая копия сварных швов, демонстрирующая различные их степени отделки для соединений встык и внахлест и позволяет инспекторам сравнивать качество сварных швов с образцом. Предназначен для визуального контроля качества при сварке по шкале от А до F в каждом конкретном случае. Компаратор включает 14 различных примеров фактических сварок, позволяя проводить оценку сварного соединения.

Тот же стандарт может быть указан в спецификации, обеспечивая визуальное руководство по приемлемым условиям после стадии предварительной очистки подготовки поверхности.



Рисунок 9.37. – Компаратор поверхности сварного шва.

9.8. Предварительная очистка.

Главная цель предварительной очистки поверхности – удаление вредных веществ, препятствующих удовлетворительному прилипанию первого слоя грунтовки к окрашиваемой поверхности, а также уменьшение количества загрязнителей, способствующих возникновению коррозии под слоем краски.

Прежде чем приступить к дальнейшей подготовке поверхности, используя соответствующие методы для удаления прокатной окалины, ржавчины, старой краски и т.п., важно измерить уровень загрязнений на поверхности до и после подготовки поверхности, чтобы обеспечить оптимальное качество и долговечность покрытия.

Масло, жир, соли, грязь и подобные загрязнители должны быть, как можно лучше, удалены. Если покрытие нанесено на загрязненную, неправильно подготовленную поверхность, то оно может быть преждевременно повреждено, приводя к дорогостоящему, повторному нанесению покрытия и высоким затратам на обслуживание. Присутствие на поверхности загрязнений солей, таких как - хлориды, сульфаты и нитраты, как объяснялось ранее, приводит к образованию пузырения на поверхности органических покрытий, особенно в погруженных условиях.

До начала подготовки поверхности инспекторы всегда должны проверять поверхность на предмет наличия загрязнений.

Ниже перечислены некоторые положения, которые необходимо знать на стадии предварительной очистки.

9.8.1. Удаление масла и смазки.

9.8.1.1. Стандарты.

Стандарты SSPC-SP 1 и ISO 12944-4 официально регулируют очистку растворителем при удалении масла, жира, грязи, смазочно-охлаждающих жидкостей, и других подобных органических соединений. Инспекторы также должны понимать, что загрязняющие вещества, рассматриваемые в стандарте, должны быть «видимыми».

Сначала необходимо скребком удалить тяжелые загрязнения маслом или смазкой и, при необходимости, удалить старое лакокрасочное покрытие смывкой для снятия краски.

Растворители, такие как вода, минеральные спирты, ксилол, толуол и т.д., используются для удаления растворимых загрязняющих веществ с поверхности черных металлов. Наиболее общим методом для этого является обработка органическим растворителем, сопровождаемая вытиранием насухо чистой ветошью. Вытирание является обязательным, в противном случае после смывания растворителем загрязнение просто распространится на более широкую площадь. Ветошь и растворители должны часто меняться.

Промывка водой низкого давления (10 – 28 МПа) при большом расходе (11 – 19 л/мин) с добавлением соответствующих химических моющих веществ является общепризнанным методом «очистки растворителем». Все другие видимые загрязнения на поверхности должны быть удалены перед очисткой ручными инструментами или абразивоструйным методом.

9.8.1.2. Методы испытаний масла и смазки.

Масло, присутствующее в небольших количествах на поверхностях после абразивоструйной очистки, могут быть обнаружены с помощью следующих тестов:

- Налить растворитель (воду) на поверхность: растворитель (вода) должен растекаться непрерывным пятном, не распадаясь на капли;
- Куском мела со средним надавливанием провести линию с чистого участка через оцениваемый участок на другой чистый участок. Если линия на тестируемом участке потеряла интенсивность, то на нем присутствуют маслянистые вещества;
- Использование ультрафиолетового света для освещения в полной темноте поверхности, чтобы выявить следы определенных углеводородных масел, жира, отпечатков пальцев и т.п. Ультрафиолетовый свет также может выявить другие материалы на поверхности, которые могут или не могут быть вредны для покрытия. Используйте только разрешенные ультрафиолетовые лампы. Глядя прямо на неэкранированную ультрафиолетовую лампу, можно серьезно повредить глаз, включая слепоту. Любая ультрафиолетовая лампа должна иметь соответствующий сертификат, подтверждающий возможность ее безопасного использования в данных целях.

9.8.1.3. Методы удаления масла и смазки.

Удаление оставшегося масла или смазки с помощью любого из следующих методов, которые стандарт ISO 12944-4 называет методами очистки с помощью воды, растворителей и химических веществ:

1. Очистка с помощью органических растворителей применяется для удаления масла и жира, с использованием необходимых органических растворителей. **Органические растворители** очищают металл путем растворения и разбавления загрязнений масла и смазки на поверхности.

Обычно используют различные методы обезжиривания с помощью растворителей:

- **С помощью ветоши**, пропитанной органическим растворителем, обычно ограничивается небольшими участками. Протрите ветошью или смойте щетками, смоченными растворителем. Используйте чистый растворитель и чистую ветошь или щетки для окончательной протирки.
- **Распылением на поверхность растворителя**. Используйте чистый растворитель для окончательного распыления.
- **В парах растворителя**, с помощью стабилизированных невоспламеняемых хлорированных углеводородных растворителей, которые нагревают до температуры кипения в специальной ванне. Охлаждающий змеевик конденсирует пар и создает зону насыщенных

паров чистого растворителя. На поверхности деталей, находящихся в этой зоне, растворитель конденсируется и растворяет жировые загрязнения. Детали по мере смывания конденсированным растворителем нагреваются до температуры паров; затем детали поднимаются выше зоны паров, где они быстро высыхают.

- **Погружением деталей в растворитель.** Для последнего погружения, используют растворитель, который не содержит причиняющие вред загрязняющие вещества.

Некоторые органические растворители при использовании для очистки растворителем можно считать опасными для здоровья, которые, скорее всего, будут создавать опасность для возникновения пожара. В частности, толуол подлежит ограничениям здоровья и безопасности во многих странах.

Неорганические материалы, такие как хлориды, сульфаты, сварные флюсы и прокатная окалина не удаляются органическими растворителями.

Для последней промывки используйте чистый растворитель, чтобы удалить тонкий слой масла или смазки, который может быть оставлен на поверхности. Этот слой, если не удалить, может препятствовать адгезии покрытия к поверхности.

Некоторые растворители (например, ксилол и толуол) также растворяют некоторые пленки краски, и они могут быть удалены с поверхности. Не превращаемые покрытия (например, хлоркаучуковые, виниловые), скорее всего, будут размягчаться, и удаляться при промывке растворителем.

Нефтепродукты, такие как уайт-спирит с температурой вспышки 38°C могут быть использованы в качестве растворителя общего назначения при нормальных условиях. В жаркую погоду необходимо использовать уайт-спирит с высоким уровнем температуры вспышки 50°C.

Поскольку растворители являются потенциально опасными и во время очистки могут через дыхательные пути попадать в организм, важно контролировать концентрацию паров растворителя на рабочем месте. Их концентрация в воздухе на рабочем месте должна быть ниже предельных значений (ПДК), определенных государственными или местными нормами. Используйте соответствующие шлемы для индивидуального воздухообеспечения в условиях ограниченного пространства и всякий раз, когда превышена безопасная концентрация. Убедитесь, что подаваемый свежий воздух не содержит окиси углерода (СО) или других загрязняющих веществ из других источников, таких как продукты сгорания двигателя и т.д.

Также убедитесь, что концентрация растворителей в воздухе не превышает нижний предел воспламеняемости, известный как нижний предел взрываемости, при которой пожар или взрыв не происходит. Такие концентрации наиболее вероятны в замкнутых пространствах, таких как резервуары, трубы, или сосуды.

В целом, фактор стоимости и нормы, ограничивающие использование органических растворителей, являются настолько жесткими, что они препятствуют использованию этих материалов, за исключением строго контролируемых особых ситуаций.

2. Щелочная очистка применяется для удаления масла и жира, с использованием щелочных чистящих веществ, после которых необходимо ополаскивание горячей или холодной чистой пресной водой.

Щелочные очистители, такие как тринатрийфосфат и гидроксид натрия, омыляют большинство видов масел и смазок, а также их поверхностно-активные компоненты смывают другие загрязняющие вещества. Эти очистители могут также омылять некоторые связующие вещества покрытий. Производители часто сочетают щелочные очистители с поверхностно-активными веществами (увлажняющими добавками), ингибиторами и моющими средствами для формиро-

вания собственных продуктов, которые необходимо использовать в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя. Эти продукты часто используются при повышенных температурах.

После очистки щелочными очистителями на поверхности может оставаться слегка мыльная пленка. Эту пленку необходимо удалить, обычно ополаскиванием горячей водой под высоким давлением. Оставшиеся на поверхности щелочные очистители, как правило, могут негативно влиять на адгезию покрытия к металлу. Тест с помощью лакмусовой индикаторной бумаги для измерения рН позволяет определить эффективность обмыва. В общем случае, значение рН промытой поверхности не должно превышать рН промывочной воды. В некоторых случаях заказчик может предпочесть использовать кислотную промывку, например, водный раствор 0,1% по весу хромовой кислоты, бихромата натрия или бихромата калия для нейтрализации следов щелочи на поверхности.

Следуйте мерам предосторожности при использовании щелочных очистителей и хромовой кислоты. Как одни, так и другие могут вызвать ожоги и/или дерматит. Лица, работающие со щелочными очистителями, должны пользоваться резиновыми перчатками, защитными очками или стеклянными масками и респираторами, когда эти материалы наносятся распылением.

3. Очистка паром применяется для удаления масла и жира. Если в пар добавляется детергентное очищающее вещество, необходимо ополаскивание горячей или холодной чистой пресной водой, чтобы удалить вредные остатки.

4. Очистка водой – этот метод состоит из направления струи чистой, пресной воды под давлением (< 70 МПа) на поверхность, которую необходимо очистить. Давление воды зависит от того, какие загрязнители необходимо удалить, водо-растворимые материалы, ржавчину, плохо прилипшие слои краски. Для удаления масла, жира, и т.д., необходимо добавить соответствующие очищающие детергентные средства. После использования детергентных очистительных веществ, необходимо ополаскивание чистой пресной водой.

Пресная вода является общим растворителем, если не мощным, то эффективно очищающим поверхность. Тем не менее, важно проверить воду на рН и электропроводимость перед использованием для подготовки поверхности. Эта тема обсуждается далее в разделах по очистке водой с введением абразива или без. Любой способ очистки требует применения соответствующих мер предосторожности.

Кроме того, важно тщательно промыть поверхность, в частности, при использовании щелочных или кислотных очистителей. Это сводит к минимуму количество оставшихся загрязнений, и удаляет остатки моющих средств, которые могут отрицательно повлиять на эффективность покрытия.

Моющие средства, добавляемые в воду, из соображений безопасности с все большей степенью контролируются в соответствии со строгими правилами, касающимися использования органических растворителей. Соображения безопасности, связанные с использованием щелочных или кислотных чистящих средств привели к более широкому использованию моющих средств, особенно биоразлагаемых видов, для удаления масла, смазки и других подобных загрязнений с поверхности.

Как правило, эти очистители состоят из буферных солей, диспергаторов, мыла и ингибиторов. Они действуют путем смачивания, эмульгирования, диспергирования и растворения загрязняющих веществ, которые могут быть смыты с использованием воды (обычно горячей) или пара. Они часто используются при температурах в интервале от 65-100°C.

Буферные соли поддерживают определённую концентрацию ионов водорода H^+ , то есть определённую кислотность среды. Кислотность буферных растворов почти не изменяется при их разбавлении или при добавлении к ним некоторых количеств кислот или оснований. Таким образом, буферные соли нейтрализуют кислую и щелочную среду.

5. Эмульсионная очистка применяется для удаления масла и жира, с использованием эмульсионных чистящих веществ – концентрированных смесей органических растворителей жиров, эмульгаторов и воды, после которых необходимо ополаскивание горячей или холодной чистой пресной водой или обработка паром для удаления вредных остатков.

Эмульсионные очистители, как правило, фирменные продукты, которые должны использоваться только в соответствии с инструкциями производителя. Эти очистители могут содержать растворимые в маслах мыла или эмульгаторы, буферные соли, диспергаторы и ингибиторы, вместе с керосином или одним из типов уайт-спирита. Эмульсионные очистители, как правило, распыляют на поверхность, где они действуют путем смачивания, эмульгирования, диспергирования и растворения загрязняющих веществ.

Как правило, очищающие эмульсии оставляют тонкую масляную пленку на поверхности, которая должна быть смыта горячей водой, паром, растворителями, моющими средствами, или некоторыми типами щелочных моющих средств.

9.8.2. Удаление растворимых солей.

9.8.2.1. Водорастворимые загрязнители.

В морских и промышленных средах воздух содержит частицы химических солей, оседающих на обрабатываемые конструкции и оборудование. Растворимые в воде соли осаждаются на стальных поверхностях кислотным дождем, морскими брызгами, химическими процессами, разливом или погружением.

Растворимые соли могут быть, также, занесены на поверхность загрязненным абразивом, которые при ударе внедряются в очищаемую поверхность. Это может также вызвать преждевременное повреждение покрытия. Загрязнение может разрастаться, особенно если абразив несколько раз перерабатывается. Существуют полевые испытания, доступные для идентификации загрязнения абразива, помогая предотвратить дорогостоящие повреждения.

Абразив, как правило, загрязняется у источника происхождения, загрязненными транспортными судами или контейнерами или путем повторного использования.

Растворимые соли на поверхности потенциально влияют на подложку или покрытие двумя основными способами:

- **Ускоряя коррозию подстилающей поверхности.** Растворенные солевые растворы могут ускорять окисление стали, что приводит к подрыву нанесенной на нее системы покрытия. На восприимчивых металлических поверхностях, таких как сталь, в присутствии влаги коррозия может происходить и без присутствия каких-либо солей. Соли стимулируют коррозию посредством осмотического действия, т.е. они тянут влагу через покрытие. Если растворимые в воде соли остаются на голой подложке после подготовки поверхности, они могут поглощать влажность из атмосферы и формировать элементы коррозии. Элемент коррозии может остаться активным на подложке после того, как покрытие нанесено, и приводить к преждевременному повреждению покрытия. Когда влажность объединяется с хлоридами, она часто формирует слабую соляную кислоту вызывающую коррозию, ослабляя и повреждая покрытие. Часто, оставленная на поверхности, пленка хлоридов, является основной причиной отслоения.

- **В виде осмотического вздутия.** Соли сквозь покрывающую пленку непрерывно тянут влагу, и растворяет захваченные водорастворимые соли под покрытием, образуя пузыри, в которых фактически создается внутреннее давление. Покрытие действует как полупроницаемая мембрана между разбавленным солевым раствором (жидкость за пределами покрытия) и концентрированным солевым раствором (жидкость с растворенными солями внутри пузырька). Системы покрытия в условиях погружения или во влажных средах иногда подвержены осмотическим вздутиям, и на поверхности стали и между слоями могут возникать пузыри. Осмотиче-

ское давление под покрытием, превышающее прочность покрытия, может вызвать появление пузырей.

Эти процессы могут быть еще более усугублены, если сталь является сильно разъеденной, требующей комбинированной очистки. Нерастворимый оксид железа и другие продукты коррозии на ранее корродированных стальных подложках иногда покрывают соли. Чаще всего эти продукты коррозии возникают на ямчатых участках, где иногда концентрируются соли. Это часто вызывает трудности с адекватным удалением солей и в большинстве случаев включает сначала удаление коррозионного продукта (например, путем абразивоструйной очистки), чтобы позволить солям вымываться из коррозионных ям.

При наличии солей после пескоструйной очистки, но перед нанесением покрытия, может возникнуть необходимость вымыть очищенную поверхность и повторно выполнить ее абразивоструйную очистку.

Растворимые соли невидимы и требуют тестирования, для того чтобы определить их присутствие. Определить наличие определенных химических отложений солей, таких как сульфат железа, или черных гидроксидов, можно с помощью индикаторной бумаги или химических тестовых наборов.

К наиболее распространенным и потенциально наиболее опасным невидимым солевым загрязнителям относятся такие растворимые соли, как хлориды, сульфаты и нитраты.

– **Хлориды** являются солями соляной кислоты HCl. Ион хлорида формируется в результате диссоциации (разделения) хлоридсодержащих солей, таких как хлориды натрия, магния и кальция, когда хлор элемента берет один электрон для формирования аниона Cl⁻ (отрицательно заряженный ион). Хлориды из противоположенных солей распространены на дорогах и мостах в холодном климате. Многие производственные процессы, такие как химическая промышленность, горнодобывающая промышленность, производство электроэнергии, целлюлозно-бумажное производство и другое промышленное производство, производят или используют хлоридсодержащие соли. Хлоридное загрязнение широко распространено во многих отраслях промышленности, включая переработку соли, хлорщелочное производство и добычу и переработку калийных удобрений, а также в нефтяной промышленности. Промышленные установки и оборудование, подверженные воздействию морской среды, также подвержены загрязнению хлоридом из морской воды, солевого спрея и морского воздуха с увлеченной солью. Пищевые заводы и оборудование, в частности производители соленых закусок и травления, также подвержены воздействию высоких уровней коррозионных хлоридов. Оборудование для обработки растений, воды и очистки сточных вод.

– **Сульфаты** являются солями серной кислоты. Сульфатный анион (SO₄⁻²) возникает в результате сжигания угля и жидких углеводородных топлив, таких как мазут и дизельное топливо, содержащие серу. Продукты сгорания серы, как кислотные дожди, образуются даже в непромышленных районах, из-за загрязнения окружающей среды. В промышленных зонах в атмосфере обнаруживаются заметные количества оксидов серы (SO_x), в основном из дымовых газов. Этот загрязнитель иногда вызывает образование коррозионной кислоты, кульминацией которого является образование различных растворимых сульфатов, которые не видны на поверхности, обработанной абразивом. Во время процесса десульфурзации дымовых газов ионы железа легко образуются на незащищенных стальных поверхностях. Загрязнение сульфатом железа обычно удаляется, чтобы предотвратить разрушение покрытий. Серная кислота, образующаяся при растворении триоксида серы (SO₃) в воде, является значительным источником сульфата. Серная кислота может оставлять на поверхностях сульфатные остатки и пары серной кислоты.

– **Нитраты** являются солями азотной кислоты. Нитратный анион (NO₃⁻) возникает в результате диссоциации нитратсодержащих солей, таких как нитрат натрия, нитрат аммония и

других нитратов, обычно встречающихся в промышленности удобрений, и в результате некоторых других производственных процессов. В лакокрасочной промышленности давно известно, что нитраты являются проблемой в установках и оборудовании для удобрений и боеприпасов. Гораздо более распространенным источником загрязнения нитратом являются выбросы оксидов азота (NOx) от транспортных средств и других двигателей внутреннего сгорания, которые способствуют образованию кислотных дождей. Электростанции на ископаемом топливе также генерируют выбросы, содержащие NOx, что способствует дальнейшему загрязнению атмосферы и кислотным дождям. Молния играет важную роль в преобразовании естественного атмосферного азота в NOx, которые являются предшественниками образования азотной кислоты, осаждаемой кислотными дождями. Кислотный дождь выпадает в виде разбавленной серной и азотной кислот. После испарения воды кислоты концентрируются, оставляя после себя сульфаты и/или нитраты. Загрязнение нитратами является обычным явлением.

Фториды и другие соли также чрезвычайно коррозионно активны, но не являются распространенными в большинстве сред. Тем не менее, все чаще используется бром в качестве водно-дезинфицирующих средств.

И хотя эти загрязняющие вещества называют водорастворимые соли, они нелегко смываются водой из-за их электрохимического прикрепления к поверхности металла. При попытке удаления солей с поверхности есть несколько факторов, которые необходимо учитывать, являются ли соли "свободными" (непрореагировавшими) или прикрепленными к прореагировавшей поверхности (например, ржавая сталь). Свободные соли, как правило, находятся на поверхности покрытия, не имеющего металлических пигментов. Если соли свободны, обычная вода может растворять и удалять их с поверхности. Если они прикреплены к прореагировавшей поверхности, обычной воде нужно будет применить больше энергии для противодействия электрохимической связи на поверхности, чтобы удалить их.

Сталь, поврежденная коррозией в присутствии определенных загрязнителей (например, сульфатов, хлоридов), может трудно поддаваться адекватной очистке. Даже, несмотря на то, что после пескоструйной очистки по внешнему виду поверхность может выглядеть чистой, без продуктов коррозии, она может содержать недопустимое количество невидимых загрязнений, переводящих поверхность в разряд непригодной для нанесения покрытия.

В особых случаях, сильно загрязненные участки после проведения абразивоструйных работ будут поглощать влагу из воздуха, быстро темнеть и резко ухудшаться. Этот эффект иногда можно увидеть в течение нескольких минут после завершения пескоструйной очистки, особенно когда влажность воздуха относительно высокая – это явный признак того, что поверхность загрязнена.

Поскольку при попадании соли между слоями покрытий, они могут вызвать образование пузырей и отслоения, приводящие к порче покрытия, недостаточно измерить только чистоту подложки. В процессе многослойного покрытия необходимо контролировать и записывать чистоту каждого слоя до нанесения следующего слоя.

9.8.2.2. Допустимые уровни концентрации солей.

Тема растворимых солей на стальных подложках и их влияние на характеристики покрытия являются важной и широко обсуждаемой темой. Наилучшие характеристики жизненного цикла системы покрытий обычно достигаются, когда она наносится на незагрязненную или менее загрязненную поверхность. Однако также может существовать уровень невидимого загрязнения поверхности растворимой соли, который существенно не ухудшает характеристики жизненного цикла системы покрытия. На этом уровне дополнительные затраты, связанные с их обнаружением, удалением и тестированием, иногда не являются оправданными. Эти взаимосвязанные затраты на подготовку поверхности стимулируют проведение оценки риска в отношении затрат на удаление растворимой соли по сравнению с риском будущего возможного повреждения по-

крытия. Владелец или разработчик спецификаций иногда проводит оценку риска для оценки затрат на удаление растворимых солей по сравнению с риском снижения эффективности покрытия. Они часто определяют, оправдано ли увеличение эффективности системы покрытий, ожидаемое путем достижения полной очистки невидимых растворимых солей, с точки зрения затрат.

При оценке риска, связанного с загрязнением растворимой солью, обычно рассматриваются следующие факторы:

- Условия окружающей среды, которым подвергалась покрываемая поверхность до нанесения нового покрытия;
- Окружающая среда, которой будет подвержено наносимое покрытие;
- Система наносимых покрытий и толщина слоев;
- Способ подготовки поверхности и степень чистоты поверхности перед нанесением покрытия;
- Будущая доступность и ремонтная технологичность;
- Потенциальные последствия (затраты, отставание по времени и т. д.) повреждений покрытия и коррозии подложки, вызванные загрязнением солей на поверхности перед покрытием.

Концентрация, при которой растворимые соли начинают оказывать пагубное влияние на характеристики покрытия, варьируется в широких пределах в зависимости от таких факторов, как агрессивность окружающей среды, наличие влаги, толщина покрытия и общий тип покрытия.

Из информации, содержащейся в ISO/TR 15235:2001 следует, что существует большой разброс знаний о влиянии уровней загрязнения водорастворимых солей (хлориды и сульфаты) на эффективность красок и связанных с ними продуктов в различных средах.

Большинство приведенных в этом отчете данных относится к покрытиям, подвергнутым условиям погружения, которые считаются самыми экстремальными, приводящими к серьезным экономическим последствиям в случае повреждения покрытий. Производители красок концентрируются именно на уровнях водорастворимых солей для покрытий, используемых в условиях погружения, и их ориентировочные значения лучше всех коррелируются между собой у разных производителей.

Для других, менее агрессивных сред, где конструкции часто находятся под защитой менее сложных покрытий, по сравнению с теми, которые используются для условий погружения, информация о влиянии концентрации растворимых солей на эти покрытия мало известна и требует дополнительных исследований.

Именно поэтому технический комитет ISO/TC 35/SC 12 по подготовке стальной поверхности перед применением красок и других подобных веществ сделал заключение, что имеющаяся информация не обеспечивает необходимую достоверность ориентировочных значений концентрации солей на поверхности, на основании которых можно было бы выпустить соответствующий стандарт.

В докладе NACE 6G186 «Подготовка загрязненных растворимыми солями стальных поверхностей перед нанесением покрытий» приводит информацию об использовании покрытий в условиях эксплуатации, где подозревается загрязнение растворимыми солями.

Согласно этому докладу имеется небольшая окончательная информация о том, как количество солевых загрязнений влияет на изменение характеристик покрытий. Трудность объективной оценки негативного воздействия растворимых солей частично обусловлена большим разнообразием и непостоянством свойств связующих смол, пигментов и другого сырья для покрытий, которые могут составлять одо- или многослойные системы. Также существенно влия-

ют толщина покрытия или системы покрытия, а также характер среды и диапазон условий агрессивного воздействия. Эти факторы в совокупности затрудняют подготовку простых и удобных рекомендаций, которые устанавливали бы приемлемые уровни допусков для растворимых солей под покрытием.

Некоторые покрытия отличаются толерантностью к присутствию водорастворимых солей. Например, неорганические наполненные цинком покрытия и металлизированные покрытия, как правило, считаются более толерантными, чем органические покрытия, такие как эпоксидные смолы и эпоксифенолы.

Общая толщина системы покрытия обычно оказывает влияние на способность системы покрытия выдерживать воздействие солей на покрываемой поверхности. Для конкретной системы покрытий более толстые слои обычно более непроницаемы для воды и, следовательно, обладают большей устойчивостью к солям, чем более тонкие системы.

Некоторые растворимые солевые загрязнители более агрессивны для стали, чем другие. Например, нитраты оказываются немного менее корродирующими, чем хлориды и сульфаты при низких концентрациях, но не обязательно при более высоких концентрациях. Также оказывает влияние эффект катиона (положительного иона). Например, для хлоридных солей порядок коррозионной агрессивности к стали: хлорид лития, хлорид натрия, хлорид калия и хлорид кальция (от наиболее агрессивных до наименее агрессивных).

Относительная коррозионная стойкость солей к стали иногда не коррелирует с воздействием этих же солей при нарушении характеристик покрытия. Осмотическое вспучивание покрытий не зависит от вида соли и полностью зависит от количества ионов в растворе. Например, растворимость в 100 мл окружающей воды при 20°C составляет 87,6 г для нитрата натрия, 35,9 г для хлорида натрия и 19,5 г для сульфата натрия. Следовательно, из этих солей ожидается, что нитраты будут наиболее разрушительными в отношении вспучивания покрытия, хотя они, как правило, являются наименее коррозионно-агрессивной солью к поверхности стали при низких концентрациях.

Чтобы определить допустимые уровни солей, пользователи иногда ссылаются на лист технических данных производителя покрытия или консультируются с производителем покрытий. Часто допустимый уровень любой соли относится к ожидаемому сроку службы для указанной системы покрытия в конкретной среде. Уровни загрязнения наиболее часто измеряются в мг/м².

Стандарт NORSOK M-501 при ускоренных испытаниях для всех систем покрытий в условиях погружения в морскую воду и атмосферно-коррозионной среде C5-M (ISO 12944-2) определяет ограничения концентрации присутствующих на поверхности растворимых солей, когда максимальная проводимость при проверке растворимых солей по методикам ISO 8502-6 или ISO 8502-9 должна соответствовать 20 мг/м² в пересчете на NaCl. И только для стальных конструкций из углеродистой стали с рабочей температурой ≤80°C, эксплуатируемых во внутренних и полностью сухих и проветриваемых помещениях, допускается концентрация растворимых солей не более 50 мг/м².

9.8.2.3. Стандарты методов испытаний растворимых солей.

Ниже приведенные некоторые стандарты, используемые для различных методов испытаний растворимых солей на поверхности:

- SSPC-Руководство 15 – Полевые методы по извлечению и анализу растворимых солей на стальных и других непористых поверхностях.
- ISO 8502 – Подготовка стальной поверхности перед нанесением красок и относящихся к ним продуктов. Испытания для оценки чистоты поверхности:

- Часть 2 (ISO 8502-2) – Лабораторное определение содержания хлорида на очищенных поверхностях;
- Часть 5 (ISO 8502-5) – Измерение содержания хлорида на стальных поверхностях, подготовленных к окраске (метод обнаружения ионов с помощью трубки);
- Часть 6 (ISO 8502-6) – Извлечение растворимых загрязняющих веществ для анализа. Метод Бресла;
- Часть 9 (ISO 8502-9) – Метод определения на месте с помощью кондуктометрии растворимых в воде солей;
- Часть 11 (ISO 8502-11) – Метод турбидиметрического определения содержания водорастворимого сульфата в полевых условиях;
- Часть 12 (ISO 8502-12) – Метод титриметрического определения содержания водорастворимых ионов железа (II) в полевых условиях.

Эти стандарты подробно обсуждаются в последующих главах и более подробно во втором уровне.

9.8.2.4. Визуальное распознавание солевого загрязнения поверхности.

Хотя сами загрязняющие соли обычно невидимы, эффекты солевых загрязнений часто можно обнаружить визуально. Такие визуальные индикаторы, которые дают сильное предположение о наличии солевого загрязнителя, описаны в докладе NACE 6G186. В этом параграфе приведены эти визуальные индикаторы, которые иногда предсказывают наличие солевых загрязнений.

Голая сталь (новая или старая).

Визуальные наблюдения дают полезные сведения о наличии растворимых солей. Описанные ниже необычные или необъяснимые картины ржавчины и неоднородная ржавчина указывают на возможность присутствия солей на стальной поверхности:

- Сталь, пораженная язвенной коррозией, как правило, вызывает озабоченность, и солевое загрязнение может присутствовать, когда после абразивоструйной очистки происходит быстрое образование налёта ржавчины в темно-коричневых или черных отложениях в нижней части язв.

- Любая сталь после абразивоструйной очистки, на которой появляется быстрое образование налёта ржавчины без очевидного источника воды или влаги (то есть при относительной влажности ниже 60%), обычно указывает на присутствие растворимой соли.

- В сухую погоду распыление опресненной воды на стальной поверхности, очищенной абразивоструйным методом, обычно ускоряет образование оксида железа (ржавчины) на поверхности. В незагрязненной стали образуется ровная, светло-коричневая ржавчина. Загрязненные солью зоны приобретают темный или черный вид. Зараженные области обычно затем идентифицируются и маркируются для дальнейшей обработки (например, дополнительная очистка, очистка паром, промывка водой или обработка химическим соевым раствором).

- Если вся стальная поверхность имеет неровный или темный цвет, предполагается, что вся поверхность загрязнена.

Когда появляется темная ржавчина, обычно проводят тестирование, чтобы определить тип и количество присутствующих солей. Когда удаление солей завершено, сталь затем обрабатывается в соответствии с требуемым способом подготовки поверхности либо путем общей очистки, либо путем локальной очистки. Иногда, если поверхность не покрывается грунтовкой

сразу же после абразивоструйной очистки, а ржавчина образуется быстро, или возникает в некоторых местах, а не равномерно по всей поверхности, солевые загрязнители присутствуют.

Если допускается наличие растворимых солей на поверхности, они иногда соединяются с атмосферной влагой, образуя электролитический раствор, который потенциально начинает или ускоряет процесс коррозии. Скорость или продолжительность времени, в течение которого может произойти коррозия, могут зависеть от типа и уровня загрязнения и от присутствия влаги на поверхности стали, на которую влияет температура окружающего воздуха и температура стали. Осушение иногда маскирует присутствие растворимых солей путем снижения относительной влажности, тем самым продлевая время до появления вторичной ржавчины.

Покрытая краской сталь.

Визуальный осмотр часто полезен в качестве индикатора при оценке ранее окрашенной поверхности перед абразивоструйной очисткой. Тип и степень разрушения покрытия иногда указывают на возможное присутствие солей. В областях, где существующее покрытие плотно связано и не происходит коррозии, маловероятно, чтобы поверхность под существующим покрытием подвергалась воздействию солей. Видимые остатки соли на поверхности существующего неповрежденного покрытия являются индикаторами того, что растворимые соли являются предметом беспокойства при ремонте покрытия.

9.8.2.5. Полевые испытания для обнаружения растворимых солей.

Существует несколько известных методов испытаний для обнаружения присутствия растворимых солей на окрашиваемой поверхности. Количественная точность этих полевых методов широко варьируется, и их относительная эффективность еще не установлена. Одна проблема при любой количественной оценке загрязнений на поверхности состоит в том, что, хотя измерения солей в растворе, извлеченном с поверхности, являются точными, степень извлечения солей с поверхности может от теста к тесту значительно изменяться. Степень извлечения растворимой соли с поверхности зависит от начальной концентрации солей на поверхности, используемого метода извлечения солей с поверхности и от самого выполнения процедуры извлечения солей. Количество остатков ржавчины на поверхности, глубина и конфигурация питтингов, тип экстракционного раствора, температура и, возможно, другие переменные также относятся к факторам, влияющим на извлечение солей с поверхности. Не существует способа обеспечить полное извлечение всех солевых загрязнений на выветренных основаниях, особенно в язвах.

Методы полевых испытаний для растворимых солей описаны и подробно разъяснены в SSPC-Guide 15. В этом руководстве описаны наиболее часто используемые полевые методы для извлечения и анализа растворимых солей на стали и других непористых поверхностях. Лабораторные методы включаются только в ситуациях, когда требуется лабораторный контроль. Однако экстрагированный раствор иногда не отражает фактическое количество солевых ионов на поверхности, даже если тестовый комплект может точно измерять количество солевых ионов в экстрагированном растворе. Это связано с трудностями и изменчивостью при извлечении соли из загрязненной и/или пораженной питтинговой коррозией поверхности.

Когда работы по нанесению покрытий должны выполняться в среде, в которой могут проявляться соли, испытание на загрязнение солями часто выполняется перед подготовкой поверхности, после подготовки поверхности и снова, если были сделаны какие-либо дополнительные попытки удаления соли. Тестирование обычно проводится в местах, подозреваемых в солевом загрязнении. Как правило, тестирование выполняется как можно скорее после завершения операций по подготовке поверхности, поскольку непрореагировавшее окисление оксида железа (т.е. ржавчина) может снизить эффективность экстракции соли при испытании загрязненной поверхности.

Существует два широко распространенных метода тестирования солевого загрязнения на стали: специфическое обнаружение ионов соли и определение проводимости раствора, полученного растворением присутствующих на поверхности солей в растворителе.

Специфическое обнаружение ионов определит наличие хлоридов, сульфатов, нитратов и ионов железа и в каком количестве. Проводимость не может определить тип соли на поверхности, она только установит присутствие какой-либо водорастворимой соли, которая вызывает повышение электропроводности воды.

9.8.2.5.1. Полевое испытание растворимых продуктов коррозии железа.

Полевое испытание растворимых продуктов коррозии железа регламентировались предыдущим выпуском доклада NACE 6G186, Приложение А, а также стандартами ISO 8502-1:1991 и BS 5493:1977, которые в настоящее время не действуют. Тем не менее, этот тест все еще может встречаться в спецификациях. В данном параграфе приводится общая информация об этом тесте.

Этот тест предусматривает полевые испытания по определению растворимых коррозионных продуктов железа на поверхностях, очищенных пескоструйным методом до степени **Sa 2,5** или выше (см. ISO 8501-1 или ISO 8501-2). Для испытания используются индикаторная бумага, чувствительная к ионам железа. Данное испытание не применимо для стальных поверхностей, очищенных вручную.

При очистке струей сильно пораженной ржавчиной и питтингами стали можно получить внешний вид поверхности, эквивалентный белому металлу или Sa2½ или Sa3, который через час или два, а иногда и после стояния на ночь развивает ржавчину в точках, соответствующих образованному ржавчиной питтингам. В таких обстоятельствах серьезной ошибкой является нанесение защитных покрытий до тех пор, пока не будет устранена причина появления ржавчины. Причиной является наличие продуктов ржавления растворимых солей железа, которые практически бесцветны и расположены в самой низкой точке язвенных углублений. В присутствии влаги они гидролизуются до оксидов железа и кислот; кислоты растворяют больше железа с образованием большего количества солей железа, таким образом, со временем образуются большие объемы ржавчины, которые разрушают адгезионную связь защитных покрытий, если до нанесения не удалить соли.

Тест основан на применении индикаторной бумаги, обработанной ферроцианидом калия и относится к качественному испытанию растворимых в воде солей железа (рисунок 9.38).

Качественное испытание для водорастворимых солей (ионов) железа разработано только для обнаружения присутствия ионов железа на стальной подложке. Этот тест не измеряет количество этих ионов.

Процедура качественного испытания на наличие растворимых в воде железных солей включает:

- Используйте подготовленную бумагу индикатор (рисунок 9.38).
- Опрыскайте поверхность дистиллированной водой.
- Приложите индикаторную бумагу к смоченной поверхности.

Темно-синий цвет указывает на присутствие растворимых солей.



Рисунок 9.38. – Индикаторная бумага ферроцианида калия.

9.8.2.5.2. Метод обнаружения ионов с помощью трубки.

В стандартах ISO 8502-5 и SSPC Guide 15 описываются полевые испытания для измерения ионов хлора с помощью специальных детекторных трубок. С помощью соответствующих методов отбора проб с тестируемой поверхности этот тест применим на стальной поверхности до и после ее очистки, а также на окрашенных поверхностях между наносимыми слоями.

Для определения хлоридом на очищаемой или окрашиваемой поверхности с помощью трубки по ISO 8502-5 многие производители выпускают специальные наборы.

Комплект Elcometer 134 S «Chlor-Test Solt Detection Kit» (см. рисунок 9.39) основан на применении титрующей трубки для определения результатов тестирования и содержит пять наборов рассчитанных на проведение пяти тестов для обнаружения хлоридов, каждый из которых содержит флакон из раствора хлористого экстракта, эластичный рукав для отбора проб и титровальную трубку.

Титровальные трубки не должны использоваться, когда либо у них истек срок годности, либо они имеют цвет, отличающийся от цвета, указанного в инструкции.

В коробку также входит зажим, приспособление для обламывания концов титровальных трубок и шнурок, который продевается сквозь маленькие отверстия в боковых стенках коробки, чтобы привязать ее к поясу, освобождая тем самым руки для лазания и тестирования без необходимости держать коробку.

Перед началом испытаний необходимо пробить перфорированное отверстие в крышке коробки, которое будет использоваться для удержания испытательного рукава и раствора.

Испытание проводится в следующей последовательности:

1. Удаляют пробку из бутылки с раствором CHLOR-EXTRACT и выливают все ее содержимое в испытательный рукав. Когда испытания проводятся на горизонтальной поверхности, зажимом перекройте рукав, чтобы предотвратить потерю раствора, удалив лишний воздух.

2. Снимают самоклеящуюся подкладку с испытательного рукава (см. рисунок 9.40) и удаляют из него воздух, сжимая его между большим пальцем и ладонью кисти. При удалении воздуха необходимо следить, чтобы не проливался ХЛОР-ЭКСТРАКТ из рукава.

3. Плотно прижимают испытательный рукав к испытуемой поверхности. Одной рукой поднимают и удержи-



Рисунок 9.39. – Набор для определения хлорид-ионов по стандарту ISO 8502-5 Elcometer 134 S.



Рисунок 9.40. – Снятие самоклеящейся подкладки с рукава.

вают свободный конец испытательного рукава вертикально, чтобы раствор экстракта соприкасался с испытуемой поверхностью. Другой рукой массируют раствор через тестовый рукав в области испытуемого участка поверхности в течение 2 минут (рисунок 9.41).

4. Когда массаж завершен, снимают испытательный рукав:

- На вертикальных или потолочных поверхностях раствор будет собираться внизу закрытого конца испытательного рукава.
- На горизонтальных поверхностях необходимо нажать и провести пальцем по рукаву для перемещения раствора до закрытого конца рукава перед снятием. Чтобы помочь сохранить раствор во время снятия с поверхности рукава, используют зажим.

5. Соблюдая осторожность и не прикасаясь к концам титровальной трубки, обламывают оба конца титровальной трубки металлическими щипцами и вставляют ее в испытательный рукав меньшими числами на шкале и стрелкой вниз.

6. Вставляют рукав с извлеченным с поверхности раствором для титрования в отверстие, предварительно сформированное в крышке коробки. Ожидают примерно 1½ минуты или до тех пор, пока раствор не подымится до верхней части трубки для титрования (рисунок 9.42).

Хлопок в верхней части титровальной трубки изменит цвет на янтарный при полной насыщенности.

Сразу же удаляют титровальную трубку и снимают на ней показание по границе изменения цвета.

Розовый – хлориды отсутствуют, белый – хлориды присутствуют.

Показания на титровальной трубке калибруются в микрограммах на квадратный сантиметр ($\text{мкг}/\text{см}^2$) и в миллионных долях (ppm).

Показания в миллионных долях (ppm) относятся 1:1 к микрограммам на квадратный сантиметр. Никакие математические вычисления не требуются.

При температуре раствора образца от 5°C до 80°C температурная коррекция показаний не требуется.

Когда уровень хлоридов превышает требования к чистоте поверхности, поверхность следует промыть чистой пресной водой, чтобы удалить соль.

Присутствие сульфидных ионов продуцирует коричневое пятно в индикаторной трубке, а сосуществование с ионами хлоридов приводит к образованию коричневого пятна на дне окрашенного слоя и дает более высокие показания.

Для комплексного тестирования содержания ионов хлоридов, сульфатов и нитратов на месте с применением испытательных рукавов предназначен комплект Elcometer 134 CSN (рисунок 9.43), позволяющий определять результаты теста как с помощью титровальных трубок по ISO



Рисунок 9.41. – Массажирование раствора через рукав.



Рисунок 9.42. – Измерение концентрации солей раствора титровальной трубкой.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

8502-5, а также с использованием колориметра (прибора для измерения и распознавания цвета) и тестовых полос.

В каждый набор входят следующие комплектующие:

- Тест на содержание Хлоридов – 5 шт.
- Тест на содержание Сульфатов – 5 шт., вместе с Колориметром – 1 шт.

Колориметр измеряет спектральное отражение цвета и вычисляет значения цветового тона в зависимости от концентрации растворимых Сульфатов. Испытательный раствор из испытательного рукава с помощью шприца без иглы помещают в испытательный пузырек, затем вставляют последний в колориметр для анализа. Инструмент имеет цифровой дисплей, на котором отображаются результаты в миллионных долях (ppm).

- Тестовая Полоска на содержание Нитратов – 5 шт.
- Шприцы без иглолек – 5 шт.

Все расходные материалы Elcometer 134 CSN могут быть вновь пополнены

Все компоненты Тестового Набора Elcometer 134 CSN предварительно дозированы для обеспечения высокой точности измерений. Все результаты регистрируются в частях на миллион и нет необходимости в трудоемких расчетах для перевода в $\text{мкг}/\text{см}^2$, так как все тесты Elcometer 134 CSN используют соотношение 1:1.

Калибровка

Убедитесь, что инструменты производителя соответствуют всем стандартам покрытия по качеству и использованию, а так же соответствуют ANSI/NCSL Z540-6 (Национальный Калибровочный эталон).

При использовании титровальных трубок:

- Ни в какой калибровке или калибровочной проверке нет необходимости.



Рисунок 9.43. – комплект Elcometer 134 CSN для комплексного тестирования содержания ионов хлоридов, сульфатов и нитратов.

- Выберите трубку, измеряющую в соответствующем диапазоне.

При использовании колориметра:

- Свяжитесь с производителем прибора или поставщиком для проверок и сертификации.
- Осуществите регулярные калибровочные проверки все время использования инструмента; это - требование качественных процедур управления, например, ISO 9000 и других подобных стандартов.
- Инструмент поставляется производителем, уже калиброванным; однако, некоторые метод сертификации независимой лабораторией и некоторые методы проверки на месте испытаний бывают необходимы.

Рабочие параметры

Технические паспорта производителя каждой модели содержат спецификацию для определенной модели. Диапазон измерений варьируется между производителями и моделями, таким образом, диапазон может быть от 0-500 мкг/см² (0-500 миллионных долей або мд / ppm) с шагом 1 мкг/см² (млн⁻¹ / ppm).

Всегда возникают вопросы, если показания отличаются от известных величин. Проверьте процедуру, убедитесь, что оборудование не загрязнено, затем сделайте тест заново.

Некоторые распространенные ошибки при тестировании с помощью колориметра:

- Загрязнение испытательного образца вызывает неточные показания. Как ранее было сказано, никогда не касайтесь частей оборудования, вступающего в контакт с водой незащищенными руками.
- Убедитесь, что все материалы тестирования содержатся в чистоте и не загрязнены.

В дополнение к комплектам Elcometer 134 s и Elcometer 134 CSN производится также другое оборудование этой серии для тестирования загрязнений материалов растворимыми солями:

- Elcometer 134A – набор, позволяющий определять загрязненность абразивов и заполнителей для бетона хлоридами.
- Elcometer 134W – набор, позволяющий на месте определять загрязненность промывочной воды хлоридами;

9.8.2.5.3. Метод Бресла.

Метод Бресла (ISO 8502-6) описывает метод извлечения (для анализа) в полевых условиях растворимых загрязнителей с поверхности путем использования гибких ячеек в форме клейких накладок, которые могут крепиться на плоской или искривленной поверхности любой ориентации (в том числе и на потолочных поверхностях). Этот метод применяется для определения концентрации солей и растворимых загрязняющих солей перед окрашиванием или аналогичной обработкой. В стандарте ISO 8502-6 не рассматривается последующий анализ загрязнителей, которые оказались растворены.

Клейкая накладка Бресла изготовлена из пластины гибкой пены с закрытыми порами в виде обода с отверстием, вырезанным в ее центре. Вырезанный материал сохраняется в отверстии в качестве вставки до тех пор, пока не будет использован пластырь-накладка. Одна сторона наклейки покрыта тонкой эластичной пленкой. Другая сторона покрыта клеем и удаляемым защитным листом бумаги. Стандартная накладка может иметь площадь 1155 ± 2, 1310 ± 3, 1625 ± 6, 1250 ± 13 и 2500 ± 25 мм².

Количественный характер извлечения растворимых загрязнителей с поверхности стали в значительной степени зависит от герметичности клейкой наклейки, включая адгезионное сцепление между собственно накладкой и стальной поверхностью. Утечка растворителя наиболее

вероятно может произойти, когда поверхность не является чистой, например, покрыта ржавчиной или влагой, или когда она шероховатая, например, вследствие абразивоструйной очистки. Утечка может также произойти, когда внутреннее давление является высоким или продолжительным.

Для проверки клейких накладок на утечку проводят их испытания при намеренно завышенном внутреннем давлении. Накладка крепится к чистой стальной плите известной шероховатости. Для создания внутреннего давления в рабочей полости наклейки в нее шприцом вводится вода в завышенных количествах согласно стандарта ISO 8502-6, например, в полость наклейки размером 35×35 мм площадью 1250 мм² вводится около 15 мл воды. Накладка проверяется на утечку по истечении 20 минут. Если утечка не была отмечена в пределах 20 мин, считается, что клейкая наклейка прошла испытание.

Суть метода состоит в том, что клейкую накладку с центральной полостью, предназначенной для удержания растворяющего реагента, крепят на поверхности, из которой извлекаются загрязнители. Растворитель вводят в полость определенной площади с помощью шприца и затем отсасывают обратно в шприц, повторяя эту операцию несколько раз. Растворяющий реагент с извлеченными растворяющимися солевыми загрязнителями удаляется шприцом с поверхности испытания и затем переносится в соответствующий сосуд для анализа.

Прежде, чем начать любой метод испытаний изучите инструкции производителя набора Бресла (рисунок 9.44).

Спецификации часто указывают инспекторам тестирование поверхностей в соответствии с ISO 8502-6 и ISO 8502-9. Оба стандарта определяют использование метода наклейки-пластыря Бресла для извлечения растворимых солей с тестируемой поверхности и измеряют их концентрацию.

Тест методом Бресла выполняется в следующей последовательности:

1. Выбирают место на стальной поверхности для оценки концентрации солей на ней. Убедитесь, что сталь сухая и нет рыхлой ржавчины, грязи или влаги (сырости), для того, чтоб рамка пластыря должным образом прилипла к поверхности. Пластыри Бресла работают почти в любой плоскости: вертикальной, горизонтальной, наклонной или на поверхностях, которые не являются абсолютно плоскими.

Проводят испытания в нескольких местах, чтобы определить варьирование уровня извлечения соли!

2. Берут клейкую накладку соответствующего размера. Удаляют защитную бумажную оболочку из клейкой наклейки и временную вставку из пены, расположенную внутри ячейки наклейки-пластыря. Прижимают липкую сторону наклейки к испытательному участку поверхности таким образом, чтобы в полость наклейки попало минимальное количество воздуха.



Рисунок 9.44. – Набор Бресла с пластырями для измерения загрязненности солями Elcometer 138.

3. Наполняют шприц растворяющим агентом. Для определения водорастворимых солей в качестве растворителя используют дистиллированную или деионизированную воду. Объем растворителя, необходимый для наполнения наклейки, пропорционален ее площади и обычно достигает $2,6 \times 10^{-3} \text{ мл/мм}^2 \pm 0,6 \times 10^{-3} \text{ мл/мм}^2$.

4. Под углом около 30° к поверхности испытания аккуратно, чтобы не проколоть мембрану, вводят иглу шприца в кромку из пены наклейки-пластыря, образующую периметр водонепроницаемой полости таким образом, чтобы игла проходила сквозь пену наклейки в полость, образованную между эластичной пленкой и поверхностью испытания (см. рисунок 9.45). Если наклейка находится в положении, затрудняющем доступ к ее карману, можно согнуть иглу шприца под необходимым углом, однако этим способом рекомендуется пользоваться только в самых крайних случаях.



Рисунок 9.45. – Введение дистиллированной воды под пластырь.

Не вставляйте иглу в прозрачную мембрану или в нижнюю стенку периметра ячейки. В любом, из этих мест будет протекать вода!

5. Вводят необходимый объем растворителя, который должен смачивать всю поверхность. Если в полости остался воздух, его необходимо удалить. Для этого растворитель вводят в два этапа. Сначала вводят половину растворителя. Затем удаляют воздух через иглу, вытягивая поршень шприца из его цилиндра и вытягивают иглу из наклейки. Удерживая иглу направленной вверх, из шприца удаляют воздух. Вновь вставляют иглу в полость наклейки и вводят оставшуюся часть растворителя.

6. Выводят иглу шприца из центра рамки, но оставляют ее в контуре рамки. Мягко массируют мембрану над полостью наклейки в течение 10 - 15 секунд. Через определенный период времени, согласованный между заинтересованными сторонами, вытягивают растворитель обратно в шприц. В течение этого периода времени, не удаляя иглу шприца из наклейки, повторно вводят растворитель в полость для изъятия соли и затем вытягивают его обратно в цилиндр как минимум четыре, до десяти раз. На подвергнутых струйной обработке поверхностях, не изъеденных ржавчиной, удовлетворительным считается период 10 минут, поскольку за это время более, чем 90 % растворимых солей обычно растворяются.

7. Из шприца растворитель выпускают в соответствующий пластиковый стаканчик для анализа.

8. Важно, чтобы на этапах 4-7 из наклейки или шприца не было потеряно какое-либо количество растворителя, в противном случае полученный раствор должен быть забракован.

9. После выполнения работ по извлечению солей с поверхности моют и прополаскивают шприц для дальнейшего использования.

10. Измеряют температуру стальной поверхности с точностью до $0,5^\circ\text{C}$, используя контактный термометр.

11. Проверяют извлеченный из ячейки раствор, используя хлоридные титраторные полосы quantab, электронные титраторы или прибор измерения удельной проводимости раствора для определения степени минерализации тестовых образцов.

Рабочие параметры.

Для определения рабочих параметров определенного теста пластырем Бресла всегда обращайтесь к техническим паспортам производителя. Погрешность, точность и повторяемость те-

ста в значительной степени зависит от индивидуальных особенностей проведения теста и метода, используемого для измерения концентрации соли (quantab метод, титраторы или прибор измерения проводимости, и т.д.).

Номинальный объем оригинального пластыря Бресла составляет $2,5 \text{ см}^3$. В этом объеме можно растворить 892,5 мг поваренной соли, что соответствует концентрации на поверхности $7,29 \times 10^5 \text{ мг/м}^2 \text{ NaCl}$, что в 36 000 раз превышает максимально допустимое значение концентрации солей 20 мг/м^2 перед поверхности для морских условий. Таким образом, степень растворимости солей не является проблемой при проведении теста, даже для самых труднорастворимых солей.

Если результаты испытаний сомнительны, проверьте оборудование, рассмотрите процедуру и проведите заново тест. Одна из наиболее распространенных ошибок Bresle Теста – использование загрязненного испытательного оборудования, приводящего к неправильным показаниям.

Перед тестом промойте все оборудования в чистой дистиллированной воде, чтобы гарантировать, что они не загрязнены, и **НИКОГДА не прикасайтесь руками без защитных перчаток никаких частей оборудования, находящихся в контакте с испытательной водой!**

Некоторые распространенные ошибки с помощью Пластыря Бресла вызывают неточные показания из-за:

- Загрязнения испытательного образца
- Используется недостаточное количество испытательного раствора (реагент),

Во избежание ошибок при использовании прибора измерения проводимости:

- Убедитесь, что батареи заряжены, иначе дисплей может функционировать не правильно.
- Очистите испытательную рамку влажной мягкой тканью (смоченной дистиллятом), или измерение может быть нестабильным.

9.8.2.5.4. Определение проводимости растворимых в воде солей.

Стандарт ISO 8502-9 описывает полевой метод для оценки общей поверхностной плотности различных водорастворимых солей (главным образом хлоридов и сульфатов) на стальных поверхностях до и/или после подготовки поверхности путем определения проводимости растворенных в воде солей после их извлечения с поверхности с помощью деионизированной воды.

Этот метод не может быть определен индивидуальными поверхностными плотностями хлоридов, сульфатов и т. д. Измерение электрической проводимости указывают общее содержание растворимых солей, но не могут указать, какие именно соли присутствуют. Этот метод оценивает только ионные загрязнители. Они представляют большую часть загрязнения.

Соли на данной площади поверхности стали растворяют методом Бресла (см. п. 9.8.6.3), используя воду в качестве растворителя.

Измеряется проводимость полученного таким образом раствора. Наконец, полная поверхностная плотность солей в этой области вычисляется простым, но достаточно точным уравнением.

При измерении прибором удельной проводимости раствора (ISO 8502-9, рисунок 9.46) концентрация растворимых солей приводится как проводимость водного раствора NaCl в мСм/м (мили-Сименс/м) или мкСм/см (микро-Сименс/см). Однако, это совсем не означает, что фактически это и есть количество существующего NaCl. Фактическая концентрация NaCl ниже измеренной, поскольку в растворе присутствуют и другие соли, которые интерпретируются как NaCl. Это справедливо и для других методов, так как невозможно точно определить, какие именно соли присутствуют на поверхности. Однако именно это допущение делает метод Бресла наиболее универсальным и воспроизводимым.

Единица измерения электрической проводимости солевого раствора сименс в системе единиц СИ – величина, обратная ому.

Удельная проводимость воды измеряется дважды.

Сначала выполняют контрольный тест незагрязненной воды, применяемой для растворения солей. Для этого в стакан наливают исходный достаточно большой объем дистиллированной/деионизированной воды (от 10 мл до 20 мл). Чтобы предотвратить влияния на результат посторонних веществ внутри стакана и шприца, а также на измерительном зонде, полностью заполняют шприц водой из стакана и выпускают воду из шприца обратно в стакан. Электроды кондуктометра погружают полностью в стакан с водой и осторожно перемешивают. Снимают показание начальной проводимости воды (γ_1) и единицы, в которых она выражена, например $\mu\text{S}/\text{см}$.



Рисунок 9.46. – Прибор для измерения проводимости Elcometer 138E.

Затем для изъятия соли из тестируемой поверхности методом Бресла из стакана с исходным объемом воды набирают в шприц примерно четверть воды, содержащейся в стакане. После изъятия солей с тестируемой поверхности методом Бресла, из полости клейкой накладкой шприцом извлекается вся вода и выпускается в стакан, в котором находился исходный объем воды, тем самым восстанавливая его содержимое до почти первоначального. Далее измеряют кондуктометром удельную проводимость извлеченного раствора. Для этого погружают электроды кондуктометра в стакан с полностью загрязненной водой и снимают показание проводимости (γ_2), выраженную в тех же единицах, что и (γ_1).

Кондуктометр должен быть оснащен устройством температурной компенсации проводимости, либо необходимо выполнять корректировку проводимости раствора воды в зависимости от ее температуры с помощью приводимого в инструкции к прибору табличного коэффициента коррекции, переводящего результаты испытания к стандартным условиям.

Полная поверхностная плотность солей вычисляется простым, но достаточно точным уравнением и представляется в $\text{мг}/\text{м}^2$.

Поверхностная плотность солей ρ_A определяется выражением:

$$\rho_A = \frac{m}{A} (\text{кг} / \text{м}^2),$$

где: m – масса солей, извлеченных из поверхности, расположенной под полостью клейкой накладкой, кг;

A – площадь этой части поверхности, м^2 ;

В этом случае m задается формулой:

$$m = c \cdot V \cdot \Delta\gamma (\text{кг}),$$

где: c – эмпирическая константа, приблизительно равная $5 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{S})$;

V – исходный объем воды в стакане (м^3);

$\Delta\gamma$ – изменение проводимости воды, $\Delta\gamma = (\gamma_2 - \gamma_1) \cdot k_t$ ($\text{S}/\text{м}$);

k_t – коэффициент коррекции, приводящий результаты испытания к стандартным условиям.

Умножая численное значение, ρ_A ($кг/м^2$), на 10^6 , получается ρ_A в $мг/м^2$.

Измеритель электропроводности Elcometer 138E, благодаря наличию датчика типа чаши, может измерять проводимость раствора из нескольких капель образца солевого раствора.

Калибровка

Регулярные проверки калибровки в течение срока службы инструмента являются требованием процедур управления качеством по ISO 9000 и других аналогичных стандартов. Калибровка прибора должна производиться перед измерением, или по крайней мере один раз в день.

Прежде, чем проводить измерения, прибор необходимо откалибровать следующим образом:

1. Снять крышку защиты датчика.
2. Нажать кнопку питания для включения прибора.
3. Заполнить корпус датчика стандартным калибровочным раствором.
4. Нажимать CAL/MODE, пока на дисплее не отобразится индикатор калибровки и 1,41 mS/cm. **Когда Калибровочный Индикатор исчезает, калибровка завершена.**
5. Промыть датчик ячейки водопроводной водой и вытереть остатки воды с помощью чистой ткани.

Значения калибровки сохраняются в памяти измерительного прибора, когда он выключен.

Проведение измерений.

1. Открыть крышку, защищающую датчик.
2. Убедившись, что нет никакой жидкости в датчике прибора, нажать кнопку питания для включения прибора.
3. Выбрать режим измерения (проводимость или соленость):
 - Для измерения проводимости: нажимать кнопку CAL/MODE до тех пор, пока на индикаторе Range/mode не появятся единицы измерения $\mu S/cm$ или mS/cm.
Примечание: Диапазон автоматически переключается между mS/cm и $\mu S/cm$ в зависимости от концентрации пробы.
 - Для измерения солености: нажимать кнопку CAL/MODE, пока пока на индикаторе Range/mode не появится единица измерения %.
4. Проведите измерение. Существует два метода измерения, в зависимости от доступного количества образца:
 - Метод 1: Погрузить датчик в раствор, не погружая ниже линии уровня максимального погружения, отмеченной на корпусе датчика.
 - Метод 2: Капнуть раствор в корпус датчика с помощью шприца или пипетки. Убедитесь, что раствор заполняет корпус датчика и нет пузырьков в растворе.
5. После стабилизации индикатора снимите показание прибора. Функция «Hold» сохраняет показания на дисплее. Для записи результатов дисплей удерживает показания в конце измерения.
 - РУЧНОЕ УДЕРЖАНИЕ: Нажать кнопку «Hold» для удержания отображаемого на дисплее показания. Появляется индикатор удержания, и отображаемое число остается до тех пор, пока не будет нажата другая кнопка.

- **АВТОМАТИЧЕСКОЕ УДЕРЖАНИЕ:** Выключить прибор. Нажать и удерживать кнопку «Hold», одновременно нажимая кнопку POWER для включения прибора. Прибор переходит в автоматический режим удержания показания, при этом мигает индикатор удержания. В этом режиме прибор автоматически удерживает отображаемый показатель, когда появляется индикатор стабилизации.

Рабочие параметры.

Обратитесь к инструкциям по эксплуатации производителя, относящимся к определенной модели электронного прибора для измерения проводимости.

Основные технические данные прибора для измерения проводимости Elcometer 138E:

- Режим измерения: проводимость / преобразование солености к условиям хлорида натрия (NaCl);
- Диапазон и Разрешающая способность:

0 - 200,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$
200 - 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1 $\mu\text{S}/\text{cm}$
2 - 20 mS/cm	0,01 mS/cm
- точность: $\pm 1\%$ от полной шкалы.
- Рабочая температура: от 0°C до 50°C.

Распространенные ошибки могут включать:

- Противоречивые показания - из-за низкого заряда батареи
- Температура может находиться вне диапазона измерительного оборудования. Неточные показания могут возникнуть из-за повреждения наконечника датчика

9.8.2.5.5. Определение растворимых солей с использованием метода извлечения фильтровальной бумагой.

В руководстве SSPC Guide 15 среди других описана методика измерения удельной проводимости пропитанной специальной фильтровальной бумаги для поиска и анализа растворимых солей на стальных и других непористых поверхностях. Этот метод испытаний использовался в течение многих лет, и базовый способ извлечения растворимых солей с поверхности с использованием очищенной фильтровальной бумаги и очищенной воды не изменился. Вместе с тем, электронный измеритель проводимости претерпел существенные изменения. Разработана новая конструкция измерителя проводимости на основе микропроцессорной электронной схемы с особенностями, позволяющими быстро и легко оценивать поверхностное загрязнение растворимыми солями.

Метод извлечения растворимых солей фильтровальной бумагой основан на измерении проводимости растворимых в воде солей. Он может быть использован в соответствии с SSPC Guide 15 и эквивалентен ISO 8502-9.

Новый прибор для определения электропроводимости воды (Salt Contamination Meter) Elcometer 130 SCM (рисунок 9.47) поставляется в двух версиях: Модель S (Стандартная модель начального уровня) и Модель Т (Топовая), имеющая следующие преимущества:

- Расширенный диапазон измерения;
- Имеет режим измерения проводимости;
- Память на 150000 измерений с расчетом статистики и отображения графиков и гистограмм;
- Интерфейсы USB и Bluetooth;
- Автоматическую компенсацию температуры;
- Возможно смещение калибровки при использовании воды низкой степени очистки.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

В комплект поставки прибора входит:

– Измеритель уровня соли на поверхности Elcometer 130 с элементами питания типа АА;

– Листы высокоочищенной фильтровальной бумаги для отбора образца солей с тестируемой поверхности – 100 шт.;

– Высокоочищенная вода – 250 мл;

– ПВХ пакеты для хранения образцов фильтровальной бумаги с отобранными образцами соли, что дает возможность повторно смачивая в воде после хранения образцов фильтровальной бумаги воспроизводить результаты анализа – 20 шт.;

– Одноразовые перчатки;

– Салфетки для протирки электродов;

– Шприцы по 2,5 мл – 3 шт.;

– Пластиковые пинцеты – 2 шт.;

– Чемодан для переноски с плечевым ремнем;

– Тестовый сертификат и инструкция по эксплуатации;

– Кабель USB (только для модели Т) и программное обеспечение Elcomaster 2.0 (только для модели Т).

Этот метод выполняется в следующей последовательности:

1. Надевают чистые одноразовые перчатки из комплекта и наполняют шприц деионизированной водой объемом 1,6 мл.



2. Используя перчатки и пластмассовый пинцет, отбирают из упаковки один диск чистой неиспользованной фильтровальной бумаги и помещают его на очищенную, не маркированную сторону прилагаемого магнитного диска.



Рисунок 9.47. – Комплект прибора **Elcometer 130 SCM** для измерения проводимости раствора соли, извлекаемой с поверхности фильтровальной бумагой.

3. Распределяют всю воду из шприца (1,6 мл) равномерно по всей фильтровальной бумаге, стараясь сохранить всю воду на ней, и удаляют пузырьки из-под бумаги.



4. Помещают магнитный диск с увлажненной бумагой на испытуемый участок фильтровальной бумагой вниз, плотно прижимая его по контуру и в неровности, чтобы удалить весь захваченный воздух. Используют пинцет для аккуратного вдавливания бумаги в профиль металла. Бумага смачивает испытуемую поверхность и пропитывается растворимыми солями. Запускают 2-минутный таймер на индикаторе Elcometer 130.



5. Поскольку каждая фильтровальная бумага остается на поверхности в течение двух минут, можно одновременно проводить несколько испытаний, сокращая время проверки.



6. По истечении 2-х минут фильтровальная бумага и магнитный диск осторожно удаляются с поверхности и помещаются на центральную панель прибора поверх электродов в виде концентрических колец измерителя проводимости.



Для достижения долговременных точных результатов с испытательным оборудованием заботьтесь о предотвращении загрязнения электродов прибора и диска при касании.

7. Закрывают крышку, убедившись, что магнитный захват полностью контактирует, прибор начнет измерение. На дисплее отображается показание проводимости смоченной бумаги.



8. При необходимости выполнения в дальнейшем дополнительных анализов фильтровальную бумагу помещают в повторно герметизируемый пластиковый пакет.



Калибровка

Измеритель соли поставляется производителем, уже калиброванным, и не может быть калиброван пользователем; однако, возможно проверить правильность измерений. Для этого берут образец со стандартным образцом бумаги, но использовать именно 1,5 мл раствора 31,6 мг ($\pm 0,1$) хлорида натрия, растворенного в 100 мл воды высокой степени чистоты.

Показание должно быть в пределах $5 \text{ мкг/см}^2 (\pm 10\%)$ при 25°C . Для показаний **ниже** 25°C , применяется поправочный коэффициент $-1.7\%/^\circ\text{C}$. Для показаний **выше** 25°C , применяется поправочный коэффициент $+1.7\%/^\circ\text{C}$.

Пользователь может проверить соответствие показаний измерителя загрязнённости солями самостоятельно путем использования электронных пластин для проверки калибровки для Elcometer 130.

Рабочие параметры

Операционные параметры варьируются между различными производителями и моделями. Технические паспорта производителя каждой модели содержат определенные детали для этой модели. Например, в таблице 9.7. приводится информация относительно приборов серии Elcometer 130.

Таблица 9.7. – Техническая характеристика приборов серии Elcometer 130.

	Elcometer 130 SCM		Elcometer 130 SSP
	Модель S	Модель T	
Диапазон измерений: – чистота – проводимость – соленость	0-25 мкг/см ² – –	0-50 мкг/см ² ; 0-500 мг/м ² ; 0 – 6000 мкСм/см; 0 – 6 мСм/см; 0 -3000 м.д. (ppm); 0 – 0,3%	
Точность	$\pm 1\%$ от показания плюс ± 1 разряд (0,1 мкг/см ² или эквивалент в других единицах)		
Разрешающая способность – чистота – проводимость – соленость	0,1 мкг/см ² – –	0,1 мкг/см ² ; 1 мг/м ² ; 1 мкСм/см; 0,001 мСм/см; 1 м.д. (ppm); 0,0001% солёность	
Размер образца и время выдержки	110 мм диаметр круга; 2 минуты (не более 3 минут)		
Память прибора	–	100'000 показаний в 1'000 группах	3'500 серий показаний в 1'000 группах (каждая с картой плотности соли, карой с проходными и непроходными степенями загрязнения и графиком распределения)
Рабочая температура	от 5 до 40°C		

Бумажные диски, используемые для тестирования, могут быть сохранены после тестирования. Повторно смоченные диски можно поместить в прибор для оценки результатов испытаний.

Всегда возникают вопросы, если показания отличаются от известных величин. Проверьте процедуру, убедитесь, что оборудование не загрязнено, затем сделайте тест заново.

Распространенные ошибки во время использования могут привести к противоречивым и неточным показаниям, которые могут быть отнесены к одной из следующих причин:

- Низкий уровень заряда батареи.

- Загрязнение испытательных образцов.
- Температура при использовании вне диапазона оборудования

9.8.2.6. Правила выборочного отбора проб растворимых солей с поверхности и критерии приема.

В настоящее время не существует единых норм, регулирующих количество проводимых тестов и выбор участков для проведения испытаний (NACE International Publication 6G186).

При выборе потенциальных для тестирования участков на присутствие солевых загрязнений инспекторы обычно действуют на свое усмотрение, опираясь на свои познания.

Тестовые участки обычно выбираются на основе эксплуатационных условий, воздействия окружающей среды, характеристик ранее существующего покрытия, существующем состоянии подложки, участков коррозионного разрушения, повреждений покрытия, и других возможных признаках солевого загрязнения.

При оценивании засоленности поверхности обычно тестируются:

- Участки питтинговой коррозии;
- Сосредоточения конденсата воды и влаги, в которых потенциально существуют более высокие концентрации солей из-за усиленного испарения;
- Заведомо известные поверхности, подвергающиеся воздействию солей;
- Полы или горизонтальные участки конструкций, где может собираться соль, в отличие от стен, вертикальных поверхностей или потолочных участков, где солевые растворы легко стекают;
- Участки, где быстро появляется вторичная ржавчина или участки, которые после очистки вновь ржавеют до темного, а не светло-коричневого цвета (см. раздел 9.8.2.5).

Тестирование обычно выполняется до тех пор, пока инспектор не убедится в том, что достигнуты требуемые уровни загрязнения.

В документе NACE 6G186 приводится пример схемы выборки растворимых солей с поверхности для тестирования при новом строительстве или полном перекрытии конструкций как для подводных, так и атмосферных условий на основе площади конструкции (таблица 9.8).

Таблица 9.8. – Количество испытаний поверхности на присутствие растворимых солей для нового строительства или полного ремонта покрытия на основе площади конструкции^{1,2}.

Условия	Первые 100 кв. м или их часть ³	Последующие 300 кв. м или их часть ⁴	Оставшаяся часть
Атмосферные Погружение	5 испытаний	2 испытания на каждые 100 кв. м или их часть	1 испытание на каждые 200 кв. м или их часть
Примечания:			
1. Участки потери металла (интенсивная или точечная коррозия) могут свидетельствовать о солевом загрязнении и часто подвергаются испытаниям.			
2. Сварочные швы также могут быть загрязнены солями и часто подлежат тестированию.			
3. Испытания на первых 100 м ² обычно расположены на расстоянии 1-2 м друг от друга.			
4. Испытания, выполненные после первых 100 м ² , обычно расположены на расстоянии от 2 до 5 м друг от друга.			

Там же приводятся возможные критерии приема для нового строительства или полного ремонта покрытия на основе площади конструкции:

- а) Любое одно измерение, не отвечающее требованию спецификации, является вероятной причиной признания недостаточной очистки всего участка, и обычно осуществляется дополнительное удаление соли.
- б) Когда процедуры удаления соли завершены, обычно выполняется повторный тест, начинающийся с отказавшего участка.

В этом же документе приводится пример схемы выборки для аналогичных условий при частичных заплаточных ремонтах (таблица 9.9).

Таблица 9.9. – Количество испытаний поверхности на присутствие растворимых солей для технического обслуживания покрытия после его эксплуатации.

Условия	Первые 5 локальных ремонтов	Последующие 300 локальные ремонты
Атмосферные Погружение	1 испытание на 1 локальный ремонт	1 испытание на 5 локальных ремонтов
Примечание: Дополнительное тестирование в заданной области увеличивает статистическую достоверность результатов.		

Возможные критерии приемки для локальных ремонтов приводятся следующие:

- а) Если какое-либо одно измерение не соответствует требованию спецификации, все локальные ремонтируемые участки обычно считаются загрязненными и должно быть повторно перечищено.
- б) После удаления растворимой соли типичная процедура состоит в том, чтобы произвести одно измерение на каждом из пяти различных участков локальных ремонтных участков. Как правило, когда пять последовательных измерений соответствуют спецификации, выбранная процедура очистки применяется ко всем оставшимся локальным участкам.
- в) Для остальной части конструкции типичная процедура состоит в том, чтобы провести еще одно измерение для каждой пяти зон локального ремонта. Если какое-либо измерение не соответствует требованию спецификации, обычно выполняется дополнительная очистка.

Следует отметить, что приведенные схемы выборки и тестирования не являются обязательными или рекомендуемыми, хотя они и могут использоваться в спецификациях. Используемая схема выборки на основе площадей, как правило, будет полезна для выборки проб потенциально проблемных по солевому загрязнению областей.

9.8.2.7. Требования спецификации к определению растворимых солей.

Требования к спецификациям, касающимся тестирования соли, как правило, основаны на знаниях разработчика спецификации наборов для тестирования растворимых солей.

Многочисленные методы отбора проб растворимых солей описаны во многих стандартах. Каждый метод отбора проб и испытаний отличается по эффективности, эффективности извлечения соли, точности титрования и стоимости. Поскольку каждый метод тестирования отличается анализом того, как можно интерпретировать и реализовывать результаты теста, разработчик спецификации может пожелать включить использование нескольких методов тестирования. Например, на больших площадях ранее покрытых плоских стальных поверхностей перед абразивоструйной очисткой может быть использован любой быстрый, менее дорогостоящий качественный тест, пригодный для использования на больших площадях в короткий промежуток времени. Ранее проржавевшие участки могут потребовать более частого тестирования и получения количественного результата для определения необходимых корректирующих действий.

Помимо этого существует много различий в допусках различных покрытий и разных мнений относительно растворимых солей. Для эффективного контроля солей спецификация должна четко описывать:

- Приемлемые пределы уровней загрязнения водорастворимых солей.
- Названия солей, присутствие которых должны быть ограничены на подложке.
- Используемый метод или комплект для полевых испытаний для каждого типа солевого загрязнителя.
- Этапы проведения испытаний на содержание растворимых солей с учетом методов и процедур подготовки поверхности.
- Количество и частота тестирования.
- Места проведения испытаний.
- Методы удаления растворимых солей и порядок последующей проверки для ранее несогласованных поверхностей.

В типовом разделе спецификации может быть указано:

Очищенные абразивом поверхности непосредственно перед нанесением покрытий должны быть проверены на растворимые соли [хлоридов] [нитратов] и [сульфатов] с использованием [испытательного комплекта Elcometer 134 CSN с применением эластичных рукавов для отбора проб], а также дополнительных приспособлений:

- [для хлоридов – набор для определения хлорид-ионов, включающий флакон из раствора хлористого экстракта, и титровальную трубку, откалиброванную в мкг/см и в миллионных долях (ppm)];
- [для сульфатов – тест на содержание сульфатов, вместе с Колориметром];
- [для нитратов – тестовая полоска на содержание нитратов].

Для определения общего уровня проводимости растворимых солей использовать [Elcometer 130 SCM] в соответствии с [SSPC Guide 15] или метод Бресла в соответствии с ISO 8502-6 в сочетании с методом определения на месте с помощью кондуктометрии растворимых в воде солей по ISO 8502-9.

Уровни хлоридов должны быть не выше _____ мкг/см²(ppm), которые определены согласно стандарта ISO 8502-5 или SSPC Guide 15, уровни сульфатов должны быть не выше _____ мкг/см²(ppm), которые определены согласно стандарта ISO 8502-11 или SSPC Guide 15, уровни нитратов должны быть не выше _____ мкг/см²(ppm), которые определены согласно стандарта SSPC Guide 15, уровень проводимости солей не должен превышать _____ мкСм/см, определяемый по ISO 8502-9 или SSPC Guide 15.

Испытания должны быть больше сосредоточены на областях, где имеют место потери металла. Области потери металла – это такие области, которые свидетельствуют об интенсивной коррозии или точечной коррозии. Если площади потерь металла не очевидны, испытания должны проводиться рядом с участками сварки, если они присутствуют. В противном случае, тестовые участки должны быть выбраны для представления поверхности в целом.

Области, по разному подверженные воздействию солей, такие как пол, потолок и боковые стенки, должны рассматриваться как отдельные области. На каждые [100] м² должны быть выполнены не менее [5-ти] тестов (указать схему тестирования).

[Одно или несколько измерений хлоридов, не соответствующих критериям приемлемости спецификации, свидетельствуют о чрезмерном загрязнении хлоридом.] [Одно или несколько измерений нитратов, не соответствующих критериям приемлемости спецификации, свидетельствуют о чрезмерном загрязнении нитратами.] [Одно или несколько измерений сульфата

не соответствующих критериям приемлемости спецификации являются свидетельством чрезмерного загрязнения сульфатом.] [Одно или несколько измерений проводимости, превышающих ___ мкСм/см, свидетельствуют о чрезмерном общем загрязнении растворимыми солями].

Чрезмерно загрязненные поверхности считаются несоответствующими и должны быть промыты водой или водой с моющими средствами для удаления соли, а затем дают возможность им высохнуть или повторно очищают абразивом. После повторной очистки и/или обмыва повторно проводят испытания на содержание соли до тех пор, пока не будут удовлетворены все требования, при этом должны применяться те же допустимые пределы уровней загрязнения растворимыми солями.

Убедиться, что подготовленные поверхности соответствуют визуальной и описательной части указанного стандарта подготовки поверхности. Пометить и записать все приборы, устройства и приспособления для анализа испытаний и сохранить или сфотографировать их для проверки результатов испытаний.

***Примечание:** приведенные в тексте фрагмента спецификации знаки «_____» и «[]» обозначают возможные варианты, доступные для выбора автором спецификации с учетом возможностей подрядчика и требований поставщика покрытий и заказчика.*

9.8.2.8. Методы удаления растворимых солей.

Чтобы устранить проблему растворимых солей на поверхности, ее необходимо очистить до начала удаления прокатной окалины и ржавчины. Дальнейшая абразивоструйная очистка может быть эффективной в некоторых случаях. В этих случаях подготовка поверхности должна сопровождаться тестами на наличие растворимых солей железа или хлоридов. Это обеспечивает уровень оставшихся загрязнений ниже критических значений.

Водо-растворимые загрязнители, например соль, согласно стандарту ISO 12944-4 удаляются описанными выше методами:

1. Водной очисткой – используется пресная вода и моющие аппараты высокого давления. Может быть использовано давление (<70 МПа). Очистка водой может быть также эффективной для удаления сильных загрязнений.

2. Очистка паром. Ополаскивать свежей водой.

3. Очистка щелочами. При использовании высоко щелочных растворов алюминиевые, цинковые и другие типы покрытий могут быть подвержены коррозии. Ополаскивать пресной водой.

Руководство NACE 6G186 приводит наиболее распространенные способы подготовки поверхности, включающие сухую абразивоструйную очистку, мокрую абразивоструйную очистку, гидроабразив, химическую очистку, очистку мокрым паром и очистку ручным или механическим инструментом и эффективность этих методов при удалении растворимых солей. Опыт показывает, что эти методы не всегда удаляют загрязняющие примеси солей до определенного уровня чистоты после одной очистки. В некоторых случаях необходимо повторное использование одного метода или комбинация методов очистки.

На практике окончательная чистота поверхности перед нанесением покрытия устанавливается одним или несколькими испытаниями на загрязнение, независимо от используемого метода(ов) удаления. Испытание обеспечивает определенную уверенность в том, что растворимые загрязнители находятся на уровнях, установленных производителем покрытия и/или разработчика спецификации.

Сухая абразивоструйная очистка, представляющая собой поток абразивных частиц, воздействующих на поверхность с высокой скоростью, является эффективным методом для сни-

жения загрязнения поверхности растворимой соли. Однако, хотя после абразивоструйной очистки поверхность может выглядеть визуально чистой, она может оставаться загрязненной невидимыми растворимыми солями. Если обнаруженные загрязняющие вещества превышают допустимые спецификацией уровни, дополнительная абразивоструйная очистка или чередующиеся циклы сухой абразивоструйной очистки и промывки пресной водой иногда эффективно удаляют загрязняющие вещества. Качество воды для промывки обычно определяет конечные результаты.

Для уменьшения солевых загрязнений рекомендуется использовать следующие технологические операции:

- а) Абразивно-струйная очистка до степени SSPC-SP 6 (ISO-Sa2) и удалить абразив и мусор с поверхности;
- б) Обмыв чистой питьевой водой под давлением от 17 до 20 МПа и оставление влажной поверхности на ночь для образования свежей ржавчины;
- в) Абразивоструйная очистка до конечной степени чистоты, обычно SSPC-SP 10 (ISO-Sa2½) или лучше.

Стальная поверхность, пораженная питтинговой коррозией, обычно более интенсивно подвергается повторным абразивоструйным очисткам или большему числу циклов сухой абразивоструйной очистки и промывки водой для удаления с поверхности растворимых солей до приемлемых уровней. Для стали, покрытой питтинговой коррозией, мелкая смесь абразивных частиц также может быть эффективным средством для очистки основания коррозионных язв. Мелкие абразивы очищают поверхность лучше, чем грубые абразивы.

Мокрая абразивоструйная очистка похожа на воздушную сухую абразивную очистку, за исключением того, что в воздушно-абразивную струю в сопле добавляется вода. Преимущество использования мокрой абразивоструйной очистки заключается в том, что вода растворяет и разбавляет растворимые соли, способствуя их удалению. Обычно очищенная поверхность тестируется, чтобы удалить загрязняющие вещества до указанного уровня.

После мокрой абразивной струйной очистки и подтверждения приемлемых уровней растворимых солей обычная практика заключается в том, чтобы провести окончательное полоскание для удаления любых твердых частиц, которые могут оставаться на поверхности. Иногда к промывочной воде добавляют ингибитор для предотвращения вторичного ржавления.

ПРИМЕЧАНИЕ. Владельцы обычно требуют, чтобы перед использованием какого-либо ингибитора он был одобрен производителем покрытия с точки зрения того, что применяемый ингибитор не ухудшит адгезию или рабочие характеристики покрытия.

Ингибиторы часто затрудняют обнаружение растворимых солей. Поэтому испытание на растворимые соли обычно выполняется до применения ингибитора.

Водоструйная подготовка под высоким давлением – это очистка загрязняющих веществ водой под давлением 70 МПа и выше для. Согласно SSPC-SP 12 водоструйная подготовка эффективно уменьшает водорастворимые солевые загрязнители поверхности. Для очистки поверхностей от солевых загрязнений водоструйная подготовка часто более эффективна по сравнению с сухой абразивоструйной очисткой. Струя пресной воды, подаваемая на загрязненную поверхность с высокой скоростью и в достаточном объеме, растворяет и смывает водорастворимые соли.

Химическая очистка включает в себя использование веществ, обычно в форме жидкого раствора, для растворения или разрыхления и удаления пленок, окалины и скоплений загрязнений на стальной поверхности, тем самым очищая ее. Хотя такие очистители также могут удалять и соли, для удаления соли целенаправленно используются кислоты и специальные химические очистители, предназначенные для удаления солевых загрязнений.

Разбавленные продукты фосфорной кислоты иногда используются для предварительной обработки стали перед нанесением покрытия. Фосфорная кислота реагирует со стальной подложкой с образованием фосфата железа. Ион хлора присутствующих хлоридов вытесняется и затем может быть смыт, наряду с любым избытком кислоты. Химическая очистка часто сопровождается промывкой водой для удаления непрореагировавших кислот или химических веществ и побочных продуктов реакции кислоты с поверхностью.

Химические очищающие средства для удаления солей создают химическую среду для удаления хлоридов и других коррозионно-активных анионов. Эти очищающие средства имеют различную химическую функциональность и варьируются от кислот до щелочей. Оценка их эффективности может быть оценена путем тестирования на соли перед применением химического очистителя и сразу же после промывки, применяемой для удаления солей и избыточного очистителя. Производитель покрытия может предоставить информацию о совместимости очищающих химикатов с нанесенным покрытием..

Очистка мокрым паром. Применение горячей воды под давлением или очистка паром обычно используется для удаления солей, кислот, щелочей, жирных кислот и масляных загрязнений.

ПРИМЕЧАНИЕ. Методы очистки поверхности, описанные для мокрой абразивоструйной очистки, водоструйной подготовки под высоким давлением, химической очистки, очистки мокрым паром в некоторой степени образуют вторичную ржавчину поверхности из-за использования воды. Производители покрытий обычно предоставляют рекомендации относительно подходящих систем покрытия для использования поверх стальных поверхностей с остаточной ржавчиной.

Ручная и механическая очистка. Методы очистки ручными инструментами, включающие очистку ручными проволочными щетками, рубильными молотками, зубилами, скребками (SSPC-SP 2), а также методы очистки механическими инструментами зачисткой и шлифованием (SSPC-SP 3) неудовлетворительно удаляют соли со стальных поверхностей. Они часто используются вместе с другими способами очистки, такими как промывка водой, очистка паром или химическая очистка для получения приемлемо очищенной основы.

9.8.2.9. Рекомендации по инспектированию солевых загрязнений.

Часть ответственности инспектора заключается в том, чтобы понять и проверить спецификацию.

Существует несколько важных вопросов, которые инспекторы должны знать при тестировании поверхности на растворимые соли, включая:

- Использование метода испытаний;
- Частота тестов;
- Принятые пределы уровней растворимых солей;
- Виды солевых загрязнений, которые должны быть проверены.

В случае, когда растворимые соли выше допустимого предела, убедитесь, что существует согласованный план для удаления солей на месте.

9.8.2.10. Контрольный список инспектора по солевым загрязнениям.

Когда существует необходимая информация для проведения испытаний растворимых солей на месте, убедитесь в доступности и готовности к использованию соответствующего оборудования и материалов.

Некоторые из вопросов, необходимых в контрольном списке, включают:

- Есть ли в наличии инструкции по эксплуатации оборудования производителя для проведения необходимых тестов?
- Есть ли в наличии дистиллированная вода, чтобы проверить или очистить испытательные приборы?
- Находятся ли батарейки (в случае необходимости) в хорошем рабочем состоянии?
- Доступны ли расходные материалы?
- Калибруются ли приборы (при необходимости)?
- В требуемых ли диапазонах измерений работают приборы/титраторы?
- Знает ли подрядчик процедуры исправления для растворимых солей?
- Подготовлена ли команда подрядчика в случае необходимости?

9.8.3. Химическая очистка загрязнений.

Химические методы подготовки поверхности в основном используют на предприятиях автомобилестроения, машиностроения, приборостроения, производства бытовой техники и др. При подготовке поверхностей к окрашиванию металлоконструкций в строительстве, нефтяной и газодобывающей промышленности, судостроении и судоремонте, энергетике т.п. используют механические методы подготовки поверхности.

1. Кислотное протравливание. Этот процесс означает погружение компонента в ванну, содержащую подходящую ингибированную кислоту, которая удаляет прокатную окалину и ржавчину. Кислотное протравливание можно использовать только в заводских условиях, но не на месте сборки. Протравку, т.е. полное удаление ржавчины и окалины протравкой кислотой, двойной протравкой и/или электролитической протравкой может выполняться по стандарту SSPC SP8. Обязательно ополаскивание поверхности чистой, пресной водой. Этот тип очистки поверхности должен использоваться только с одобрения производителя краски, которая будет наноситься.

2. Кислотная очистка, как правило, состоит из довольно сильных кислот, таких как фосфорная кислота (H_3PO_4) с добавлением небольшого количества поверхностно-активных веществ, смешиваемых с водой растворителей, и органических увлажнителей и эмульгаторов. Кислотные очистители удаляют грязь путем химического воздействия и путем растворения продуктов реакции. Они могут быть также использованы для удаления продуктов коррозии, и для других специальных целей. Обязательно ополаскивать свежей водой.

Утилизация щелочных или кислотных чистящих средств часто является проблемой, поэтому убедитесь, что отходы или использованные материалы надлежащим образом собраны и утилизированы. Загрязняющие вещества не должны смываться на землю, в обычные дренажные системы, в близлежащие водные потоки, или попадать в общую систему водоснабжения.

3. Очистка способом химической конверсии (то есть **фосфатирование, хроматирование**) используется для покрытых гальваническим способом поверхностей, поверхностей покрытых цинком с помощью электролиза, с тем, чтобы подготовить поверхность к покраске. Щелочные растворы и ингибированные кислоты также могут быть использованы, чтобы подготовить поверхность.

4. Зачистка – это удаление покрытий окраски с помощью содержащих растворители паст (для покрытий, растворяемых этими растворителями). Остатки паст, содержащих растворители, удаляются ополаскиванием растворителями. Щелочные пасты применяются для удаления омыляющихся покрытий. Щелочные пасты для омыляющихся слоев тщательно ополаскивать пресной водой. Обычно эта очистка ограничена маленькими участками.

9.8.4. Степени ржавости стальной поверхности перед очисткой.

От уровня прокатной окалины и ржавчины на поверхностях непокрытых стальных конструкций и стальном прокате зависит выбор того или иного способа подготовки поверхности перед окраской.

Состояние стальной поверхности по степени ржавости в соответствии с ISO 8501-1 подразделяют на четыре степени.

Степень А – поверхность стали в большей степени покрыта прочно прилегающей прокатной окалиной почти не имеющая ржавчину.

Степень В – поверхность стали начала ржаветь и от которой начинает отставать прокатная окалина.

Степень С – поверхность стали, на которой прокатная окалина полностью исчезла в результате ржавления или такая поверхность из которой прокатная окалина может быть легко удалена и на такой поверхности при нормальном обозрении наблюдается определенный питтинг (язвенная коррозия).

Степень D – поверхность стали, из которой прокатная окалина в результате ржавления исчезла и на которой при нормальном обозрении наблюдается общий питтинг.

Стандарт ISO 8501-1 содержит типичные неувеличенные фотографические примеры степени ржавости для сравнения со стальной поверхностью (рисунок 9.48).

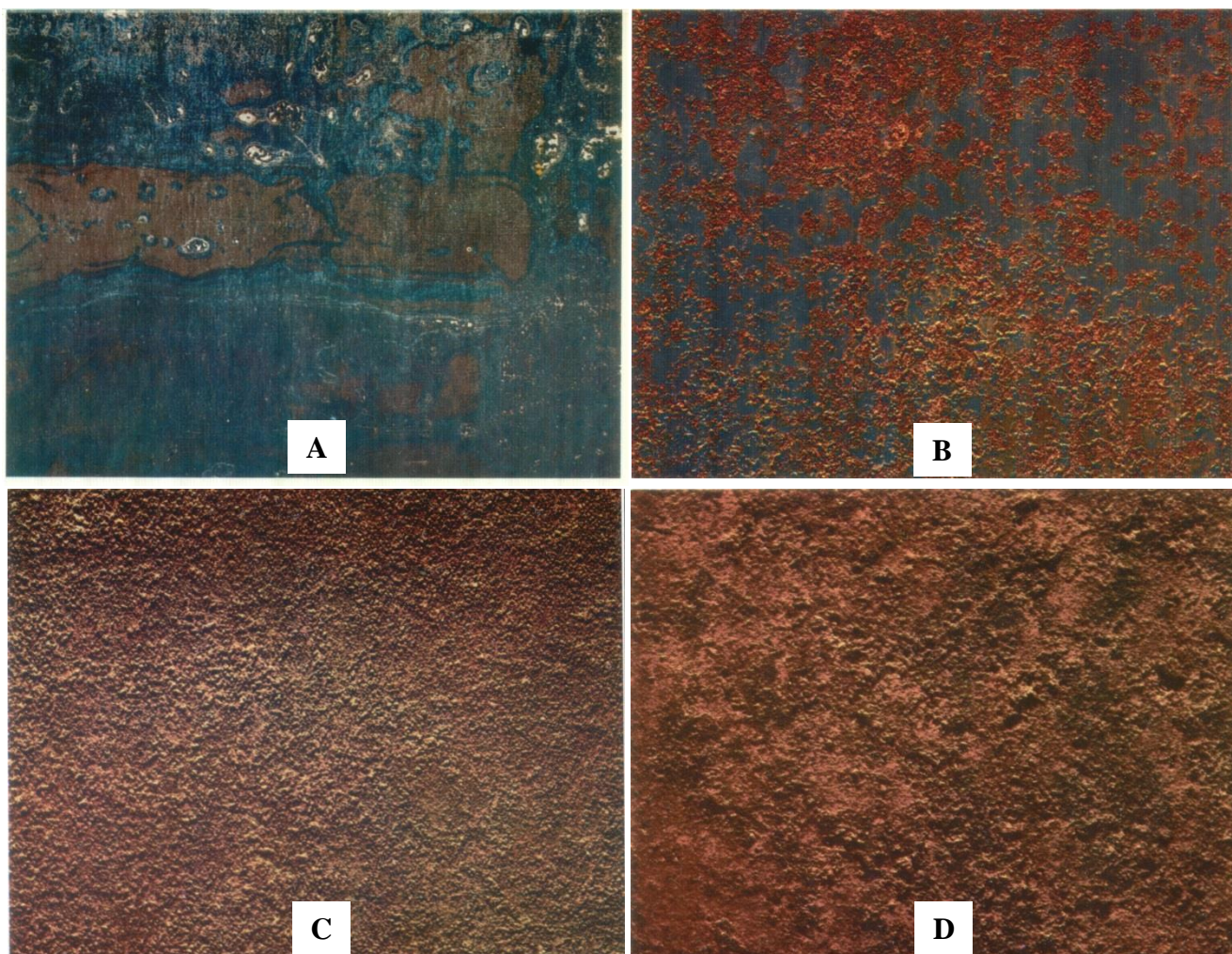


Рисунок 9.48. – Фотографические примеры степени ржавости (ISO 8501-1).

Процедура визуальной оценки стальной поверхности: при хорошем рассеянном дневном свете или эквивалентном искусственном освещении, осматривается поверхность стали и сравнивается с каждой из фотографий без увеличения. Фотография кладется близко к оцениваемой поверхности стали, и в той же плоскости. Оценка степени ржавости принимается по самой близкой плохой из видимых степеней.

Стандарт SSPC-VIS 3 определяет аналогичные степени ржавости стальных поверхностей А, В, С и D как по описанию, так и по внешнему виду.

9.8.5. Рекомендации по инспектированию.

Есть некоторые особенности, о которых инспекторы должны постоянно помнить во время предварительной очистки. Ниже приведены несколько пунктов, которые следует учитывать:

- Визуально проверьте поверхность, чтобы определить, присутствуют ли на ней загрязняющие вещества;
- Если загрязняющие вещества видны на поверхности, удалите их, как описано выше;
- После очистки растворителем, при необходимости обеспечьте, чтобы никакие удаляемые вещества не остались на поверхности.

9.8.6. Контрольный лист инспектора.

До и после предварительной очистки инспектор должен проверить поверхность для выявления:

- Дефектов при изготовлении;
- Дефектов конструкции;
- Загрязнений;
- Остаточных загрязняющих веществ после очистки растворителем.

9.9. Очистка ручными инструментами.

Ручная очистка: метод подготовки металлических поверхностей с помощью ручных инструментов, без применения энергопитания. С помощью ручных инструментов удаляют всю отслаивающуюся прокатную окалину, ржавчину, краски и другие загрязняющие вещества. Плотные сцепленные прокатная окалина, ржавчина, и покрытия обычно не могут быть удалены с помощью ручных инструментов без применения высокопроизводительного оборудования. Прокатная окалина, ржавчина или покрытие краской считаются плохо пристающими, если они могут быть удалены путем подъема тупым шпателем.

Очистка ручным инструментом иногда применяется на начальном этапе для предварительной очистки, с целью снятия относительно легко удаляемых загрязнений перед использованием механизированных инструментов.

Инструменты, используемые для очистки вручную включают:

- Проволочные щетки;
- Скребки;
- Зубила;
- Ножи;
- Рубильные молотки.

9.9.1. Чистота поверхности после очистки ручным инструментом.

Степени очистки ручным инструментом и соответствующие им стандарты являются:

- **St2** (Стандарт ISO 8501-1) – **тщательная ручная механическая очистка:** при осмотре без увеличительных приборов поверхность должна быть свободной от масла, консистентной смазки и грязи, а также от легко отделимой прокатной окалины, коррозии, лакокрасочных покрытий и посторонних частиц (см. прилагаемые фотографии В St2, С St2 и D St2).

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

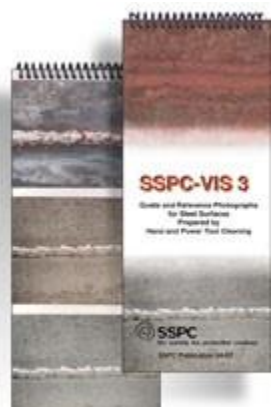


Рисунок 9.49. – визуальный стандарт чистоты поверхности SSPC-VIS 3.

- **St3** (Стандарт ISO 8501-1) – **Очень тщательная ручная механическая очистка** Аналогично St 2, но поверхность должна обрабатываться намного более тщательно для придания металлического блеска (см. фотографии B St3, C St3 и D St3).
- **SP2** (стандарт SSPC-SP2 – Ручная подготовка (см. рисунок 9.49) – удаляется вся плохо пристающая окалина, ржавчина, краска и другие загрязняющие вещества (SSPC-VIS 3 – «Руководство и рекомендуемые фотографии для стальных поверхностей, подготовленных ручной и механической очисткой» или другой визуальный стандарт подготовки поверхности, согласованные договаривающимися сторонами, могут быть использованы для более детального определения чистоты поверхности).

Аналог степени очистки SSPC-SP2 – **St2** по стандарту ISO 8501-1.

9.9.2. Методы очистки ручными инструментами.

Перед очисткой ручными инструментами, видимые отложения масла, жира или других загрязнений, которые могут препятствовать адгезии покрытия должны быть удалены в соответствии с SSPC-SP 1 или других согласованных методов. Невидимые поверхностные загрязнения, такие как растворимые соли, должны рассматриваться в той степени, которая определена договорными отношениями или проектной спецификацией (SSPC-SP2).

Стандарт ISO 8501-1, в случае покрытий, которые могут подвергаться воздействию очень тяжелых условий, например, погружению в воду, влажного климата или постоянных условий конденсации, рекомендует принимать решения о необходимости очистки поверхности от растворимых солей с учетом испытания на наличие солей и других невидимых загрязнения на визуально чистой поверхности.

Методы очистки поверхности ручными инструментами включают:

1. Ручные молотки и зубила применяются для удаления толстого рыхлого слоя (пластовой) ржавчины, чтобы сделать более экономичной абразивную струйную очистку. Обработка молотками часто проводится в сочетании с зачисткой щетками. Обработка такими молотками непригодна для общей подготовки поверхности перед нанесением покрытий. Для удаления рыхлого слоя ржавчины возможно также применение скребков.
2. Ручные молотки и зубила используются также для удаления всего сварочного шлака.
3. Для удаления отстающей прокатной окалины, рыхлой или плохо пристающей ржавчины, и всей отслаивающейся краски применяют очистку ручными проволочными щетками, ручное шлифование, ручное скребкование или другие аналогичные способы без ударного действия.
4. Вне зависимости от метода, используемого для очистки, если определено в договоре или спецификации, отшлифуйте края оставшейся старой краски так, чтобы перекрашенная поверхность могла иметь достаточно гладкий внешний вид.
5. В случае одобрения заказчика, использовать механические инструменты или абразивоструйную очистку в качестве способа очистки, заменяющего очистку ручным инструментом.

После очистки ручными инструментами и перед покраской, необходимо перечистить поверхность, если она не соответствует требованиям к очистке.

После очистки ручными инструментами и перед покраской, следует удалить грязь, пыль или подобные загрязняющие вещества с поверхности. Приемлемые методы включают в себя очистку щетками, обдув сухим, чистым воздухом или вакуумная очистка.

Очистка ручным инструментом является самым медленным и, возможно, наименее удовлетворительным способ подготовки поверхности. Обычно используемыми инструментами, являются проволочные щетки, скребки, или обрубочные молотки. Процесс очистки медленный, трудоемкий и дорогостоящий, с конечным результатом, далеким от удовлетворительного. Этим методом практически невозможно удалить всю ржавчину и окалину

Осложняющим фактором может быть нежелание рабочих выполнять тяжелые ручные операции. Медленное протекание процесса очистки и ухудшение трудовых отношений может привести к значительному удорожанию работ по ручной очистке поверхности.

Достоинством ручных инструментов является их портативность и то, что они для работы не требуют энергии. Ручные инструменты являются наиболее подходящими для подготовки небольших участков в непосредственной близости от других работников, или когда доступ к ним затруднен, например, когда ведутся работы в воздухе на телевизионных вышках высотой в 100 м и выше.

Используйте ручную чистку только тогда, когда погода или какой-либо другой фактор, не позволяют использовать более эффективные методы очистки. Ручная очистка – один из старейших методов подготовки поверхности и наиболее часто используется в следующих случаях:

- Отсутствуют точки подключения механического инструмента.
- Очищаемые участки недоступны для механических инструментов.
- Недостаточный объем работ для экономической эффективности использования электроинструментов.
- Очистка ручным инструментом может также широко использоваться и иметь хороший результат при правильном применении в условиях выполнения ремонтной окраски. Она может быть более эффективной при использовании в сочетании с очисткой механическими инструментами.

9.9.3. Рекомендации по инспектированию.

Инспекторы должны рассмотреть следующие вопросы:

- Состояние поверхности перед очисткой;
- Обезжиривание поверхности перед очисткой;
- Участки, на которых требуется очистка ручным инструментом;
- Покрытия, наносимые на существующие поверхности;
- Края после очистки ручными инструментами обработаны;
- Условия окружающей среды во время очистки и перед нанесением покрытия.

9.9.4. Контрольный лист инспектора.

Контрольный лист инспекторов до и после очистки ручными инструментами должен включать, но не ограничиваться следующим:

- Проверьте предварительную очистку перед началом подготовки поверхности ручным инструментом.
- Проверьте поверхность, обеспечила ли очистка ручными инструментами требуемую подготовку поверхности.

9.10. Очистка механическими инструментами.

Механические инструменты, применяемые для очистки поверхности, по существу аналогичны инструментам, используемым при очистке вручную, но имеют механический привод, требующий подключения к источнику питания, такому как электричество или сжатый воздух.

Очистка механическими инструментами – это метод подготовки металлических поверхностей с применением механизированных ручных инструментов, но без использования струйно-абразивной очистки. Механизированную очистку проводят с использованием вращающихся проволочных щеток, машин для зачистки абразивными шкурками, дисков для зачистки абразивными шкурками, абразивных зачистных кругов, зачистных молотков с электро- или пневмоприводом, игольчатых пистолетов, шлифовальных кругов и других различных шлифовальных приспособлений. Зачистка проволочными щетками применима для подготовки сварных швов, но в большинстве случаев не пригодна для удаления прокатной окалины. Недостаток – очищаемая поверхность не полностью очищается от продуктов коррозии и может становиться отполированной и загрязненной маслом.

Участки поверхности, недоступные для подобных инструментов, должны подготавливаться вручную. При очистке механизированным инструментом необходимо не допускать чрезмерной шероховатости поверхности, острых выступов и кромок, которые часто не перекрываются слоем лакокрасочного покрытия заданной толщины. При использовании проволочных вращающихся щеток необходимо не допускать полировки остаточной окалины до слишком гладкого состояния, что может приводить к ухудшению адгезии покрытия. Применение пневматических молотков должно быть ограничено сварными швами, углами, неровными кромками и т.д., поскольку удары острой грани могут создать неприемлемый профиль плоских поверхностей.

Перед очисткой ручным и механическим инструментом необходимо удалить скалыванием все толстые слои ржавчины. Видимые масло, смазка и грязь также должны быть удалены.

Очистка механизированным инструментом эффективнее и производительнее очистки ручным инструментом, но по эффективности уступает абразивной струйной очистке.

Очистка ручным и механизированным инструментом представляет собой метод подготовки поверхности, обеспечивающий худшую степень ее чистоты по сравнению с достигаемой при абразивоструйной обработке. Для достижения качества подготовки, аналогичного абразивоструйному методу необходимо применение более чем одного типа механизированного инструмента, что делает такую подготовку поверхности более сложной и дорогостоящей. Более того, при этом невозможно удалить масло, смазки и активирующие коррозию вещества, например хлориды и сульфаты.

Однако в некоторых случаях очистке механизированным инструментом отдают предпочтение перед абразивоструйной очисткой, например, когда необходимо избежать образования пыли или скопления отработанного абразива.

При окончательной подготовке поверхности перед окраской удаляются все заусенцы, острые края или срезы, образовавшиеся во время операций очистки. Остающаяся краска не должна блестеть края всей остающейся краски сводятся на нулевую толщину (под углом). Поверхность просушивается, если это необходимо, и с помощью щеток, пылесосов или продувки струей сухого, чистого воздуха удаляются все остаточные продукты очистки и пыль.

9.10.1. Очистка механическими инструментами по стандарту ISO 8501-1 и SSPC SP 3.

Механическими инструментами удаляют отслоившуюся прокатную окалину, ржавчину, краски и другие вредные загрязнения, но они не предназначены для удаления плотно присоединенной прокатной окалины, ржавчины и краски. Как и при очистке ручным инструментом,

прокатная окалина, ржавчина или покрытие краской считаются плохо пристающими, если они могут быть удалены путем подъема тупым шпателем.

Очистка механическими инструментами часто используется при техническом обслуживании покрытий. В дополнение к удалению отслаивающейся прокатной окалины, ржавчины и краски, этот способ может быть использован для удаления сварочного шлака, сварочных брызг и отслаиваний металла, а также позволяет сгладить грубые сварные швы и закруглить края раковин и кромок перед абразивоструйной очисткой.

9.10.1.1. Чистота поверхности после очистки механическими инструментами.

К стандартам, наиболее часто используемым для оценки степени очистки стальной поверхности механическими инструментами, относятся ISO 8501-1 (St2 или St3) или SSPC-SP 3 – «Подготовка механическими инструментами». На рисунке 9.50. приведены фотографические примеры степени очистки ручными и механическими инструментами для различных степеней ржавости стали (ISO 8501-1).

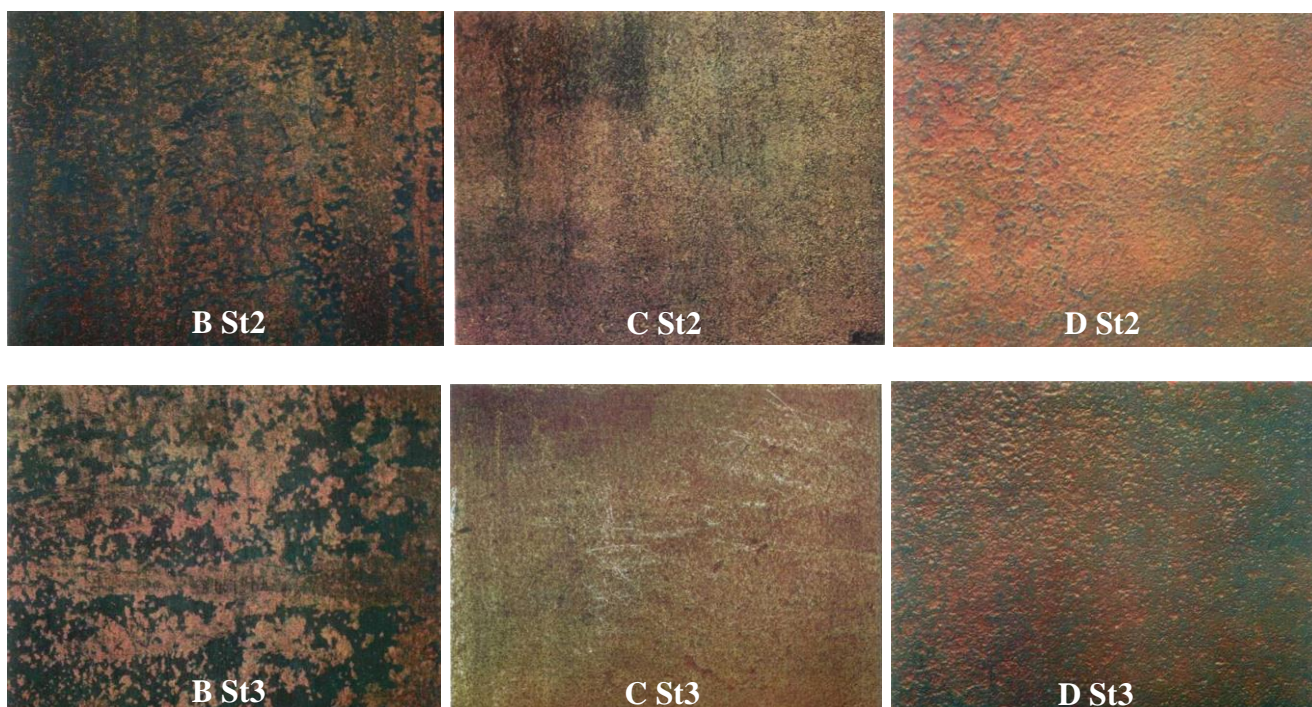


Рисунок 9.50. – Фотографические примеры степени очистки ручными и механическими инструментами для различных степеней ржавости стали (ISO 8501-1).

Фотографии обозначаются первоначальной степенью ржавости до очистки и обозначением степени подготовки, например: B St2. Не существуют фотографии, относящиеся степеням очистки A St2 или A St3, так как эти степени подготовки недостижимы применением ручных и механических инструментов на стали, покрытой плотно пристающей окалиной.

Степени очистки стальной поверхности что ручными, что механическими инструментами идентичны. Как правило, применение механических инструментов позволяет получить более качественную подготовку поверхности с меньшими трудовыми затратами.

Стандарты SSPC-SP2 и SSPC-SP3 имеют похожие требования к подготовке поверхности – удаляется вся плохо пристающая окалина, ржавчина, краска и другие загрязняющие вещества. Прокатная окалина, ржавчина или покрытие краской считаются плохо пристающими, если они могут быть удалены путем подъема тупым шпателем. Отличие между стандартами SSPC-SP2 и SSPC-SP3 состоит только в применяемых способах очистки.

9.10.2. Очистка механическими инструментами до чистого металла (SSPC SP 11).

По стандарту SSPC-SP11 «Очистка механическими инструментами до чистого металла» предусматривается очистка механическим инструментом для получения тщательно очищенной металлической поверхности без окалины и ржавчины, и сохранение на ней или создание профиля, когда абразивоструйная очистка не представляется возможной или не допускается.

После очистки по стандарту SSPC-SP11 металлические поверхности должны быть (при осмотре без увеличения) свободными от видимого масла, жира, грязи, пыли, прокатной окалины, ржавчины, краски, оксидов, продуктов коррозии и других загрязнений.

Незначительные остатки ржавчины и краски могут быть оставлены в углублениях коррозионных язв, если исходная поверхность повреждена точечной коррозией.

Когда поверхность готовится под покраску, необходимо на ней создать шероховатость до степени, подходящей для принятой системы окраски. Профиль поверхности должен быть не менее 25 мкм.

Этот стандарт предусматривает более высокую степень очистки, чем SSPC-SP 3 – «Очистка механическим инструментом», который не предусматривает удаление плотно прилегающих материалов и могут быть рассмотрены для покрытий, требующих металлической подложки на которой нет прокатной окалины, ржавчины и других загрязнений.

Поверхности, полученные в соответствии с данным стандартом не должны сравниваться с поверхностями, очищенными пескоструйным способом. Хотя этот метод создает поверхности, которые имеют вид почти белого металла или коммерческой пескоструйной очистки, они не обязательно эквивалентны поверхностям, подготовленным путем абразивоструйной очистки соответственно до степени ISO-Sa2½ (SSPC-SP 10) или ISO-Sa2 (SSPC-SP 6).

9.10.2.1. Выбор средств очистки.

На выбор механических инструментов и абразивных материалов влияют:

- Состояние поверхности перед подготовкой поверхности;
- Требуемая степень очистки поверхности по удалению ржавчины, окалины и других веществ;
- Требуемый тип профиля поверхности.

1. Если приемлемый профиль поверхности существовал до подготовки поверхности, должны быть выбраны такие абразивные материалы, с помощью которых удаляются поверхностные загрязнения, без сильного уменьшения или удаления профиля, если это возможно. К ним относят:

- а) Нетканые абразивные круги и диски, изготовленные из ленточного материала на основе нетканого синтетического волокна, имеющие форму непрерывной волнообразной ленты, равномерно пропитанной связующим веществом (связкой) с абразивным зерном (рисунок 9.51). Они применяются с пневматическими или электрическими машинками (от 3500 до 12200 об/мин) для зачистки сварных швов, удаления нагара, ржавчины, коррозии, старых покрытий и грунтовок с металлических поверхностей;

- б) Приспособления для полировки деталей со шкуркой: покрытые абразивным зерном диски, лепестковые круги и диски, абразивные ленты или другие покрытые абразивом при-



Рисунок 9.51. – Круг обдирочный (зачистной) 3M Scotch-Brite Clean & Strip.

способления, предназначенные для работы с механическими инструментами (рисунок 9.52).

Лепестковые плоскошлифовальные (торцевые) (рисунок 9.53.) диски используют для зачистки деталей, устранения заусенцев, удаления ржавчины, финишной отделки поверхностей. Торцевые диски имеют большую долговечность и высокую производительность при шлифовании.

Шлифовальные лепестковые круги (рисунок 9.54) используются для зачистки неровных поверхностей от ржавчины и окалины, шлифования выпуклых, плоских, фасонных поверхностей, а также зачистки сварочных швов.

Средства, указанные в п. 1 формируют профиль, высотой 10-15 мкм.



Рисунок 9.52. – Приспособления со шкуркой для очистки металла.



Рисунок 9.53. – диск торцевой лепестковый.



Рисунок 9.54. – круг лепестковый.

2. Если профиль поверхности при очистке удаляется или сильно уменьшается при подготовке поверхности, или, если до очистки на поверхности не было никакого профиля, должны быть выбраны, такие абразивные материалы, которые будут создавать требуемый профиль поверхности:

- а) Высокопроизводительная роторно-ударная головка (рисунок 9.55,а), состоящая из гибких лепестков, выполненных в виде высокопрочных широких ленточных петель, которые одним концом прикреплены к диску, а на их свободном конце закреплены стальные опорные пластины, армированные твердосплавными зубками со сферической головкой (рисунок 9.55,б).

Очистка с помощью роторно-ударной головки позволяет удалять прокатную окалину со стали, удалять старые покрытия со стальных и бетонных поверхностей, или выполнять подготовку стальных и бетонных поверхностей перед нанесением покрытий. Подготовка поверхности роторно-ударной головкой соответствует следующим стандартам:

- SSPC SP 3 – «Очистка механическими инструментами».
- SSPC SP 11 – «Очистка механическими инструментами до чистого металла».
- SSPC SP 13 – «Подготовка поверхности бетона».
- SSPC SP 15 – «Техническая степень очистки механическими инструментами».

При очистке поверхности роторно-ударной головкой необходимо применять инструмент для механической очистки (рисунок 9.55,в), чтобы обеспечить безопасные и контролируемые условия работы (см. видео <https://www.youtube.com/watch?v=KynxdHIUK0s>).

- б) «Игольчатый» пневматический инструмент, состоящий из пучка проволочных «иголок» диаметром 2 мм, которые ударяются о поверхность, создавая эффект чеканки.

Средства, указанные в п. 2 могут формировать профиль высотой 25 мкм и более.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

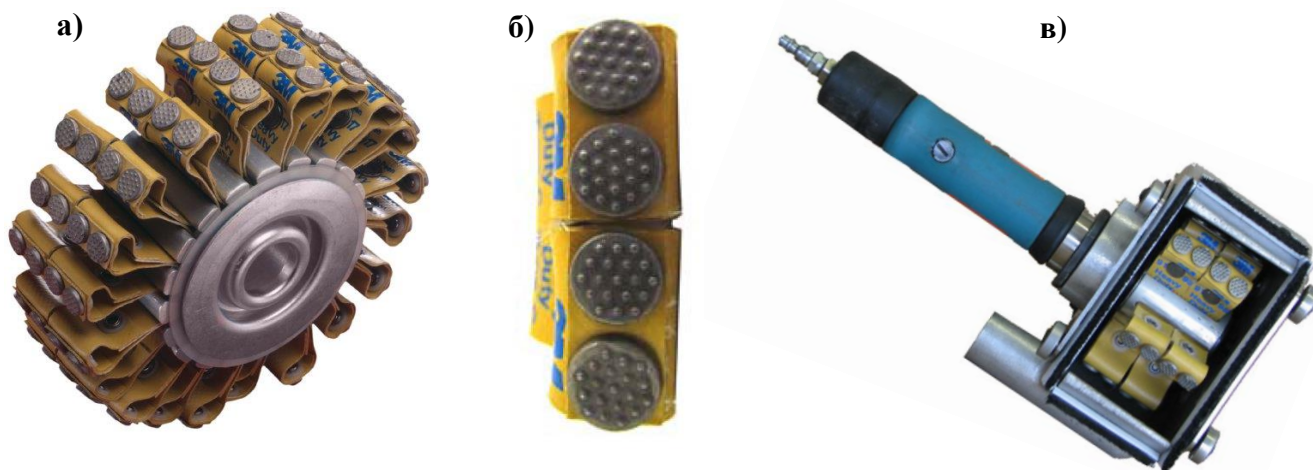


Рисунок 9.55. – Высокопроизводительный роторно-ударный инструмент: а – роторно-ударная головка с гибкими лепестками; б – ударные элементы, армированные твердосплавными зубками; в – прямая шлифмашина в пневмоприводном исполнении типа Roto-Peen с устройством для отвода пыли.

Внешний вид поверхностей после очистки роторно-ударной головкой с гибкими лепестками и игольчатым пистолетом приведен на рисунке 9.56.

9.10.3. Коммерческая степень очистки механическими инструментами (SSPC SP 15).

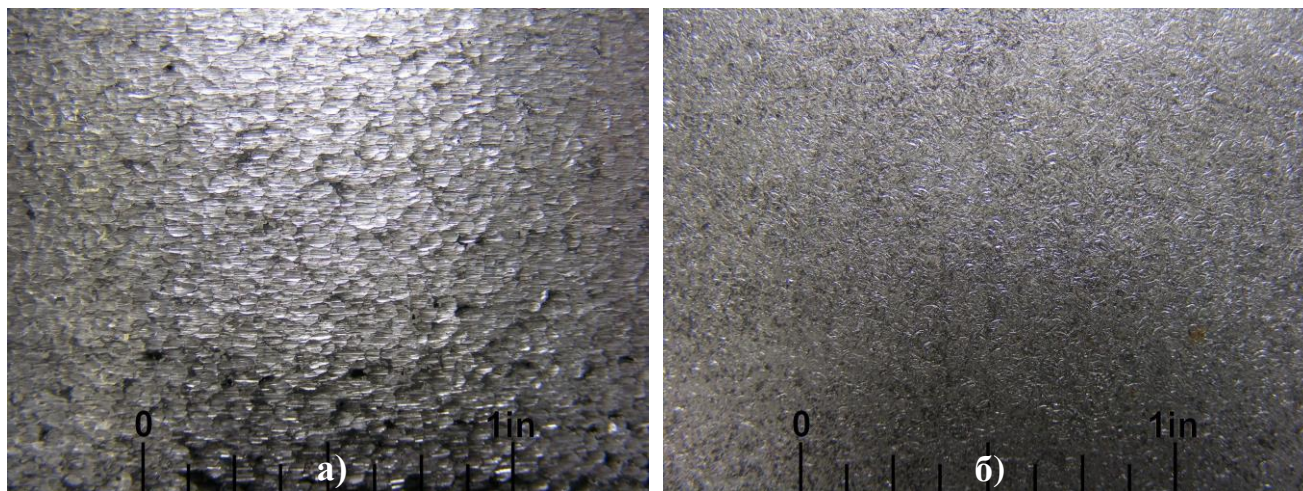


Рисунок 9.56. – Внешний вид поверхностей после очистки роторно-ударной головкой с гибкими лепестками (а) и игольчатым пистолетом (б).

Коммерческая степень очистки стальной поверхности механическим инструментом по стандарту SSPC SP 15 отличается от SSPC-SP 3 «Очистка механическим инструментом» тем, что стандарт SSPC-SP 3 требует только удаления слабо пристающих материалов и загрязнений, и не содержит требование вскрытия до обнаженного металла или достижения минимального профиля поверхности.

Стандарт SSPC-SP 15 отличается от SSPC-SP 11 «Очистка механическим инструментом до обнаженного металла» тем, что SSPC-SP 11 не допускает оставления пятен на поверхности.

Стандарт SSPC SP 15 предъявляет по сравнению с SSPC-SP 11 понижает требования к чистоте поверхности и оставляет требования к ее шероховатости:

1) На каждой единичной площади размером 80×80 мм после очистки поверхности случайное окрашивание не должно превышать 33% (по аналогии с коммерческим качеством абразива)

воструйной очистки). Любые оставшиеся следы загрязнений должны выглядеть только как легкие затемнения, слабые полосы, или незначительными изменениями цвета, вызванные загрязнениями ржавчины, окалины или ранее нанесенного покрытия. Незначительные остатки ржавчины и краски также могут быть оставлены во впадинах язв, если исходная поверхность поражена язвенной коррозией.

2) Допустимые отклонения во внешнем виде, которые не затрагивают чистоты поверхности, включают в себя изменения, вызванные типом стали, исходным состоянием поверхности, толщиной стали, металлом сварочного шва, дефектами металла, образованными во время его проката или обработки при изготовлении конструкций, термообработкой, околошовными зонами, или типа используемого инструмента.

3) Шероховатость профиля поверхности должна составлять не менее 25 мкм, измеренная в соответствии с методом пластиковых копий (реплик) по стандартам метод реплик по стандартам ISO 8503-5, NACE RP 0287 или ASTM D4417 или других взаимно согласованных методов. Пики и впадины на поверхности образуют непрерывную равномерную шероховатую структуру без оставления непрофилированных пятен.

4) Степень очистки поверхности должна соответствовать приведенным выше требованиям непосредственно перед нанесением покрытия.

9.10.4. Методика подготовки поверхности механическими инструментами по SSPC-SP 11 и SSPC-SP 15.

Перед использованием для подготовки поверхности механических средств, формирующих профиль, сначала необходимо получить требуемую степень чистоты, и профиль 10-15 мкм с помощью абразивных средств, показанных на рисунках 9.51 – 9.54, а затем дочистить поверхность роторно-ударной головкой или игольчатым пистолетом для получения профиля поверхности не ниже 25 мкм. Использование только металлических щеток с механическим приводом может не только затруднить формирование требуемого профиля поверхности, но и может привести к удалению или ухудшению существующего профиля до неприемлемого уровня.

9.10.5. Измерение профиля поверхности.

Для измерения профиля поверхности, очищенного механическими инструментами до чистого металла по стандарту SSPC SP11 и SSPC-SP 15, не подходят компараторы профиля и другие, наглядные или тактильные образцы, используемые при абразивоструйной очистке, из-за различий по внешнему виду. Одной из приемлемых процедур измерения являются ленты-реплики (копии) по стандарту ASTM D4417 «Полевые измерения профиля поверхности стали, очищенной струйным способом». Из-за ограничений по сжимаемости майларовой пленки, даже в случае гладкой поверхности будут получены показания 13 мкм и больше, если используется пластиковая реплика-лента).

9.10.6. Недоступные зоны.

Из-за формы и конфигурации самих приводных инструментов некоторые зоны конструкции могут быть недоступны для очистки. Эти зоны включают поверхности, прилегающие к головкам болтов, внутреннюю часть углов и зоны с ограниченным зазором. Зоны, которые невозможно очистить данным способом, должны подготавливаться с использованием альтернативных методов, что может привести к разнице в степени чистоты и профиля поверхности. Альтернативные методы согласовываются до начала работ.

9.11. Механические инструменты для подготовки поверхности.




В данном разделе представлены некоторые из механических инструментов, используемые для очистки поверхности, а также их преимущества и недостатки.

9.11.1. Ротационные проволочные щетки.

Конструкции щеток зависят от механизмов, в которых они используются: щетки для угловых шлифовальных машин (УШМ), для дрелей и высокоскоростных приводов.

На УШМ используются дисковые, чашечные и конические щетки-насадки, применяемые для очистки сварных швов и поверхностей от ржавчины, краски и прочих загрязнений. Типы проволочных щеток, применяемых для угловых шлифовальных машин, приведены в таблице 9.10.

Таблица 9.10. – Типы проволочных щеток для угловых шлифовальных машин.

Тип щетки	Применение	Общий вид
Щетки для угловых шлифовальных машин		
Дисковые щетки	Дисковые щетки со стальной жгутовой проволокой – лучший инструмент для зачистки сварных швов. Они великолепно удаляют окалину, шлак, брызги, ржавчину, изоляционный слой, проникая в «подрезы». Недостаточная линейная скорость – основные предпосылки для втирания шлака в основной материал. Недостаток скорости невозможно компенсировать усилением давления прижима.	
Щетки чашечные	Инструмент для зачистных работ на гладких поверхностях. Область применения: Очистка, удаление заусенцев, краски, окалины, шлака, очистка металла от ржавчины.	
Конические щетки	Идеальны для обработки прямых углов из-за своей конической формы. Предназначены для зачистки, удаления заусенцев, краски, окалины, ржавчины, шлака.	

Щетки для дрели с цилиндрическим или шестигранным хвостовиком подходят для дрелей, высокоскоростных приводов и шуруповертов. Щетки на дрели применяются для широкого спектра работ по зачистке металлических и деревянных поверхностей от краски, ржавчины, налета и прочих загрязнений, удалению заусенцев. Типы проволочных щеток для дрели, приведены в таблице 9.11.




Ворс ротационных щеток может быть выполнен из углеродистой и нержавеющей стальной проволоки.

Для обработки углеродистых и конструкционных сталей и чугунов используются щетки из углеродистой и легированной проволоки. Для нержавеющей, жаропрочных сталей и алюминия необходимо применять щетки из нержавеющей проволоки. Они, как правило, производятся с корпусами зеленого цвета либо просто с зеленой отметкой на корпусе, если он не окрашен.

Проволочные щетки выпускают со жгутовым и гофрированным проволочным ворсом.

Щетки со стальным жгутовым ворсом – агрессивный инструмент для тяжелых зачистных работ. Они обладают повышенной жесткостью и позволяют очищать поверхности от самых сложных загрязнений в труднодоступных местах. Щетки со жгутовой проволокой более долговечны, обрабатывают в несколько раз большую поверхность, чем щетки с гофрированной проволокой.

Таблица 9.11. – Типы проволочных щеток для дрели.

Тип щетки	Применение	Общий вид
Цилиндрические щетки	Цилиндрические щетки Ø20-80, с хвостовиком и стальной гофрированной проволокой. Области применения: шершевание, матирование, удаление заусенцев, краски, окалины, цветов побежалости. Малый диаметр круглой щетки позволяет применение в труднодоступных местах. Для легких и средних очистных работ.	
Дисковые щетки	Дисковые щетки, с хвостовиком и стальной гофрированной проволокой. Область применения: шершевание, матирование, удаление заусенцев, краски, окалины, цветов побежалости. Для не тяжелых очистных работ.	
Концевые щетки	Концевые щетки Ø10-30 с хвостовиком и стальной гофрированной проволокой. Концевые щетки Ø20-30 с хвостовиком и стальной жгутовой проволокой. Области применения: Шершевание, матирование, очистка, удаление заусенцев, краски, ржавчины, шлака, нагара и других загрязнений в труднодоступных местах и внутренних полостях.	

Щетки со стальным гофрированным ворсом применяют для легких и средних зачистных работ, для обработки больших поверхностей, к примеру, удаления поверхностной коррозии, шершевания, матирования, зачистки, удаления заусенцев, краски, окалины, ржавчины.

Не рекомендуется чрезмерная обработка стальной поверхности ротационными проволочными щетками, поскольку при этом образуется полированная поверхность, с которой большинство покрытий имеют плохую адгезию. Ротационные проволочные щетки также могут легко размазывать масла и смазки по поверхности. Поэтому, очистка растворителем является важным этапом в процессе механической очистки поверхности проволочными щетками.

Применение проволочных щеток считается менее предпочтительным по сравнению с другими видами очистки механическими инструментами, поскольку проблемы, вытекающие из получения полированной поверхности вместо шероховатой, весьма вероятны.

9.11.2. Инструменты ударного действия.

Механические отбойные молотки и зачистные молотки для отбивания ржавчины – наиболее широко используемые инструменты ударного действия с электрическим или пневматическим приводом. Для пневматического инструмента нужен сжатый воздух, который не всегда есть по месту производства работ. Поэтому электроинструмент более практичен, но молотки с пневматическим приводом удобны на мелких работах и в неудобных стесненных условиях. Пневматический инструмент надежный в работе (там нечему ломаться) и что немало важно – его небольшой вес (нет электродвигателя), поэтому продолжительная работа не так утомляет, как с традиционным электрическим отбойным молотком.

Отбойные молотки снабжаются долотами разных форм и размеров – зубилами, пиками, скребками.

Отбойные молотки предназначены для работы с металлом, зачистки поверхности от налипших бетона и грязи, отбивания окалины и пластовой ржавчины, зачистки сварных швов, рубки металла и т.п.

В зачистных молотках для снятия ржавчины вместо долота устанавливается цилиндрическая головка, армированная с торца твердосплавными зубьями.

Они используются для удаления толстых слоев ржавчины, окалины, краски с металлических поверхностей. Они также могут быть использованы для грубого бетона перед шлифовкой.

Использование зачистных или отбойных молотков – как правило, медленный и дорогостоящий метод подготовки поверхностей. Однако, когда присутствуют толстые слои окалины, ржавчины или твердой краски, они оказываются экономичнее.

Работа с этими инструментами требует высокой осторожности, поскольку, удаляя излишки твердого металла и оставшиеся острые заусенцы, на поверхности очень легко можно сделать глубокие надрезы, на которых покрытие может преждевременно выйти из строя.

Окончательно следует отметить, что инструменты ударного действия являются не самым практичным и экономичным способом подготовки поверхности из-за высокой вероятности выдалбливания металла, который затем требует сглаживания поверхности, чтобы не допустить преждевременного повреждения покрытия. Инструменты должны быть острыми. Тупой инструмент может размазывать ржавчину и окалину по поверхности.

9.11.3. Плу́нжерный зачистной инструмент.

Плу́нжерный зачистной инструмент (рисунок 9.57) работает аналогично зачистным молоткам, у которого сам плунжер выступает в качестве ударного инструмента, в то время как рабочий инструмент зачистного молотка устанавливается на место зубила.

Плу́нжерные зачистные инструменты для отбивания ржавчины бывают с одной или тремя головками, синхронно работающими в одном инструменте. Доступны также большие компоновки, состоящие из 15 головок, предназначенные для использования на плоских горизонтальных поверхностях, таких как стальные палубы.

Плу́нжеры зачистного инструмента – это цилиндры с режущим крестообразным концом, несколько похожим на звездообразное зубило. Их изготавливают из инструментальной стали, или армируют твердыми сплавами кобальта или карбида вольфрама.

Они могут быть использованы для удаления толстых слоев ржавчины, окалины, краски или промышленных покрытий с металлических поверхностей. Они также могут быть использованы для грубого бетона перед шлифовкой.

Ударники из твердосплавного кобальта не должны использоваться для бетонных поверхностей. Было обнаружено, что кремнезем в бетоне вызывает выделение тепла, которое, в свою очередь приводит к тому, что кобальтовые поршни быстрее изнашиваются. Их следует использовать только на металлических поверхностях и в первую очередь для искробезопасных условий применения. Образуемые ими искры являются холодными и не приводят к воспламенению в опасных условиях. Они также не магнитные, не ржавеют и обладают твердостью карбида.

9.11.4. Игольчатый пистолет.

«Игольчатый» пневматический инструмент (рисунок 9.58), состоит из пучка проволочных «иголок» диаметром 2-3 мм, которые ударяются о поверхность, создавая эффект чеканки.



Рисунок 9.57. Плу́нжерный зачистной инструмент с тремя головками.



Рисунок 9.58. – Игольчатые пистолеты.

Игольчатые пистолеты особенно эффективны в труднодоступных местах, на сварных швах, углах и неровных поверхностях, поскольку независимые друг от друга саморегулирующиеся удары каждой закаленной стальной иглы обеспечивают достижение всех точек сложного рельефа обрабатываемой поверхности. Они предназначены для удаления ржавчины, прокатной окалины, заусенцев, краски, шлака с металла, снятия напряжений после сварки, а также очистки и придания шероховатости бетону. Очистка игольчатыми пистолетами, аналогично другим механическим инструментам, происходит медленно, производя относительно чистую поверхность, образуя профиль на поверхности глубиной от 25 мкм и выше (см. видео: https://www.youtube.com/watch?v=dC_vT7hX4Zg).

При удалении краски на основе свинца, игольчатые зачистные пистолеты могут быть снабжены вакуумными устройствами совместно с уплотняющими насадками для локализации и сбора отбитой краски, чтобы исполнять требования по борьбе со свинцовыми загрязнениями. Pentek, Inc. разработал игольчатый пистолет Corner-Cutter® для очистки плоских поверхностей, уголков, балок, труб, накладок и других участков, которые недоступны для обычных игольчатых пистолетов при одновременном удалении пылесосом вредных загрязнений (рисунок 9.59).

Другие приводные инструменты, используемые для удаления экологически опасных покрытий, могут быть аналогично снабжены устройствами для отвода пыли.



Рисунок 9.59. – Игольчатый пистолет Corner-Cutter с устройствами для отвода

9.11.5. Ротационные зачистные головки.

Ротационные зачистные головки могут быть эффективно использованы на больших площадях для истирания, рыхления и удаления ржавчины, прокатной окалины, старых покрытий.

Ротационные зачистные головки по принципу действия подразделяются на два вида:

- Режущего действия, например, головки шарошечного типа, состоящие из набора стальных, твердосплавных или алмазных фрез (рисунок 9.60, а). Зубчатые дисковые фрезы независимо друг от друга перекачиваются по очищаемой поверхности, сдирая рыхлые и твердые загрязнения;
- Ударного действия, например, головки кулачкового типа для тяжелого режима работы (рисунок 9.60, б), или роторно-ударная головка с гибкими лепестками (рисунок 9.55). Под действием центробежных сил кулачки или лепестки с ударными элементами, армированными твердосплавными зубками, ударяются о поверхность стали, отбивая при

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

этом твердые загрязнения, например, легкую прокатную окалину, хрупкие и трещиноватые покрытия, и чеканя профиль поверхности.

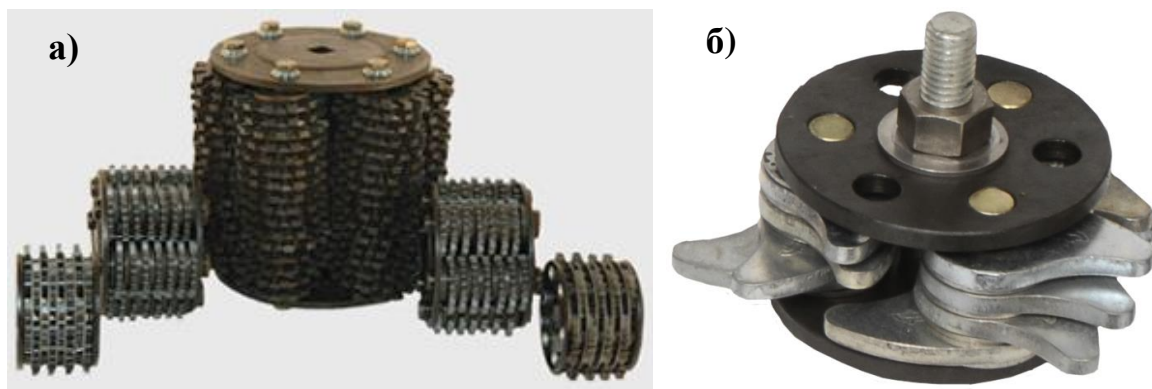


Рисунок 9.60. – Виды головок рабочих инструментов:
а – режущего действия; б – ударного действия.

Достижимая высота профиля поверхности, получаемая роторно-ударной головкой с гибкими лепестками производства ЗМ, конечно, будет зависеть от ответственности оператора, выполняющего работы, но, как правило, на стали создает шероховатость $Rt=75-115$ мкм (измеренную методом копий по ASTM D4417 C), и на бетоне – 75-200 мкм.

По конструктивному исполнению ротационные головки шарошечного типа могут быть выполнены в виде:

- Торцевых головок, у которых фрезы расположены по несколько штук на радиально расположенных осях, закрепленных в корпусе (рисунок 9.61, б). Торцевые головки используют вместе с угловыми или подобными шлифовальными машинами; специально оборудованными вакуумным отсосом продуктов очистки (рисунок 9.61, а) для удаления защитных и противоскользящих покрытий;



Рисунок 9.61. – Ротационный зачистной инструмент с торцевой головкой:
а – инструмент в сборе; б – торцевая головка шарошечного типа.

- Головок в виде зачистных кругов, у которых фрезы расположены на осях, равноудаленных от оси вращения головки и закрепленных в боковых дисках, расположенных по торцам головки (рисунок 9.60, а). Для применения таких видов зачистных головок используют прямые или щеточные шлифовальные машины.

На рисунке 9.62 показаны различные виды фрез ротационных зачистных инструментов, предназначенных для различных условий применения:

- а) **Фрезы, армированные алмазом или твердым сплавом** – для придания поверхности шероховатости, фрезерования, подготовки и очистки бетонных полов, асфальта, удаление толстых слоев;

- б) **Фрезы тавровой формы** – подготовка поверхности, удаление следов обработки, общая очистка.
- в) **Фрезы звездообразной формы** – для удаления краски, ржавчины и удаления накипи, очистка.

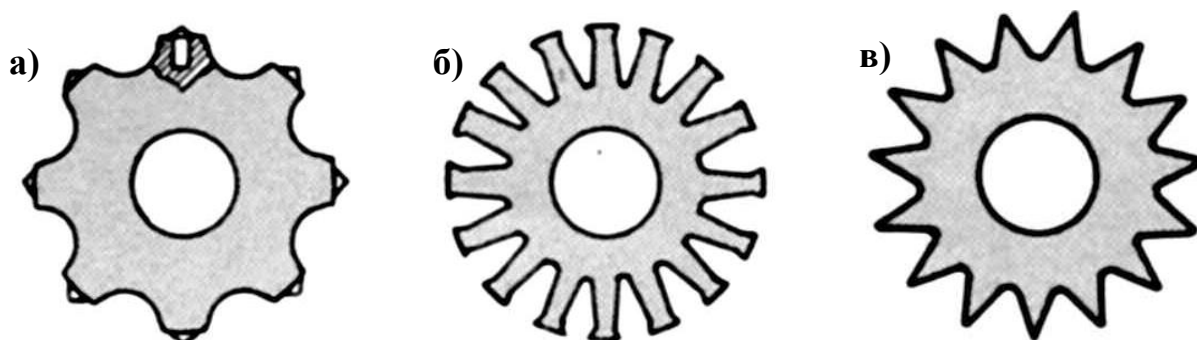


Рисунок 9.62. – Виды фрез рабочих инструментов:

а – армированные твердым сплавом; б – тавровой формы; в – звездообразной формы.

Шарошечная головка, набранная из фрез звездообразной формы, по сравнению с роторно-ударными головками является более агрессивным решением для удаления толстых эпоксидных покрытий и очистки бетонного основания. В то время как работа одна от другой будет отличаться, получаемая шероховатость роторной головкой на стали, как правило, будет иметь профиль $R_t=50$ мкм (измеренную методом копий по ASTM D4417 C), и на бетоне – 75-225 мкм.

На рисунке 9.63 показаны несколько типов шлифовальных машин, которые могут быть использованы для работы с головками шарошечного типа в виде зачистных кругов и головками ударного действия.

В прямых шлифмашинах используется принцип прямого вращения шпинделя, на который устанавливаются различного рода шлифовальные насадки и приспособления. Они являются многофункциональными инструментами, поскольку могут быть использованы и для выполнения других задач, например обработки алмазной фрезой, и специализированные другие принадлежности. Прямые шлифмашины по мощности уступают щеточным, но они малогабаритные и показывают хороший результат на небольших участках и в труднодоступных местах.

Прямые шлифмашины с электромеханическим приводом имеют самостоятельный электропривод, соединяемый с

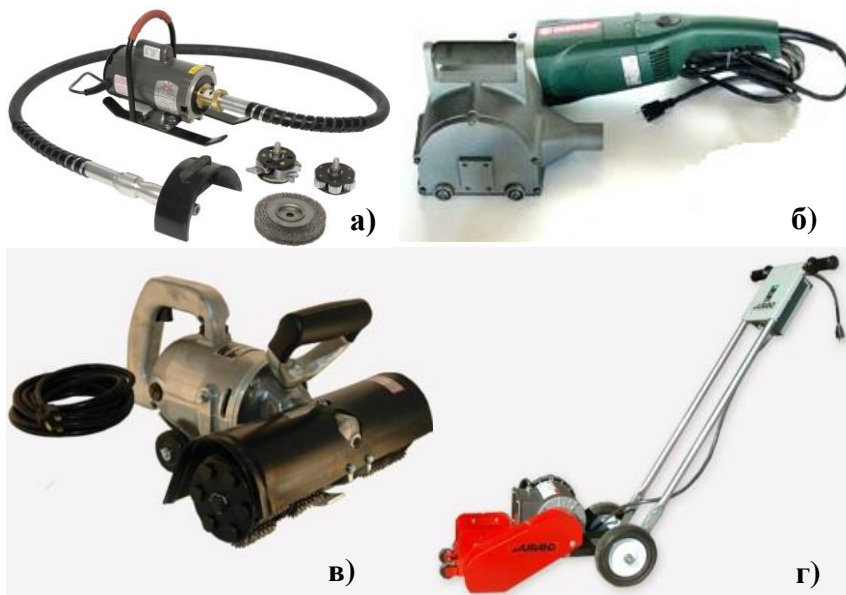


Рисунок 9.63. – Шлифмашины для работы с головками шарошечного типа в виде зачистных кругов и головками ударного действия: а – прямая шлифмашина с электромеханическим приводом; б – электроприводная щеточная шлифмашина типа Roto-Peen с устройством для отвода пыли; в – электроприводная щеточная шлифмашина с двухсторонним расположением зачистных головок; г – напольный вариант шлифмашины.

механизмом шлифмашины гибким валом, что делает ее на 25% легче аналогичных машин с электроприводом.

Щеточные шлифмашины представляют собой весьма удобный инструмент, в котором, вращающий момент от двигателя передается на поперечно расположенный приводной вал, на котором и устанавливаются щетки, шлифнасадки и ротационные зачистные головки, имеющие цилиндрическую форму. Они обеспечивают высокопроизводительную обработку поверхностей. Преимуществом данного класса инструментов является возможность использования различных шлифовальных принадлежностей для предварительной подготовки (зачистки) поверхностей, с последующей переоснасткой для финишной шлифовки. Шлифование и обработка осуществляется за счет быстрого вращения насадки. Некоторые щеточные шлифмашины оснащаются дополнительно системой регулировки числа оборотов, что позволяет быстро приспособить инструмент под работу с теми или иными материалами. На эффективность работы щеточных шлифмашин влияют такие характеристики, как:

- мощность (напрямую влияет на производительность работы);
- скорость (от числа оборотов шпинделя зависит качество шлифования);
- размеры шлифующей насадки (учитывайте этот параметр при обработке заготовок разной величины и формы);
- наличие регулятора скорости (для работы с материалами, имеющими чувствительность к нагреву);
- механизм фиксации насадок (для быстрой переоснастки изделия).

Все типы шлифмашин, кроме напольных, выпускаются с электрическим и пневматическим приводом и практически все могут быть оснащены вакуумными устройствами для удаления продуктов очистки. Различные типы, размеры и мощность шлифмашин позволяют применять рабочие головки шириной от 50 до 250 мм.

Этот инструмент предназначен для тяжелых режимов работы по скалыванию, приданию шероховатости, обдиранию, удалению окалины, измельчению и очистке стальных, асфальтных и бетонных поверхностей.

Они требуют аккуратного применения, чтобы избежать резания канавок на металле до такой степени, что вершины металла выступают высоко над поверхностью, вызывая преждевременное повреждение покрытия из-за недостаточной толщины кроющего слоя. Ротационные зачистные инструменты создают очень грубую поверхность. Необходимо следить за тем, чтобы все пики текстуры поверхности перекрывались покрытием требуемой толщины.

9.11.6. Жесткие абразивные круги и шлифовальные головки.

Круги зачистные абразивные предназначены для подготовительных и восстановительных работ: устранения недостатков (дефектов), удаления покрытий с различных поверхностей, для зачистки основания и его подготовке к предстоящей обработке. Зачистные круги часто используются для подготовки поверхностей перед нанесением покрытий. Применение зачистных кругов экономит время и вызывает меньший расход материалов, по сравнению с другими способами зачистки металла.

Для обработки поверхности зачистными кругами используют такие же шлифовальные машины, которые используются для работы с проволочными щетками: угловые или щеточные шлифовальные машины.

Зернистость абразива, используемая в зачистных кругах, имеет решающее значение. Слишком высокая зернистость абразива может создать глубокий профиль поверхности, который может повлиять на эффективность покрытия. Абразив, который является слишком мелким, может вызвать полирование поверхности, не образуя необходимую шероховатость, создавая при этом предпосылки для плохой адгезии покрытия.

Шлифовка жесткими зачистными кругами подходит для удаления сварочных брызг, сглаживания сварных швов, или закругления острых краев и углов. Шлифовальные круги часто используются для ремонта мелких производственных дефектов. При этом можно достичь очень хороший профиль поверхности с полным удалением ржавчины и окалины. Тем не менее, выполнять подготовку больших площадей с помощью этих инструментов очень дорого.

Шлифовальные головки на основе абразивов имеют цилиндрическую или коническую форму (рисунок 9.64), позволяя шлифовать труднодоступные области обрабатываемой детали, такие как углы и кривые. Их небольшие размеры и форма позволяют защищать и снимать заусенцы внутри отверстий или на неровных поверхностях и контурах.



Рисунок 9.64. Абразивные
шлифовальные головки.

9.11.7. Гибкие шлифовальные диски и круги.

Гибкие шлифовальные диски используются на шлифовальных машинах с дисковой платформой, к которым относятся угловые шлифовальные машины с пневматическим или электрическим приводом.

Угловые шлифовальные машины предназначены для резки твердых металлов и камня, обдирки, зачистки, шлифовки поверхностей и т.п. Название угловой шлифмашины отражает конструктивные особенности инструмента: шпиндель расположен под углом 90° к оси корпуса. Инструмент может иметь две или одну рукоять, с возможностью их перестановки для удобства работы. Потребляемая мощность прямо зависит от диаметра используемого круга.

Для очистки поверхностей от ржавчины и других загрязнений этими шлифмашинами применяют абразивные материалы и инструменты на гибкой основе, включающие в себя большой ассортимент изделий, выполненных с применением абразивного зерна нанесенного на всевозможные типы основы (бумагу, ткань, пленку, нетканое волокно).

Существует два способа крепления шлифовальных листов к опорным тарелкам:

- Зажим – самый экономичный, дешевле и сами машины и расходные материалы к ним;
- С помощью липучки – быстрая и удобная замена листа.

Диски самозацепляющиеся (на липучке) имеют быструю систему фиксации, которая позволяет быстро и легко менять диски, увеличивая производительность и минимизируя время простоя. Диски также включают мягкую подложку, которая улучшает чистоту и повышает производительность очистки и обеспечивает гораздо больший срок службы абразивного материала. Мягкий слой поглощает неровности поверхности, помогая поддерживать превосходное резание и обеспечивая очень однородную, очень качественную поверхность.

По такому же принципу работают и лепестковые торцевые диски (см. рисунок 9.53) и торцевые диски на основе объемных полимерных волокон (их гибкость ограничена и часто они могут быть абсолютно жесткими), которые используются совместно с угловой шлифовальной машиной для зачистки деталей, устранения заусенцев, удаления ржавчины и финишной отделки поверхностей. Торцевые диски лучше проникают в неровности поверхности, имеют большую долговечность и высокую производительность при шлифовании.

К гибким шлифовальным кругам относят шлифовальные лепестковые круги (рисунок 9.54) и отдельные обдирочные круги (некоторые имеют жесткую структуру) на основе объемных полимерных волокон (рисунок 9.51), используемые для зачистки неровных поверхностей от ржавчины и окалины, шлифования выпуклых, плоских, фасонных поверхностей, а также зачистки сварочных швов.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

Профиль поверхности зависит от выбора шлифовального диска, используемого вместе с оборудованием. Чем больше размер зерна абразива на гибком диске, тем выше будет шероховатость обрабатываемой поверхности, и наоборот. Гибкие абразивные средства, как правило, формируют профиль, высотой не менее 10-15 мкм.

Для очистки и создания шероховатости на мягком металле, дереве, пластике, керамике, стекловолокне и композитных материалах может применяться мягкий амортизирующий абразивный круг, предназначенный для работы с щеточными шлифмашинами типа Roto-Peen (рисунок 9.65).



Рисунок 9.65. Шлифмашина Roto-Peen с мягкими амортизирующими шлифовальными кругами.

Зернистость абразива из оксида алюминия и диоксида циркония от P40 до P220 на абразивной ленте обычно обеспечивает на стали профиль поверхности Rt от 20 до 65 мкм при измерении методом реплик, в зависимости от зернистости наждачного средства (рисунок 9.66).

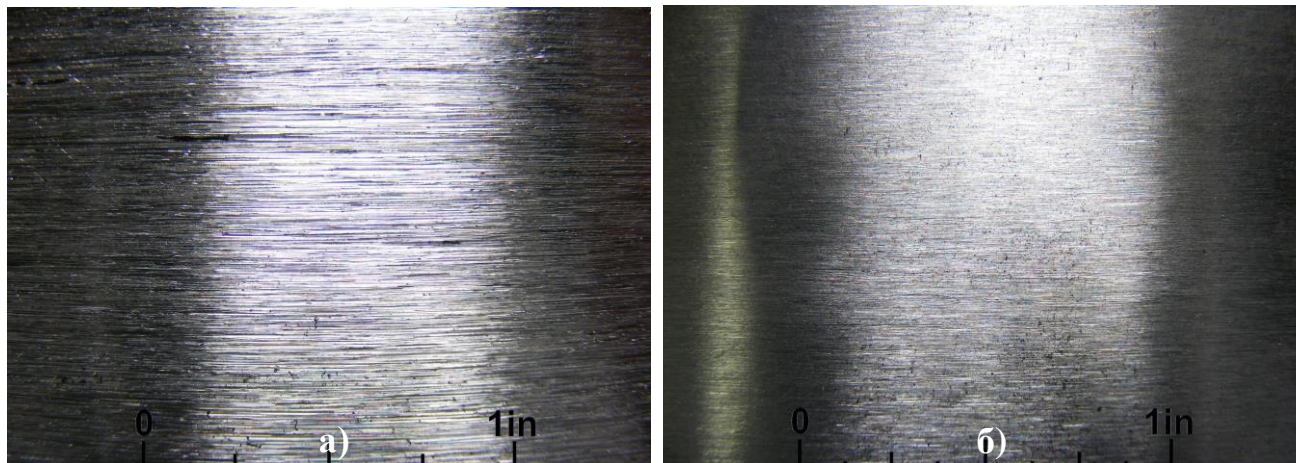


Рисунок 9.66. – Внешний вид поверхностей стали после очистки мягким шлифовальным кругом: а – шероховатость 60 мкм при зернистости абразива P24; б – шероховатость 25 мкм при зернистости абразива P120 (б).

Выбор типа носителя, частоты вращения колеса, высоты контакта, и приложенного давления обеспечивает новые уровни защиты подложки от нежелательного истирания на чувствительных поверхностях.

Нетканые абразивные ленты 3M® Scotch-Brite® и других производителей соответствуют более легкой обработке поверхности и, таким образом, имеют тенденцию быть менее агрессивными по отношению к металлу, производя тоньше профиль.

Производительность при очистке плоских поверхностей мягким абразивным кругом составляет 3,7-4,6 м²/час.

9.11.8. Зачистная щеточная машина Bristle Blaster®.

На рынке появился ряд новых приводных инструментов, которые очищают поверхность и одновременно оставляют шероховатость на ней. Одним из таких инструментов является щеточная машина Bristle Blaster® (рисунок 9.67).

Этот инструмент позволяет:

- Удалять коррозию, покрытия, окалину и остатки клея;
- Обеспечивать подготовку поверхности до степени, сравнимой с Sa 2½-3 по стандарту ISO 8501-1;
- Создавать на поверхности шероховатость Rz до 120 мкм;
- Искробезопасные условия применения;
- Применять для локальных ремонтных работ, ремонта дефектов на окрашенных поверхностях и подготовки сварных швов.
- Минимизировать потери основного материала;
- Формировать остаточные сжимающие напряжения по всей обрабатываемой поверхности для улучшения усталостной долговечности и стойкости против коррозионного растрескивания;
- Эффективно удалять вязкие покрытия без размазывания, закоксовывания или засорения рабочего инструмента.

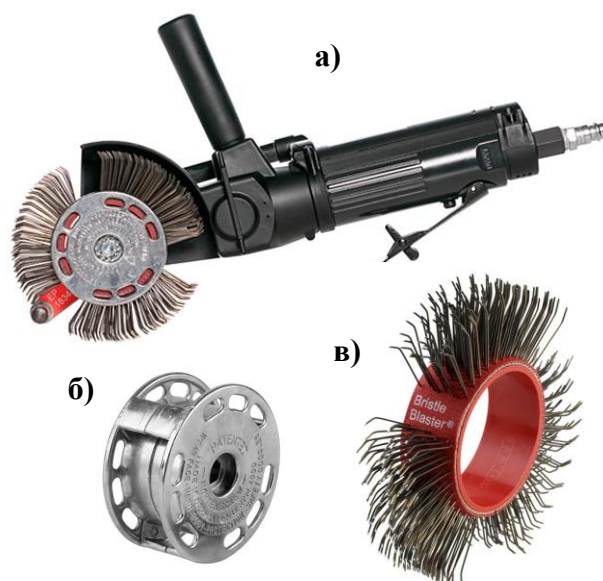


Рисунок 9.67. Зачистная щеточная машина Bristle Blaster® (а); система крепления ленты (б); щеточная лента Bristle Blaster® Belt (в);

Щеточные ленты Bristle Blaster® Belts (рисунок 9.67,в) представляют собой кольцевые ленты шириной 11 и 23 мм, снабженные в трех сегментах радиально расположенными высокопрочными упругими проволочными иглами с подогнутыми концами. Угол загиба каждой иглы подобран таким образом, чтобы во время удара обрабатываемая поверхность встречала конец иглы под углом, близким к 90°. Чтобы увеличить скорость удара иглы о поверхность применяется стержень-ускоритель, отклоняющий иглы непосредственно перед соприкосновением с поверхностью. Принцип работы зачистной машины Bristle Blaster® см. видео: <https://www.youtube.com/watch?v=ce0wLgs6sZA>.

Иглы и ускорительные стержни производятся из инструментальной черной и нержавеющей стали. Использование в щеточных лентах игл и стержней из нержавеющей стали необходимо для предотвращения контактной коррозии при обработке поверхностей из нержавеющей стали.

Рабочая скорость обработки стальной трубы, изготовленной из стали API-5L-X42 с ржавчиной класса D, составила 1,1 м²/час.

9.11.9. Подключение вакуумных установок.

Вакуумные установки используются для локализации пыли при удалении старых покрытий, а также удовлетворения требований многих органов по ограничению выбросов в окружающую среду вредных загрязнений, например, свинцовых красок. По этой причине многие механические инструменты теперь имеют коллекторы и вакуумные линии, чтобы можно было собрать большую часть пыли, когда работает очистной инструмент.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

Компания Pentek, Inc., например, разработала систему сбора отходов VAC-PACO, используемая для удаления вредных покрытий с бетонных и стальных полов, стен, потолков, и конструктивных элементов (рисунок 9.68).

С применением систем сбора отходов эффект очистки поверхности механическими инструментами остается без изменений, но оборудование становится тяжелее и с ним труднее работать. Тем не менее, приемлемые результаты очистки могут быть достигнуты.

9.11.10. Рекомендации по инспектированию.

Инспекторы должны обратить внимание на следующие вопросы:

- Состояние подложки перед очисткой;
- Очистка растворителем перед подготовкой механическим инструментом;
- Участки, где требуется очистка электроинструментами;
- Покрытия, которые должны наноситься на существующие поверхности;
- Край после завершения очистки механическими инструментами;
- Условия окружающей среды во время очистки и перед нанесением покрытия.

9.11.11. Контрольный лист инспектора.

Контрольный лист инспекторов до и после очистки механическими инструментами должен включать, но не ограничиваться следующим:

- Проверьте предварительную очистку перед началом очистки приводными инструментами;
- Проверьте поверхность после очистки приводными инструментами, чтобы убедиться, что очистка соответствует требованиям к подготовке поверхности;
- Понимать спецификацию, касающуюся очистки механическими инструментами;
- Знать области, которые требуют очистки механическими инструментами;
- Проверьте оборудование, чтобы убедиться, что надлежащие инструменты для работы имеются в наличии;
- После очистки механическими инструментами проверьте поверхность, чтобы убедиться, что нет ни одного подъема края старой краски;
- Убедитесь в том, что переход от покрытия к очищенной до металла поверхности выполнен плавно, чтобы обеспечить хорошую адгезию покрытий.

9.12. Абразивоструйная очистка стальных поверхностей.

9.12.1. Методы абразивоструйной очистки.

Абразивоструйная очистка является наиболее эффективным и самым распространенным методом механической подготовки поверхности. Этот метод подготовки поверхности обеспечивает ряд разнообразных функций, перечисленных ниже:

- а) Метод позволяет обеспечить высокую скорость подготовки поверхности.
- б) Оборудование может быть стационарным или мобильным и может адаптироваться к объектам, подлежащим очистке.
- в) Метод применим к большинству типов и форм стальной поверхности.
- г) Может быть получено множество различных состояний поверхности, например, различные степени подготовки и профили поверхности.



Рисунок 9.68. Система сбора отходов VAC-PAC®.

- д) Могут быть получены эффекты, такие как очистка, упрочнение, создание шероховатости поверхности, выравнивания и притирки.
- е) Можно селективно удалять частично поврежденные покрытия, оставляя нетронутыми трудноотделимые покрытия.

В этом разделе рассматриваются некоторые из методов абразивоструйной очистки, которые инспекторы должны знать, чтобы выполнить качественный осмотр:

- Сухая абразивоструйная очистка:
 - Центробежная струйная очистка абразивами;
 - Струйная очистка абразивами с помощью сжатого воздуха;
 - Вакуумная струйная очистка абразивами;
- Струйная очистка влажным/мокрым абразивом:
 - Струйная очистка абразивами с помощью сжатого воздуха с впрыскиванием влаги;
 - Пневмо-гидроструйная очистка с абразивами;
 - Жидкоструйная очистка с абразивами;

9.12.1.1. Сухая абразивоструйная очистка.

Сухая абразивоструйная очистка или так называемый бластинг заключается в ударе сухого абразивного потока с высокой кинетической энергией о подготавливаемую поверхность. Подача абразива осуществляется при помощи центробежной силы, сжатого воздуха или инъекции.

Как правило, Химикаты, загрязняющие поверхности стали, обычно не могут быть полностью удалены при сухой абразивоструйной очистке. Таким образом, если необходимо полное удаление таких химикатов, требуется дополнительная обработка поверхности.

9.12.1.1.1. Степени очистки поверхности.

Существуют различные стандарты и степени чистоты поверхности, достигаемые при ее абразивоструйной подготовке. Основными разработчиками и издателями наиболее используемых стандартов по подготовке поверхности являются:

- Международная организация по стандартизации (ISO);
- Национальная ассоциация инженеров по проблемам коррозии (NACE);
- Общество специалистов по защитным покрытиям (SSPC).

9.12.1.1.1.1. Стандарт ISO 8501-1.

ISO 8501 представляет собой иллюстрированный стандарт, показывающий внешний вид четырех исходных состояний непокрытых поверхностей горячекатаной стали, обозначенных соответственно А, В, С и D, и называемых как «степени ржавости» или «степени окисления» (см. п. 9.9.1.1). Также приведены различные степени визуальной чистоты поверхности («степени подготовки») после подготовки непокрытой стальной поверхности и стальной поверхности, с которой полностью удалены все прежние покрытия. Стандарт также содержит текстовые описания уровней чистоты.

Подготовка поверхности сухой абразивоструйной очисткой обозначается буквами «Sa». Описания уровней визуальной чистоты после сухой абразивоструйной очистки поверхности в порядке возрастания требуемых работ приведены в таблице 9.12, в которой используются следующие термины:

- * **Посторонние частицы** – могут означать водорастворимые соли или остаточные продукты сварки, которые не могут быть полностью удалены с поверхности сухой струйной очисткой ручным и механическим инструментом, или пламенной очисткой; для этого необходимо использовать мокрую струйную очистку.
- ** **Трудно отделимая** прокатная окалина, ржавчина или покрытие краской – когда они не мо-

гут быть удалены путем подъема тупым шпателем.

Таблица 9.12. – Степени подготовки поверхности по ISO 8501-1 после абразивоструйной очистки поверхности.

Степени очистки	Описание степеней очистки		Аналог NACE-SSPC
	Очищаемые загрязнения	Остатки загрязнений	
1	2	3	4
Sa 1 Слабая струйная очистка	Поверхность должна быть свободной от масла, консистентной смазки и грязи, а также от легко отделимой прокатной окалины, продуктов коррозии, лакокрасочных покрытий и посторонних	Трудно отделимая** окалина, ржавчина и существующая краска могут оставаться на поверхности.	NACE №4/SP7 Поверхностная очистка
Sa 2 Тщательная струйная очистка	Поверхность должна быть свободной от масла, консистентной смазки и грязи, а также от большей части прокатной окалины, коррозии, лакокрасочных покрытий и посторонних частиц.	Допускается наличие на поверхности трудно отделимой остаточной прокатной окалины.	NACE №3/SP6 Коммерческая очистка
Sa 2½ Сверхтщательная абразивная струйная очистка	Поверхность должна быть свободной от масла, консистентной смазки и грязи, а также от прокатной окалины, коррозии, лакокрасочных покрытий и посторонних частиц.	Любые оставшиеся следы очистки допускаются в виде бледных пятен, точек или полос.	NACE №2/SP10 Очистка до почти белого металла. Лучше, чем Sa 2½
Sa 3 струйная очистка до видимой чистой стали		Без загрязнений, поверхность должна иметь равномерный металлический цвет.	NACE №1/SP5 Очистка до белого металла

9.12.1.1.1.2. Визуальная оценка чистоты поверхности по ISO.

К стандарту ISO 8501-1 приложены типичные не увеличенные фотографии, нанесенные на обратную сторону прозрачной пленки, предназначенные для сравнения со стальной поверхностью. Из них четырнадцать фотографий соответствуют поверхностям стали, которые были подвержены сухой струйной обработке с абразивами, состоящими из кварцевого песка.

Фотографии обозначаются первоначальной степенью ржавчины до очистки и обозначением степени подготовки, например, A Sa2½.

Абразивы других типов (а значит и другого цвета или формы), отличные от кварцевого песка, могут давать поверхность, отличающуюся по виду даже после очень тщательной очистки подверженной струйной обработке поверхности.

Кроме типа абразива, степени ржавости поверхности A, B, C или D и применяемого метода очистки на результат визуальной оценки могут влиять следующие факторы:

- а) исходное состояние поверхности стали, отличающееся от любой из стандартных степеней ржавости A, B, C и D;
- б) окраска самой стали;

- в) участки с различной шероховатостью в результате различных коррозионных повреждений или неровного удаления материала;
- г) неоднородности поверхности, например вмятины;
- д) следы механического воздействия;
- е) неравномерное освещение;
- ж) затенение профиля поверхности в результате подачи абразива под углом;
- з) внедрение абразива.

Процедура визуальной оценки стальной поверхности по фотографиям аналогична процедуре визуального оценивания степени ржавости поверхности (см. п. 9.7). Для степеней подготовки поверхности записывается оценка, соответствующая степени, наиболее похожей (ближайшей по виду) поверхности стали.

В случае ранее окрашенных поверхностей, которые были подготовлены для новой окраски, можно использовать для визуальной оценки только фотографии с обозначением степени ржавости D или C (например: D Sa 2½ или C Sa 2½). Выбор (например, между D Sa 2½ и C Sa 2½) зависит от степени питтинга.

Примеры очистки стали со степенью ржавости А.

Для стали со степенью ржавости А приведены только две фотографии примеров абразивоструйной поверхности: A Sa2½ и A Sa3 (рисунок 9.69).



Рисунок 9.69. – Очищенная абразивоструйным способом сталь ржавости А.

Очень тщательная степень очистки стали A Sa2½ соответствует очистке поверхности почти до белого металла. Струйная очистка до визуально чистой стали A Sa3 по внешнему виду выглядит как белый металл.

Не существуют фотографии, относящиеся к A Sa 1 и A Sa 2, так как эти степени подготовки недостижимы.

Примеры очистки стали со степенью ржавости В.

Стали со степенью ржавости В соответствует четыре фотографии примеров абразивоструйной поверхности: B Sa1, B Sa2, B Sa2½ и B Sa3 (рисунок 9.70).

Для степени очистки B Sa1 характерно присутствие плотно пристающей прокатной окалины и следы ржавчины, а для степени B Sa2 – равномерно распределенные по поверхности пятна и следы от плотно пристающей прокатной окалины. Поскольку стальная поверхность степени ржавости В только начала ржаветь, ржавчина еще не приобрела прочно пристающую форму и легко сбивается воздушной струей абразива, на поверхности B Sa1 она присутствует в виде легкого окрашивания и следов, на B Sa2 практически отсутствует.

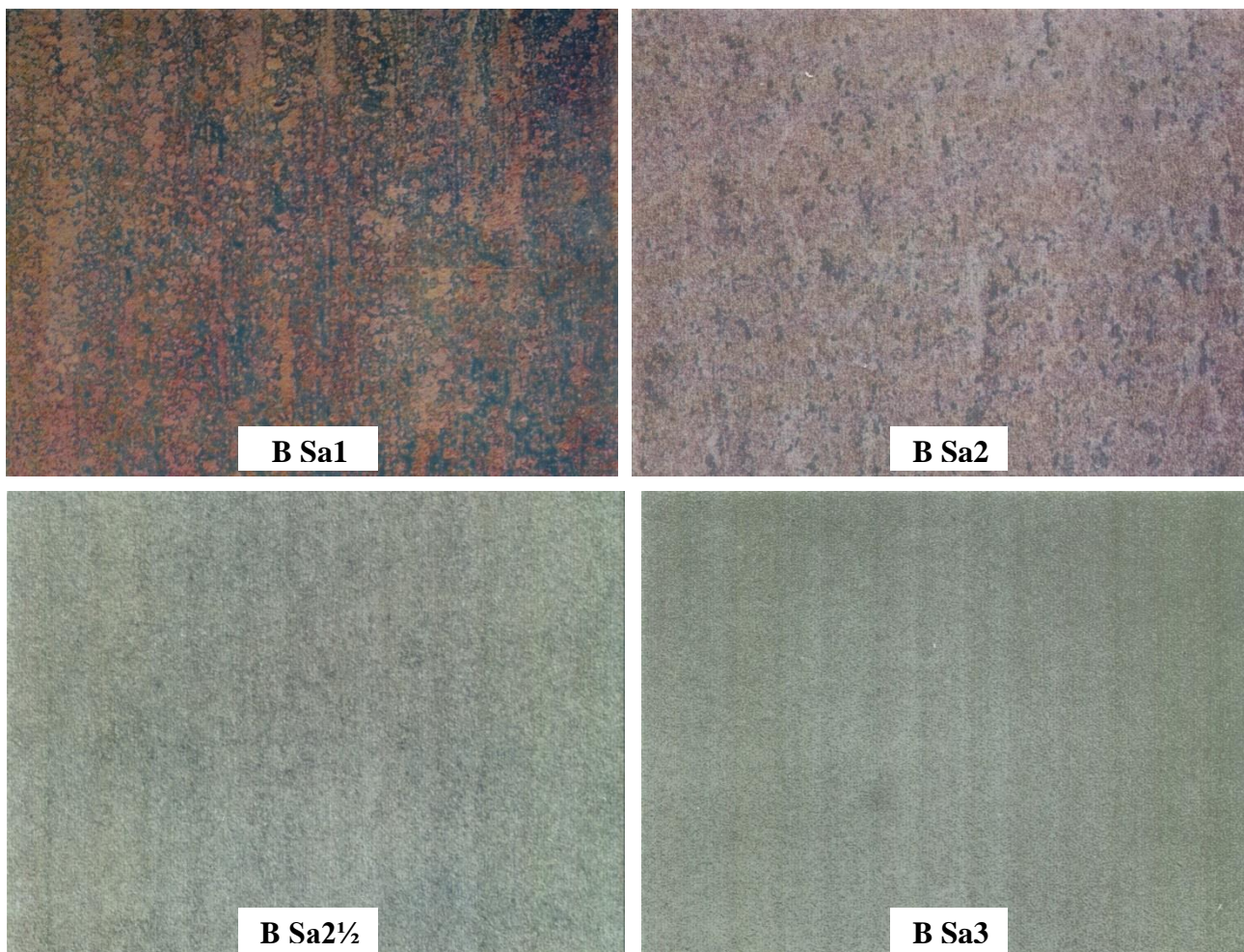


Рисунок 9.70. – Очищенная абразивоструйным способом сталь ржавости В.

Степени очистки В Sa2½ и А Sa2½, а также В Sa3 и А Sa3 соответственно по внешнему виду практически мало чем отличаются друг от друга.

Примеры очистки стали со степенью ржавости С.

Стали со степенью ржавости С соответствует четыре фотографии примеров абразивоструйной поверхности: С Sa1, С Sa2, С Sa2½ и С Sa3 (рисунок 9.71).

Для степени очистки С Sa1 характерно присутствие плотно пристающей ржавчины, а для степени С Sa2 – равномерно распределенные по поверхности пятна и следы от плотно пристающей ржавчины без окалины.

Степени очистки С Sa2½ и С Sa3 снова мало отличаются от соответствующих степеней очистки для двух предыдущих степеней ржавости поверхности А и В.

Примеры очистки стали со степенью ржавости D.

Стали со степенью ржавости D также соответствует четыре фотографии примеров абразивоструйной поверхности: D Sa1, D Sa2, D Sa2½ и D Sa3 (рисунок 9.72).

Для D Sa1 характерно практически сплошное закрасивание поверхности ржавчиной. На поверхности, очищенной до степени D Sa2, следы ржавчины присутствуют вблизи глубоких питтингов. Чистота поверхности для степеней подготовки D Sa2½ и D Sa3 отличается по внешнему виду от ранее описанных степеней ржавости А, В и С только присутствующими изъязвлениями поверхности коррозией (питтингами).

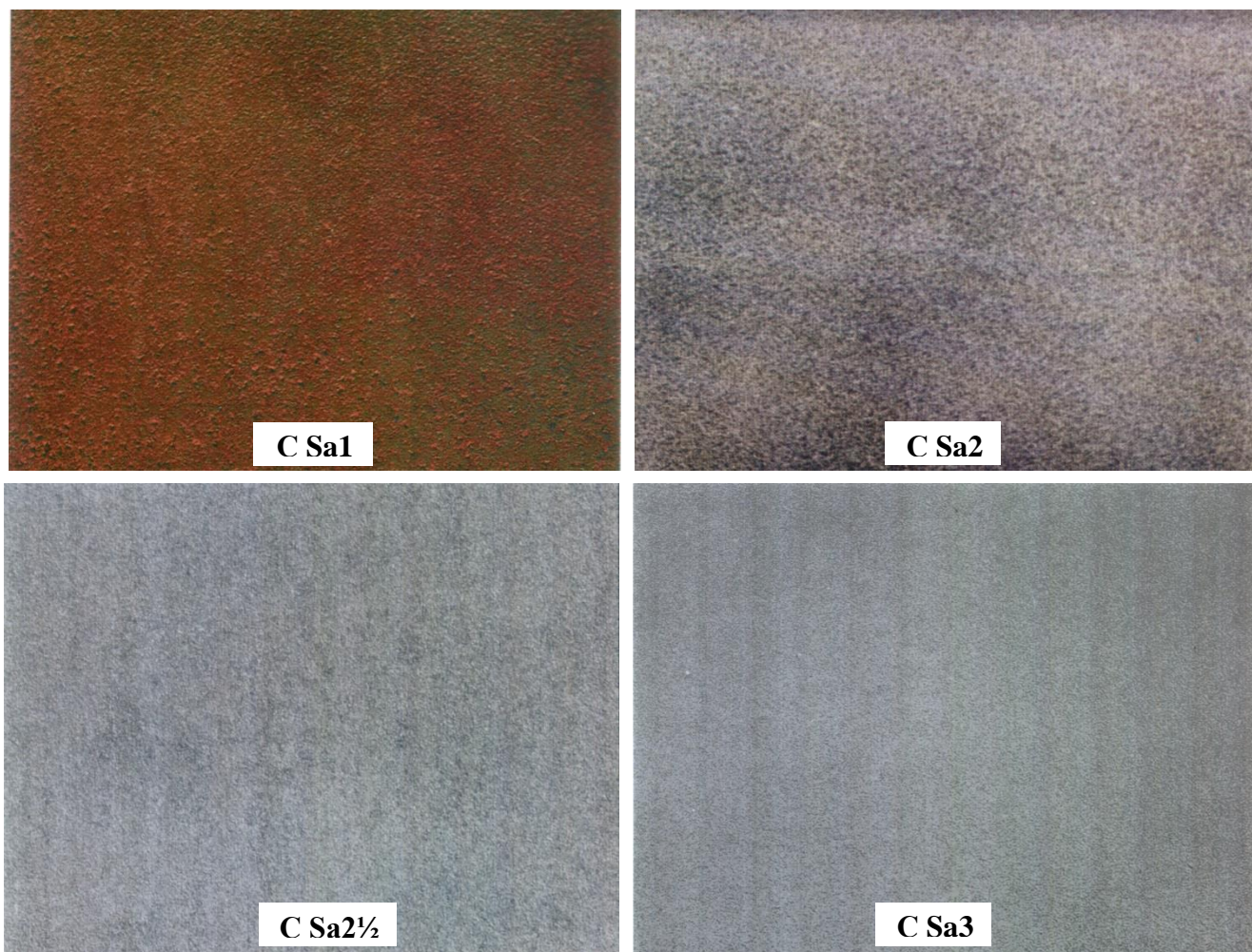


Рисунок 9.71. – Очищенная абразивоструйным способом сталь ржавости С.

Влияние типа абразива на внешний вид поверхности.

При абразивоструйной очистке используют различные абразивы. Поскольку некоторые абразивы остаются вкрапленными в обработанную поверхность, цвет абразивного материала влияет на ее внешний вид.

Применение абразивов темного цвета, например рафинировочных шлаков, содержащих медь, или угольных печных шлаков, придает поверхности более темный тусклый вид, чем при использовании песка. Некоторые твердые металлические абразивы, не окрашенные в черный цвет, также вызывают потемнение стальной поверхности, обусловленное ее глубоким, подвергнутой абразивоструйной очистке.

Кроме того, использование кварцевого песка в качестве абразивного материала запрещено во многих странах, и его применение для обработки поверхностей, отображенных на фотографиях в стандарте ISO 8501-1, не должно рассматриваться как рекомендация.

Чтобы учесть влияние абразива на внешний вид очищенной поверхности стандарт ISO 8501-1:2007 содержит дополнения, в виде типичных фотографических примеров изменения внешнего вида стали степени окисления С после ее абразивоструйной очистки различными абразивами до степени Sa3 с профилем поверхности «средний».

Использовались абразивы в виде:

- Дробь из высокоуглеродистой литой стали класса S 100. Твердость по Виккерсу 390 HV - 530 HV
- Стальная крошка класса G 070. Твердость по Виккерсу 390 HV - 530 HV;

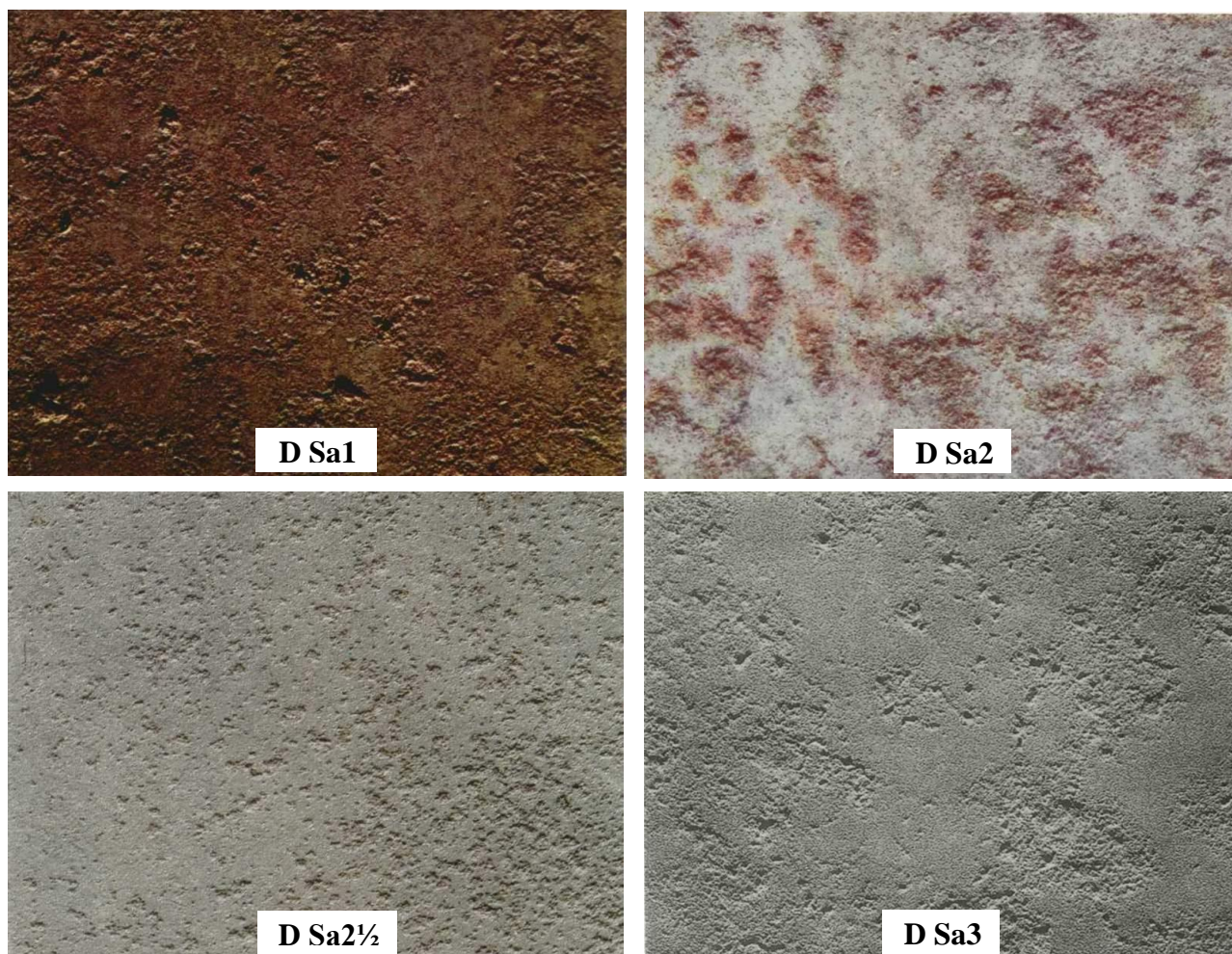


Рисунок 9.72 – Очищенная абразивоструйным способом сталь ржавости D.

- Стальная крошка класса G 070. Твердость по Виккерсу 700 HV - 930 HV;
- Крошка из отбеленного чугуна класса G 070;
- Рафинированный шлак, содержащий медь;
- Шлак угольной печи.

Фотография С (стандарт ISO 8501-1:2007) иллюстрирует различия во внешнем виде поверхности, включая цвет, которые были получены после абразивоструйной очистки одной и той же поверхности различными абразивными материалами по одной и той же степени подготовки. Фотография иллюстрирует типичный внешний вид поверхности, полученной при использовании конкретного вида абразива. Следует отметить, что на практике могут быть получены степени подготовки, отличные от приведенных на фотографиях.

Во всех случаях оценивать соответствие подготовки поверхности следует по описанию степеней абразивоструйной очистки, приведенному рассматриваемом стандарте.

9.12.1.1.1.3. Стандарты NACE-SSPC.

Стандарты NACE-SSPC представляют собой не иллюстрированные, а текстовые описания подготовки поверхностей, хотя они и сопровождаются самостоятельными иллюстрированными стандартами (VIS) со ссылками на фото. В таблице 9.13 приведены описания действующих объединенных NACE и SSPC стандартов США по абразивоструйной очистке стальной поверхности, начиная от самой высокой степени очистки и заканчивая самой низкой.

Изначально SSPC разработало три стандарта пескоструйной очистки поверхности, приведенные в порядке, обратном улучшению ее чистоты вместе с ее аналогами в системе ISO:

SP5 – Очистка до белого металла ↔ ISO 8501-1: Sa3 – Очистка до визуально чистой стали;
SP6 – Коммерческая очистка ↔ ISO 8501-1: Sa2 – Тщательная очистка;
SP7 – Поверхностная очистка ↔ ISO 8501-1: Sa1 – Легкая очистка.

Таблица 9.13. – Стандарты NACE-SSPC по абразивоструйной очистке поверхности.

СТАНДАРТ	Очищаемые загрязнения	Остатки загрязнений
1	2	3
NACE №1/ SP5 Абразивоструйная очистка до белого металла	Поверхность должна быть полностью очищенной от всех видимых масла, жира, грязи, пыли, ржавчины, прокатной окалины, краски, оксидов, ржавчины и других посторонних частиц струйной очисткой песком, абразивом или дробью	Не допускаются.
NACE №2/ SP10 Абразивоструйная очистка до почти белого металла		Случайное окрашивание в виде легких затемнений и незначительных полос и изменений цвета , вызванные плотно пристающей ржавчиной, прокатной окалиной и старой краской могут наблюдаться не более чем на 5% каждой единичной площади поверхности размером около 80×80 мм.
NACE №3/ SP6 Коммерческая абразивоструйная очистка		Случайное окрашивание в виде легких затемнений и незначительных полос и изменений цвета , вызванные плотно пристающей ржавчиной, прокатной окалиной и старой краской могут наблюдаться не более чем на 33% каждой единичной площади поверхности размером около 80×80 мм.
NACE №8/ SP14 Промышленная абразивоструйная очистка	Поверхность должна быть полностью очищенной от всех видимых масла, жира, грязи и пыли.	Остатки равномерно распределенной плотно пристающей прокатной окалины, ржавчины и остатков покрытий могут присутствовать не более чем на 10% каждой единичной площади поверхности размером 80×80 мм. Затемнения, полосы и изменения цвета, вызванные пятнами ржавчины, окалины и ранее нанесенного покрытия могут присутствовать на остальной поверхности.
NACE №4/ SP7 Поверхностная (удаляющая) абразивоструйная очистка	Поверхность должна быть полностью очищенной от всех видимых масла, жира, грязи и пыли, а также отслаивающихся ржавчины, прокатной окалины и краски.	Прочно пристающая окалина, ржавчина и существующая краска могут оставаться на поверхности. Окалина, ржавчина и старое покрытие считаются прочно пристающими, если они не могут быть сняты с поверхности тупым шпателем.

Такие степени очистки оставались до тех пор, пока у промышленности с целью сокращения расходов на подготовку поверхности не возникли новые требования к степени очистки, когда очистка до белого металла была неоправданно высокой.

В качестве такой степени ISO установила между Sa3 и Sa2 промежуточную очень тщательную струйную очистку и обозначила ее как Sa2½. Она допускала оставление пятен, полос и

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

теней от ржавчины на площади не более 15%. Поскольку стандарт ISO 8501 является иллюстрированным стандартом и в нем прямо не указывается площадь остающихся загрязнений в процентах, она была определена расчетным путем из типичных фотографий, относящихся к степени очистки Sa2½.

SSPC для новой промежуточной степени очистки присвоило следующий на тот момент номер стандарта SP 10 и назвала его «Почти белый металл», введя ограничения к допустимой площади остающихся следов прокатной окалины, ржавчины и покрытий не более 5%. Таким образом, строго говоря, эти два стандарта не идентичны. И если SP 10 по степени чистоты поверхности может заменить Sa2½, то обратная замена неадекватна.

Термины «белый металл» или «почти белый металл» иногда создают путаницу между подрядчиками и инспекторами. Очищенная стальная поверхность всегда серого цвета, а не белого. При очистке абразивом, имеющим светлую окраску, у поверхности может появиться белый оттенок. Абразив черного цвета обычно создает темный оттенок поверхности. Неопытный инспектор может ошибочно забраковать работу, так как поверхность не «белая». До проведения очистки желательно установить каким абразивом планируете очищать поверхность и согласовать с подрядчиком каким образом будет это влиять на оценку степени очистки поверхности.

В 2000 году SSPC и NACE выпустили совместные стандарты, а в 2006 году SSPC/NACE ввели новый стандарт «Промышленная абразивоструйная очистка», которая лучше поверхностной и хуже коммерческой очистки, и по порядковому номеру стандартов была классифицирована как SSPC-SP-14/NACE №8. Международная организация по стандартизации (ISO) отказалась от идеи создать новую подобную степень очистки в своей системе, которая могла бы быть обозначена как Sa 1½.

Несмотря на имеющиеся различия в этих двух системах, их степени очистки, как правило, считаются сопоставимыми. Они отражают аналогичные допустимые уровни пятен и трудно отделяемых/остаточных прокатной окалины, ржавчины, и покрытий. Сопоставимость систем SSPC/NACE и ISO может быть отражена диаграммой (рисунок 9.73).

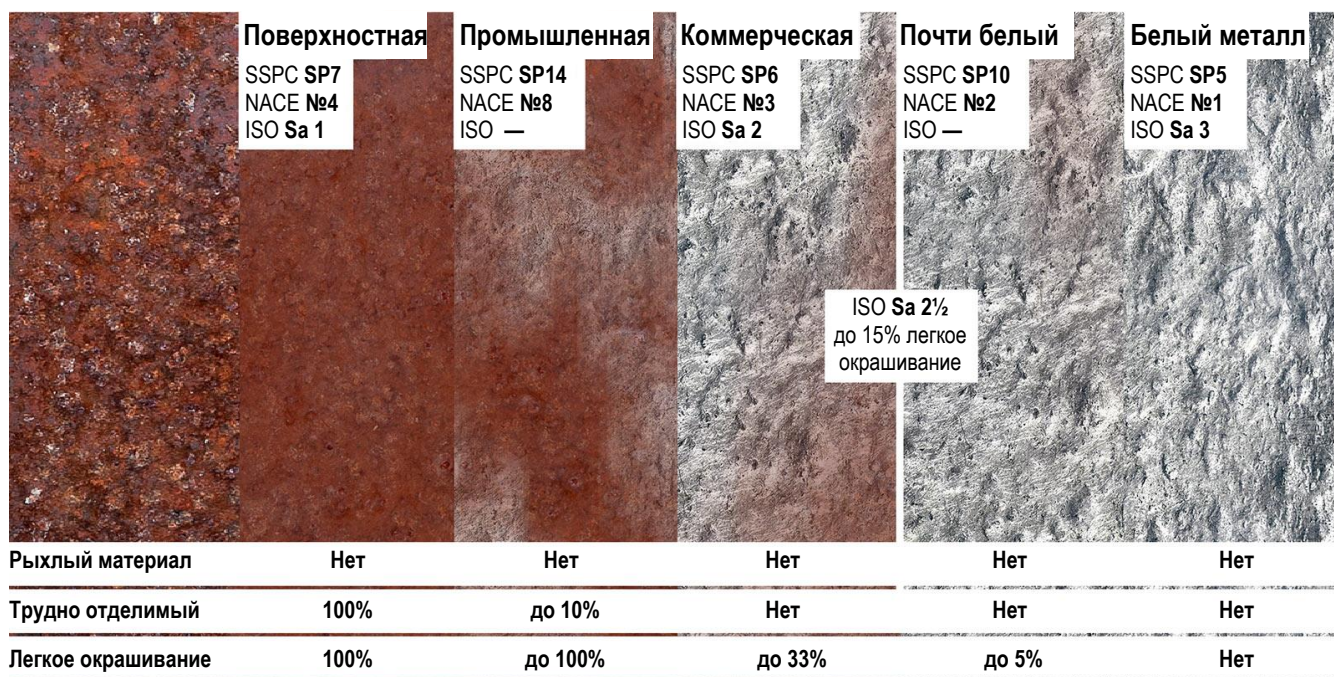


Рисунок 9.73. – Диаграмма сопоставления стандартов SSPC/NACE и ISO.

9.12.1.1.4. Визуальный стандарт SSPC-VIS 1.

Визуальный стандарт SSPC-VIS-1 поддерживают описательные части стандартов для очищенных абразивоструйным способом сталей.

Этот визуальный стандарт содержит справочные фотографии стальных поверхностей, подготовленных абразивоструйным способом с использованием кварцевого песка в качестве абразива, Они призваны дополнить описательную часть стандартов SSPC по абразивоструйной подготовке поверхности, но не могут заменить их.

Для каждой из четырех уровней ржавления поверхности А, В, С и D приведены фотографии образцов очищенных поверхностей до различных степеней чистоты: NACE №1/SP5 (белый металл), NACE №2/SP 10 (почти белый металл), NACE №3/ SP6 (коммерческая очистка) и NACE №4/ SP7 (поверхностная очистка).

Исключением является поверхность новой стали, полностью покрытой прокатной окалиной (уровень ржавления А), для которой отсутствуют две степени очистки поверхности:

- 1) А SP 7 – вследствие больших различий во внешнем виде при поверхностной/удаляющей абразивоструйной очистке прочно пристающей прокатной окалины;
- 2) А SP 6 и А SP14 – поскольку эти степени подготовки поверхности, как правило, не могут быть получены абразивоструйной очисткой прочно пристающей прокатной окалины.

Промышленная очистка NACE №8/SP 14 не имеет фотографий образцов очищенной поверхности. Фотография В Sa2 визуальной части стандарта ISO-8501-1, может быть применена для отображения внешнего вида поверхности, что соответствует определению промышленной очистки.

Для примера на рисунке 9.74 приведена фотография образца стальной пластины с уровнем коррозии В (содержащая окалину и ржавчину), а на рисунке 9.75 эта же пластина, после очистки пескоструйным способом до степеней:

- SP 7 – Поверхностная очистка;
- В SP 6 – Коммерческая очистка;
- В SP 10 – Очистка до почти белого металла;
- В-BSP-5 – Очистка до белого металла.

Разница во внешнем виде стальной поверхности после каждого метода пескоструйной очистки очевидна.

Отличительной особенностью визуальных изображений по SSPC является то, что для одного уровня ржавости все фотографии получали из одного стального образца – сначала для неочищенного металла, а затем после поэтапной очистки до стандартов В SP 7 → В SP 6 → В SP10 → В BSP-5.

На чистоту поверхности не влияют отклонения внешних видов от изображенных на фотографиях примеров подготовленной поверхности, которые вызваны:

- Типом стали;
- Исходным состоянием поверхности;
- Толщиной стали;
- Металлом сварного шва;



Рисунок 9.74. – Сталь ржавости В по SSPC.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

- Прокатными или производственными маркировками;
- Термической обработкой;
- Околошовной зоной;
- Абразивами, применяемыми при очистке;
- Различиями в ширине полосы, охватываемой струей сопла пескоструйного аппарата.

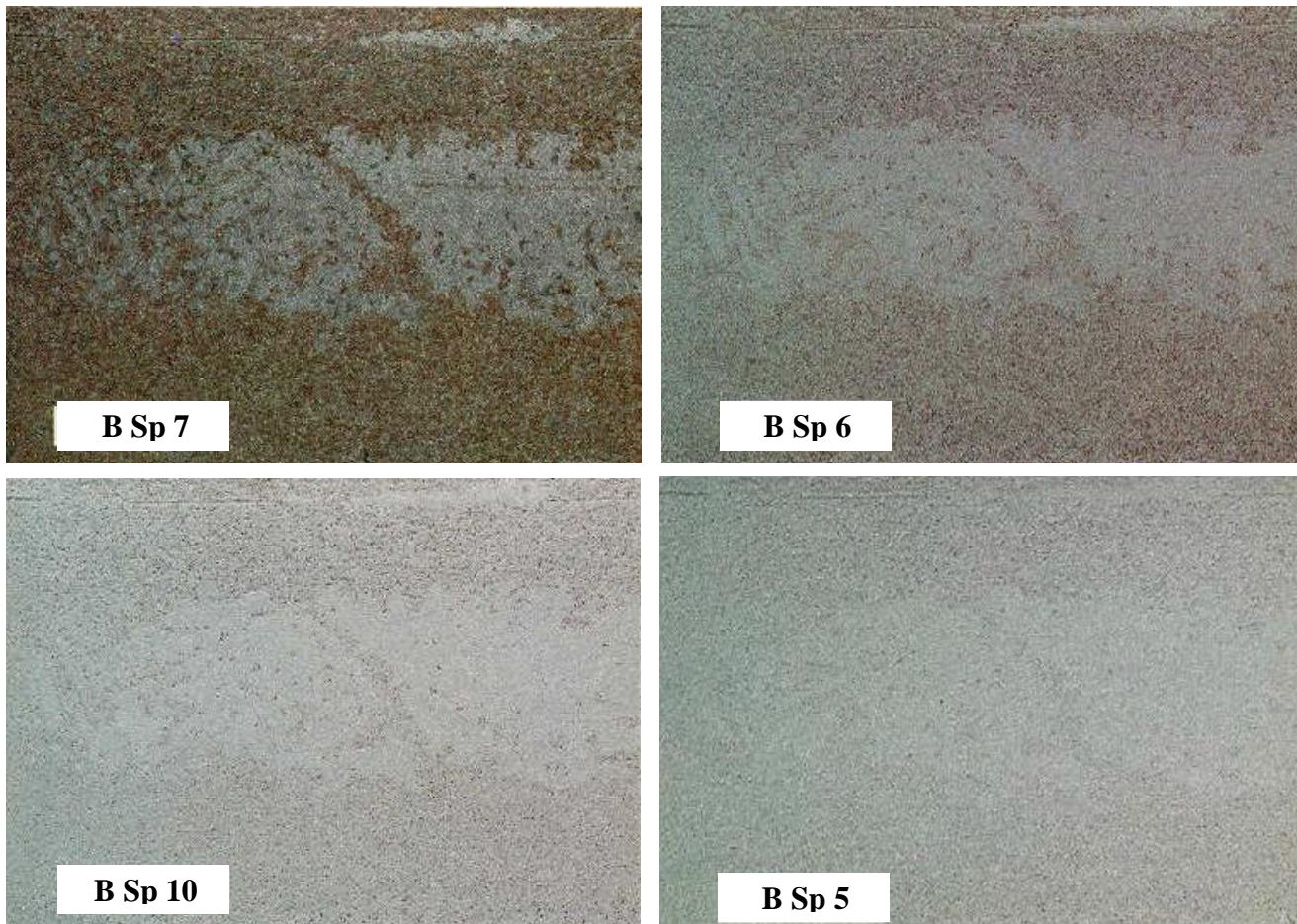


Рисунок 9.75. – Очищенная абразивоструйным способом сталь ржавости В по SSPC.

9.12.1.1.1.5. Влияние типа абразива на внешний вид поверхности.

Стандарты для визуальной идентификации чистоты поверхности пострадали из-за проблемы популярности песка в качестве абразива в 1950-е годы. Во всех случаях, в процессе струйной обработки, абразивные частицы внедряются в поверхность стали. По данным SSPC это более вероятно для неметаллического абразива, особенно в той части, что касается более 10 частиц на квадратный сантиметр.

Если только такие частицы не содержат вещества, способствующие образованию коррозии, такие как хлориды, не существует доказательств того, что они влияют на последующие характеристики покрытия. Тем не менее, они влияют на цвет очищаемой поверхности. Абразивные материалы из кварцевого песка дают превосходный светлый и белый внешний вид по сравнению с, например, шлаком, получаемым при рафинировании меди, который имеет черный цвет и дает общую темную окраску.

Это было признано в ISO 8501-1. На фотографиях очищенных поверхностей в стандарте приводятся оригиналы из бывшего шведского стандарта SIS 055900, которые были получены с помощью пескоструйной очистки. Чтобы учесть влияние абразива на внешний вид очищенной поверхности стандарт ISO 8501-1:2007 содержит дополнения, которые на некоторых образцах показывают как другие виды абразива влияют на белизну внешнего вида. Это указывает на то,

что некоторые часто используемые абразивные материалы дают более темный оттенок очищенной поверхности, чем разница в оттенках между степенями очистки Sa3 и Sa2.

9.12.1.1.2. Абразивоструйная очистка сжатым воздухом.

Абразивоструйная очистка сжатым воздухом (рисунок 9.76) осуществляется при введении абразивов в поток воздуха и направлении образующейся воздушно-абразивной смеси с высокой скоростью из сопла на очищаемую поверхность. Абразив может быть введен в воздушный поток из находящейся под давлением емкости, или увлечен этим воздушным потоком путем всасывания из емкости, не находящейся под давлением. Этим способом очищают поверхности с помощью абразивоструйных аппаратов.



Рисунок 9.76 – Абразивоструйная
очистка сжатым воздухом.

Метод применяется для очистки элементов всех типов (включая большие конструкции). Он применим также к деталям, имеющим различные степени ржавления (см. ISO 8501-1). Возможно использование метода в тех случаях, когда центробежная абразивоструйная очистка не применима.

Данный метод обладает широкими возможностями, позволяющими достичь степень подготовки Sa 3 на сталях при всех уровнях ржавления, включая предварительно покрытую сталь, согласно стандарту ISO 8501-1.

Абразивоструйная очистка сжатым воздухом приводит к выделению больших количеств пыли и его применение может быть ограничено при проведении таких работ, на которых отсутствуют достаточные технические возможности по снижению пылевыведения или ее удалению, позволяющие удовлетворить требованиям по допустимому уровню загрязнения окружающей среды.

9.12.1.1.2.1. Комплект оборудования.

Абразивоструйная очистка является наиболее часто используемым высокопроизводительным методом подготовки поверхности.

Типовой комплект абразивоструйного оборудования (рисунок 9.77) включает:

- | | |
|--|--|
| 1 - Компрессор; | 10 - Рукав дыхательный от фильтра к шлему; |
| 2 - Абразивоструйный аппарат с влагомаслоотделителем; | 11 - Сцепление быстросъемное для подключения шлема к рукаву дыхательному; |
| 3 - Рукав для воздуха, подсоединяющий абразивоструйный аппарата к компрессору; | 12 - Сцепление быстросъемное для подключения дыхательного фильтра к рукаву дыхательному; |
| 4 - Крабовое соединение для рукава для воздуха; | 13 - Шланг для воздуха, Ду=20мм; |
| 5 - Абразивоструйный рукав; | 14 - Сцепление крабовое для подключения шланга для воздуха к фильтру дыхательному; |
| 6 - Крабовое соединение для абразивоструйного рукава; | 15 - Защитный шлем; |
| 7 - Соплодержатель; | 16 - Костюм пескоструйщика (кожа/хлопок); |
| 8 - Сопло; | 17 - Перчатки-краги. |
| 9 - Фильтр дыхательный с картриджем; | |



Рисунок 9.77. – Типовой комплект абразивоструйного оборудования.

9.12.1.1.2.2. Абразивоструйные аппараты.

Абразивоструйный аппарат предназначен для обработки абразивными материалами различных поверхностей и отдельных деталей с целью снятия ржавчины, окалины, старой краски или матирования поверхностей.

9.12.1.1.2.2.1. Типы абразивоструйных аппаратов.

По принципу подачи абразива из аппарата в струю сжатого воздуха абразивоструйные аппараты выпускаются трех типов:

- 1) Всасывающего действия (инжекторные);
- 2) Гравитационные;
- 3) Нагнетательного действия.

Первый тип работает по гравитационному принципу. Над материалом и под ним давление одинаковое. Через дозировочное устройство зерна попадают в поток воздуха.

В аппаратах всасывающего действия первого типа (рисунок 9.78) абразивный материал из бункера (1) через абразивный рукав (2) засасывается струей сжатого воздуха, поступающего по воздушному шлангу (3) в смешивательную камеру (5) струйной головки (4), где создается необходимое разрежение. Смешение абразива с воздухом во всасывающих аппаратах происходит лишь перед самым выходом из сопла. Благодаря инжекции воздушно-абразивная смесь из сопла струйной головки выбрасывается на обрабатываемую поверхность.

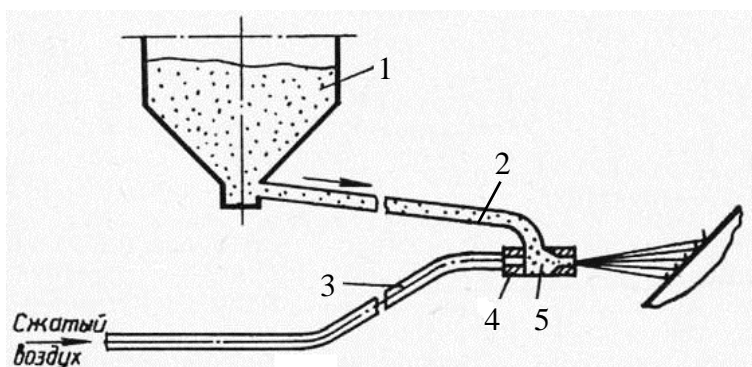


Рисунок 9.78. – Схема абразивоструйного аппарата всасывающего действия: 1– бункер; 2 – рукав для подачи абразива в сопло; 3 – воздушный рукав; 4 – пескоструйный пистолет; 5 – смешивательная камера.

Аппараты такого типа просты по устройству и безотказны в работе; они меньше изнашиваются (сопла и шланги), но производительность их небольшая. Это оборудование использует-

ся при работе, в основном, с легкими абразивными материалами, для проведения легких струйных работ. Кроме того данное оборудование не требует мощного компрессора и потребление составляет чуть более 1 м³/мин.

Основным исполнительным органом в этом пескоструйном аппарате является пескоструйный пистолет.

В аппарате **гравитационного действия** (рисунок 9.79, а) абразивный материал, поступающий в бункер 3, по кольцевому отверстию клапана 4 под действием собственного веса поступает в смесительную камеру 6, находящуюся под бункером с абразивом. В камеру по трубопроводу 1 подается сжатый воздух из магистрали, где смешиваясь с воздухом, направляется в рукав 7 для подачи дроби в сопло, где в виде струи выбрасывается на очищаемую поверхность.

Пескоструйные аппараты гравитационного типа конструктивно очень просты и, несмотря на сравнительно небольшую силу струи, часто применяются в пескоструйных установках разных категорий.

В **аппарате нагнетательного действия** (рисунок 9.79, б) абразивный материал загружается в бункер 3, из которого через клапан 4 поступает в резервуар 5, находящийся под давлением воздуха. Из резервуара 5 абразивный материал принудительно поступает в смесительную камеру 6, в которую по воздушному шлангу 1 подается сжатый воздух. Дробь или песок в камере 6 подхватывается потоком воздуха и проходит в рукав 7 для подачи дроби в сопло, где в виде струи выбрасывается на очищаемую поверхность.

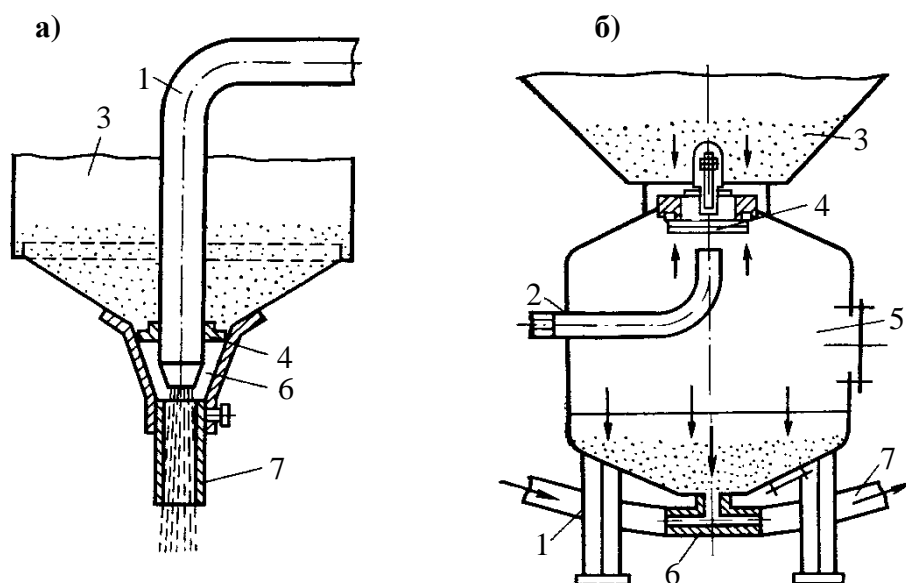


Рисунок 9.79. – Схема дробеструйных аппаратов гравитационного (а) и нагнетательного (б) действия: 1, 2 – воздушные рукава; 3 – бункер; 4 – клапан; 5 – герметичный резервуар; 6 – смесительная камера; 7 – рукав для подачи дроби в сопло.

Преимуществом аппаратов, работающих по нагнетательной системе, являются низкие потери скорости воздуха. Величина кинетической энергии при том же давлении и количестве подаваемого воздуха, что и при гравитационной системе, в аппаратах нагнетательной системы значительно больше.

К недостаткам аппаратов нагнетательного типа можно отнести то, что их необходимо регулярно испытывать как оборудование, работающее под давлением.

Аппараты нагнетательного действия могут быть однокамерными (периодического действия) или двухкамерными (непрерывного действия).

Однокамерные аппараты имеют рабочую камеру объемом 100-250 л, что обеспечивает работу установки примерно в течение 30 мин, поэтому требуются периодические остановки аппарата для его перезарядки.

Двухкамерные аппараты позволяют работать в непрерывном режиме и состоят из корпуса, разделенного на две части (верхнюю и нижнюю), каждая из которых представляет собой

камеру, имеющую загрузочный клапан. Аппараты нагнетательного действия имеют достаточно высокую производительность, но отличаются сложным устройством и быстрым износом сопла и шлангов.

По производительности струйные аппараты разделяют на 4 категории:

- Маломощные;
- Среднемощные;
- Высокопроизводительные;
- Аппараты большого насыпного объема.

У маломощных аппаратов емкость колеблется от 15 до 40 л. Они снабжены рукавами небольшого диаметра и длины. Такие аппараты используются для струйной очистки небольших участков.

Среднемощные аппараты обладают высокой производительностью и емкостью от 100 до 150 л. Как правило, они комплектуются рукавами диаметром 25 мм, которые можно использовать с соплами Вентури размером от 5 до 8 мм. Эти аппараты преимущественно применяются для непродолжительных работ, которые можно выполнить в течение 1,5-2 часов.

Высокопроизводительные аппараты имеют емкость от 200 л и более. Они комплектуются трубками и рукавами размером 32 или 38 мм и соплами Вентури размером от 10 до 12,5 мм. Такое оборудование является самым распространенным и используется на промышленных объектах. Большой объем абразива позволяет выполнять продолжительные безостановочные работы.

Абразивоструйные установки большого насыпного объема (рисунок 9.80) обычно оснащены выходами для нескольких операторов. Они обеспечивают такие же результаты, что и высокопроизводительные аппараты, но вмещают объем абразивного материала свыше 1800л до 4500л. Для обеспечения всех рабочих выходов воздушные трубки и шланги в аппаратах большой емкости должны иметь достаточно большой диаметр

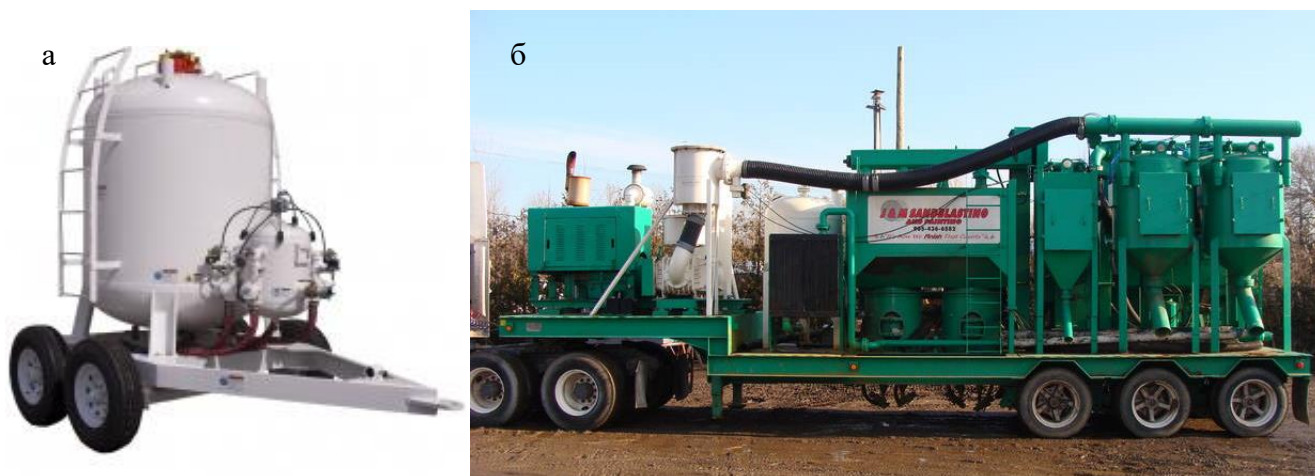


Рисунок 9.70 – Мобильные абразивоструйные установки большого объема: а – аппарат для пескоструйной очистки объемом 4300 л; б – абразивоструйная станция с рекуперацией абразива.

Крупногабаритные пескоструйные аппараты применяются при проведении большого объема работ по очистке поверхности и непрерывности процесса.

Эти аппараты обладают целым рядом преимуществ по сравнению с другими пескоструйными аппаратами. Благодаря большому объему абразива и крупным масштабам работ, затраты значительно уменьшаются. Бак аппарата легко заправить со складского бункера или через вакуумную систему загрузки.

Абразивоструйная очистка является потенциально опасной операцией. Абразивы и воздух покидают сопло с большой скоростью (около 720 км/час, что составляет около половины ско-

рости дробового ружья). На этой скорости, абразивные материалы могут повредить поверхности или нанести травму другим работникам на значительном расстоянии от места выполнения работ.

Несмотря на то, что абразивные рукава способны снимать накапливающее статическое напряжение, необходимо в обязательном порядке заземлять всю систему, включая рукава, оператора и обрабатываемые изделия, чтобы предотвратить травмы в результате поражения электрическим током. Заземление является особенно важным, когда оператор работает на высоте (когда электрошок может привести к падению), или когда абразивоструйные работы выполняются в опасной среде.

9.12.1.1.2.2. Нагнетательные абразивоструйные аппараты.

Для очистки поверхностей струйным способом с применением минеральных абразивов достаточно иметь давление 7 бар. Промышленные абразивоструйные аппараты и их компоненты разработаны для эксплуатации при давлении до 8,8 бар. Хотя абразивоструйные рукава и другие компоненты могут быть рассчитаны на более высокое давление. Давление в системе не должно превышать предела давления абразивоструйного аппарата.

Для работы со стальной крошкой или другими тяжелыми многообразными абразивами внедрены новые стандарты давления 10,5 бар для абразивоструйных аппаратов. Повышенное давление позволяет системе перемещать тяжелую стальную крошку через абразивоструйный рукав и сохранять необходимое давление в сопле. Отдельные абразивоструйные аппараты рассчитаны на рабочее давление 12 бар.

Абразивоструйные аппараты напорного типа отличаются объемом емкости, куда засыпается абразивный материал. Арматура на установке большой и малой емкости установлена одинаковая, т.е. при одинаковом давлении воздуха и размерах рукавов и сопел как таковая моментальная производительность аппаратов с различными объемами емкости получается одинаковой. Разница в сменной производительности аппаратов большой и малой емкости зависит только лишь от количества их загрузок. На пескоструйном аппарате большой емкости нужно меньшее количество загрузок и тем самым меньше остановок аппарата и только поэтому увеличивается производительность. Установки меньшей емкости легче транспортировать. Например, при производстве пескоструйных работ на выезде пескоструйный аппарат необходимо часто перемещать с места на место. Поскольку установка меньшей емкости опорожняется быстрее, то и перемещать ее становится проще, т.к. установку с абразивом внутри перемещать невозможно из-за большого веса (пескоструйный аппарат с абразивом внутри может весить от 300 кг). Так же пескоструйный аппарат меньшей емкости удобнее транспортировать, поскольку он имеет меньшие габариты.

Дистанционное управление.

Для надлежащей работы традиционных пескоструйных аппаратов требуются два оператора. Один оператор непосредственно выполняет работу, связанную с пескоструйной очисткой, а второй обслуживает аппарат по команде пескоструйщика.

Специально для этих целей было разработано дистанционное управление (ДУ), которое устраняют необходимость использования второго оператора (подсобного рабочего), а самому пескоструйщику гарантирует безопасность.

Существует два принципа работы устройств дистанционного управления:

- Система сброса давления позволяет разгерметизировать аппарат при отпуске ручки дистанционного управления. При этом происходит автоматическая дозагрузка аппарата абразивом и обеспечивается непрерывный процесс его работы – абразивный материал из вогнутой верхней части аппарата или из расположенного сверху бункера-

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

накопителя автоматически пересыпается в аппарат. Система широко используется в аппаратах, рассчитанных на одно рабочее место.

- Система удержания давления позволяет отключать подачу воздуха и абразива в сопло без разгерметизации аппарата. Аппарат, рассчитанный на несколько рабочих мест, позволяет оператору остановить работу, не влияя на работу других операторов. Наличие устройства удержания давления в двухкамерном аппарате обеспечивает перемещение абразива из верхней в нижнюю камеру без прерывания процесса струйной очистки.

Комплектация широко используемых однокамерных аппаратов нагнетательного типа с дистанционным управлением, сбрасывающим давление (рисунок 9.81), включает крышку (1), сито (2), камера аппарата (3), сдвоенный рукав дистанционного управления синего и красного цвета Ø 6мм (4), клапан-дозатор абразива (5), смесительная камера в виде обрезиненного У-образного тройника (6), блок клапанов дистанционного управления (7), влагомаслоотделитель (8) и абразивоструйный рукав (9).

Система дистанционного управления предназначена для работы на всех абразивоструйных аппаратах, оборудованных трубопроводом диаметром 1¼".

Система ДУ состоит из блока дистанционного управления, расположенного на аппарате, и пульта ДУ, расположенного на соплодержателе, которые соединены между собой сдвоенным рукавом.

Блок ДУ состоит из двух клапанов, встроенных в один корпус. Нижний клапан обеспечивает подачу сжатого воздуха к установке. Верхний клапан обеспечивает разгерметизацию абразивоструйной установки. Сжатый воздух от компрессора подается в нижнюю камеру через фильтр (влагомаслоотделитель) и впускное отверстие. Это означает, что красная часть шланга ДУ постоянно находится под давлением во время работы, синяя часть шланга ДУ соединена с камерой.

При нажатии пульта срабатывает блок дистанционного управления. Закрывается клапан для выпуска воздуха и происходит герметизация бака абразивоструйного аппарата. В тот же самый момент открывается клапан для подачи воздуха в камеру. Процесс абразивоструйной очистки начинается.

При отпускании пульта ДУ блок ДУ закрывается. Клапан для выпуска воздуха открывается и происходит разгерметизация бака аппарата и одновременно прекращается подача воздуха в резервуар. Процесс абразивоструйной очистки прекращается.

Дистанционные управляющие клапаны могут иметь пневматический или электрический привод. Клапаны с пневматическим приводом не требуют другого источника энергии, кроме сжатого воздуха от компрессора. Однако, такие клапаны могут медленно срабатывать, особенно при большой длине абразивоструйных рукавов. Клапаны с электрическим приводом срабатывают мгновенно, но требуют дополнительного источника питания, но они не являются принципиально безопасными, поэтому они не могут быть использованы в опасной среде.

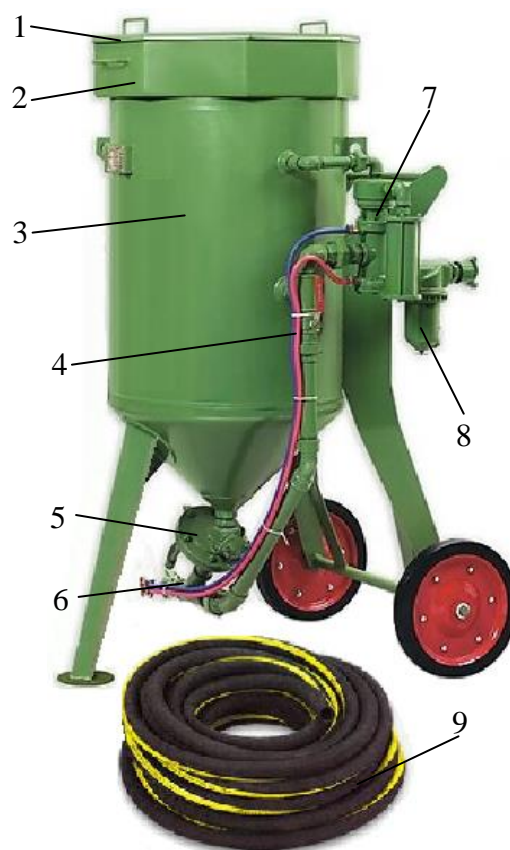


Рисунок 9.81. – Комплектация однокамерных аппаратов нагнетательного типа с дистанционным управлением.

Подача абразивного материала из загрузочного бункера.

Наряду с работой приборов дистанционного управления происходит подача абразивного материала из загрузочного бункера в рабочую камеру аппарата. Как только пескоструйщик освобождает клапан дистанционного управления, из камеры выпускается воздух. Материал из загрузочного бункера автоматически устремляется в резервуар.

Для обеспечения бесперебойной работы абразивоструйного аппарата его можно использовать совместно с загрузочным бункером. Бункер сконструирован таким образом, чтобы на стройплощадке его можно было подавать к обрабатываемому объекту с помощью крана или вилочного погрузчика. Как правило, эти бункера содержат такое количество материала, которого достаточно для одной рабочей смены. (Около 4 т, в случае использования больших струйных сопел).

Дозировочные клапаны

Напорные пескоструйные аппараты могут отличаться типом дозировочного клапана. Они бывают как для работы с легким абразивным материалом (кварцевый песок, купершлак и т.п.), так и для работы с металлическими абразивными материалами (дробь стальная, дробь чугунная, стальная крошка и т.п.). Дозировочные клапаны для легких абразивных материалов, как правило, дешевле и получили широкое применение, т.к. для работы на открытых участках (мосты, путепроводы, металлические конструкции и т.п.) используется в основном одноразовые абразивные материалы. Дозировочные клапаны для работы с металлическими абразивами стоят дороже, менее удобны в работе и применяются, как правило, в обитаемых дробеструйных камерах.

Дозировочные клапаны стандартного изготовления имеют прямой поток для материала. Такие клапаны имеют склонность к нарушению бесперебойной подачи материала. Поток материала или прерывается, или полностью прекращается, в том случае, если давление в резервуаре и в воздухопроводе не сбалансировано. Этого удастся избежать благодаря эксцентрической системе потока материала в дозировочном клапане (рисунок 9.82).

От работы клапана для дозировки материала зависит надежность и производительность работы любого пескоструйного аппарата. Особенно важными следует считать следующие конструкционные особенности дозировочного клапана:

- Быстрая и легкая регулировка пропускаемого количества.
- Компоновка с окном для очистки, которое позволяет быстро удалить инородные тела (в настоящее время большинство типов используемых клапанов необходимо полностью разбирать для очистки).
- Информативная механическая регулировка подачи, которая позволяет установить клапан на требуемое для определенного сопла количество материала.
- Износостойкость и коррозионная устойчивость.
- Эксцентрический поток материала.

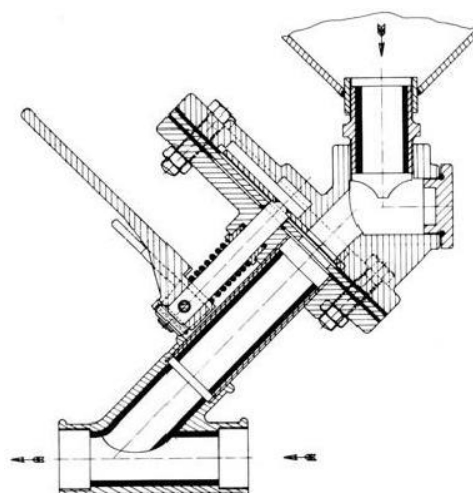


Рисунок 9.82. – Дозировочный клапан с эксцентрической системой потока абразива.

9.12.1.1.2.3. Шланги воздушные.

Шланг для подачи воздуха от компрессора к пескоструйному аппарату должен иметь достаточный внутренний диаметр. На этом не следует экономить, поскольку здесь надо исполь-

зовать шланги с максимально большим внутренним диаметром. Чем больше внутренний диаметр шланга, тем меньше потери от трения. Потеря от трения в размере лишь 0,1 бар в системе шлангов приводит к уменьшению мощности в размере 2 %.

Как правило, внутренний диаметр воздушного шланга меньше 32 мм (1¼") не рекомендуется. Рекомендуемый диаметр воздушного шланга должен в три раза превышать диаметр сопла. На линиях длиной более 30 м внутренний диаметр шланга должен быть в четыре раза больше размера отверстия сопла.

Рукава для сжатого воздуха должны быть маслоустойчивы и предназначены для подачи воздуха под давлением. Наружная поверхность шланга выполнена из резины с тканевой оплеткой.

Осуществляя выбор воздушного шланга высокого давления, кроме основного показателя количества подаваемого воздуха необходимо учитывать следующие его характеристики и параметры:

- Давление (максимальное и рабочее);
- Диаметр (внешний и внутренний);
- Длина;
- Вид материала, применяемого для изготовления;
- Форма (к примеру, прямая или спиралевидная);
- Гибкость;
- Диапазон рабочих температур (максимальная и минимальная).

9.12.1.1.2.4. Рукав абразивоструйный.

Абразивоструйный рукав, подающий воздушно-абразивную смесь от дозирующего клапана абразивоструйного аппарата к соплу, должен выдерживать давление струи, оказывать минимальное сопротивление ее перемещению, эффективно сопротивляться истиранию абразивом, не накапливать статическое напряжение, быть стойким к внешним механическим воздействиям и долговечным. Увеличенный срок службы абразивоструйных рукавов уменьшает трудовые затраты и простои, связанные с заменой шлангов.

Технические условия на абразивоструйные рукава, используемые до максимального рабочего давления 0,63 МПа для сухой и влажной очистки, приведены в стандарте ISO 3861:2005 «Рукава резиновые для пескоструйной и дробеструйной обработки. Технические условия».

Исходя из вышеизложенных требований, абразивоструйный рукав состоит из трех основных компонентов:

- 1) Стойкая к истиранию внутренняя облицовка, выполняемая из передового износостойкого материала с добавлением углерода для снятия статического напряжения;
- 2) Оболочка из армирующей ткани для обеспечения конструктивной прочности; Существует два типа армирующих оболочек – четырехслойные для повышенной конструктивной прочности и двухслойные для повышенной гибкости.
- 3) Внешний защитный слой, обеспечивающий защиту от погодных и механических воздействий, нефтепродуктов или химических веществ. Изготавливается из прочного материала, стойкого к разрывам, прокалыванию и старению от воздействия солнечных лучей. Игольчатая перфорация защитного слоя уменьшает образование вздутий.

Многие пескоструйщики предпочитают струйный шланг с двойной тканевой прокладкой, особенно для ручных рукавов, так как они более легкие и гибкие.

Двухслойные рукава могут иметь умеренную и повышенную гибкость. Первые используются на стационарных объектах и в абразивоструйных помещениях, а вторые иногда используются в качестве ручных рукавов, так как они более легкие и гибкие.

Четырехслойный негибкий рукав, более прочный снаружи, легко восстанавливается до круглой формы. Используется на участках с интенсивным движением автотранспорта.

Доступные размеры внутренних диаметров абразивоструйных рукавов от $\frac{3}{8}$ " (9 мм) до 2" (50 мм). Рабочее давление рукавов от 10 бар и предельное давление – от 30 бар.

Длина и диаметр абразивных рукавов напрямую связаны с их эффективностью. При выборе диаметра рукавов следует принимать внутренний диаметр рукава в пределах $3^x - 4^x$ размеров сопла.

На конце абразивоструйного рукава иногда помещают гибкий абразивоструйный ручной шланг (поводок). Некоторые операторы предпочитают его из-за большей гибкости. Он позволяет оператору (пескоструйщику) лучше управлять процессом и повышает его способность манипулировать шлангами под высоким давлением. Диаметр ручного шланга обычно меньше диаметра остальной части абразивоструйных рукавов и, как правило, имеет длину 3-4,5 м.

Чем меньше внутренний диаметр рукава, тем больше будет падать давление в нем, поэтому рекомендуется, чтобы операторы присоединяли поводки только при крайней необходимости.

У большинства современных абразивоструйных рукавов внутренняя облицовка выполнена в токопроводящем исполнении с добавлением углерода. Сопротивление готового шланга не должно превышать 2,0 МΩ/м, что позволяет статическому электричеству «стекают» на землю. Иногда необходимо дополнительное внешнее заземление. Необходимо использовать только заземляющие рукава для обеспечения безопасности оператора.

Для абразивоструйных рукавов применяют только быстроразъемные соединения, устанавливаемые снаружи рукавов (рисунок 9.83).

Соединительные муфты, устанавливаемые внутри рукавов, почти на 50% уменьшают их пропускную способность, сужая поперечное сечение примерно на треть. Кроме того, могут иметь место турбулентные условия в точке, где воздух и абразивы ударяются о передний край штуцера внутри рукава, что приводит к падению давления и сильному износу в этой точке.

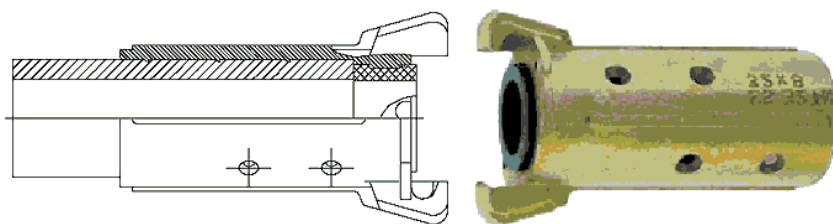


Рисунок 9.83. – Быстроразъемное соединение, монтируемое снаружи абразивоструйного рукава.

Соединительные муфты закрепляются на рукаве с помощью саморезов, закручиваемых снаружи, и проникающих в стенки рукава. Саморезы не должны проходить насквозь через стенку рукава, чтобы избежать утечек воздуха и потерь давления.

Заземление поддерживается через муфту.

Из-за неизбежного падения давления воздушные рукава должны быть как можно короче. Предпочтительно, чтобы длина нагнетающего рукава (от струйного аппарата к соплу), не превышала 6 м. При большей длине абразивоструйный рукав должен быть прямым, любые изгибы рукавов должны выполняться по большому радиусу.

Во время пескоструйной очистки, производительность воздушного компрессора должна обеспечить подачу и поддержание необходимого объема и давления воздуха на выходе из сопла. Поэтому, чтобы максимально ограничить потери давления в магистралях, в соответствии с производительностью компрессора должно быть правильно подобрано и соответствующее нижеперечисленное вспомогательное оборудование:

- Воздушные шланги и абразивоструйные рукава;
- Соединения шлангов и рукавов;
- Абразивоструйные сопла.

Влияние комплекса перечисленных выше факторов на потери давления в сопле при производительности компрессора 16,8 м³/мин, неизменном внутреннем диаметре абразивоструйного рукава (32 мм) для различных его длин, для разных размеров струйных сопел Вентури от 8 до 11 мм наглядно показаны в таблице 9.14.

Таблица 9.14. – Давление на абразивоструйном сопле при изменяющихся размерах воздушного и абразивоструйного рукавов, сопла и в зависимости от наличия ручного рукава.

Размер сопла		Давление на компрессоре	Давление в пескоструйном аппарате	Давление на струйном сопле при внутреннем диаметре 32 мм и длине струйного шланга:		
				19 м	34 м	49 м
1. При длине воздушного рукава – 15 м и внутреннем диаметре – 19 мм и длине ручного рукава – 3,5 м, внутреннем диаметре – 25 мм.						
мм	дюйм	бар	бар	бар	бар	бар
8	5/16	7,1	6,2	6,0	5,4	5,0
9,5	3/8	7,1	5,5	5,2	4,5	4,2
11	7/16	7,1	4,5	4,2	3,7	3,5
2. При длине воздушного рукава – 15 м и внутреннем диаметре – 32 мм и длине ручного рукава – 3,5 м, внутреннем диаметре – 25 мм.						
8	5/16	7,1	7,1	6,8	6,3	6,2
9,5	3/8	7,1	7,0	6,4	5,9	5,7
11	7/16	7,1	7,0	6,3	5,3	5,0
3. При длине воздушного рукава – 15 м и внутреннем диаметре – 32 мм без ручного рукава.						
8	5/16	7,1	7,1	6,9	6,7	6,7
9,5	3/8	7,1	7,0	6,6	6,2	6,2
11	7/16	7,1	7,0	6,5	5,6	5,6

Приведенные данные показывают, что потери давления сильно зависят от диаметра как воздушного, так и абразивоструйного рукавов. Даже короткий ручной рукав длиной всего 3,5 м снижает давление в сопле на 0,4-0,6 бар.

Сжатый воздух должен быть свободен от загрязнений, в том числе масла и воды.

Во-первых, это требуется, поскольку воздух подается в дыхательный аппарат, когда выполняются абразивоструйные операции. Важно, чтобы воздух для дыхания отвечал требованиям безопасности и требованиям законодательных актов. Ответственность за это несет подрядчик, если не указано иное. Во-вторых, важно, чтобы воздух, контактирующий с абразивом, не поставлял загрязняющие вещества на поверхность вместе с воздушно-абразивной струей.

Подрядчик, выполняющий абразивоструйные работы, отвечает за соблюдение всех требований спецификаций, таких как размер воздушного и абразивоструйного рукавов, типа и размера сопла, давления и объема подаваемого воздуха. Инспектор покрытия может проверить каждое из указанных требований в целях обеспечения их соблюдения подрядчиком.

Сжатый воздух является общим источником энергии для абразивоструйной техники, окрасочного оборудования, механических инструментов с пневматическим приводом и т.д. Для получения необходимого количества сжатого воздуха используются компрессоры. Компрессор всасывает атмосферный воздух, нагнетает давление, и подает его в сосуд высокого давления (ресивер) или непосредственно к инструменту или установке, использующей его.

Получение сжатого воздуха для процесса подготовки поверхности представляет две проблемы:

- Любое изменение атмосферного давления может привести к выделению паров воды из воздуха;
- Поскольку сжатый воздух в ресивере хранится под давлением в герметичном резервуаре, вполне возможно, что пары масла останутся во взвешенном состоянии в воздухе до тех пор, пока воздух не будет выпущен.

Оба этих фактора требуют установки адекватных пароуловителей для очищения используемого абразивоструйным оборудованием воздуха от масла и воды.

9.12.1.1.2.5. Компрессоры.

В общей стоимости комплекса оборудования для пескоструйной очистки компрессор является самым дорогим звеном.

Необходимый для пескоструйной очистки сжатый воздух может быть произведен как стационарными, так и передвижными поршневыми, ротационными или винтовыми компрессорами. Стационарные компрессоры применяются обычно в жестко смонтированных пескоструйных устройствах внутри предприятий, в то время как подвижные компрессоры используются для подачи воздуха при пескоструйной очистке объектов за пределами предприятия.

При проведении пескоструйных работ **поршневые компрессоры** создают пульсацию сжатого воздуха, в результате которой неравномерно распределенный в сжатом воздухе абразив сбивается в крупные комки, снижает давление и сопло начинает "плевать". Полностью избежать пульсации возможно только в случае, когда производительность поршневого компрессора превышает потребление пескоструйного аппарата и в систему включен ресивер (воздухосборник). Также поршневые компрессоры чаще всего предназначены для коротких («рваных») режимов работ в силу присущей им конструкции системы охлаждения и отличаются большим выносом компрессорного масла.

Наиболее распространенными во всем мире для пескоструйных работ являются винтовые компрессоры, так как они способны на длительное и непрерывное обеспечение оборудования сжатым воздухом с очень незначительным перепадом давления. Более того, они экономичнее как в обслуживании, так и в эксплуатации.

Если работы производятся на выездах (без возможности подключиться к электросети), то чаще всего единственным возможным является использование дизельного компрессора. Большинство современных дизельных компрессоров оснащено системой регулировки производительности за счет снижения или повышения оборотов двигателя. На компрессорах с электрическим приводом регулировку оборотов двигателя можно осуществлять с применением значительно более дорогих блоков регулировки частоты привода.

Электрические компрессоры, по сравнению, с дизельными более экономичны и проще и дешевле в эксплуатации и обслуживании. Для работы на выездах существуют передвижные модели, смонтированные на шасси. При пескоструйной очистке используются компрессоры с мощностью двигателей от 22 до 100 кВт и более, что может накладывать ограничения при подключении к электрическим сетям.

В случае, если это возможно, применение компрессоров с электрическим приводом наиболее целесообразно и экономически выгодно.

Выбирая компрессор, стоит в первую очередь учитывать объемы предполагаемых работ и сроки их выполнения. Для выбора компрессора можно воспользоваться таблицей 9.24, в которой представлены соотношения потребления сжатого воздуха, расхода абразива и скорости очистки для степени очистки $Sa 2\frac{1}{2}$ в зависимости от диаметра пескоструйного сопла при раз-

личных в нем давлениях. Точные показатели расхода рассчитать очень сложно, так как они зависят от характера обрабатываемой поверхности, высоты подачи воздушно-абразивной смеси, степени загрязнения поверхности и личного мастерства оператора, но цифры в таблице дают ориентиры для расчетов и понимания взаимосвязей показателей.

Самыми важными техническими характеристиками компрессора являются давление и его производительность.

От производительности (объема сжатого воздуха за единицу времени, например, м³/мин), в наибольшей степени зависит качество воздушно-абразивной смеси и скорость очистки. Более высокий объем воздуха позволяет использовать сопла большего диаметра, увеличивая пятно очистки и скорость. Большинство пескоструйных аппаратов напорного типа у наиболее распространенных производителей имеет потребление сжатого воздуха в пределах от 2,5 до 17 м³/мин.

Поршневые компрессоры большей частью имеют производительность до 9 м³/мин. Для больших мощностей подачи воздуха используются винтовые компрессоры. Как правило, каждая л.с. двигателя, используемого для привода компрессора, производит примерно 1/8 м³/мин. воздуха при рабочем давлении около 7 бар или 8 л.с. выдают 1 м³ сжатого воздуха давлением. Например, компрессор мощностью 40 л.с. производит приблизительно 5 м³ сжатого воздуха в минуту при давлении 7 бар.

Давление воздуха обычно задается немного выше предполагаемого рабочего давления, как правило, для передвижных компрессоров не более 7 бар. Давление воздуха не должно превышать установленные паспортными данными и нормами по охране труда безопасные пределы. Все компрессоры могут иметь одно или двухступенчатое устройство и создавать давление в диапазоне от 6 до 10 бар.

Для разных видов работ давление колеблется:

- 2,8-3,5 бар для очистки фасадов зданий.
- 3-5 бар при очистке камня, кирпича, бетона;
- 6,5-8 бар для обработки металлов;
- 9-12 бар для снятия толстослойных и абразивостойких покрытий, а также в случаях, когда необходимо подавать воздушно-абразивную смесь на дистанции свыше 60 метров.

Компрессор подбирается с учетом потерь давления в рукавах. Его производительность принимается из условия обеспечения запаса мощности для пиковых нагрузок или дополнительного оборудования, такого как пневматические шлифмашины, игольчатые пистолеты и другое оборудование.

Никакой другой процесс не требует такого большого расхода сжатого воздуха как подготовка поверхности абразивоструйным способом.

При работе одного сопла диаметром 9,5 мм, на каждые 15 м используемого шланга падение давления приблизительно составляет 35 кПа. Падение давления в шлангах зависит от числа работающих сопел, и их размеров, длины и диаметра используемых шлангов. Занижение мощности компрессора приводит к отрицательным моментам, которые непосредственно влияют на стоимость и продолжительность выполнения работ по очистке. Использование таких компрессоров может привести к:

- Потере времени в ожидании наращивания необходимого давления маломощными компрессорами;
- Размещению неоправданной нагрузки на компрессор во время пиковых нагрузок;
- Потере времени от неэффективного использования оборудования с недостаточным давлением воздуха;
- Невозможности добавить новые инструменты к системе;

- Большой вероятности поломок или отключений компрессора;
- Сверхнормативной эксплуатации компрессора для подачи необходимого количества воздуха;
- Перегреву сжатого воздуха и высокой конденсации влаги в нем.

Помимо этого очень важно, чтобы с правильно подобранным компрессором координировалось и остальное дополнительное оборудование, необходимые для пескоструйного процесса приборы, такое как:

- Дыхательный фильтр, содержащий древесный уголь, для подачи очищенного воздуха в шлем пескоструйщика. У них также есть мониторы, чтобы обнаружить присутствие окиси углерода (СО);
- Осушитель для удаления воды из сжатого воздуха и предотвращения увлажнения абразива;
- Абсорбционный фильтр для поглощения влаги в сжатом воздухе и предотвращения образования конденсата на обрабатываемой поверхности;
- Охладитель для удаления воды путем охлаждения и извлечения влаги из воздушного потока, предотвращающий таким образом образование конденсата на очищаемой поверхности. Холодный воздух содержит меньше влаги, чем теплый;
- Центробежный отделитель для удаления воды с помощью центробежной силы;
- Теплообменники с водяным охлаждением для охлаждения горячего воздуха компрессора и удаления, таким образом, влаги из воздушного потока;
- Дополнительный ресивер или резервуар для хранения сжатого воздуха. Один или несколько компрессоров подают во вспомогательный резервуар сжатый воздух, когда он используется для питания инструментов и операций, присоединенных к резервуару. Важно помнить, что ресивер является лишь аккумулятором сжатого воздуха, демпфером между компрессором и абразивоструйным аппаратом, но не влияет на его производительность.

9.12.1.1.2.5.1. Рекомендации по организации подачи сжатого воздуха.

Чтобы правильно организовать подачу сжатого воздуха в необходимом объеме и с требуемым давлением к пескоструйному аппарату, предлагается соблюдать следующие рекомендации:

- Производительность компрессора должна быть на 20% больше потребления всеми вместе взятыми пневматическими агрегатами.
- Выдаваемое компрессором давление воздуха должно соответствовать предусмотренным видам выполняемых абразивоструйных работ.
- Во избежание потерь давления в пескоструйном аппарате рукав, подающий сжатый воздух к пескоструйному аппарату рекомендуется принимать диаметром не менее 32 мм.
- На компрессоре должно быть установлено устройство для регулирования уровня давления воздуха, необходимого для пескоструйных работ.
- Компрессор необходимо располагать с подветренной стороны за пределами зоны облака пыли, возникающей при пескоструйных работах, но как можно ближе к пескоструйному аппарату.
- Всегда, где это возможно, нужно стараться использовать минимальную длину абразивоструйного рукава, а основные расстояния до зоны очистки покрывать за счет увеличения длины рукава подачи сжатого воздуха, так как потеря давления в абразивоструйном рукаве всегда будет значительно выше, чем в воздушном.

- Все шланги должны быть прямыми, любые изгибы рукавов должны выполняться по большому радиусу.
- Избегать сужения внутреннего поперечного сечения рукавов и шлангов, для чего использовать монтируемые снаружи быстроразъемные соединения.

9.12.1.1.2.5.2. Измерение давления в абразивном сопле.

Правильный выбор давления является обязательным условием для эффективного выполнения абразивоструйных работ. Если при расчетном давлении абразив не перемещается по рукаву, для выбора давления потребуется измерить давление в сопле с помощью игольчатого манометра, например, Elcometer 102 (рисунок 9.84,а), который специально разработан для измерения давления воздуха в воздушных шлангах и абразивоструйных рукавах при песко- или дробеструйной очистке поверхности. На кончике иглы выполнен срез под углом 45° .

Перед измерением давления в шланге необходимо иглу и участок шланга, в который она будет вставляться, немного смочить водой. Иглу следует вставлять в шланг медленно, чтобы не согнуть и не сломать ее. Игла вставляется под углом 45° к поверхности шланга, чтобы ее конец был направлен в сторону потока воздуха, а плоскость самого среза на конце иглы должна быть направлена против потока воздуха (рисунок 9.84,б).

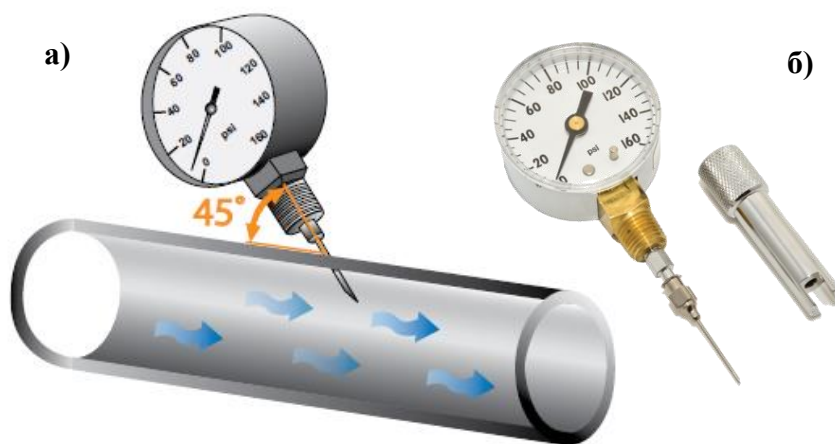


Рисунок 9.84. – Порядок измерения давления в рукаве (а) и общий вид игольчатого манометра Elcometer 102 (б).

Зная давление на выходе из абразивоструйного аппарата и на выходе из сопла, можно определить фактическое падение давления в рукаве, занижение которого может привести к существенному уменьшению производительности процесса очистки, увеличению потребления абразива и уменьшению профиля поверхности при очистке.

9.12.1.1.2.5.3. Влагомаслоотделители.

Для соблюдения чистоты поверхности во время абразивоструйной очистки большое значение имеют влагомаслоотделители, но они помогают отвести только уже сконденсированную жидкость и не могут полностью исключить попадание конденсата в абразив. При намочении большинство абразивов слеживается и теряет свои сыпучие свойства, это негативно отражается на качестве дозирования, снижает скорость очистки и увеличивает расход абразива. Металлическая дробь в присутствии влаги быстрее окисляется и изнашивается. А попадание сконденсированного компрессорного масла на очищаемую поверхность также крайне нежелательно. Влага и масло от сжатого воздуха могут также пропитывать остающуюся на поверхности пыль, которая возникает в процессе пескоструйной очистки.

Для устранения основного объема конденсата в воздушной линии должны быть установлены охладители сжатого воздуха и циклонного сепаратора или коалесцентного фильтра, но в некоторых случаях этого бывает недостаточно и рекомендуется использовать рефрижераторные осушители, соответствующие производительности и давлению компрессора. Такого вида оборудование бывает как встроенным в компрессоры, так и отдельно монтируемым. Они должны регулярно и надлежащим образом обслуживаться. Большинство влагомаслоотделите-

лей работают со сливными пробками в частично открытом положении, позволяя своевременно очищаться от накопленной влаги и масла.

Влажный воздух может также вызвать засорение абразивоструйных рукавов и может вызвать коррозию металлического абразива и внутренней поверхности аппарата после выполнения абразивоструйных работ.

9.12.1.1.2.6. Выявление масла или воды в сжатом воздухе.

Этот метод испытаний (ASTM D4285) используется для выявления воды или масла в сжатом воздухе, используемом для абразивоструйной очистки, очистки поверхности от пыли, а также для нанесения покрытия воздушным методом и представляет собой визуальный метод.

Для проведения испытаний используется абсорбирующий уловитель типа белой впитывающей бумаги или ткани, закрепленной на жесткой подкладке (рисунок 9.85) или неабсорбирующего уловителя, такого как жесткий прозрачный пластмассовый лист, толщиной примерно 6 мм.

До проведения испытаний, чтобы обеспечить достоверный результат, необходимо очистить влагомаслоотделитель от накопившейся жидкости и дать возможность компрессору набрать давление сжатого воздуха до эксплуатационного уровня. При рабочем давлении пропустить воздух без абразива по системе, чтобы удалить накопленный конденсат из нее. Необходимо избегать контакта со струей сжатого воздуха.

Направить сопло на уловитель, удерживая его на расстоянии 600 мм по центру экрана. Регулируя расход воздуха таким образом добиться, чтобы уловитель не был сдут струей воздуха во время испытания и оставался на месте. Удерживать сопло в одном положении, направленным на уловитель в течение, как минимум 1 мин.



Рисунок 9.85. – тестирование сжатого воздуха на наличие масла и воды.

Визуально проверить уловитель на наличие или отсутствие воды и/или масла.

В случае любого выявления масла или воды в виде изменения цвета уловителя следует отказаться от применения такого сжатого воздуха для абразивоструйной очистки, обеспыливания поверхности или нанесения покрытия воздушным методом.

Для того, чтобы отличить углеводородные масла от воды, используют ультрафиолетовый (УФ) свет или обнаруживают по характерному запаху масла. Кроме того, необходимо тщательно осматривать очищаемую поверхность на присутствие любых следов масла или воды.

9.12.1.1.2.7. Абразивные материалы.

Тип используемых дробеструйных абразивов и форма их частиц могут значительно влиять на внешний вид поверхности и форму профиля обработанной поверхности. Степень шероховатости поверхности и скорость очистки зависят, прежде всего, от характеристики используемого абразивного зерна.

Все абразивы по физическим свойствам применяемого материала делятся на две основные группы:

- Металлические абразивы (**М** – *metal*) – требования к металлическим абразивам для дробеструйной очистки приведены в стандарте ISO 11124-1;

- Неметаллические абразивы (**N** – *nonmetal*) – требования к металлическим абразивам для абразивоструйной очистки приведены в стандарте ISO 11126-1;

По форме частиц все абразивы разделяют на три вида:

- **Дробь** (**S** – *shot*) – частицы, преимущественно сферические, длина которых меньше удвоенной максимальной ширины частицы и которые не имеют ребер, дробленных граней или других острых поверхностных дефектов.
- **Крошка** (**G** – *grit*) – преимущественно угловатые частицы, имеющие дробленные грани и острые ребра, которые по форме меньше полукруга.
- **Цилиндрические абразивы** (**C** – *cylindrical*) – частицы с заостренными кромками, имеющие соотношение диаметра к длине 1:1, обрезанные так, что их грани находятся приблизительно перпендикулярно к их центральной оси. Цилиндрическая форма характерна только металлическим абразивам.

Некоторые виды неметаллических абразивов, например ставролит, имеют форму между дробью (S) и крошкой (G), поскольку форма их частиц находится между S и G и является незначительно остроугольной, т.е. их грани и углы скруглены, но неправильная форма гранулы остается. Форма частиц таких абразивов обозначается S/G.

Так как форма многократно используемых частиц абразивов может меняться в процессе их использования, то в различных частях ISO 11124 и ISO 11126 дается только изначальная форма частиц.

Металлические и неметаллические абразивы для струйной очистки состоят из смеси частиц разных размеров. Они должны быть классифицированы по размерным диапазонам, называемые классом.

Абразивные материалы должны быть сухими (кроме случаев, когда добавляется вода или используется суспензия для струйной очистки) и должны быть легко сыпучими, чтобы обеспечить последовательное его дозирование в струю сжатого воздуха. Абразивные материалы не должны содержать агрессивных компонентов и затрудняющих адгезию компонентов.

9.12.1.1.2.7.1. Металлические абразивы.

Стандарт ISO 11124:1993/ДСТУ ISO 11124:2015 классифицирует дробеструйные металлические абразивы соответственно по материалу, происхождению или производству. В таблице 9.15 приведены типы металлических абразивов, их сокращенные обозначения, используемые для идентификации каждого из рассматриваемых типов.

Таблица 9.15. – Типы металлических абразивов, их сокращенные обозначения.

Тип абразива		Обозначение	Начальная форма частиц	Компартор	Применение	
Металлические (M) дробеструйные абразивы	Чугун	Отбеленный (CI – <i>chilled iron</i>)	M/CI	G	G	В основном для очистки в струе сжатого воздуха
	Литая сталь	Высокоуглеродистая (HCS – <i>high carbon steel</i>)	M/HCS	S или G	S*	В основном для дробеструйной очистки
		Низкоуглеродистая (LCS – <i>low carbon steel</i>)	M/LCS	S	S	
	Резанная стальная проволока (CW – <i>cut wire</i>)	M/CW	C	S*		

* **Примечание к таблице 9.15:** Абразивы быстро меняют форму в процессе очистки. Как только это происходит, внешний вид профиля меняется и приближается к профилю, наблюдаемому при воздействии угловатой крошки неправильной формы.

Металлические абразивы для дробеструйных работ классифицируют по диапазонам размеров, или классам. Средний размер зерна определенного класса металлического абразива задается трехзначным числом в мм×100, например 140, которое означает номинальный средний размер зерна $140:100=1,4$ мм.

Технические условия по стандарту ISO 11124 на сортировку металлических абразивов по классам для литой дроби в соответствии с размерами ее зерен приведены в таблице 9.16, а для металлической крошки – в таблице 9.17.

Таблица 9.16. – Технические условия на сортировку по классам абразивов из литой дроби.

Обозначение класса.	Максимальное сито		Верхнее промежуточное сито		Нижнее промежуточное сито		Минимальное сито	
	Остаток на сите, %	Размер ячейки сита, мм	Остаток на сите, %	Размер ячейки сита, мм	Остаток на сите, %	Размер ячейки сита, мм	Остаток на сите, %	Размер ячейки сита, мм
S400	0	4,75			>90	3,35	>97	2,80
S300	0	4,00			>90	2,80	>97	2,36
S280	0	3,35			>85	2,36	>97	2,00
S240	0	2,80			>85	2,00	>97	1,70
S200	0	2,36			>85	1,70	>97	1,40
S170	0	2,00			>85	1,40	>97	1,18
S140	0	2,00	<5	1,70	>85	1,18	>96	1,00
S120	0	1,70	<5	1,40	>85	1,00	>96	0,85
S100	0	1,40	<5	1,18	>85	0,85	>96	0,71
S080	0	1,18	<5	1,00	>85	0,71	>96	0,60
S070	0	1,00	<10	0,85	>85	0,60	>97	0,50
S060	0	0,85	<10	0,71	>85	0,425	>97	0,355
S040	0	0,60	<10	0,50	>80	0,300	>90	0,180
S030	0	0,425	<10	0,355	>80	0,180	>90	0,125

Таблица 9.17. – Технические условия на сортировку металлических абразивов по классам для металлической крошки.

Обозначение класса.	Максимальное сито		Промежуточное сито		Минимальное сито	
	Остаток на сите, %	Размер ячейки сита, мм	Остаток на сите, %	Размер ячейки сита, мм	Остаток на сите, %	Размер ячейки сита, мм
G240	0	2,80	>80	2,00	>90	1,70
G200	0	2,36	>80	1,70	>90	1,40
G170	0	2,00	>80	1,40	>90	1,18
G140	0	1,70	>75	1,18	>85	1,00
G120	0	1,40	>75	1,00	>85	0,71
G100	0	1,18	>70	0,71	>80	0,425
G070	0	1,00	>70	0,425	>80	0,300
G050	0	0,71	>65	0,300	>75	0,180
G030	0	0,425	>65	0,180	>75	0,125
G020	0	0,300	>60	0,125	>70	0,075
G010	0	0,180	>55	0,075	>65	0,045

Обозначение металлических абразивов по стандарту ISO 11124-1 состоит из слова «Абразив», за которым следует ссылка на стандарт ISO 11124 и сокращенное обозначение, установленное в таблице 9.16. Затем без пробелов ставится косая черта и следует символ формы абразива S, G или C. Обозначение должно заканчиваться следующим снова без пробела трехзначным числом, определяющим класс (зернистость) абразива. Если существует альтернативная твердость абразивов, например для высокоуглеродистой стальной крошки, то должен быть установлен требуемый диапазон твердости по Виккерсу (HV).

Примеры обозначений металлических абразивов:

- 1) Абразив ISO 11124 M/HCS/S140/570-710 HV – металлический абразив, а именно высокоуглеродистая сталь, удовлетворяющий требованиям ISO 11124, первоначальная форма частиц – крошка, класс 140 (т.е. номинальный диаметр частиц 1,4 мм), диапазон твердости по Виккерсу 570-710 HV.
- 2) Абразив ISO 11124 M/CI/G100 – металлический абразив, а именно отбеленный чугун, удовлетворяющий требованиям ISO 11124, первоначальная форма частиц – дробь круглая, класс 100 (т.е. номинальный диаметр частиц 1 мм).

Абразив из **отбеленного чугуна** (ISO 11124-2) выпускается в виде крошки двенадцати классов абразивов (G240, G200, G170, G140, G120, G100, G070, G050, G030, G020, G010 и G005), которую получают измельчением дробы из отбеленного чугуна различных размеров на угловатые частицы с заостренными кромками. Чугун является самым твердым металлическим абразивом и используется для удаления окалины и других твердых отложений на поверхности. Твердость не следует путать с вязкостью. Твердые абразивные материалы иногда имеют высокий уровень дробления из-за их хрупкости. Этот продукт не должен использоваться в агрессивных средах; он имеет высокую начальную стоимость, но может быть повторно использован.

Ковкий чугун является относительно твердым металлическим абразивом, используемым для удаления окалины и других твердых отложений.

Абразив из **высокоуглеродистой стали** (ISO 11124-3) выпускается в виде литой дробы четырнадцати классов абразивов (S400, S300, S240, S200, S170, S140, S120, S100, S080, S070, S060, S040, S030) или крошки двенадцати классов абразивов (G240, G200, G170, G140, G120, G100, G070, G050, G030, G020, G010 и G005), получаемой измельчением литой дробы из высокоуглеродистой стали различных размеров на угловатые частицы с заостренными кромками.

Абразив из **низкоуглеродистой стали** (ISO 11124-4) выпускается в виде литой дробы двенадцати классов абразивов (S280, S240, S200, S170, S140, S120, S100, S080, S070, S060, S040, S030).

Стальные абразивные материалы неправильной формы (G) эффективны для срезания поверхностных отложений или дефектов. Стальная крошка стоит дорого и, как правило, используется только в системах рециркуляции и когда более дешевые абразивы недоступны.

Стальная литая дробь (S) хороша для тяжелых хрупких отложений. Из-за своей сферической формы, она бьет рикошетом в закрытых помещениях и вызывает многочисленные последствия. Стальная круглая дробь может растягивать легкие материалы и размазывать окалину и другие примеси по поверхности.

Эти абразивные материалы имеют различную твердость, чтобы увеличить их срок службы и скорость очистки. Твердые абразивные материалы, часто используются для матирования или создания шероховатости, но они быстро распадаются. Более мягкие абразивы могут быть использованы для облегченных видов очистки. Эти материалы после использования могут округлиться. Средняя твердость металлических абразивов хорошо работает при абразивоструйной очистке сжатым воздухом.

К металлическим абразивам по различным частям ISO 11124 предъявляются требования, основные из которых перечислены в таблице 9.18, и которые должны подтверждаться сертификатом качества производителя.

Таблица 9.18. – Основные требования к металлическим абразивам по ISO 11124.

№ п.п	Показатели	Требования к различным типам металлических абразивов (М):			
		CI/G	HCS/S	HCS/G	LCS/S
1.	Класс по размерам (ISO 11125-2)	Таблица 1 ISO 11124-2	Таблица 1 ISO 11124-3	Таблица 2 ISO 11124-3	Таблица 1 ISO 11124-4
2.	Твердость 90% испытанных частиц должны иметь твердость в одном из диапазонов (ISO 11125-3):	≥ 650 HV	390-530 HV	390-530 HV 470-610 HV 570-710 HV ≥ 700 HV	390-520 HV
3.	Объемная плотность (ISO 11125-4)	Не менее $7,0 \times 10^3$ кг/м ³ (7,0 кг/дм ³)			
4.	Дефекты, % от общей массы, не более (ISO 11125-5)				
	– отклонение формы частиц для < 700 HV для ≥ 700 HV	10%	5%	10%	15%
	– усадочная рыхлота частиц	10%	10%	10%	5%
	– частицы с раковинами	10%	10%	10%	15%
	– частицы с трещинами	40%	15%	40%	нет
	– Частицы с дефектами всех видов	40%	20%	40%	20%
5.	Инородные вещества (ISO 11125-6)	Не более 1% от общей массы			
6.	Микроструктура (ISO 11125-5)	Мартенситная (игольчатый вид) или бейнитная.			
7.	Химический состав, % от общей массы:				
	– углерод (ISO 9556)	≤ 1,7%	0,8-1,2%		0,08-0,20%
	– марганец (ISO 629)		0,35-1,2%		0,35-1,5%
	– кремний (ISO 439)		≥ 0,4%		0,10-2,0%
	– сера (ISO 4935)		≤ 0,05		≤ 0,05
	– фосфор (ISO 10714)		≤ 0,05		≤ 0,05
8.	Влажность (ISO 11125-7)	Не более 0,2% по массе.			

В странах СНГ действует ГОСТ 11964-81, а в Украине до введения стандарта ДСТУ ISO 11124 действовал ДСТУ 3184-95 «Дробь стальная и чугунная техническая. Общие технические условия», согласно которым дробь изготавливается следующих типов:

- Дробь чугунная литая (ДЧЛ);
- Дробь чугунная литая улучшенная (ДЧЛУ);
- Дробь чугунная колотая (ДЧК);
- Дробь стальная литая (ДСЛ);
- Дробь стальная колотая (ДСК);
- Дробь стальная литая улучшенная (ДСЛУ);
- Дробь стальная колотая улучшенная (ДСКУ);
- Дробь стальная рубленая из проволоки (ДСР).

Улучшенные марки дроби отличаются более высокими эксплуатационными характеристиками и ресурсом. Литая дробь должна иметь округлую форму. Колотая дробь должна иметь форму неправильного многогранника, на сторонах которого допускается наличие сферических поверхностей. Рубленая дробь должна иметь форму цилиндра, высота которого равна диаметру.

Номер дроби по ГОСТ 11964-81 (03, 05, 08, 1, 1,4; 1,8; 2,2; 2,8; 3,2 и 3,6) определяется рабочим номинальным размером отверстия сита в мм.

Плотность всех номеров и типов дроби, кроме рубленой, должна быть не менее 7200 кг/м³.

Твердость дробы чугунной литой составляет 545-830 HV, а дробы чугунной литой улучшенной – 455-580 HV.

Стальная литая, стальная колотая, стальная литая улучшенная и стальная колотая улучшенная дробь изготавливается в двух диапазонах твердости: 365-545 HV и 545-830 HV.

Засоренность одного типа дробы дробью других типов не допускается, исключая дробь колотую, в которой наличие литой дробы не должно быть более 3% от общей массы. Не допускается также засоренность каждого номера рубленой дробы дробью других номеров.

Засоренность дробы инородными частицами не должна превышать 0,5% от общей массы.

Для защиты от атмосферной коррозии дробь литая и рубленая подвергается антикоррозионному покрытию (ингибированию, пассивации, оксидированию и т.д.).

Чугунная и стальная дробь применяется в следующих технологических операциях:

- Дробь типов ДЧК, ДСК, ДЧЛ и ДСЛ номерами 03 и 05 применяется для очистки мелких деталей изделий; подготовки поверхностей деталей под гальванические покрытия, очистки тонкостенного проката из углеродистых, низкоуглеродистых и легированных сталей;
- Дробь типов ДЧК, ДСК, ДЧЛ, ДСЛ, ДСР, ДСЛУ, ДСКУ, ДЧЛУ номер 08 применяется для очистки мелких отливок в машиностроении при повышенных требованиях к шероховатости поверхности, деталей машиностроения после термической обработки, очистки под покраску и гальваническое покрытие, очистка стального проката всех марок стали, в том числе высокопрочного;
- Дробь типов ДЧК, ДСК, ДЧЛ, ДСЛ, ДСР, ДСЛУ, ДЧЛУ, ДСКУ номерами 1; 1,4 и 1,8 применяется для очистки деталей машиностроения после термической обработки перед окраской и гальваническим покрытием, среднего и мелкого стального литья, окалины со среднего литья, листового проката средней и большой толщины;
- Дробь типов ДЧК, ДСК, ДСКУ номером 2,2; типа ДСР номерами 2,2; 2,8; 3 и типов ДЧЛ, ДСЛ номерами 3,2 и 3,6 используется для получения дробы ДЧК и ДСК.

9.12.1.1.2.7.2. Методы испытаний металлических абразивов.

Методы испытаний металлических абразивов для дробеструйной очистки приведены в различных частях ISO 11125.

Процедура отбора проб, описанная в стандарте ISO 11125-1, позволяет получить образцы, которые можно рассматривать в качестве представительных образцов абразива, подвергаемых анализу.

Определение гранулометрического состава абразива (ISO 11125-2) для дробеструйной очистки выполняется путем его просеивания на ситах, размеры номинальных отверстий ячеек которых принимаются в зависимости от спецификации на конкретный класс и тип абразива (см. п.1 таблицы 9.18). Сито для испытаний с самым большим отверстием устанавливается наверху, а с самым маленьким отверстием – внизу поддона. Отобранная и взвешенная проба абразива в количестве $(100 \pm 0,5)$ г размещается на верхнем сите и просеивается с помощью просеивающей машины, имеющей как вращательное, так и вертикальное движение, производя резкие сотрясающие и отсеивающие перемещения крупнозернистого абразива минимально в течение 10 минут и остроугольного абразива минимально в течение 15 мин.

Далее производится взвешивание остатков абразива на всех ситах и в поддоне и определяется их весовая доля от общего количества просеиваемого абразива.

Определение твердости по Виккерсу (ISO 11125-3) – это стандартный метод измерения твердости металлов, особенно с очень твердой поверхностью: на поверхность оказывается стандартное давление в течение заданного стандартного промежутка времени при помощи ал-

мазной пирамиды-индентора (пирамида с квадратным основанием, противоположные грани которой сходятся на вершине под углом 136°). Алмаз продавливает поверхность материала при нагрузках, а диагонали полученного отпечатка (обычно не более 0,5 мм) измеряются на калиброванном микроскопе, и значение твердости по Виккерсу (HV) считываются из таблицы пересчета.

Измерение твердости образцов металлического абразива проводится с усилием 9,807 Н для испытуемых частиц диаметром более 0,5 мм. Для образцов с диаметром частиц от 0,3 мм до 0,5 мм твердость измеряется при усилении 4,904 Н. Продолжительность испытания от 10 до 15 секунд.

Отобранный образец металлического абразива помещается одним слоем на основание формы и вдавливаются в материал оправки (крепления) так, что испытуемый образец может быть отшлифован и отполирован. Шлифование образца проводится с влажным охлаждением до тех пор, пока не выступит половина номинального диаметра частицы.

Необходимо получить десять незабракованных отпечатков на разных частицах для каждого испытуемого образца, выбрасывая каждый отпечаток, имеющий разницу между двумя диагоналями более 5%. Из полученных десяти значений твердости девять должно удовлетворять предъявляемым к твердости требованиям.

Определение объемной плотности (ISO 11125-4) с помощью колбы Гей-Люссака (пикнометра) емкостью 50 мл выполняется в следующей последовательности.

С помощью весов взвешивается чистый и сухой пикнометр с точностью 0,01 г (m_1). В колбу добавляют около 100 г испытуемой пробы абразива и снова взвешивают (m_2). Затем в колбу наливают дистиллированную или деионизированную воду до тех пор, пока она не будет полностью заполнена. Закрывают пробку и мягко потрясти пикнометр, чтобы удалить воздух, находящийся в испытуемой порции. Снять пробку, долить воду, а затем вновь поставить ее на место, заставляя избыток воды выйти через капиллярную трубку. Тщательно высушить пикнометр снаружи. Убедиться, что пузырьки воздуха отсутствуют и взвесить пикнометр с его содержимым (m_3).

Освободить пикнометр от воды и испытуемого абразива, промыть несколько раз, чтобы удалить любые следы абразива и вновь наполнить дистиллированной или деионизированной водой, закрыть пробку и убедиться в отсутствии пузырьков воздуха. Высушить пикнометр снаружи и взвесить (m_4).

Объемная плотность ρ_A (кг/м³) рассчитывается по формуле:

$$\rho_A = \frac{m_2 - m_1}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)} \times \rho_W \times 10^3,$$

где: m_1 – масса пикнометра, в граммах;

m_2 – масса пикнометра и испытуемой порции, в граммах;

m_3 – масса пикнометра, испытуемой порции продукта и воды, в граммах;

m_4 – масса пикнометра и воды, в граммах;

ρ_W – плотность воды, в кг/дм³.

Определение процентного содержания дефектных частиц и микроструктуры в металлических абразивах (ISO 11125-5) путем исследования установленного в оправке образца абразива с помощью бинокулярного микроскопа с соответствующим увеличением до 50 раз. Поле зрения выбирается произвольно и исследуется 50 частиц.

Подсчитывается отдельно количество частиц с дефектами формы, с трещинами, с расслоениями, с пустотами и с усадочными раковинами. Частицы с более чем одним дефектом счита-

ются только один раз. Определяется процентное содержание дефектов каждого типа и общее процентное содержание дефектов.

Для выявления микроструктуры образца с целью его металлографического исследования проводится его травление 2%-ным ниталем (травильный раствор для стали) или пикралем (реактив для выявления микроструктуры). Исследуется микроструктура 50 произвольно выбранных частиц под металлографическим микроскопом с соответствующим увеличением до 500 раз. Подсчитывается содержание частиц, имеющих неприемлемую структуру и частиц с нежелательной микроструктурой.

Определение содержания посторонних веществ (ISO 11125-6).

На весах взвешивается (100 ± 1) г пробы абразива.

Небольшое количество (около 20 г) пробы абразива рассыпается тонким слоем на листе бумаги. Над поверхностью абразива проводится магнит, чтобы удалить металлические абразивные частички. Остаток необходимо сохранить.

Процедура повторяется до тех пор, пока не разделится вся проба. Во время работы магнит необходимо тщательно очищать, во избежание налипания металлических частиц.

Когда все видимые частицы металлического материала удалены из пробы, остаток тонким слоем рассыпается на бумагу и над поверхностью снова проводится магнит, чтобы удалить оставшиеся магнитные частицы.

Остаток взвешивается и представляется в виде процентного содержания посторонних веществ.

Определение содержания влаги (ISO 11125-7). В печи высушивается контейнер при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 15 минут и затем охлаждается до комнатной температуры в эксикаторе. Взвешивается контейнер на весах с точностью до ближайших 0,01 г. В контейнер загружается испытуемая порция абразива около 100 г с точностью 0,01 г. Контейнер с испытуемой порцией абразива помещается в печь, предварительно нагретую до $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, и оставляется там, как минимум на 1 час. Контейнер с высушенным абразивом перемещают в эксикатор и охлаждают до комнатной температуры. Снова взвешивается контейнер с высушенной испытуемой порцией с точностью до 0,01 г и определяется масса высушенной испытуемой порции. По результатам испытаний рассчитывается содержание влаги, выраженное в процентах по массе.

9.12.1.1.2.7.3. Неметаллические абразивы.

9.12.1.1.2.7.3.1. Классификация и основные требования.

По стандарту ISO 11126-1 в зависимости от происхождения неметаллические абразивы для абразивоструйной очистки классифицируются на две группы: натуральные (минеральные) абразивы и синтетические абразивы (шлаки). В таблице 9.19 приведены основные типы неметаллических абразивов в зависимости от материала, его происхождения и изготовления, а также сокращенные коды, которыми следует пользоваться для идентификации каждого из рассматриваемых типов (ISO 11126-1).

Неметаллические абразивы используются в основном для очистки в струе сжатого воздуха. Они, в первую очередь, предназначены для одноразового использования без рециркуляции. Утилизированные материалы должны быть снова проверены на их соответствие требованиям стандартов для повторного использования.

Подобно металлическим неметаллические абразивы идентифицируются обозначением, состоящее из термина "Абразив", за которым следует ISO 11126 и сокращенное обозначение типа абразива, приведенное в таблице 9.19. Обозначения следуют друг за другом без пропусков, через косую линию, а затем идет символ, характеризующий форму частицы абразива. Обозначение

ние завершается цифрами, указывающими необходимый диапазон размера частиц, в миллиметрах.

Таблица 9.19. – Типы неметаллических (N) абразивов и их сокращенные обозначения.

Тип абразива		Обозначение	Начальная форма частиц	Компаратор	
Натуральный	Кварцевый песок (Si – <i>Silica</i>)	N/SI	G	G	
	Оливиновый песок (OL – <i>Olivine</i>)	N/OL	G	G	
	Ставролит (ST – <i>Staurolite</i>)	N/ST	S/G	S	
	Гранат (GA – <i>Garnet</i>)	N/GA	G	G	
Синтетический	Шлак доменной плавки	(Шлаки силиката кальция)	N/FE	G	G
	Шлаки при рафинировании меди	(Шлаки силиката железа)	N/CU	G	G
	Шлаки при рафинировании никеля		N/NI		
	Угольный печной шлак (CS – <i>Coal furnace slag</i>)	(Шлаки силиката алюминия)	N/CS	G	G
	Плавленый оксид алюминия (FA – <i>Fused aluminium oxide</i>)		N/FA	G	G

Например, обозначение Абразив ISO 11126 N/CS/G 0,2-0,5 означает абразив неметаллического типа угольного печного шлака, отвечающий требованиям соответствующей части ISO 11126, начальная форма частицы G и диапазон размера от 0,2 до 0,5 мм.

Диапазон и распределение размеров частиц по ситам для всех видов неметаллических абразивов по ISO 11126 приведен в таблице 9.20.

Таблица 9.20. – Распределение размеров частиц неметаллических (N) абразивов.

Диапазон размера частиц, мм		0,2-0,5	0,2-1,0	0,2-1,4	0,2-2,0	0,2-2,8	0,5-1,0	0,5-1,4	1,0-2,0	1,4-2,8
Размер верхнего сита	мм	0,5	1,0	1,4	2,0	2,8	1,0	1,4	2,0	2,8
Надситная фракция (остаток на сите), не более	%(м/м)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Размер нижнего сита	мм	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,5	1,0	1,4
Номинальный размер (остаток на сите), не менее	%(м/м)	85	85	85	85	85	80	80	80	80
Подрешетный продукт (прошедший через сито), не более	%(м/м)	5	5	5	5	5	10	10	10	10

Ко всем неметаллическим абразивам стандартом ISO 11126-1 предъявляются следующие требования:

- Плотность (кажущаяся) каждого вида неметаллического абразива должна быть в пределах требований частей стандарта ISO 11126, соответствующих виду абразива, а метод определения плотности приведен в ISO 11127-3. Стандарт SSPC-AB 1 ограничивает нижний предел плотности абразива не ниже 2,5 кг/дм³, ссылаясь на метод его определения ASTM C 128. Методики определения кажущейся плотности этими стандартами сопоставимы;

- Твердость неметаллических абразивов для всех видов по частям стандарта ISO 11126, измеряемая в соответствии с ISO 11127-4, и по SSPC-AB 1 должна быть не ниже 6 по шкале Мооса. Это может быть объяснено тем, что для оценки их твердости в качестве оценочной базы используется самый доступный материал – стекло, твердость которого по Моосу выше 5, но ниже 6.
- Чтобы сыпучесть материала позволяла их применять в воздушной струе их влажность, определяемая по методу ISO 11127-5, не должна превышать 0,2% по массе, (по SSPC-AB 1 влажность абразива должна быть не менее 0,5%. Метод определения влажности изложен в ASTM C566);
- По содержанию растворимых солей удельная проводимость водных экстрактов абразивов должна быть не выше 25 мСименс/м (по ISO 11127-6). При кондуктометрическом анализе водорастворимых ионов в абразиве стандарт SSPC-AB 1 опирается на ASTM D4940, результаты которого прямо не могут быть сравнены с испытаниями по ISO 11127-6.
- Содержание хлоридов, растворенных в воде не должна быть выше 0,0025 % по массе.

Значения относительной твердости и кажущейся плотности часто используемых абразивов приведены в таблице 9.21.

Таблица 9.21. – Свойства неметаллических абразивов.

№ п.п	Тип абразива	Твердость По Моосу	Плотность, кг/дм ³
	Синтетические абразивы:		
1.	Шлаки доменной плавки чугуна (силикат кальция)	6-7	2,5
2.	Шлаки при рафинировании меди (силикат железа)	6-7	3,3-3,9
3.	Шлаки при рафинировании никеля (силикат железа)	7-8	3,2
4.	Угольный печной шлак (силикат алюминия)	6-7	2,5
5.	Плавленый оксид алюминия	9-9,2	3,9-4,0
	Натуральные абразивы:		
6.	Оливиновый песок	6,5-7,7	3,3
7.	Гранат	7-8	4,0
8.	Карбонат кальция	4-5	2,7
9.	Скорлупа грецкого ореха (Софт бласт)	3-4	0,5

Стандарт SSPC-AB 1 «Минеральные и шлаковые абразивы» разделяет неметаллические абразивы на два типа, три группы и пять классов зернистости.

По типам неметаллические абразивы разделяют на:

- **Тип I** – натуральные минеральные абразивы;
- **Тип II** - шлаковые абразивы.

Оба типа абразивов могут быть разделены на следующие три группы:

Группа А – содержание кристаллического кремнезема $\leq 1,0\%$;

Группа В – содержание кристаллического кремнезема $> 1,0\%$ но $\leq 5,0\%$;

Группа С – содержание кристаллического кремнезема $> 5,0\%$.

По размеру зернистости в соответствии с создаваемым на стальной поверхности профилем:

Класс №1 – абразив, создающий профиль от 13 до 38 мкм.

Класс №2 – абразив, создающий профиль от 25 до 64 мкм.

Класс №3 – абразив, создающий профиль от 51 до 89 мкм.

Класс №4 – абразив, создающий профиль от 75 до 127 мкм.

Класс №5 – абразив, создающий профиль от 102 до 152 мкм.

На созданном абразивом профиле на тестовой пластине из мягкой стали с уровнем ржавления А, очищенной до степени SSPC-SP 10 (почти белая сталь) воздушным абразивоструйным методом с использованием сопла Вентури №6 (диаметром 9,5 мм) с избыточным давлением в сопле 670 + 35 кПа на расстоянии 61 + 15 см от поверхности под углом от 75 до 105° измеряется максимальное расстояние между вершиной выступа и низом впадины в соответствии с ASTM D75 (метод С – с помощью ленты-реплики), как минимум в пяти местах. По полученным измерениям принимается среднее значение.

9.12.1.1.2.7.3.2. Виды неметаллических абразивов.

К **натуральным абразивам** относятся материалы, получаемые из минералов.

Из **минеральных абразивов** самым распространенным видом абразива является **кварцевый песок** (ISO 11126-2 отсутствует) из-за его невысокой цены и доступности. Кварцевый песок является относительно дешевым и очень эффективным. Он до сих пор широко используется во всем мире.

Несмотря на широкое использование термина «пескоструйная очистка», в настоящее время во многих странах использование абразивов с содержанием кварца в свободной форме более 1% запрещено из-за опасности для здоровья, поскольку у рабочих, подверженных воздействию опасных уровней свободной кварцевой пыли, выделяемой при пескоструйной очистке, может развиваться заболевание легких – силикоз. Федеральное агентство по охране труда и здоровья (OSHA, США) требует выполнения правил, в соответствии с которыми ограничивается воздействие кварца в кристаллической форме на работников (OSHA 2206, General Industry Standards Part 1910, Subpart Z, Paragraph 1910.1000). Кварцевый песок практически запрещен в Европе. В стандарте ISO 8504-2:2000 кварцевый песок в качестве абразива уже не упоминается.

Разрешение на использование песка иногда может быть получено для работ на монтаже на открытом воздухе, но только тогда, когда операторы и другие работники тщательно защищены от пыли, а сам участок и условия пескоструйных работ согласованы с местными санитарными органами.

Пользователи абразивов, содержащих кварц (кристаллический диоксид кремния), должны соответствовать требованиям ASTM E1132.

Кроме того, при использовании кварцевого песка в качестве абразива образуется много пыли, вследствие чего быстро забиваются фильтры очистки, снижается видимость у оператора, особенно при работе в закрытых пространствах, и из-за одного из самых больших расходов абразивов возникают дополнительные затраты на утилизацию отработанного песка.

Оливиновый песок получают из природного минерала оливина бледно-зеленого цвета, представляющего собой силикат магния и железа, который дробится механическим способом, сушится, просеивается и приготавливается для абразивоструйной очистки.

Этот абразив очень твердый, и имеет тенденцию к разрушению при ударе, создавая много светлой пыли. Кроме того, относительно дорогой.

Высокая твердость по Моосу (≥ 7), оливинового песка способна обеспечить подготовку поверхности стальных конструкций до степени Sa3. Высокая удельная плотность абразива (3,3 кг/дм³) гарантирует, что частицы, воздействующие на поверхности, имеют высокую энергию удара, облегчающую удаление загрязнений и прокатной окалины, а угловая форма частиц обеспечивает быстрое очищающее действие на всех типах поверхностей. Подходит для использования на нержавеющей стали и цветных металлах, а также для очистки зданий.

Весь диоксид кремния в оливине присутствует в связанной форме, и он не представляет опасности заболевания силикозом, в отличие от традиционных абразивов для струйной очистки из кварцевого песка и кремния.

Ставролит (ISO 11126-9:1999) – ископаемый минерал темного цвета, который представляет собой силикат алюминия и железа. Он имеет некоторый свободный диоксид кремния, но гораздо меньше, чем в кварцевом песке. Ставролитовый абразив используется для удаления тонких покрытий, ржавчины и окалины. Форма его частиц без острых выступов идеально подходит для применения, когда требуется минимальный профиль поверхности. Ставролит отлично подходит для очистки поверхности до почти белой стали и обычно используется для новых стальных конструкций. Высокая твердость по Моосу (обычно ≥ 7) и высокая удельная плотность ($3,6-3,85 \text{ кг/дм}^3$) благоприятствуют легкому удалению тонких покрытий, ржавчины и окалины, увеличивая темпы производства.

Высокая прочность ставролита и низкая его хрупкость способствуют образованию более низких уровней пыли, по сравнению с большинством минеральных или шлаковых абразивов. Низкие уровни пыли улучшают видимость оператора в рабочей зоне, увеличивают темпы производства работ, снижают затраты на обеспыливание поверхности после очистки.

Низкая хрупкость ставролитовых абразивов позволяет их использовать от 3 до 5 раз. В отличие от большинства минеральных или шлаковых абразивов, ставролит полностью не разрушается после удара о поверхность, сохраняя свои относительные размеры. Повторное использование ставролита повышает рентабельность за счет снижения затрат как на само потребление абразива, так и на его доставку, очистку и утилизацию.

В ставролитовом абразиве может находиться до 5% свободного диоксида кремния, и только отдельные образцы абразива могут содержать SiO_2 в свободном виде меньше 1%. Поэтому, при заявке на ставролитовый абразив необходимо обращать внимание на его химический состав.

Ставролит добывается в основном в США, где он встречается в природе, но он имеет относительно высокую цену.

Гарнет (гранатовый песок) (ISO 11126-10:2000) относится также к минеральным абразивам, являющийся природным ферро-алюмосиликатом. По своим характеристикам значительно превосходит кварцевый песок и абразивы на основе измельченных шлаков. Неизменность физических и химических свойств, высокая твердость (по Моосу ≥ 8) и прочность, высокий удельный вес ($4,0-4,1 \text{ кг/дм}^3$) а также низкий уровень пылеобразования гранатового абразива позволяют его многократно эффективно использовать, особенно в аппаратах беспылевой очистки, в камерах или с системами рекуперации (очистки) абразива.

Расход гарнета ниже, чем у обычных абразивов и более грубые классы зернистости пригодны для повторного использования, тем самым снижая его общее потребление. Гранат является более дорогим, чем обычно используемые неметаллические абразивы, но его сверхвысокая эффективность очистки означает, что меньшее количество абразивных материалов необходимо использовать.

Свободное содержание диоксида кремния в гарнете составляет менее 0,5%. Гранат рекомендуется к применению в экологически чувствительных областях поскольку он образует меньше пыли и имеет светлый цвет.

Рекомендуемое применение гранатового песка различных классов зернистости:

- **1,40 – 2,00 мм** – для применения в абразивоструйных камерах и замкнутых циклах абразивоструйных работ. Регулярное добавление абразива поддерживает рабочую смесь обеспечивает постоянство профиля.

- **0,60 – 1,40 мм** – для удаления толстослойных покрытий, для обеспечения грубого профиля при очистке мягкой стали и подготовки нержавеющей стали перед нанесением покрытия. Подходит для повторного использования.

- **0,355 – 0,850 мм** – для струйной очистки резервуаров, кораблей и стальных конструкций, где требуется средний профиль. Очистка нержавеющей стали и специальных сплавов.
- **0,200 – 0,600 мм** – экономичная струйная очистка стальных поверхностей, где требуется профиль до 60 мкм.
- **0,180 – 0,350 мм** – быстрая очистка стальных поверхностей, где требуется низкий профиль.

Корунд получают из природных корундовых руд. Природный корунд используется, в основном, в свободном виде. Шлифзерно добывают методом дробления и обогащения руд от примесей. Корундовые руды содержат Al_2O_3 не менее 40%, Fe_2O_3 – не более 3%. В состав руд помимо оксида железа входят различные оксиды и гидроксиды, в том числе кварц и слюды.

Плотность природных корундовых абразивов – 3,90-4,12 кг/дм³. Микротвердость – 17,7-23,5ГПа.

К **синтетическим абразивам** относятся шлаковые абразивы, получаемые из материалов металлургических процессов или горения, которые являются относительно дешевыми абразивами, или из природных минералов и руд методом плавления в печах, охлаждения, дробления кусков расплава и отсева образовавшихся зерен по фракциям. Сырьем для производства искусственных абразивов служат руды и минералы, содержащие большое количество твердых кристаллов, таких как оксид алюминия (Al_2O_3) и кварц (SiO_2).

Искусственные абразивы обладают большей твердостью по сравнению с природными, а применение добавок позволяет получить широкий спектр материалов с необходимыми свойствами для различных видов абразивной обработки.

Самыми широко применяемыми искусственными абразивами являются шлаки после рафинирования меди (Купершлак/Купрошлак) и никеля (Никельшлак), представляющие собой шлаки силиката железа, угольный печной шлак (силикат алюминия), плавленый оксид алюминия. Эти абразивы довольно эффективны в применении при однократном использовании, но они в целом не пригодны для регенерации и повторного использования, потому что они быстро разбиваются в пыль. Эти материалы часто называют расходуемыми абразивами.

Купершлак (Купрошлак) (ISO 11126-3:1993) – наиболее распространенный вид абразива для абразивоструйной очистки на сегодняшний момент. Аналогичный абразив, изготавливаемый из гранулированных шлаков никелевого производства – **никельшлак** (ISO 11126-5:1993) отличается более высокой твердостью, а в остальном он схож с купершлаком.

Гранулы купрошлака имеют высокую твердость (не ниже 6,5 по шкале Мооса) и острую угловатую форму, что позволяет достичь степени очистки Sa 3. Купрошлак создает хороший профиль поверхности от 20 до 140 мкм.

В отличие от песка **купершлак и никельшлак** содержат менее 1% кварца в свободной форме и могут применяться для открытой пескоструйной очистки. Фракционный состав гранул купрошлака колеблется в пределах от 0,2 до 2,4 мм. Купрошлак имеет высокую удельную массу (3,3-3,9 кг/м³). Так как удельная плотность частиц купрошлака выше по сравнению с большинством из абразивных материалов, то и кинетическая энергия удара частиц о поверхность больше.

Никельшлак отличается от купершлака более высокой динамической прочностью частиц и более высокой твердостью, что позволяет использовать (рекуперировать) никельшлак до 3 раз, при этом уровень запыленности при очистке значительно ниже, чем у купершлака. Но удельная плотность частиц никельшлака немного меньше, чем у купершлака, поэтому энергия воздействия на поверхность очищаемого предмета незначительно снижается.

Применение купершлака (купрошлака) и никельшлака максимально целесообразно при открытой очистке в условиях, где возможность сбора абразива для повторного применения ограничена или отсутствует.

Средний расход абразивного порошка на 1 м^2 составляет порядка 30-75 $\text{кг}/\text{м}^2$, но при качественно подобранном оборудовании, давлении и объеме сжатого воздуха может составлять 15-20 $\text{кг}/\text{м}^2$.

Шлак доменной плавки (ISO 11126-6:1993) – синтетический минеральный абразив для абразивоструйной очистки, изготовленный методом грануляции в воде, высушивания и просеивания с механическим дроблением или без него, полученный из шлака, образующегося при выплавке чугуна. В основном, это шлак силиката кальция. Это универсальный абразив, который может быть использован практически на любой поверхности.

Угольный печной шлак (ISO 11126-4:1993) – синтетический минеральный абразив, для абразивоструйной очистки, изготовленный методом грануляции в воде, высушивания и просеивания, с механическим дроблением или без него; полученный из шлака, образовавшегося при сгорании угля на электростанциях, работающих на угле. В основном, это шлак силиката алюминия. Шлаки, полученные при воздушном охлаждении, обычно, имеют, другую минеральную структуру.

Угольные шлаки в основном похожи, но есть некоторые различия в них из-за различий в качества сжигаемого угля. Как и купрошлаки, эти абразивные материалы в основном используются для струйной обработки стали, но из-за их более светлого цвета их часто применяют для очистки цветных металлов.

Плавленый оксид алюминия (электрокорунд) (ISO 11126-7:1995) представляет собой синтетический материал, подобный корунду.

Природным поставщиком оксида алюминия для производства абразивов являются бокситовые глины, содержащие не менее 60% Al_2O_3 (корунда). Температура плавления бокситов превышает 1400°C . Процесс требует энергии больше, чем способен выделить угольный кокс в обычных металлургических печах, поэтому плавка производится в электродуговых печах с использованием энергии электрической дуги. Эффект плавления может быть усилен магнитным полем в специализированных индукционных печах. Т.к. получение искусственного корунда связано с использованием электрической энергии, материал получил название «электрокорунд».

Он доступен в различных классах и его в основном используют в качестве абразива для многократного использования в абразивоструйных камерах. Тем не менее, себестоимость работ по очистке поверхности с применением плавленого оксида алюминия, как правило, дороже металлических многократно используемых абразивов.

Электрокорунд белый получают плавлением глинозема в электродуговых печах. Плотность – 3,90-3,95 $\text{г}/\text{см}^3$.

Белый плавленый оксид алюминия используется в основном там, где требуется высокая чистота абразива. Из-за низкого содержания железа, белый плавленый глинозем часто используется при абразивоструйных работах, где загрязнение железом поверхностей цветных металлов и нержавеющей стали не допускается. Белый плавленый оксид алюминия является чистейшим глиноземом, и это очень твердый абразив с остроугольной формой частиц и с высокой скоростью очистки.

Электрокорунд нормальный (коричневый) получают в электродуговых печах восстановительной плавкой шихты, состоящей из бокситов, углеродистого материала и чугунной стружки. Минералогическая основа бокситов – корунд Al_2O_3 (не менее 60%) и гексаалюминат кальция

$\text{CaO} \cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$. В процессе восстановительных реакций примеси Fe_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 переходят в ферросплавы, кроме CaO . Плотность – 3,85-3,95 г/см³.

Электрокорунд обладает такими же свойствами и имеет аналогичную область применения, что и белый электрокорунд, но по химическому составу содержит до 1,5% свободного SiO_2 , что незначительно превышает допустимую по евростандартам норму (1%).

Керамический абразив для дробеструйной очистки производится из материалов, представляющих собой соединения кремния, алюминия и др. химических элементов с углеродом.

Поставщиком кремния для синтезированных материалов является природный кварцевый песок. Получение абразивов производится путем плавления кварцевого песка (Si - не менее 99%) и взаимодействия с углеродом за счет добавления в расплав нефтяного кокса (с массовой долей золы не более 1%) в электропечах, в результате чего синтезируется материал - карбид кремния черный (SiC), синоним – карборунд. Плотность – 3,21 г/см³.

Карбид кремния зеленый по своему химическому составу и физико-механическим свойствам незначительно отличается от карбида кремния черного.

Керамический абразив на основе диоксида циркония отличается высоким ресурсом службы и может выдержать до 500 повторных циклов использования. По твердости превосходит стеклянную дробь и приравнивается к твердости стали 58 HRC. Удельная плотность 3,8 г/см³.

Керамические абразивы выпускаются из природного натурального сырья, поэтому обладают высокой степенью экологической безопасности. Кроме этого, абразив из керамики обладает повышенной прочностью, что практически исключает раскалывание. Дробь применяется при финишной обработке и упрочении поверхностей, в том числе плазменных покрытий. Эффективна обработка керамической дробью алюминия и его сплавов, титана, драгоценных металлов.

Дробь из керамики выпускается в виде крупных, средних, мелких и микро шариков. Механические свойства керамической дроби позволяют использовать абразив многократно.

Керамическая дробь обладает следующими свойствами: простота применения, легкость в обработке деталей, экологическая безопасность, высокая эффективность обработки поверхностей, незначительный износ оборудования, химическая инертность, высокая эластичность, экономичность при многократном использовании. Свойства керамической дроби остаются неизменными: сохраняются размеры, не образуется пыль. Поврежденный материал сразу удаляется с помощью сепаратора.

Керамическая дробь является хорошей альтернативой стеклянной дроби: более высокий ресурс, пониженное пылеобразование и повышенное качество обрабатываемой поверхности.

Возможно применение для обработки и упрочнения стальных изделий, где есть требования к недопустимости намагничивания и остаточной металлизации поверхности и использование обычной стальной дроби невозможно.

Керамические абразивы являются дорогими абразивами, но их применение иногда оправдано из-за их особых свойств. Керамические абразивы сохраняют форму даже на жестких основаниях (которые могут противостоять абразивной крошке из отбеленного чугуна). Кроме того, керамический абразив эффективно работает при более низких давлениях, чем струйная очистка с применением обычно используемых других абразивных материалов. Из-за этого, керамические абразивы особенно хорошо подходят для струйной очистки тонких металлических поверхностей, которые могут деформироваться при очистке крошкой отбеленного чугуна при обычных давлениях. Наконец, поскольку керамические абразивы практически инертны по отношению к нормальным коррозионным воздействиям, они могут безопасно применяться для

очистки поверхностей нержавеющей стали или цветных металлов, не вызывая окрашивания ржавчиной, обесцвечивания или биметаллической коррозии.

9.12.1.1.2.7.3.3. Абразивы специального применения.

Скорлупа сельхозпродуктов иногда используется в качестве материалов для специальных применений. Скорлупа грецкого ореха, оливковые и персиковые косточки, кукурузные початки могут использоваться для получения абразива. Они не являются абразивами в чистом виде, поскольку они относительно мягкие. Как правило, они используются для полировки или для снятия заусенцев. Тем не менее, в нефтяной промышленности из скорлупы грецкого ореха получают безопасный, не искрящий абразивный материал для использования в определенных опасных зонах, заземляя очищаемые поверхности и обеспечивая хорошую сквозную вентиляцию. Считается, что они обеспечивают отличную альтернативу бронзовым или медным ручным или механическим инструментам, используемых при трудоемкой ручной очистке.

Особенности очистки. Оборудование стандартное – абразивоструйное. Давление на срезе сопла пониженное (4-5,5 бар). Процесс обработки протекает без искрообразования, но потенциально пожаро-взрывоопасен.

Области применения: Обработка деликатных поверхностей, таких как мягкие металлы, стекловолокно, алюминий и сплавы, пластмассы, и т.п.

Обработка абразивами сельхозпродуктов в основном относится к «мягким» очисткам (полировки), но при определенных условиях может обеспечивать и агрессивную очистку (придание поверхности определенного профиля). Твердость абразива – сред. 3-4 ед. (по шкале Мооса).

В последнее время находят применение **низкотемпературные абразивы** – сухой и кристаллический лед.

Исходным сырьем для *сухого льда* является твердая фаза углекислого газа (CO₂ при температуре -79°C). Форма частиц – шарики, кристаллы, блоки кристаллов.

Принцип очистки – кинетическое воздействие в совокупности с термическим ударом. В момент удара сухой лед преобразуется в газ, а деформированные покрытия и загрязнители удаляются с поверхности воздушным потоком.

Области применения – обработка деликатных поверхностей, удаление грязевых отложений и жировых загрязнений, эффективен при удалении и существующих органических покрытий. Сухой лед не меняет шероховатость поверхности металлических поверхностей и почти не производит пыли, как правило, оставляя поверхность сухой и холодной. Сухой лед – одноразовый абразив, так как она испаряется сразу после использования.

Для применения используется специализированное оборудование с элементами традиционного пескоструйного аппарата. Необходимо специальное оборудование для изготовления на месте проведения работ или для хранения завезенного сухого льда (хранение в специальных контейнерах на месте проведения работ до 10 -15 дней, при хранении возможны потери абразива на испарение от 2% до 10% в день).

Так как в процессе обработки выделяется существенное количество углекислого газа, то при работе в закрытых помещениях требуется адекватная (низко расположенная) вентиляция.

Сухой лед создает очень низкие температуры (-79°C), и может привести к немедленному обморожению, если он вступает в непосредственный контакт с открытыми участками кожи.

Кристаллический лед изготавливается в ледогенераторах путем превращения пресной воды в ледяные кристаллы. Лед удаляет определенные виды поверхностных загрязнений и суще-

ствующих органических покрытий. Он не изменяет профиль поверхности и не производит пыль, но оставляет поверхность влажной.

В основе технологии обработки поверхности кристаллическим льдом лежат эффекты скобления и ополаскивания. Твердые частицы льда, ударяясь о поверхность, «соскабливают» загрязнение, а образовавшаяся в момент удара, от таяния льда вода, смывает его с поверхности.

Для применения кристаллического льда используют традиционное пескоструйное оборудование. В случае, когда необходимо придать поверхности определенную шероховатость, возможно дополнительное использование абразивов, обладающих деформирующей способностью.

Лед является одноразовым абразивом.

Пластиковые абразивные шарики применяются для удаления покрытий с минимальным изменением шероховатости поверхности.

Пластиковые шарики почти всегда используются в системах регенерации (рециркуляции) абразива. Образующая в процессе очистки пыль, может быть горючей. Пескоструйщики, работающие с пластиковыми абразивами, требуют серьезной подготовки, так как расход абразива, расстояние от поверхности до сопла и давление воздуха в сопле различны для разных типов покрытий. Эти параметры обычно определяются оператором абразивоструйной очистки.

Пластиковые абразивные шарики оставляет поверхность сухой, но она может быть загрязнена.

К **редким синтетическим абразивам** относят стеклянные и керамические дробы. Оборудование стандартное – абразивоструйное. Давление на срезе сопла пониженное (4-5,5 бар).

Исходным сырьем для **стеклянной дроби** принимается содонатриевое стекло, которое не содержит свободного кварца

Преимущества стеклянной дроби перед металлическими абразивами является возможность повторного использования абразива в нескольких технологических циклах в установках любого типа.

Особенностью очистки дробью из стекла является:

- прекрасный конечный результат: поверхность не имеет микротрещин, сколов, заусенцев, потемнений;
- одновременно с очисткой, достигается эффект упрочения;
- высокая экологическая безопасность;
- отсутствие загрязнений обрабатываемой поверхности;
- равномерная обработка; высокая производительность;
- экономичность.

С помощью стеклянных шариков легко достигается декоративный эффект матирования поверхности. Стеклянные шарики выпускаются фракцией от 50 до 840 мкм; дробь подбирается индивидуально в зависимости от вида обрабатываемой поверхности.

Для обработки стеклянной дробью подходят поверхности из мягких и легких материалов: пластик, деревянные изделия, сплавы цветных металлов, промышленное стекло; а также: драгоценные металлы, нержавеющая сталь, камень, бетон. Стеклянная дробь с успехом применяется как при мокрой, так и при сухой обработке для удаления всевозможных загрязнений и придания поверхности гладкой зеркальной полировки, путем наклепа, для обработки стали, алюминия, бронзы – без разрушения верхних слоев металла.

Абразив многократного использования от 8-10 до 30 циклов (при различных параметрах обработки). Стоимость довольно высока для применения в качестве одноразового материала. Применяется в основном в стационарных камерах и кабинах.

Еще одна группа редко применяемых абразивов – водорастворимые абразивы: сульфат магния (кирезит) и бикарбонат натрия (пищевая сода).

Бикарбонат натрия (пищевая сода), как правило, используется в водной суспензии, подаваемой сжатым воздухом, и не поддается рециркуляции. Она удаляет с поверхности загрязнения и существующие покрытия с минимальным изменением подложки. Хотя она почти не производит пыли, на заключительном этапе необходимо промыть поверхность чистой водой. Оператор требует специальной подготовки. Применяется там, где очень высокие экологические требования, (городская черта и т.п.). Относится к «мягким очисткам». Оборудование стандартное пескоструйное, давление на срезе сопла пониженное – 4-4,5 бар.

Наконец, **композитные абразивы** («губки») – это так называемые материалы 21 века.

Сам абразивный материал представляет собой твердое зерно, облитое специальным полимером. Его смысл состоит в следующем. В момент удара абразивной частицы о поверхность острая грань твердого зерна пробивает полимер и выполняет основное свое предназначение по обработке поверхности, и в то же время полимер захватывает (приклеивает к себе) продукты, отбитые основной частицей (ржавчина, частицы металла остатки краски и т.п.). В результате получается очень чистая поверхность. Процесс получается беспылевой. Абразивный материал используется – многократно. После рабочего цикла обработки, по специальной технологии производится процесс очистки и после всех операций по рециркуляции, запускается снова в оборот.

9.12.1.1.2.7.4. Методы испытаний неметаллических абразивов.

Методы испытаний неметаллических абразивов приведены в различных частях стандарта ISO 11127, а также в SSPC-AB 1 со ссылкой на стандарты ASTM.

Учитывая то, что частицы абразива при хранении оседают, важно обеспечить, чтобы образцы, взятые для испытания, были представительными. Стандарт ISO 11127/1 описывает соответствующие процедуры для отбора проб неметаллических абразивов.

Плотность абразива должна быть не менее 2,5 кг/дм³. как определено стандартом ASTM C 128.

Определение pH абразивов, являющегося важным показателем для оценки потенциально-го наличия кислых веществ в абразиве, которые могут оставаться на поверхности после ее очистки. На данный момент не известны стандарты, регламентирующие определение pH абразива, однако существуют методики определения pH почвы с помощью Н⁺ ионно-селективного стеклянного электрода. Этот метод представляет собой измерение, которое может быть выполнено для всех сыпучих материалов. Процедура измерения состоит в следующем: 100 грамм отобранной репрезентативной пробы абразива измельчают с помощью ступки и пестика. Примерно 50 г измельченного образца добавляют к 200 мл деионизированной воды. Затем определяют pH этой суспензии посредством использования электронного pH-метра с точностью ± 0,01 единицы pH. Смесь суспензии абразива, полученной таким образом, должна иметь pH не ниже 6,20.

Растворимые в воде соли (ISO 11127-6; ASTM D4940).

По стандарту ISO 11127-6 абразив смешивают с деионизированной водой проводимостью ≤1 мкСм/см в массовой пропорции 1:1, например, 100 г абразивного материала к 100 см³ воды. Смесь встряхивают в течение 5 минут, дают отстояться в течение не менее 1 часа, а затем встряхивают снова в течение 5 минут. Часть воды сливают, регистрируется температура, и измеряется проводимость с помощью измерителя электропроводности. Если датчик проводимости имеет никакой регулировки температурной компенсации, то проводимость должна быть преобразована к условиям 20°C или измерение следует проводить при этой температуре. Если проводимость превышает 25 мСм/м, абразив не допускается к применению. Если абразивный

материал должен быть использован для влажной абразивоструйной очистки при высоком давлении общее количество растворимых в воде веществ должно быть ниже 0,5% по весу.

По стандарту ASTM D4940 удельная проводимость не должна быть ≤ 1000 мкСм/см или ≤ 100 мСм/м. Показания проводимости по ASTM D4940 и ISO 11127-6 не сопоставимы

Определение содержания влаги в неметаллическом абразиве (ISO 11127-5; ASTM C566) определяется аналогично металлическому абразиву. В печи высушивается контейнер при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 15 минут и затем охлаждается до комнатной температуры в эксикаторе. Взвешивается контейнер на весах с точностью до ближайших 0,01 г. В контейнер загружается испытуемая порция абразива около 100 г с точностью 0,01 г. Контейнер с испытуемой порцией абразива помещается в печь, предварительно нагретую до $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$, и оставляется там, как минимум на 1 час. Контейнер с высушенным абразивом перемещают в эксикатор и охлаждают до комнатной температуры. Снова взвешивается контейнер с высушенной испытуемой порцией с точностью до 0,01 г и определяется масса высушенной испытуемой порции. По результатам испытаний рассчитывается содержание влаги, выраженное в процентах по массе.

Содержание влаги для абразивного материала не должно превышать 0,2% по массе (по требованию ASTM C566 допустимое содержание влаги абразивов, поставляемых в насыпном виде или в биг-бегах, должно быть не выше 0,5%).

Определение масла и смазки (ASTM D7393-16 – Standard Practice for Indicating Oil in Abrasives;). Абразивные материалы не должны быть загрязнены маслом и жиром. Для выявления масла в абразиве 10 см^3 абразива взбалтывают с 10 см^3 метилхлорида в течение около 5 минут. Затем 5 капель растворителя наносят на чистую стеклянную пластину. После полного испарения растворителя стеклянная пластинка подвергается воздействию ультрафиолетового света в полной темноте. Если наблюдается голубая флуоресценция, абразив выбраковывается.

Определение твердости неметаллического абразива (ISO 11127-4:2011). Под маломощным микроскопом ($10\times$) просматривается небольшое количество абразивного материала и, если в нем присутствуют зерна разной окраски или размера, выбирается по несколько зерен каждого вида. Отобранные зерна помещаются между двумя предметными стеклами микроскопа. При надавливании на стекла медленно их сдвигают одно относительно другого в возвратно-поступательном направлении в течение 10 секунд. Если после осмотра стеклянная поверхность окажется поцарапанной, абразив рассматривается как материал, имеющий минимальную твердость 6 по шкале Мооса. Если обнаружатся какие-либо зерна в любом заметном количестве, не царапающие стекло, общая партия абразива выбраковывается.

Определение содержания растворимых в воде хлоридов (ISO 11127-7:2011). Взвешивают испытуемую порцию (100 ± 1) г образца (m_0) в колбе емкостью 250 мл и добавляют (100 ± 1) мл воды. Встряхивают содержимое колбы в течение 5 мин и оставляют отстояться в течение 1 часа. Затем встряхивают снова в течение 5 мин и оставляют смесь снова отстояться. Если раствор не полностью прозрачен, его необходимо профильтровать. Отбирают 25 мл раствора, добавляют 0,1 мл концентрированной серной кислоты и растворяют в воде объемом около 75 мл.

Проводится амперометрическое титрование раствора нитратом серебра стандартной плотности, отмечая конечную точку как напряжение, при котором стрелка гальванометра меняет направление на обратное.

По приведенной в стандарте ISO 11127-7:2011 формуле проводится расчет по массе процентного содержания в абразиве растворенных в воде хлоридов.

9.12.1.1.2.7.5. Чистота повторно используемых металлических абразивов.

Требования к чистоте повторно используемых абразивов из черных металлов для абразивоструйного удаления покрытий, красок, окалины, ржавчины и других посторонних веществ из

стальных или других поверхностей изложены в стандарте SSPC-AB 2 «Спецификация абразива №2 – Чистота металлических повторно используемых абразивов из черных металлов» и в стандартах ASTM D 4940 «Стандартный метод испытаний для кондуктометрического анализа водорастворимого ионного загрязнения в абразивах с крупной крошкой».

Требования приведены для лабораторных и полевых испытаний рабочей смеси из восстановленных для повторного использования черных металлических абразивов.

Повторно используемый абразив должен быть очищен от мелких абразивных частиц и мусора, включая краску, ржавчину, окалину и другие загрязняющие вещества, образующиеся во время струйной очистки стали или других поверхностей.

Рабочий состав абразива образуется во время струйной очистки и его рециркуляции и состоит из новых абразивных добавок и вторично используемого абразива. Добавляемый новый абразив может состоять из круглой дроби, металлической крошки или смеси дроби и крошки.

К повторно используемым рабочим составам абразива предъявляются следующие требования:

- 1) Не абразивная составляющая образца рабочей смеси, взятой для испытания, не должна превышать 1% по массе.

Для определения не абразивной части рабочей смеси абразива отбирают не менее трех представительных образцов (приблизительно по 450 г каждый) рабочей смеси в разное время в течение каждого цикла рекультивации или в течение 8-часовой смены. Полученные образцы объединяют, и разделяют на образцы приблизительно по 115 г.

Одну порцию образца массой приблизительно 115 г засыпают в сито Ø 203 мм с размером ячейки 150 мкм (№ 100) в соответствии с ASTM E 11 и просеивают абразив в течение 1 мин. Просеянную часть распределяют (>150 мкм (№ 100) по ASTM E 11) на чистой поверхности площадью примерно 0,1 м².

Помещают магнит в пластиковую оболочку или стакан. Магнит должен находиться в контакте с нижней частью внутренней поверхности пластиковой оболочки (стакана).

Размещают заключенный в оболочку магнит на просеянной части абразива, чтобы он контактировал с абразивом. Следует соблюдать осторожность, чтобы за один раз не забирать слишком много магнитного материала. Немагнитные частицы могут застрять между магнитными частицами.

Удерживая магнит в контакте с внутренней поверхностью пластиковой оболочки, перемещают помещенный в оболочку магнит вверх предварительно взвешенного сосуда для сбора абразива и поднимают магнит со дна пластиковой оболочки, загружая, таким образом, собранную магнитную фракцию в предварительно взвешенный сосуд для сбора абразива.

Возвращают заключенный в оболочку магнит в просеянную часть абразивного материала и повторяют процесс отбора металлического абразива до тех пор, пока из просеянной части абразива не будет больше извлекаться магнитный материал.

Объединяют немагнитный остаток, оставшийся после процедуры отбора магнитных частиц абразива, и фракцию < 150 мкм (< № 100), оставшуюся после просеивания абразива. Взвешивают полученную смесь с точностью до ближайших 0,05 г. Если общий вес немагнитного материала вместе с остатком мелких частиц после просеивания абразива составляет более 1% от общей массы исходного образца, то рабочая смесь должна быть повторно очищена до тех пор, пока она не будет соответствовать требованиям к неабразивной части абразива.

- 2) Максимальное содержание свинца в рабочей смеси не должно превышать 0,1% по массе (1000 частей на миллион).

Репрезентативный образец очищенной рабочей смеси черных металлических абразивов должен быть испытан на содержание свинца методом атомно-абсорбционной спектроскопии в соответствии с ASTM D 3335.

- 3) Водорастворимые загрязнители: проводимость абразива не должна превышать 1000 микромо/см = 100 миллиСименс/м (1 микромо = 1 Сименс(См или S) – обратная величина микроома).

Репрезентативный образец очищенной, рабочей смеси металлических абразивов должен быть испытан на электропроводность в соответствии с ASTM D 4940.

Небольшое количество абразива помещают в чистую емкость, заливают дистиллированной водой, и перемешивают. 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 замеряет проводимость водоабразивной смеси. Испытания проводимости должны проводиться в соответствии с ASTM D 4940 или ISO 11127-6.

Метод ISO 11127-6 отличается от метода испытаний ASTM D 4940 двумя основными принципами:

- (1) Метод ISO использует отношение массы к объему между абразивом и жидкостью (деионизированной водой), используемой для извлечения растворимых солей из абразива. Метод ASTM D 4940 позволяет пользователю измерять свободный заполненный объем абразива и смешивать этот абразив с равным объемом воды реагента. Метод ISO хорошо подходит для использования в лабораторных условиях, но плохо подходит для использования в полевых условиях. Метод ASTM особенно пригодный для использования в полевых условиях или в лаборатории.
- (2) В методе ISO за единицу удельной проводимости электролита, зависящей от уровня экстрагированных солей, принимается строгая единица СИ (миллисименс/м), тогда как в методе испытаний ASTM D 4940 используется микромо/см. Между этими единицами существует зависимость:

$$1 \text{ миллиСименс/м} = 10 \text{ микромо/см.}$$

- 4) Образец абразива в воде не должен содержать масла, будь то на поверхности воды или в виде эмульсии в воде при визуальном осмотре после выдерживания в течение 10 минут.

Небольшое количество абразива помещают в чистую емкость, заливают дистиллированной водой, и перемешивают. Если вода стала мутной после оседания абразива или на поверхности воды видна масляная пленка, то абразив загрязнен и не должен использоваться.

Если рециркулированный абразив из черных металлов не соответствует вышеперечисленным требованиям, он должен быть перепроверен до тех пор, пока он не будет соответствовать этим требованиям.

9.12.1.1.2.7.6. Основные соображения инспекции.

Инспекторы и операторы должны обеспечить:

- Использование указанного в спецификации типа и размера абразива;
- Каждый должен соблюдать процедуру очистки повторно используемого абразива. Большинство металлических абразивов, таких как чугунная и стальная литая и колотая дробь, а также дорогие абразивные материалы, такие как стеклянные и карбидные шарики или электрокорунд могут быть повторно использованы. Если абразивы должны быть повторно использованы, убедитесь, что загрязняющие вещества, в том числе пыль, краска, окалина удалены из абразивных материалов.
- Абразивные материалы должны быть чистыми и не содержать влагу и масло.
- Абразивные материалы сохраняются на поддонах или других приспособлениях и защищены от земли, осадков и влаги.

9.12.1.1.2.7.7. Внестандартные методы проверки чистоты абразива.

С помощью прозрачной стеклянной или пластмассовой тары. Немного абразивного материала опускают в небольшую емкость с водой, (предпочтительно дистиллированной или деионизированной с рН 7) и встряхивают его. Как правило, соотношение должно быть в пропорции 1:2 – один объем абразивного материала на два объема воды. Осматривают поверхность воды сверху на предмет наличия на ней пленки смазки или масла. Проверяют воду на наличие видимого ее помутнения, которое, как правило, является признаком наличия грязи, пыли или глины в абразиве.

С помощью лакмусовой бумаги или рН-индикатора проверяют **кислотность воды** в емкости, чтобы определить, является ли данный абразив кислым или щелочным. рН-индикаторная бумага указывают фактическое значение кислотности или щелочности. Если абразивный материал загрязнен кислотой или щелочью, необходимо задокументировать эти результаты и немедленно сообщать о них представителю заказчика.

Если красный цвет лакмусовой бумаги изменяется на синий, раствор является основным. Если синий цвет лакмусовой бумаги меняется на красный, раствор является кислым. Если цвет лакмусовой бумаги не меняется, это указывает на то, что раствор является нейтральным.

Даже если раствор является нейтральным, это не указывает на отсутствие растворимых химических солей, так как некоторые химические соли, такие как хлорид натрия (обычно содержится в морской соли), образуют почти нейтральный раствор. Есть специальные индикаторные бумаги, которые могут показывать на присутствие растворимых химических солей.

9.12.1.1.2.7.8. Выбор абразива.

При выборе оптимального абразива должны быть приняты во внимание следующие основные критерии:

- Вид поверхности, подлежащей очистке (материал, состояние);
- Размер и форма очищаемой конструкции;
- Требуемая степень очистки;
- Требуемый профиль поверхности;
- Место проведения очистки (на открытом воздухе, внутри помещений, в абразивоструйной камере или на автоматической линии);
- Требуемая скорость очистки;
- Конструкция и стоимость применяемого оборудования;
- Возможности по уборке абразива;
- Возможность повторного использования абразива;
- Наличие деликатных поверхностей или чувствительного оборудования;
- Тип применяемых покрытий.

По совокупности этих требований выбирают абразив по типу, форме, размеру и твердости.

Стальные поверхности перед очисткой не являются идеально гладкими. Даже там, где они покрыты практически нетронутой прокатной окалиной, которая сравнительно легко может

быть удалена достаточно грубыми абразивами, будут иметь место небольшие углубления или впадины. Такие поверхности требуют небольших абразивных частиц для тщательной очистки.

Если сталь покрыта ржавчиной, на ее поверхности будет присутствовать мелкая точечная коррозия, содержащая различные соли железа. Для ее очистки так же будут необходимы более тонкие абразивные материалы.

Шероховатость поверхности, образующаяся при абразивоструйной очистке, очень важна и она зависит от используемого абразива, давления воздуха и способа очистки. Слишком тонкая шероховатость не создаст необходимых насечек для покрытий, в то время как чересчур грубая поверхность может стать причиной неравномерной укрываемости вершин, острых выпуклостей, приводящая к преждевременному повреждению покрытия, в основном из-за тонкой пленки покрытия. В общем, тонкий профиль со средним значением 30-50 мкм применяется для тонкопленочных материалов на основе растворителей и на водной основе, 75 мкм и выше рекомендуется для толстослойных и не содержащих растворитель систем.

В таблице 9.22 представлены краткие справочные данные о типичных профилях шероховатости, получаемых при использовании различных типов абразивов.

Таблица 9.22. – Профили шероховатости при использовании различных абразивов.

Тип абразива	Номер сита, меш (число ячеек на 1") / размер отверстий сита, мм	Типовой профиль
Кварцевый песок	80-120 меш / 0,125-0,180 мм	
Гарнет (гранатовый песок)	100 меш / 0,150 мм	13
Плавленный оксид алюминия (электрокорунд)	120 меш / 0,125 мм	
Чугунная или стальная крошка	200 меш / 0,075 мм	
Кварцевый песок	30-60 меш / 0,25-0,60 мм	
Гарнет (гранатовый песок)	80 меш / 0,180 мм	25
Плавленный оксид алюминия (электрокорунд)	100 меш / 0,150 мм	
Чугунная или стальная крошка	80 меш / 0,180 мм	
Кварцевый песок	20-50 меш / 0,300-0,85 мм	
Гарнет (гранатовый песок)	36 меш / 0,50 мм	40 мкм
Плавленный оксид алюминия (электрокорунд)	50 меш / 0,300 мм	
Чугунная или стальная крошка	50 меш / 0,300 мм	
Кварцевый песок	16-40 меш / 0,425-1,18 мм	
Гарнет (гранатовый песок)	30 меш / 0,60 мм	55 мкм
Плавленный оксид алюминия (электрокорунд)	35 меш / 0,50 мм	
Чугунная или стальная крошка	40 меш / 0,425 мм	
Кварцевый песок	12-30 меш / 0,60-1,70 мм	
Гарнет (гранатовый песок)	20 меш / 0,85 мм	65 мкм
Плавленный оксид алюминия (электрокорунд)	25 меш / 0,71 мм	
Чугунная или стальная крошка	25 меш / 0,71 мм	
Кварцевый песок	8-20 меш / 0,85-2,36 мм	
Гарнет (гранатовый песок)	16 меш / 1,18 мм	75 мкм
Плавленный оксид алюминия (электрокорунд)	16 меш / 1,18 мм	
Чугунная или стальная крошка	16 меш / 1,18 мм	

Данные приведены для давления в сопле около 620 кПа, сопло находится на расстоянии 60 см от поверхности. Эти рекомендованные размеры абразива применимы только для мягкой стали. При твердости и марке стали профиль поверхности будет отличаться. Стальная дробь обычно не рекомендуется, когда требуется остроконечный профиль, поскольку она округляет пики поверхности.

Помимо влияния на очистку стальных поверхностей, абразивы будут служить причиной истирания и износа оборудования для струйной очистки. Поэтому абразивы должны выбираться в зависимости от используемого оборудования. Все абразивные материалы имеют ограниченный срок службы, так как во время абразивоструйной очистки они деформируются или дробятся на мелкие части. При многократном использовании абразивов, когда они собираются, очищаются и возвращаются в операционный цикл, необходимо принимать во внимание необходимость периодического добавления новых абразивных частиц, чтобы поддерживать сохранение соответствующего распределения частиц смеси по размерам в течение всего процесса очистки. Сохранение распределения частиц по размерам будет зависеть от многих факторов, таких как исходный размер и форма частиц, твердость абразива, скорость вылета частиц (т.е. энергия удара о поверхность), тип материала, используемого для абразивного материала и тип очищаемой поверхности. Последний фактор очень важен, потому что стали различаются по своей твердости, составу и технологическому процессу прокатки, используемых для производства определенных профилей металлопроката, влияющих на толщину и адгезию прокатной окалины.

В случае наличия сомнений относительно гранулометрического состава абразива, необходимо его проверить путем его просеивания на ситах.

Дополнительными важными факторами при выборе абразивного материала, кроме размера и формы частиц, являются твердость, удельная масса и тип абразива (металлический или неметаллический).

Увеличение твердости абразива имеет несколько последствий:

- Чем тверже абразив, тем быстрее он очищает поверхность, благодаря остроконечной форме и энергии удара;
- Твердый абразив может уменьшить количество циклов оборачиваемости абразива, так как повышение твердости может привести к повышенной хрупкости и такие частицы имеют тенденцию к разрушению, а не к истиранию;
- Чем тверже абразив, тем больше изнашивается абразивоструйное оборудование.

На эффективность очистки также влияет удельная масса некоторых абразивных материалов. Эффективность очистки определяется энергией удара, передаваемой на поверхность, т.е. $E = \frac{1}{2}mV^2$, где E – энергия, V – скорость абразивных частиц, m – масса частицы, которая пропорциональна его удельной массе.

Давление на сопле определяет скорость абразивного материала. Оно, как правило, поддерживается на уровне 7 бар, насколько это возможно, чтобы достичь максимальной скорости очистки. Повышение давления выше уровня 7 бар надает небольшое преимущество, так как большинство абразивов будет чрезмерно дробиться, и будет теряться энергия удара.

Определенный объем сжатого воздуха при определенном давлении может транспортировать строго определенное количество абразивного материала по массе. Сравним для примера кварцевый песок и стальную колотую дробь. Плотность кварцевого песка примерно $1,6 \text{ кг/дм}^3$, а металла $7,8 \text{ кг/дм}^3$. То есть песка по объему будет транспортироваться и подаваться в четыре раза больше, при одинаковых исходных параметрах пескоструйной системы, чем стального абразива. Учитывая то что, производительность очистки зависит от количества и кинетической энергии соударений в единицу времени о поверхность. Можно сделать следующие выводы – количество соударений песчаного абразива, при одинаковом фракционном составе, по сравнению с дробью, будет в 4 раза больше. Но в то же время кинетическая энергия удара у металлического абразива также будет в 4 раза больше, чем у песка. В реальных условиях в зависимости от конкретных задач могут быть востребованы и максимально возможный чистящий эффект и максимальный кинетический удар. Поэтому вопрос выбора абразива находится в прямой зависимости от исходного состояния и требуемой конечной чистоты поверхности и приобретает

такое же ключевое значение, как и проектирование оптимальной пескоструйной системы совместно с подбором оптимального струйного сопла.

Металлические абразивные материалы, как правило, дороже, чем обычно используемые неметаллические. Однако, поскольку металлические абразивы способны выдерживать многократное воздействие, они чаще всего используются для процессов очистки, где возможно восстановление и повторное использование абразива. Наиболее широко используемые металлические абразивы чугунные или стальные литые материалы. Чугун, который поставляется в виде крошки, то есть угловые частицы, хрупок и дробится при повторном ударе, но очищает поверхность быстро и обеспечивает острый угловой профиль поверхности. Стальной абразив изготавливается из высоко- или низкоуглеродистой стали. Скорость очистки такими абразивами сопоставима, но абразив с низким содержанием углерода, как правило, поставляется в виде литой дроби, т.е. со скругленными частицами, обеспечивает долговечность на 20% больше, так как он более мягкий и менее подвержен дроблению. Он также вызывает меньший износ оборудования. Тем не менее, абразив из высокоуглеродистой стали по-прежнему является наиболее употребляемым типом многократно используемых абразивов. Он поставляется как в форме литой дроби, так и в форме крошки. Крошка используется в основном для струйной очистки с открытым типом сопла, из-за его высокой скорости очистки, а дробь – для дробеметного оборудования, чтобы уменьшить его износ.

На выбор абразива влияют и экономические факторы, к которым относятся возможность и количество циклов повторного использования, средний удельный расход абразива на очистку 1м^2 , скорость очистки, стоимость абразива и себестоимость очистки. Как правило, эти показатели не могут являться очень точными, поскольку они зависят от места добычи или производства абразива, характера очищаемой поверхности, давления сжатого воздуха и его потерь, формы сопла и мастерства оператора. В сравнительной таблице 9.23 приведены очень приблизительные сведения для наиболее широко используемых абразивов, но они позволяют выполнять качественное сравнение типов абразивов по основным параметрам.

Стандарт ISO 8504-2 при выборе абразива рекомендует проводить испытание абразива путем предварительной струйной очистки для определения наиболее эффективного абразивного материала, полученной степени подготовки и профиля поверхности. Если абразив после очистки используется повторно, необходимо проводить предварительное испытание именно с тем материалом, поскольку новый абразив может дать ошибочные результаты.

При выборе абразивного материала, важно принимать во внимание следующие соображения (ISO 8504-2):

- Сбалансированная смесь размеров частиц будет производить оптимальный уровень скорости очистки, чистоты и профиля поверхности.
- Влияние размера отдельных частиц на профиль поверхности, как правило, больше для металлических абразивов, чем для неметаллических абразивов. Это происходит потому, что их разрушающие характеристики различаются и различаются плотности, влияющие на кинетическую энергию удара абразивных частиц.
- В дробеметных установках с рециркуляцией абразива необходимо удалять пыль и загрязнения перед повторным его использованием и восполнять абразив, теряемый вследствие его истирания, дробления и прилипания к обрабатываемой поверхности.
- В установках с рециркуляцией абразива пополняют абразив добавкой новой дроби контролируемых размеров с тем, чтобы абразивная смесь поддерживалась в рамках установленных пределов размеров частиц или распределения частиц по размерам. В установках с рециркуляцией абразива требуется полное обновление абразивной загрузки до того, как смесь достигнет установившегося состояния.

9.12.1.1.2.8. Абразивоструйные сопла.

При прочих постоянных параметрах скорость абразивоструйных работ и расход воздуха напрямую связаны с размером сопла, т.е. его диаметром. Диаметр сопла – это диаметр прямого канала у прямооточных сопел и диаметр разгонной части сопла у сопел Вентури. Соответственно, максимальный размер сопла, который может быть использован, зависит от производительности компрессора, подающего воздух в сопло.

В таблице 9.24 показаны приблизительные данные по расходу сжатого воздуха, скорости очистки и расходу абразива в зависимости от диаметра пескоструйного сопла при различных в нем давлениях.

Таблица 9.24. – Приблизительные данные по расходу сжатого воздуха, скорости очистки и расходу абразива для степени очистки Sa 2½ в зависимости от диаметра пескоструйного сопла при различных в нем давлениях.

Диаметр проходного отверстия	Размер сопла	Показатели	Значения показателей при различных давлениях воздуха, бар:					
			3,5	4,9	5,6	6,3	7,0	8,0
6,5 мм	№4	Расход воздуха, м ³ /мин.	1,3	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6
		Производительность, м ² /ч.	1	3	6,5	8,0	9,5	12
		Расход абразива, кг/ч.	130	160	180	200	225	250
8,0 мм	№5	Расход воздуха, м ³ /мин.	2,1	2,9	3,2	3,6	3,9	4,4
		Производительность, м ² /ч.	3	6	9	12	15	17
		Расход абразива, кг/ч.	260	270	300	330	380	420
9,5 мм	№6	Расход воздуха, м ³ /мин.	3,0	4,0	4,5	4,9	5,5	6,2
		Производительность, м ² /ч.	5	8	12	17	19	22
		Расход абразива, кг/ч.	380	400	430	470	520	600
11,0 мм	№7	Расход воздуха, м ³ /мин.	4,1	5,5	6,1	6,7	7,1	8,2
		Производительность, м ² /ч.	8	10	15	18	20	24
		Расход абразива, кг/ч.	400	470	590	650	710	930
12,5 мм	№8	Расход воздуха, м ³ /мин.	5,4	7,1	7,9	8,7	9,5	10,6
		Производительность, м ² /ч.	10	12	16	19	24	30
		Расход абразива, кг/ч.	450	580	760	840	920	1200

Выбор размера сопла зависит от:

- Вида предстоящих работ;
- Конструктивных особенностей очищаемой поверхности;
- Доступного расхода сжатого воздуха;
- Требуемой скорости очистки
- Величины фактического давления в сопле;
- Используемого типа абразивоструйного аппарата;

На практике диаметр сопла принимается как минимум в 4 раза больше диаметра наибольшей частицы абразива. Полученная величина округляется до ближайшего размера сопла в сторону увеличения.

Большое значение имеет сохранение проходного отверстия сопла.

Для определения степени износа сопла используется прибор для контроля диаметра сопла, например, Elcometer 103. Прибор используется для оценки степени износа сопла, которые приводят к снижению давления и уменьшению эффективности диффузора сопла и как следствие, к снижению производительности и увеличению расхода абразивного материала.

Таблица 9.23. – Таблица сравнения различных типов абразивов для абразивоструйной очистки.

Показатели	Кварцевый песок	Купершлак, никельшлак	Пластиковые абразивы	Стеклопудра	Гарнет (гранатовый песок)	Электрокорунд (диоксид алюминия)	Чугунная колотая дробь	Стальная колотая дробь
Твердость	5 - 7 по Моосу	7 - 8 по Моосу	4 по Моосу	6 по Моосу	7-8 по Моосу	8 – 9+ по Моосу	50-62 HRC	40-65 HRC
Абразивная способность	Низкая	Средняя	Низкая	Средняя	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая
Хрупкость	Высокая	Высокая	Низкая	Средняя	Средняя	Средняя	Низкая	Низкая
Пылеобразование	Очень высокое	Высокое	Минимальное	Среднее	Среднее	Среднее	Среднее	Низкое
Кварц в свободной форме	Более 1%	Менее 1%	Отсутствует	Более 1%	Менее 1%	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
Возможность повторного использования, циклов	—	1 - 2	8 - 12	5 - 35	5 - 7	5 - 7	8 - 10	50 - 100
Средний расход на очистку 1м ² до степени Sa 2½	60 - 110 кг	30 - 75 кг	—	—	3 - 7 кг	3 - 10 кг	5 - 10 кг	0,2 - 0,6 кг
Скорость очистки	Низкая	Средняя			Высокая	Очень высокая	Высокая	
Стоимость	Низкая	Средняя	Высокая					
Себестоимость очистки	Высокая	Средняя	Высокая	Низкая				Минимальная
Условия применения	Очистка в закрытых камерах или с системами подавления пыли	Открытая очистка	Очистка с использованием оборудования с замкнутым циклом: камеры, кабины, беспылевые пескоструйные аппараты					

Прибор для контроля диаметра сопла позволяет измерять диаметр сопел абразивоструйного оборудования. Этот прибор содержит две шкалы. С одной стороны прибора шкала градуирована в дюймах в диапазоне от 1/4" до 5/8" с указанием необходимого расхода воздуха для каждого деления от 81-548 $\text{фт}^3/\text{мин.}$ при давлении 7 бар (1 $\text{фт}^3/\text{мин.} = 0,0283 \text{ м}^3/\text{мин.}$). С другой стороны прибора шкала градуирована в миллиметрах в диапазоне от 5 мм (расход воздуха 1,5 $\text{м}^3/\text{мин.}$) до 16 мм (расход воздуха 11,7 $\text{м}^3/\text{мин.}$). В ручке прибора размещается пенал с маркировочным карандашом.

Прибор применяется в следующей последовательности (рисунок 9.86):

- I. Из пенала, встроенного в ручку прибора, извлекается восковой карандаш (стеклограф).
- II. Обе стороны датчика окрашиваются карандашом, начиная от отметки, соответствующей исходному размеру сопла, и далее на несколько размеров больше. Прибор вершиной конуса со стороны конфузора (резьбовой части) вставляется в сопло до упора и несколько раз его проворачивают вокруг своей оси.
- III. Прибор вынимается из сопла.
- IV. На стенках прибора определяется отметка ближе к ручке, где стерт след карандаша. Эта отметка соответствует существующему на данный момент внутреннему диаметру отверстия сопла.



Рисунок 9.86. – Способ применения прибора для контроля диаметра сопла:
I, II, III, IV – последовательность применения прибора.

Считается, что замену сопел необходимо производить, когда диаметр сопла разбивается до размера следующего номера, т.е. износ сопла достигает 1,6 мм. (1/16").

Выбор материала сопла определяет срок его службы, обусловлен абразивом, который используется, тем как часто и как много вы работаете, и условиями работы. Особенно заметна проблема износа сопла у обычных чугунных сопел, которые довольно быстро изнашиваются. Более эффективны сопла с насадками из износостойких сплавов.

Обычно сопла изготавливаются из чугуна, керамики, карбида вольфрама, карбида кремния и карбида бора.

Чугунные сопла встречаются редко, потому что они изнашиваются после 6-8 часов работы.

Керамические сопла используются с неагрессивными абразивами в маломощных аппаратах и камерах абразивоструйной очистки.

Сопла из оксида алюминия выбирают при нечастом использовании, когда не требуется высокий срок эксплуатации сопла при относительно невысокой цене.

Карбидные сопла на основе вольфрама, кремния и бора обладают высокой износостойкостью и продолжительным сроком службы. Реальный срок службы сопла зависит от типа используемого абразива и давления.

Карбид вольфрама – это твердый, но тяжелый и хрупкий материал. Сопла из карбида вольфрама обеспечивают высокий срок эксплуатации (около 300 часов при работе с большинством абразивов) и экономичность.

Карбид кремния – прочный и легкий материал. Сопло из карбида кремния весит на 42% меньше аналогичного сопла из карбида вольфрама, что облегчает работу с ними. К тому же, срок эксплуатации карбид-кремниевых сопел с агрессивными абразивами (оксид алюминия) в 2-3 раза выше по сравнению с соплами из карбида вольфрама.

Вставки для сопел из **карбида бора** имеют самую высокую износостойкость и служат дольше всех. Карбид Бора наиболее эффективен при работе с агрессивными абразивами типа оксид алюминия и карбид кремния. При использовании агрессивных абразивов срок эксплуатации вставок для сопел из карбида бора в 5-10 раз превышает срок карбид-вольфрамовых сопел. И хотя их цена в 2-3 раза выше сопел из кремния и вольфрама, удельные эксплуатационные расходы их меньше по сравнению с вышеуказанными соплами.

Сопла **ROSTEC®** из композитного карбида обеспечивают еще больший срок службы, по сравнению с соплами из карбида бора. Сопла из этого материала идеально подходят для применения с использованием агрессивных абразивов, таких как оксид алюминия и карбид кремния. Композитный карбид **ROSTEC®** представляет собой материал на основе карбида вольфрама, изготовленный с использованием запатентованного компанией Kennametal процесса быстрого многонаправленного уплотнения (Rapid Omnidirectional Compaction - ROC) без необходимости использования мягкого металлического связующего для карбида вольфрама / кобальта с использованием традиционной технологии спекания.

Приблизительный срок службы различных типов пескоструйных сопел при работе с различными абразивами приведен в таблице 9.25.

Таблица 9.25. – Приблизительная долговечность различных типов пескоструйных сопел при работе с различными абразивами.

Материал сопла	Продолжительность работы пескоструйного сопла в зависимости от материала вставки и типа абразива, (часов)		
	Стальная колотая, круглая дробь	Кварцевый песок, шлак	Оксид алюминия
Оксид алюминия (керамика)	20-40	10-40	1-4
Карбид вольфрама	500 - 800	300 - 400	20 - 40
Карбид кремния	500 - 800*	300 - 400	50 - 100
Карбид бора	1500 - 2500	750 - 1500	200 - 1000
ROSTEC®	2500 - 5000+	1500 - 3000+	1000 - 2000+

* Не рекомендуется для твердых типов стальных абразивов.

Хотя первоначальная стоимость этих сопел выше, они более экономичны, потому что имеют продолжительный срок службы. Внутренняя форма сопла также чрезвычайно важна.

Все карбидные вставки сопел хрупкие. Для защиты они вставляются в рубашку из металла, уретана или того и другого. Нельзя допускать ударов сопел, как случайных, например, падение сопла, так и целенаправленных, например, для отбивания пескоструйщиком оставшихся загрязнений поверхности, т.е. использовать в качестве молотка, или передачи сигналов из резервуара оператору пескоструйного аппарата легкими ударами о стенку резервуара.

9.12.1.1.2.8.1. Форма канала и длина сопла.

По **форме канала** на сегодняшний день в основном используются две разновидности сопел: прямоточные и трубки Вентури.

Прямоточные сопла создают скорость абразива на выходе из сопла около 350 км/час и формируют неравномерно насыщенный рабочий отпечаток. Основная концентрация абразива находится в центре рабочего пятна, с постепенным уменьшением концентрации к краям. Такая неравномерность в распределении абразива связана с физикой прохождения воздушного потока по трубе, где на границе сопла – воздушный поток происходит формирование пристеночного турбулентного слоя, обладающего тормозящим эффектом. Сопла с прямой формой канала могут быть полезны при локальной обработке, такой как очистка мелких деталей, сварных швов, при работе на узко профильных конструкциях (решетки, поручни, поручней, ступеней, решеток или резьбы по камню и других материалах т.п.), т. е. везде, где может потребоваться сфокусированное рабочее пятно.

Очень важно также то, как абразив заходит в сопло. На этом отрезке прохождения воздушно-абразивного потока существенное значение имеет конус входной горловины (конффузор). Основное назначение конффузора плавное сжатие воздушно-абразивного потока и перевод потока в разгонную часть сопла. Если на границе магистраль-сопло будет изменена геометрия перехода, возникшие завихрения на всевозможных выступах будут существенно ослаблять основной поток, что в результате негативно отразится на производительности. Влияние параметров входной горловины на последующее изменение характеристик потока характерно как для прямоточных сопел, так и для сопел с каналом Вентури.

Сопла Вентури (рисунок 9.87.) формируют равномерно насыщенное рабочее пятно и дополнительно создают предпосылки для получения при соблюдении определенных условий, максимально возможных, вплоть до сверхзвуковых, скоростей воздушно-абразивного потока. Это связано с особой геометрией соплового канала состоящего как бы из трех частей: конус входной горловины (конффузор), прямой отрезок (разгонная часть) и конус выходного отверстия (диффузор).

В зависимости от изменения соотношения диаметра разгонной части к выходному диаметру диффузора изменяются и параметры рабочего отпечатка. Параметры скорости абразива и рабочего пятна также немало зависят от длины разгонной части и длины самого диффузора.

Форма Вентури обеспечивает скорость абразива до 720 км/час. Длинные сопла Вентури способствуют увеличению производительности примерно на 40% в сравнении с прямыми соплами такой же длины, а потребление абразива при этом уменьшается также примерно на 40%.

Абразивоструйные сопла "**Двойной Вентури**" (рисунок 9.88.) представляют собой два сопла Вентури, размещенные друг за другом. Второй канал Вентури у составного сопла шире, чем у обычного сопла Вентури. Данная модификация позволяет увеличить пятно контакта абразива с поверхностью при минимальной потере его скорости (кинетической энергии). В корпусе этого составного сопла имеется промежуток с отверстиями, служащий для подсоса атмосферного воздуха во второй канал. Такие сопла применяют в основном для обработки больших

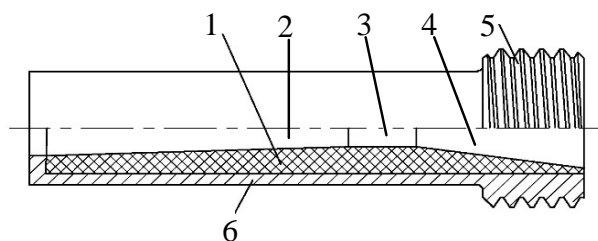


Рисунок 9.87. – Сопло Вентури:
1 – вставка; 2 – диффузор; 3 – разгонная часть; 4 – конффузор; 5 – резьба;
6 – корпус.



Рисунок 9.88. – Сопло "Двойной Вентури".

поверхностей.

Длина сопла. От длины сопла зависит концентрация (кучность) потока абразива и скорость его разгона, т. е, чем длиннее сопло, тем кучнее рабочее пятно и одновременно выше кинетическая скорость истекания абразива. Эффективную длину сопла в прямоточном сопле составляет разгонная часть, а у сопел Вентури – разгонная часть + диффузор. Из всего вышесказанного следует, что для получения максимального чистящего эффекта необходимо использовать максимально длинные сопла. При этом в зависимости от решаемых задач возможно получение и сфокусированного отпечатка, и равномерно распределенного.

Длинные сопла предпочтительнее применять для подготовки трудноочищаемых поверхностей. При работе слишком длинным соплом может расходоваться неоправданно высокая энергия сжатого воздуха.

Для решения чисто оперативных задач (работа в стесненных условиях), производители пескоструйного оборудования выпускают укороченные прямые сопла (как прямоточные, так и Вентури), которые, уступая, в общем, по производительности длинным соплам, при определенных условиях, могут оказаться единственно возможным оптимальным решением. Небольшая длина сопла и уменьшенное расстояние до обрабатываемой поверхности делают их незаменимыми при работе в условиях, где длина рабочего инструмента выходит на первый план.

Для решения вопросов связанных с обработкой труднодоступных мест существуют также угловые и изогнутые сопла.

Оператор-пескоструйщик должен регулярно проверять:

- Тип используемого сопла;
- Износ сопла. Когда сопла Вентури изнашиваются, они теряют свою эффективность. Сопла Вентури обеспечивает более высокую скорость, чем прямоточные сопла, а поэтому их износ будет более интенсивный при их одинаковых размерах.
- Наличие трещин и/или изношенность сопел. Не допускается использование треснувших сопел, поскольку они могут создать серьезную угрозу безопасности. Кроме того, при износе отверстия сопла для поддержания заданного давления требуется подавать больше воздуха, т.е. изношенные сопла уменьшают эффективность абразивоструйных работ. По этой причине сопло следует заменять, когда его отверстие изнашивается на 1,5 мм. Но помимо потери воздуха, износ сопла более чем на 1,5 мм может привести к разрушению внутренней вставки и травмированию оператора в этом случае.

9.12.1.1.2.9. Здоровье и безопасность.

При производстве абразивоструйных работ, кроме обычных мер безопасности, необходимо выполнение дополнительных мероприятий, разработанных отдельно для каждой конкретной производственной операции.

Пескоструйные работы следует выполнять только при наличии наряда-допуска после проведения целевого инструктажа непосредственно на рабочем месте.

При организации пескоструйных работ следует установить опасные для людей зоны, в пределах которых постоянно действуют или могут возникнуть опасные и вредные производственные факторы.

Во избежание доступа лиц, не связанных с выполнением работ в опасных зонах, до начала работы необходимо устанавливать защитные или сигнальные ограждения и инвентарные ограждения строительных площадок и участков производства абразивоструйных работ.

Для соблюдения членами бригады мер безопасности и обязательного применения СИЗ назначается ответственный исполнитель работ из числа прорабов или бригадиров, прошедших

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

обучение и проверку знаний правил техники безопасности, правил пожарной безопасности и инструктаж по выполнению абразивоструйных работ.

При выполнении пескоструйных работ бригада должна состоять не менее чем из двух человек, включая ответственного исполнителя.

К самостоятельному выполнению пескоструйных работ допускаются лица:

- не моложе 18 лет;
- признанные годными к их производству медицинской комиссией;
- имеющие производственный стаж на указанных работах не менее одного года и тарифный разряд не ниже 3-его уровня;
- прошедшие обучение и проверку знаний правил, норм и инструкций по охране труда;
- имеющие удостоверение на право производства этих работ;
- получившие инструктаж на рабочем месте по безопасности при выполнении работ.

Рабочие, впервые допущенные к пескоструйным работам в течение одного года должны выполнять также работы под непосредственным надзором опытных рабочих, назначенных для этого приказом по организации.

Для обеспечения безопасности и комфорта оператора пескоструйной очистки, большое значение имеет хорошее качество рабочей одежды. Как правило, она включают в себя (рисунок 9.89):

- Рабочая спецодежда со стальной вставкой в носке;
- Костюм для абразивоструйных работ;
- Прочные кожаные перчатки (краги);
- Защитный шлем с принудительной подачей воздуха в комплекте;
- Оборудование для защиты органов слуха.

Не только оператор, но весь персонал в загрязненной зоне, должен использовать одобренный дыхательный аппарат.

Все участники процесса подготовки поверхности, в том числе инспекторы покрытий, должны руководствоваться здравым смыслом при выявлении потенциальных опасностей. Каждый участник процесса должен доложить руководителю о любых неисправностях освещения, строительных лесов или оборудования, которые являются источником повышенной опасности. Ответственные руководители работ обеспечивают безопасность подмостей, защитных ограждений, строительных лесов, перед использованием их для работы и проверки.

Перед началом работы необходимо проверить исправность абразивоструйного оборудования; наличие и исправность заземления пескоструйной установки для предотвращения поражения статическим электричеством, проверить воздушные и абразивоструйные шланги (без повреждений, надежно закреплены на штуцере).

Пескоструйную установку рекомендуется оснастить дистанционным управлением сопла (в США и европейских странах это обязательная норма). ДУ должно находиться в рабочем состоянии и использоваться во время абразивоструйных работ.



Рисунок 9.89 – защитное снаряжение оператора пескоструйной очистки

Во время работы нельзя допускать перегибов шланга, закручивания, пересечений с тросами. Не бросать пескоструйный аппарат, не подвергать ударам, предохранять от загрязнений, не оставлять без присмотра. Рабочее включение воздуха производить только после установки пескоструйного аппарата в рабочее положение. Запрещается работать пескоструйным аппаратом с приставных лестниц.

Очень важно оператору подать качественный чистый свежий воздух для дыхания. Существует два общепринятых способа подачи воздуха оператору:

1. Подачу воздуха обеспечивают от абразивоструйного аппарата через специальный фильтр, содержащий сменный картридж с активированным углем, осушитель и набивку из волокна для удаления влаги, масла, твердых частиц и улавливания запахов. Такие фильтры не удаляют угарный газ (СО). Поэтому при первом способе подачи необходимо использовать СО-мониторы, подающие предупредительный звуковой и световой сигнал, когда содержание СО в воздухе превышает концентрацию $10:10^6$. Недостаток этого способа – воздух не редко имеет невысокое качество.

2. Подача дыхательного воздуха от альтернативного источника с помощью насоса с пневмоприводом, достаточно удаленного от любой загрязненной или запыленной атмосферной зоны. Эти простые безмасляные насосы всасывают и перемещают воздух из наветренной стороны от абразивоструйных работ. Насосы не вырабатывают продукты сгорания, не загрязняют воздух маслом и обеспечивают чистый воздух для дыхания при условии, что они находятся в зоне, где в насос всасывается чистый воздух.

Для нагрева или охлаждения воздуха дыхания, поступающего от фильтра к пескоструйному шлему, используют кондиционер, работающий по принципу вихревого разделения потоков воздуха. Температура воздуха дыхания на выходе кондиционера до $\pm 20^\circ\text{C}$ ниже или выше, чем температура воздуха на входе.

Инспекторы покрытия должны быть знакомы и, при необходимости, использовать следующие средства защиты:

- Защитные шлемы;
- Респираторы;
- Сверхпрочную защитную одежду и перчатки;
- Средства защиты органов слуха и глаз;
- Оператору может потребоваться выполнить заземление оборудования, также как и инспектору покрытий может потребоваться проверить надлежащим ли образом заземлено оборудование;
- Безопасность на рабочем месте должна соответствовать действующим нормам и правилам по защите рабочих. Нормативные акты Федерального агентства по охране труда и здоровья (OSHA – США) предусматривают соответствующие указания. В других странах соответствующие органы имеют аналогичные нормы, которые должны соблюдаться.

Более подробная информация о соответствующих нормах безопасности будет изложена в соответствующем разделе.

9.12.1.1.2.10. Основные соображения инспекции.

Условия окружающей среды могут оказать влияние на процессе абразивоструйных работ, а также на поверхность после ее пескоструйной очистки перед нанесением покрытия.

Условия окружающей среды включают в себя:

- Температура воздуха и очищаемой поверхности;
- Относительная влажность воздуха;
- Температура точки росы;
- Воздействия окружающей среды (например, морской, промышленной и т.д.)

9.12.1.1.2.10.1. Температура воздуха и очищаемой поверхности.

Не следует проводить очистку стальной поверхности, когда ее температура намного ниже температуры окружающего воздуха. В этом случае на очищенной поверхности может конденсироваться влага, в результате чего поверхность будет быстро покрываться ржавчиной. Для измерения температуры поверхности используют контактные термометры.

9.12.1.1.2.10.2. Относительная влажность воздуха.

Абразивоструйная очистка стальной поверхности в условиях повышенной влажности воздуха может привести к быстрому ухудшению состояния очищаемой поверхности.

Не следует проводить окончательную сухую абразивоструйную очистку во влажных влажных условиях, то есть, когда идет дождь или когда относительная влажность воздуха очень высока (как правило, более 90%). Относительная влажность (RH), определяется как количество влаги (водяного пара) в воздухе, по сравнению с максимально возможным количеством влаги в воздухе при данной его температуре (т.е., уровень насыщения). Если относительная влажность достигает 100%, то воздух не будет больше насыщаться водяным паром. Любой излишек водяного пара будет оседать на поверхности в виде конденсата.

9.12.1.1.2.10.3. Температура точки росы.

Точка росы определяется как температура, при которой происходит конденсация влаги. Если температура окружающего воздуха падает ниже точки росы или, если некоторые или все конструкции имеют температуру поверхности ниже точки росы, то происходит конденсация влаги.

Покрытия, нанесенные поверх мокрой поверхности, как правило, имеют не адекватную адгезию к поверхности. Если абразивоструйную очистку выполнили, когда атмосферные условия близки к точке росы, возможно оседание конденсата на поверхность, и на ней может появиться ржавчина. По этой причине окончательную сухую абразивоструйную очистку поверхности нельзя выполнять, когда температура стали или окружающего воздуха менее чем на 3°C выше точки росы. Для расчета точки росы необходимо проводить измерения температуры воздуха совместно с определением относительной влажности с помощью гигрометра.

9.12.1.1.2.10.4. Защита не подлежащих очистке частей конструкций.

В проектах абразивоструйной очистки практически всегда есть отдельные участки, которые нельзя очищать абразивоструйным способом. К типичным примерам таких участков относятся ранее окрашенные поверхности или чувствительное оборудование, такое как клапаны, контактирующие поверхности фланцев или измерительные приборы. Для защиты этих участков необходимо закрыть их с помощью соответствующих шаблонов из металла или резины, или соответствующих жестких маскирующих лент, прочно приклеенных к поверхности.

Маскирующие материалы закрепляются на своем месте до того как будут начинаться любые пескоструйные работы в непосредственной от них близости. Закрытые участки во время абразивоструйных работ необходимо регулярно проверять, чтобы быть уверенным, что надлежащая защита сохраняется. По окончании процесса очистки и нанесения покрытия маскирование осторожно удаляется.

9.12.1.1.2.10.5. Чистота поверхности.

Перед абразивоструйной очисткой поверхности должны быть тщательно очищены от масла и смазки, поскольку абразивоструйная очистка не удаляет масло, жир и невидимые загрязнения. После очистки необходимо осмотреть все поверхности, чтобы убедиться, что они соответствуют требованиям спецификации.

Чистота поверхности после ее подготовки также имеет большое значение, поэтому перед нанесением грунтовки необходимо убедиться, что продукты очистки были удалены одним из доступных методов. На поверхности не должны оставаться застрявшие частицы металлической литой или колотой дроби.

Если в отходах покрытия или в мусоре после абразивной очистки присутствует свинец, нельзя обеспыливать поверхность струей сжатого воздуха. Подрядчик должен соблюдать все правила, касающиеся утилизации свинца.

Строительные леса, подмости или опорные стойки, расположенные над поверхностью, необходимо также очистить, чтобы предотвратить падение отходов абразива на свежеочищенную или на вновь загрунтованную поверхность.

9.12.1.1.2.10.6. Обеспыливание поверхности.

После струйной очистки, необходимо очистить поверхность от продуктов абразивоструйной обработки для удаления остатков пыли и абразивного материала.

Для удаления следов остаточной пыли или абразива применяют такие возможные методы очистки: обдув поверхности струей чистого сухого сжатого воздуха, уборка пылесосом или очистка сухой чистой щеткой. Поверхность должна визуально соответствовать изображениям стандартов очистки поверхности указанных в спецификации (например, NACE № 2 / SSPC-SP 10, Sa 2 ½ и т.д.). Необходимо контролировать, чтобы остатки продуктов очистки не оставались на очищенной поверхности. Пыль или отработанный абразив не всегда полностью удаляются – они часто остаются скрытыми в щелях или углах. Струя распыляемой грунтовки под высоким давлением может поднять их и распространить по мокрой пленке покрытия, образуя слой с нарушенной сплошностью или со слабой адгезией.

9.12.1.1.2.10.6.1. Оценка запыленности стальной поверхности по стандарту ISO 8502-3.

По стандарту ISO 8502-3 оценку запыленности стальной поверхности, подготовленной под покраску, выполняют методом самоклеящейся ленты. Этот метод подходит для оценки количества остаточной пыли и ее размера на стальной поверхности после очистки, которая до очистки соответствовала классу А, В или С (по ISO 8501-1). Поскольку эластичность липкой ленты ограничена, лента не проникает внутрь глубоких «ямок», присутствующих на стальной поверхности ржавости класса D.

Суть метода состоит в том, что самоклеящаяся пленка приклеивается на стальную поверхность, подготовленную под покраску. Пленка, вместе с пылью, прилипшей к ней, отдирается и помещается на индикаторное табло (подставку) цвета, контрастирующего с пылью, и тестируется визуально. Затем оценивается количество пыли, прилипшей к ленте, и размеры частиц.

Для испытаний принимается практически бесцветная прозрачная самоклеящаяся пленка лента шириной 25 мм, имеющей силу сцепления как минимум 190 Н на метр ширины, при отрыве под углом 180°. Перед каждой серией испытаний от ленты отбрасывают как минимум 3 оборота из рулона, а затем для испытаний берут ленту длиной примерно 200 мм.

Примерно 150 мм ленты плотно прижимается к тестируемой поверхности, аккуратно держась за концы пленки. Если поверхность хорошо очищена от пыли, то для проведения теста достаточно давления пальцем на ленту: палец помещается на один конец ленты, и перемещается, сохраняя постоянное нажатие, с одинаковой скоростью вдоль ленты по 3 раза в каждую сторону, так чтобы каждый проход происходил за 5-6 секунд.

В случае возникновения разногласий, давление может осуществляться при помощи калиброванного подпружиненного валика (кроме класса ржавости С или D).

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

Пленка, отрывается от стальной поверхности под углом 180° при скорости отрыва 300 ± 30 мм/мин и помещается на индикаторное табло (подставку) цвета, контрастирующего с пылью, и тестируется визуально.

По таблице 9.26 оцениваются размеры преобладающих частиц пыли на липкой ленте, обозначенных шестью классами 0, 1, 2, 3, 4 и 5. Для большинства покрытий количество оставшейся на поверхности пыли не должно превышать 2-й уровень, а ее размер – не выше 2-го класса. Затем по эквивалентным по размеру графическим примерам, показанными на рисунке 9.90, путем визуального сравнения ленты оценивается количество пыли, прилипшей к ленте.

Таблица 9.26. – Классы по размеру частиц пыли.

Класс	Описание частиц пыли
0	Частицы не видны под десятикратным увеличением
1	Частицы видны под десятикратным увеличением, но не видны при обычном или более тщательном осмотре (меньшие, чем 50 мкм в диаметре)
2	Частицы едва видны при обычном или более тщательном осмотре (обычно частицы между 50 мкм и 100 мкм в диаметре)
3	Частицы видны четко при обычном или более тщательном осмотре (частицы до 0,5 мм в диаметре)
4	Частицы от 0,5 мм до 2,5 мм в диаметре
5	Частицы большие, чем 2,5 мм в диаметре

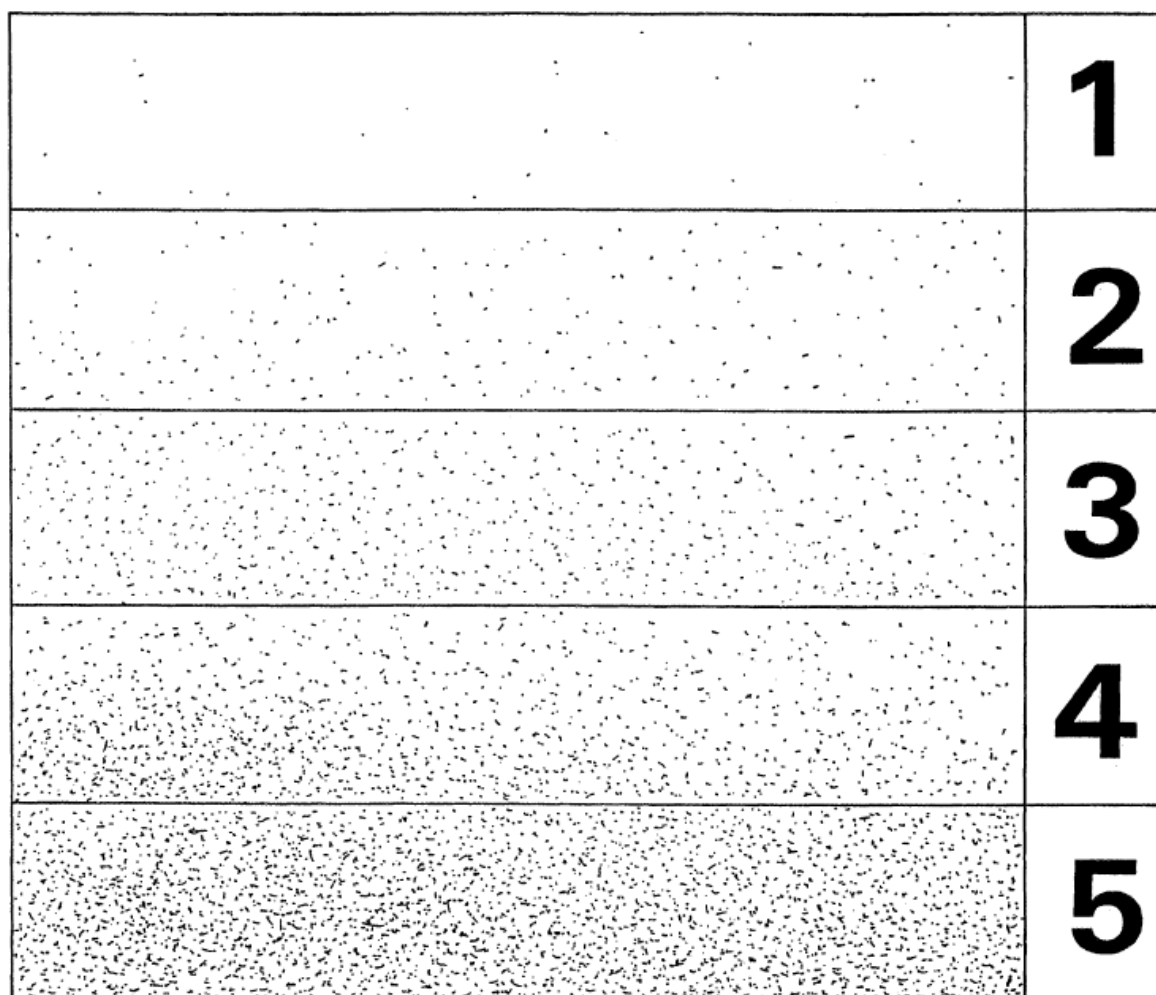


Рисунок 9.90. – Эталонные изображения, соответствующие количественным характеристикам 1, 2, 3, 4 и 5 для пыли.

9.12.1.1.2.10.7. Состояние поверхности во время нанесения покрытий.

Состояние поверхности, подготовленной к нанесению покрытий, не должно ухудшаться, как и не допускается ее загрязнение какими-либо веществами в промежутке между окончанием очистки и началом нанесения покрытия. К чистым поверхностям после пескоструйной обработки нельзя прикасаться или брать руками, за исключением чистых защитных перчаток. Не оставляйте очищенные поверхности не покрытыми грунтовкой в течение длительного времени или не оставляйте их вообще в условиях высокой влажности как под открытым небом так и в помещении. В таких условиях, окисление и коррозия могут протекать очень быстро.

Лучше всего состояние очищенной поверхности сохраняется в условиях естественной или искусственно созданной теплой и сухой окружающей среды. Покрытие необходимо наносить как можно скорее после проведения абразивоструйных работ. Как правило, указывают четырехчасовую максимально допустимую задержку после проведения очистных работ и требуют, выполнять повторную подготовку поверхности, если произошло видимое ухудшение состояния поверхности.

Инспектор должен обладать знаниями и использовать их при инспектировании всех вопросов подачи воздуха, которые могут повлиять на качество подготовки поверхности и состояние поверхности в момент нанесения покрытия. Некоторые из вопросов, которые инспектор должен понимать:

- **Недостаточная подача воздуха.** Например, популярный размер сопла № 6 (9,4 мм/3/8"), теоретически требует расход воздуха не ниже 5,5 м³/мин. Для того, чтобы обеспечить необходимое количество воздуха в сопле, компрессор, по меньшей мере, должен иметь производительность на 1,0 м³/мин. выше. Большее сопло требует большего количества воздуха и пропорционально более производительный компрессор.
- **Слишком занижен диаметр воздушного шланга.** Полученные в результате потери на трение обходятся очень дорого.
- **Внутренние соединительные элементы.** Могут вызвать до 15% потери эффективности рабочего давления. Внешние муфты и держатели форсунок являются обязательными.
- **Плохо подобранный комплекс агрегатов.** Может иметь значительные потери давления.
- **Слишком маленький трубопровод на оборудовании.** Причины потери на трение.
- **Абразивоструйный рукав и шланг сжатого воздуха** держать прямо и как можно короче.

Другие важные факторы, влияющие на абразивоструйные выступления:

- Правильный выбор насадок. Сопла Вентури являются намного эффективнее прямооточных;
- Чистый, сухой воздух.

Есть много факторов, влияющих на очистку поверхности, от которых зависит окончательный уровень очистки. Эти факторы включают в себя, но не ограничиваются ими:

- Наличие сжатого воздуха необходимых параметров;
- Размер и тип сопел;
- Тип используемого оборудования;
- Состояние поверхности, подлежащей очистке;
- Требуемая степень чистоты поверхности;
- Ограничения на маневренность оператора;
- Качество освещения;
- Расстояние сопла от поверхности;
- Квалификация оператора;
- Тип и размер абразива.

9.12.1.1.2.11. Контрольный лист инспектора.

Ниже приводится контрольный лист инспектора, включающий в себя некоторые из тех пунктов, на которых необходимо сосредоточиться и выполнять контроль во время инспектирования сухих абразивоструйных работ:

- Условия окружающей среды;
- Состояние поверхности (степень и количество коррозии);
- Предварительная очистка поверхности перед абразивоструйными работами (удаление масла, жира, грязи и т.д.);
- Выбор размера абразива (в соответствии со спецификацией);
- Чистота абразива;
- Состояние абразивоструйного оборудования;
- Профиль поверхности (в соответствии со спецификацией / стандартами);
- Чистота поверхности после абразивоструйной очистки (загрязнения на поверхности, загрязнения сжатого воздуха и т.д.);
- Квалификация оператора (знания и способность оператора);
- Безопасность;

9.12.1.1.3. Центробежная струйная очистка абразивами.

Центробежная струйная (дробеметная) очистка абразивами осуществляется в стационарных (рисунок 9.91) или передвижных установках, в которых абразив подается на дробеметную турбину, равномерно и с большой скоростью нагнетающую абразив на очищаемую поверхность (ISO 12944-4). Стационарное оборудование в свою очередь подразделяют на установки непрерывного действия проходного типа и камеры.

Стационарные установки проходного типа для центробежной абразивной очистки должны быть тщательно отрегулированы для каждого случая применения. Поэтому использование данного метода обычно ограничивается повторяющимися работами, связанными с пропуском больших объемов продукции или ее непрерывной обработкой.

К основным особенностям стационарного оборудования проходного типа для дробеметной очистки относятся:

1. Лопастные турбины дробеметной установки работают по центробежному принципу, при котором абразив подается к центру турбины. При вращении турбины абразив выбрасывается на поверхность стали. Сила удара определяется размером турбины и скоростью ее вращения. Обычно используются несколько турбин, размещаемых под различными углами по отношению к поверхности очищаемой стали. Как правило, используются блоки, состоящие из 4-х или 8-ми турбин.
2. Защитный кожух, ограждающий турбины.
3. Система рециркуляции для абразивных материалов с классификатором, удаляющая мелкие частицы и пыль, оставляя абразивные материалы подходящих размеров, которые затем подаются обратно в бункер.
4. Система сбора пыли.



Рисунок 9.91. – Проходная дробеметная стационарная установка.

5. Роликовый (рольганг) или другого типа конвейер для непрерывной подачи стальных элементов в установку.

6. Высокая степень автоматизации дробеметного процесса.

Такие установки подходят для применения в условиях непрерывной обработки деталей с доступными поверхностями, например листов, составных двутавровых балок или прокатных изделий. Особенно часто его используют для очистки стальных листов, например на судостроительных верфях, из-за их простой геометрии, труб большого диаметра на заводах, наносящих изоляцию на них, фасонного и листового металлопроката на заводах металлоконструкций, крановых заводах и т.п. Данный метод позволяет достигать степени подготовки Sa3 согласно стандарту ISO 8501-1 на стали, имеющей различные степени ржавления.

Центростремительная очистка происходит быстрее, чем абразивоструйная очистка сжатым воздухом, хотя основной параметр эффективности процесса дробеметной очистки является скорость, при которой изделие транспортируется через оборудование. Часто дробеметная установка устроена как часть линии, в которой на стальной прокат, выходящий после процесса очистки, сразу-же наносится быстросохнущая межоперационная грунтовка. Такая линия состоит из следующих элементов (рисунок 9.92):

1. Загрузочный конвейер;
2. Транспортная система;
3. Камера предварительного нагрева;
4. Дробеметная камера;
5. Камера нанесения шоппраймера;
6. Камера сушки;
7. Приемный конвейер.

Мобильные дробеметы предназначены для эффективной беспылевой дробеструйной обработки горизонтальных и вертикальных плоских поверхностей (рисунок 9.93). Передвижные дробеметные установки эффективны при производстве работ по дробеметной очистке из-за их мобильности и относительно низкой стоимости дробеструйной очистки при минимальных затратах на эксплуатацию и сервис дробемета.

Мобильный дробеметный комплекс (рисунок 9.93) состоит из двух мобильных блоков: непосредственно дробеметного аппарата и всасывающего фильтрующего блока. Дробеметный аппарат очищает основание от покрытий и загрязнений и придает ему шероховатость. С помощью всасывающего фильтрующего блока снятые частицы загрязнений вместе с дробью всасываются в специальный распределитель, где происходит фильтрация и последующее возвращение дробы в рабочий цикл. Таким образом дробеструйная машина имеет замкнутый цикл ре-

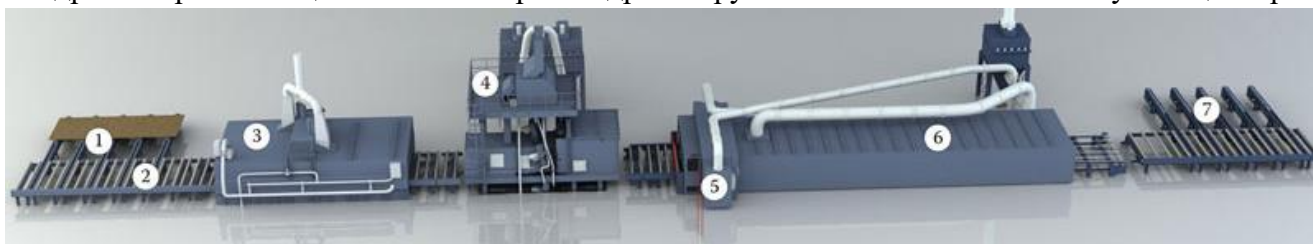


Рисунок 9.92. – Автоматическая линия очистки и нанесения шоппраймера.

циркуляции дробы, обеспечивающий многократное использование абразивного материала, защиту оператора дробемета и окружающей среды, а также бесперебойную дробеметную очистку в течении всего рабочего процесса. После прохода дробеструйной машины, поверхность полностью очищается от загрязнений, обеспыливается и создает условия надежной адгезии к грунтовкам, полимерным составам и другим покрытиям.

Дробеметные машины для вертикальных поверхностей (рисунок 9.93) применяются для удаления покрытий, краски, ржавчины, вторичной окалины на поверхности борта корпуса судна, стенках резервуаров. В комплект такой установки входит дробеструйная машина, всасывающий шланг, обеспыливающая установка, а также специальная такелажная система.



Рисунок 9.93 – Мобильные дробеметы для очистки горизонтальных (слева) и вертикальных (справа) плоских поверхностей.

Такое оборудование является экологически чистым и энергосберегающим, что позволяет не только получать качественную и производительную очистку и экономию, но и при этом не наносить вред окружающей среде.

9.12.1.1.3.1. Стандарты чистоты поверхности.

Стандарты чистоты поверхности такие же, как и те, которые используются для абразивоструйной очистки сжатым воздухом. Так же как при абразивоструйной очистке сжатым воздухом перед центробежной абразивоструйной очисткой необходимо выполнить предварительную подготовку поверхности, чтобы очистить поверхность от масла, смазки, грязи солей и др. загрязнений.

9.12.1.1.3.2. Безопасность.

Каждый человек несет ответственность за свою собственную безопасность, находясь вблизи дробеметной установки любого типа во время центробежной струйной очистки, в процессе которой могут возникать следующие опасности, но не ограничиваются ими:

- Мостовые краны подвижные листы, стальной профиль или трубы;
- Пыль и мусор в воздухе (используйте надлежащие СИЗ);
- Работающие рольганги или конвейеры другого типа во время осмотра обрабатываемой детали;
- Предварительно нагретые листы или трубы при проверке температуры детали;
- Соблюдайте осторожность при струйной очистке в промежутке между дробеметной и окрасочной камерами во время проверки профиля поверхности, чтобы не травмироваться случайно вылетевшей дробью и работающей транспортной системой;
- Движение транспортной системы при проверке ТСП;
- Работа, подъемных механизмов при разгрузке деталей;
- Всегда применяйте правильные СИЗ.

9.12.1.1.3.3. Основные соображения инспекции.

Шаги инспектирования центробежной струйной очистки в основном такие же, как и для абразивоструйной очистки сжатым воздухом.

9.12.1.1.3.4. Контрольный лист инспектора.

Ниже приводится контрольный лист инспектора для центробежной абразивоструйной очистки, который ничем не отличается от такого же листа для абразивоструйной очистки сжатым воздухом:

- Условия окружающей среды;
- Состояние поверхности (степень и количество коррозии);
- Предварительная очистка поверхности перед абразивоструйными работами (удаление масла, жира, грязи и т.д.);
- Выбор размера и типа абразива (в соответствии со спецификацией);
- Чистота абразива;
- Состояние абразивоструйного оборудования;
- Профиль поверхности (в соответствии со спецификацией / стандартами);
- Чистота поверхности после абразивоструйной очистки (загрязнения на поверхности, загрязнения сжатого воздуха и т.д.);
- Квалификация оператора (знания и способность оператора);
- Безопасность.

9.12.1.1.4. Вакуумная струйная очистка абразивами.

Этот метод аналогичен абразивоструйной очистке сжатым воздухом с той лишь разницей, что сопло заключено внутри всасывающей головки, которая герметично прилегает к стальной очищаемой поверхности и служит для сбора отработанного абразива и загрязнений (рисунок 9.94.). В качестве альтернативного варианта воздушно-абразивный поток может быть подан на металлическую поверхность при использовании пониженного давления во всасывающей головке, т.е. за счет инжекции.

Этот метод особенно подходит для локальной очистки, где пыль и мусор в результате других методов абразивоструйной очистки неприемлемы и где могут быть удовлетворены технические требования (например, плотная герметизация всасывающей головки к поверхности).

Вакуумная очистка происходит с небольшим образованием пыли, и может достигнуть степени подготовки поверхности Sa 2½, или даже Sa 3, но после более продолжительной очистки.

Этот метод для получения одного и того же результата требует большего времени по сравнению с другими методами абразивоструйной очистки. Он не подходит для очистки сильно корродированных стальных поверхностей (например, ржавчины класса D в соответствии с ISO 8501-1) и не может быть применен на поверхностях неправильной формы из-за необходимости уплотнить всасывающую головку плотно к очищаемой поверхности и трудности в обращении с оборудованием.

Как правило, химические вещества, загрязняющие стальную поверхность, не могут быть полностью удалены с помощью вакуумной струйной очистки абразивами. Поэтому для удаления химических веществ понадобится дополнительная обработка поверхности.

Вакуумная дробеструйная технология – новая отрасль в очистке многих типов поверхностей быстро, качественно, и без загрязнения окружающей среды. LTC 1070 PNE разработана



Рисунок 9.94. – Вакуумный дробеструйный аппарат.

как инновационная вакуумная дробеструйная установка высокой мощности (см. видео <https://www.youtube.com/watch?v=36WiNH5OjI4>). Работает установка от передвижного компрессора или линии сжатого воздуха предприятия (предварительно осушенного до точки росы до +3°C). Система непрерывной подачи абразива осуществляется через шланг, длина которого 45-60м, к рабочему соплу.

Благодаря удаленности сопла можно осуществлять чистку в самых труднодоступных местах конструкций. Небольшие габаритные размеры позволяют установке быть компактной и легкой с минимальными затратами времени для транспортировки по цеху/предприятию. Во время процесса обработки поверхности (стальные конструкции, бетон, стены и т.д.) дробь из сопла ударяет по поверхности, после чего эта же дробь с пылью и отходами отсасывается для разделения. Только очищенный абразив обеспечивает оптимальную и качественную подготовку поверхности. Благодаря этому дробь не нужно собирать, как песок после пескоструя, и она используется повторно, что делает этот метод очистки экономичным и беспыльным.

Дробеструйные аппараты серии с вакуумным отсосом абразива сочетают в себе преимущества замкнутого цикла очистки с мобильностью установки, а входящие в комплект поставки щетки-насадки различной формы позволяют проводить очистку внутренних и внешних уголков и сварных швов.

9.12.1.2. Обзор методов влажной абразивоструйной очистки.

Использование воды в качестве одного из ингредиентов для подготовки поверхности перед нанесением покрытий появилось сравнительно недавно. Методы были разработаны по двум основным причинам:

- 1 - Вода подавляет выбросы пыли и позволяет использовать методы очистки абразивоструйной очистки в местах, где пыль от абразива создает опасности для здоровья, окружающей среды и оборудования.
- 2 - Вода может смыть растворимые соли и др. загрязнения, которые не могут быть удалены методом сухой абразивоструйной очистки, и которые в большинстве случаев невидимы на сухой очищаемой поверхности. Присутствие растворимых солей на окрашиваемой поверхности в последнее время все чаще признается в качестве одной из основных причин, почему покрытия не обеспечивают долгосрочный срок службы. Их удаление в настоящее время считается одним из важнейших элементов успешной подготовки поверхности, особенно в условиях погружения, высокой влажности воздуха и присутствия влаги на поверхности конструкций.

По составу струи, очищающей поверхность, методы абразивоструйной очистки с применением воды подразделяются:

- Абразивоструйная очистка с помощью сжатого воздуха с впрыскиванием влаги;
- Пневмо-гидроструйная очистка с абразивами;
- Жидкоструйная очистка с абразивами.

Влажная абразивоструйная очистка заключается в ударе влажного или мокрого абразива с высокой кинетической энергией о подготавливаемую поверхность. Очистка поверхности производится потоком смеси воздуха, воды и абразива. Подача абразива осуществляется при помощи сжатого воздуха с впрыскиванием небольшого количества влаги, потоком смеси воздуха, воды и абразива или потоком дисперсии абразивов в воде. Если применяется ингибитор ржавчины, он должен быть совместим с последующим покрытием.

Химические вещества, загрязняющие поверхности стали, в зависимости от количества применяемой воды, частично или полностью удаляются при такой очистке.

Применяемые абразивы обычно не должны содержать железо.

9.12.1.2.1. Абразивоструйная очистка с помощью сжатого воздуха с впрыскиванием влаги.

Этот метод аналогичен абразивоструйной очистке сжатым воздухом с той лишь разницей, что в воздушно-абразивный поток перед соплом добавляют незначительное количество чистой пресной воды. Поток воды смачивает абразивный поток снаружи. При этом методе струйной очистки не образуется пыль в диапазоне размера взвешенных частиц менее 50 мкм. Расход воды составляет 15-25 л/ч. Для добавления жидкости в воздушно-абразивную струю между абразивным рукавом и соплом устанавливается адаптер для впрыска воды (рисунок 9.95). Подача воды может регулироваться в зависимости от уровня пыли, образующейся на очищаемой поверхности.

Данный метод подходит для очистки деталей любых размеров с различной степенью ржавления. Метод может использоваться в большинстве случаев, когда следует избегать появления в окружающей среде больших количеств воды и высоких уровней запыленности.



Рисунок 9.95. – Устройства для абразивоструйной очистки сжатым воздухом с впрыском воды:
1– адаптер; 2– сопло Вентури; 3– вода; 4– абразив.

Добавление жидкости, связывающей пыль, регулируется таким образом, чтобы в сопле не образовывались капли жидкости. Это означает, что отдельные абразивные частицы подвергаются обволакиванию чрезвычайно тонким слоем жидкости, предотвращающей образование вблизи обрабатываемой поверхности пыли при разрушении частиц.

Этот метод обладает широкими возможностями и позволяет достигать уровень подготовки Sa 3 на поверхностях стали со всеми степенями ржавления, включая ранее покрытую сталь.

Качество подготовки поверхности, достигаемое с помощью данного метода, отличается от получаемого при сухой абразивоструйной очистке сжатым воздухом только в том отношении, что подготовленная поверхность первоначально увлажнена. Влага исчезает в течение нескольких минут, высыхая с различной скоростью в зависимости от условий окружающей среды, и может привести к образованию слабых, незначительных следов ржавчины на выступах шероховатой поверхности. В тех случаях, когда появляется ржавчина, необходимо подобрать подходящую систему покрытия.

При использовании ингибитора коррозии, его необходимо подбирать с учетом совместимости с последующим покрытием. Использование ингибитора коррозии в воде может потребовать специальной утилизации отходов в соответствии с местными экологическими нормами.

9.12.1.2.2. Пневмо-гидроструйная очистка с абразивами.

Этот метод аналогичен абразивоструйной очистке сжатым воздухом и отличается тем, что на выходе из сопла в поток добавляют жидкость (обычно чистую, пресную воду). При этом очистка поверхности производится потоком воды, воздуха и абразива. При влажной абразивной очистке используют смесь абразива с водой в соотношении от 1:2 до 1:6. Для добавления жидкости в воздушно-абразивную струю применяется специальное сопло с впрыском воды (рисунок 9.96).

Данный метод подходит для очистки деталей любых размеров с различной степенью ржавления и особенно стальных изделий с поверхностными раковинами и химическим загрязнением, при условии, что допускается присутствие воды на изделиях. Особенно эффективно метод

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

может быть использован, когда очищенная поверхность должна иметь низкий уровень остаточных растворимых солей.

При подготовке поверхности с целью технического обслуживания существующего покрытия предоставляется возможность частично или выборочно удалить покрытие путем регулировки давления и пропорций воздуха, воды и абразива в смеси.

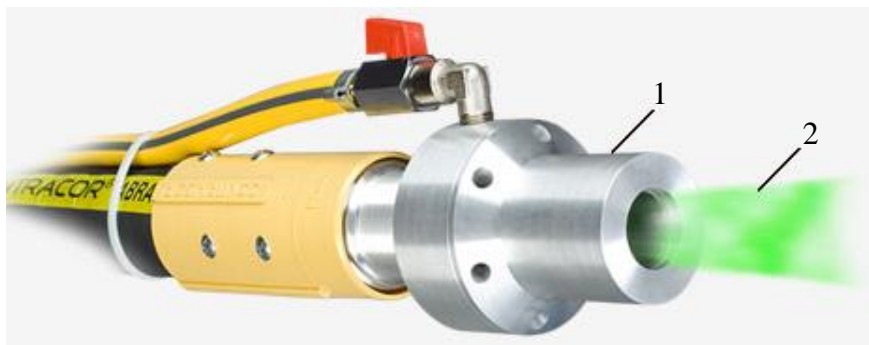


Рисунок 9.96. – Устройства для пневмо-гидроструйной очистки с абразивами:

1 – сопло с впрыском; 2 – смесь воды с абразивом.

Данный метод позволяет достигать уровень подготовки поверхности Sa 3 согласно ISO 8501-1. Он особенно подходит для уменьшения количества растворимых солей и минимизации образования пыли при очистке. Если вода добавляется после сопла, действие метода по очистке химических загрязнений менее эффективно. По сравнению с использованием сухих абразивов увеличивается производительность на 20%.

Очищаемая данным методом поверхность обычно покрыта вязкой смесью, затрудняющей визуальный контроль оператора. Следовательно, эту вязкую смесь необходимо удалить сухой продувкой или водной струей. Перед нанесением краски может оказаться необходимым просушивание поверхностей, на которых может также образоваться легкая ржавчина. Эту тонкую пленку окислов железа следует удалить, если она ухудшает условия для последующего покрытия.

К недостаткам этого метода можно отнести удаление мокрого использованного абразива и необходимость использования ингибитора в воде, чтобы предотвратить появление ржавчины на поверхности стали.

Влажная пескоструйная очистка не должна использоваться в тех случаях, когда давление воды может нанести повреждения.

9.12.1.2.3. Жидкоструйная очистка с абразивами.

Абразив (абразивная смесь) с помощью наносов или сжатого воздуха вводится в поток жидкости (обычно чистой свежей воды) и мокрая абразивная струя направляется через сопло на очищаемую поверхность.

Струя образуется жидкостью с предварительно повышенным давлением, и количество добавляемого твердого абразива обычно меньше, чем в технологии сырой абразивоструйной очистки сжатым воздухом.

Абразив может вводиться или в сухом виде (с добавлением или без добавления воздуха) или в виде влажной вязкой смеси.

Область применения суспензионной струйной очистки аналогична области применения пневмо-гидроструйной очистки с абразивами. Профиль поверхности похож на профиль при сухой абразивоструйной очистке, но, конечно же, после проведения абразивоструйных работ поверхность остается мокрой.

Давление воздуха почти такое же, как для сухой очистки, до 0,69 МПа, а производственные показатели аналогичны. Время же очистки больше из-за трудности удаления влажного абразивного шлама.

Поскольку смесь абразива с водой перекачивается в виде пульпы, давление можно легко контролировать. Это означает, что режущее действие абразива может быть по желанию плавно увеличено или уменьшено, что позволяет получать специальные эффекты, такие как удаление только верхнего покрытия или выполнять тонкий скос краев покрытия.

С помощью данного метода может достигаться степень подготовки Sa 3 для стали, имеющей степени ржавления A и B, и Sa 2½ при степени ржавления стали D, включая предварительно покрытые стали, согласно определениям стандарта ISO 8501-1. Метод является особенно подходящим для целей уменьшения количества растворимых солей, однако он менее легко поддается регулированию по сравнению с методом влажной абразивоструйной очистки при удалении растворимых солей, а высокое давление воды представляет потенциальную опасность.

Ограничения этого метода такие же, как при использовании влажной абразивоструйной очистки сжатым воздухом.

9.13. Обзор методов очистки водой и обработки водяной струей.

Стандарты по гидроструйной очистке говорят о двух видах чистоты поверхности – видимые уровни (WJ) и не видимые уровни (NV).

Очистка поверхности водой проводится с использованием ряда методов и воды в широком диапазоне давлений. Термины «очистка водой» и «обработка водяной струей» используются для описания и определения процессов очистки и, как правило, определяют сам процесс. Грань между методами может проходить при незначительных различиях давлений, в зависимости от их использования.

При давлении ниже 70 МПа методы называются «очистка водой» (water cleaning). Стандарт NACE VIS 7/SSPC-VIS 4 приводит два определения очистки водой:

- а) Очистка водой низкого давления (LP WC – Low-Pressure Water Cleaning), которая определяется как очистка, проводимая при давлениях ниже 34 МПа;
- б) Очистка водой высокого давления (HP WC – High-Pressure Water Cleaning), которая определяется как очистка, проводимая при давлениях от 34 МПа до 70 МПа.

Процесс очистки под давлением свыше 70 МПа обычно называют «водоструйная подготовка» (water jetting). Тем же стандартом NACE/SSPC приводятся два вида водоструйной подготовки:

- а) Водоструйная подготовка под высоким давлением (HP WJ – High-Pressure Water Jetting), которая определяется как очистка, проводимая при давлениях от 70 МПа до 210 МПа (по стандарту ISO 8501-4 – до 200 МПа, но в обоих случаях до 30 000 фунтов/дюйм² = 215 МПа);
- б) Водоструйная подготовка под сверхвысоким давлением (UHP WJ – Ultrahigh-Pressure Water Jetting), которая определяется как очистка, проводимая при давлениях от 210 МПа (по стандарту ISO 8501-4 – от 200 МПа, но в обоих случаях от 30 000 фунтов/дюйм² = 215 МПа).

Преимуществом водоструйной технологии является:

- В качестве очищающего материала используется недорогая вода, доступная в больших количествах;
- Искробезопасный процесс.
- Диапазон насадок чрезвычайно велик. Благодаря этому при использовании одной установки возможно выполнение большого спектра задач: чистка, снятие ржавчины, резка и т.д.

- Размеры насадок достаточно малы. Это позволяет проводить работы в труднодоступных местах.
- Возможно геометрически точное движение насадок, включая прямолинейное, поэтому, возможно повторение конфигурации сварного шва.
- Значительно сокращается количество отходов, не загрязняются прилегающие участки абразивными частицами. По сравнению с сухим пескоструем количество отходов снижается на 98%
- Техника работает без пыли. Это позволяет параллельно проводить другие работы. Также, возможна обработка выборочных областей.
- Возможно выборочное удаление многослойных покрытий.
- Водоструйные системы действуют чрезвычайно мягко. Чувствительные части, типа сварных швов и соединений, не будут повреждены.
- Стандарты, которые приняты в настоящее время, позволяют произвести точную оценку качества очистки поверхности с использованием водоструйных систем.
- Низкий уровень засоленности поверхности, т.к. вода под высоким давлением чистит даже самые маленькие раковины. Напротив, при пескоструйной обработке происходит закупоривание раковин и консервация в них солей.
- Подготовленные водоструйным методом поверхности дают хорошую адгезию.
- Возможно применение под водой.
- Широкий выбор абразивных насадок позволяет резать почти все конструкционные материалы. При этом не возникает внутренних напряжений, отсутствуют пыль и шлак.

9.13.1. Очистка водой низкого давления.

Очистка водой низкого давления в первую очередь используется как метод обмыва поверхности. При давлениях ниже 34 МПа вода удаляет растворимые загрязнения и некоторые свободно прилипшие загрязнители поверхности. Метод надежно удаляет меление старых покрытий, оставляя поверхность покрытия нетронутой.

Сухие доки часто используют очистку водой низкого давления для обмыва нижней части кораблей в сухом доке, удаляя морские обрастания и некоторые поврежденные противоположающиеся покрытия перед последующим нанесением слоя.

9.13.2. Очистка водой высокого давления.

Очистка водой высокого давления используется для подготовки бетонных поверхностей перед нанесением покрытия. Правильно направленное сопло при очистке водой высокого давления струей воды может прорезать бетонный блок. Так что этот метод является одновременно эффективным и опасным.

При использовании для подготовки стальных поверхностей к нанесению покрытий производительность этого метода относительно низкая. Кроме того, при подготовке к покраске стальных поверхностей успешно могут быть удалены только рыхлые загрязнения.

9.13.3. Водоструйная подготовка под высоким давлением.

При подготовке поверхности для нанесения покрытий редко использует водоструйную подготовку под высоким давлением. Она очищает поверхность не лучше, чем очистка водой при более низком давлении, а незначительное увеличение производительности экономически себя не оправдывает.

9.13.4. Водоструйная подготовка под высоким давлением с введением абразива.

Этот метод использует то же самое базовое оборудование, как и при водоструйной подготовке под высоким давлением с применением дополнительного оборудования:

- Инжектор и адаптер для ввода абразива;

- Абразивный шланг;
- Контейнер для абразива.

Давлением воды через пистолет и его форсунку абразив всасывается в поток воды. Основным преимуществом этого метода по сравнению с водоструйной подготовкой является то, что он может создать желаемый профиль поверхности. Как и при сухой абразивоструйной очистке, профиль поверхности в значительной степени зависит от комбинации размера абразива и используемого давления. В общем, абразив менее эффективен при смешивании с водой, и получаемый профиль поверхности меньше, чем полученный таким же абразивом в сухом виде.

Продуктивность этого метода с введением абразива в поток воды намного выше, чем без него. Этот метод может достигать производительности до 90% от сухой абразивоструйной очистки. Типичное использование воды находится в диапазоне от 8 до 60 л/мин. Средняя производительность составляет около 50% от уровня, достигаемого при сухой струйной очистке.

9.13.5. Водоструйная подготовка под сверхвысоким давлением.

Водоструйная подготовка под сверхвысоким давлением использует воду под давлением 210 МПа и выше (до 340 МПа). Из-за высоких давлений воды этот метод требует очень осторожно манипулировать водоструйным соплом, так как работник, пораженный водой высокой скорости с близкого расстояния, может быть серьезно травмирован.

Большая часть оборудования для водоструйной подготовки под сверхвысоким давлением работает с вращающимся соплом и двумя потоками воды. Высокоэффективная конструкция сопла имеет эффективное рабочее пятно очистки, используя в то же время относительно небольшое количество воды, не более чем 8 л/мин. Сопло необходимо держать как можно ближе к очищаемой поверхности, так как эффективность очистки быстро уменьшается, когда насадка удерживается на дистанции дальше, чем 50 см от поверхности. Наиболее эффективная очистка достигается, когда сопло находится на расстоянии примерно 50 мм, при том, что рабочее пятно очистки очень сужается и темпы производства работ могут резко упасть.

При таком давлении вода удаляет большинство загрязнений, таких как химические соли, грязи, жиры, и твердые отложения ржавчины. Этот метод не производит профиль поверхности, но может восстановить ранее существовавший профиль поверхности, если оборудование предназначено для очистки поверхности до высокого уровня. Чтобы достичь такого высокого уровня, необходимо использовать самое высокое давление – от 240 МПа и выше (до 300 МПа). Непредвиденным преимуществом использования этого метода является выделяемое при очистке тепло. Тепло ограничивает ухудшение поверхности от образования ржавчины, и поверхность остается относительно чистой, хотя и имеет некоторое изменение цвета с имбирным оттенком.

Основные виды применения:

- Снятие трудноудаляемых отложений;
- Бережное удаление краски;
- Полное или частичное удаление тяжелых покрытий;
- Безэмиссионная подготовка поверхности перед нанесением покрытия;
- Очистка труб и теплообменников;
- Обеззараживание и дезактивация;
- Вскрытие строительной арматуры;
- Резка металлов, бетона, сплавов и др.;
- Безвибрационное разрушение конструкций.

9.13.6. Очистка и водоструйная подготовка в условиях погружения.

Очистка чистой водой под давлением ниже 48 МПа в основном используется как способ для обмыва поверхности и редко для подготовки поверхности перед нанесением.

Под водой его обычно используют только для удаления обрастаний на судах и морских конструкциях. В этом случае используется давление от 20 до 50 МПа.

Производительность очистки зависит от таких основных факторов:

- Маневренность водолаза и видимость под водой;
- Плотность обрастания и размер выросших ракушек и моллюсков.

При очистке водой высокого давления на корпусах судов в сухом доке может быть достигнута скорость очистки до 200 м²/ч. При работе под водой необходимо учитывать много других факторов, которые, как правило, снижают производительность. Производительность подводной водоструйной подготовки иллюстрируется конкретным примером: опора буровой платформы в Северном море, обросшая водорослями и мидиями толщиной до 600 мм (исключительно тяжелые обрастания), была очищена со скоростью 20 м²/ч.

Поскольку под водой реактивная сила практически отсутствует, операция очистки выполняется значительно меньшими затратами физических сил, по сравнению с аналогичными работами над поверхностью.

Если под водой сталь требуется очистить до белого металла, рекомендуется использовать специально разработанное подводное оборудование, которое вводит абразивы в поток воды.

9.13.7. Оборудование для очистки водой и водоструйной подготовки.

В состав оборудования для очистки водой и водоструйной подготовки входят:

9.13.7.1. Установки и системы.

Полностью укомплектованные установки высокого давления с рабочими параметрами до 3000 бар для промышленного применения. Установки могут быть оснащены как электрическим двигателем, так и двигателем внутреннего сгорания. Они могут быть как стационарными, так и мобильными.

- **Установки сверхвысокого давления** (рисунок 9.97) для очистки и обслуживания промышленных объектов, зданий и сооружений. Эти системы производят давление до 3000 бар при расходе воды до 27 л/мин и имеют несколько модификаций:

- Стационарные или мобильные;
- На одно или два рабочие места;
- С шумопоглощающим кожухом или без него.

- **Установки с подогревом воды** – компактные установки высокого давления для очистки струей горячей воды с рабочим давлением 600-800 бар и температурой воды до 98° С. За счет подогрева воды увеличивается рабочее давление на 60% по сравнению с общепринятыми системами и, как следствие, соответствующее увеличение производительности. Имеется возможность применения водоструйной подготовки под высоким давлением с введением абразива.

- **Установки без подогрева воды** – многофункциональные и легко приспособляемые установки высокого давления с рабочими параметрами от 280 до 1000 бар для обмыва поверхности стальных конструкций, очистки фасадов, строений, промышленных полов и т.д.

- **Системы для переработки воды** (рисунок 9.98). При работе водоструйной системы высокого давления образуется суспензия, состоящая из использованной воды и удален-



Рисунок 9.97. – Мобильная установка сверхвысокого давления.

ных твердых частиц. Эта суспензия должна быть собрана и переработана в соответствии с требованиями по охране окружающей среды. Это можно сделать с помощью модульной системы по переработке воды.

9.13.7.2. Насосы.

Плунжерные насосы высокого давления (рисунок 9.99) с электрическими двигателями или двигателями внутреннего сгорания могут использоваться как стационарно, так и мобильно. Помпы имеют мощность до 780 кВт, рабочее давление до 3000 бар и поток воды до 1679 л/мин.

Отдельная серия плунжерных насосов предназначена для работы с абразивом.

9.13.7.3. Насадки высокого давления.

Насадки высокого давления используются для разборки, обеззараживания, снятия краски, удаления защитных покрытий, очистки, резки и подготовки поверхности. Насадки высокого давления производятся как для ручного применения, так и для применения в составе механизированных и автоматизированных устройств и систем.

- **Насадки для очистки поверхностей** при высоком давлении воды включает пистолеты, копья, механические насадки, насадки для прочистки труб, теплообменников и емкостей, а так же абразивные насадки для резки и разрушения. сверхвысокого давления с рабочим давлением до 3000 бар для безэмиссионной обработки поверхностей со встроенным вакуумным отсосом отработанной среды. Модульная система пистолетов высокого давления позволяет подобрать пистолет для конкретной задачи.

- **Пистолеты высокого давления** предназначены для рабочего давления до 3000 бар, пригодны для применения с горячей водой. Программа пистолетов высокого давления разработана из модулей с большим количеством вариантов держателей сопел. Модульная система пистолетов высокого давления (рисунок 9.100) обеспечивает индивидуальный выбор для каждой задачи. Пистолет имеет защиту предохранителя и спускового крючка, а также пневматическую и электрическую систему управления. Все функциональные части защищены от проникновения воды и грязи.

По заказу управление пистолетом может выполняться двумя руками. Для насадок предусмотрены удлинители от 300 до 600 мм.

- **Насадки для очистки вертикальных поверхностей** с ручным или полуавтоматическим управлением предназначены для чистки и снятия краски и морских обрастаний



Рисунок 9.98. – Система по переработке воды.



Рисунок 9.99. – Плунжерный насос высокого давления.



Рисунок 9.100. – Пистолет сверхвысокого давления с удлинителем и насадкой.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

с больших площадей, таких как борт судна, емкости для хранения нефтепродуктов и инженерных сооружений. К ним относятся:

- ✓ **Вращающаяся ручная насадка** для очистки и снятия краски с вертикальных поверхностей (рисунок 9.101) позволяет изменять скорость вращения в зависимости от настройки сопел (дюзов). Ручная насадка может быть присоединена к вакуумной системе и системе очистки воды. Это повышает экологичность обработки суспен-

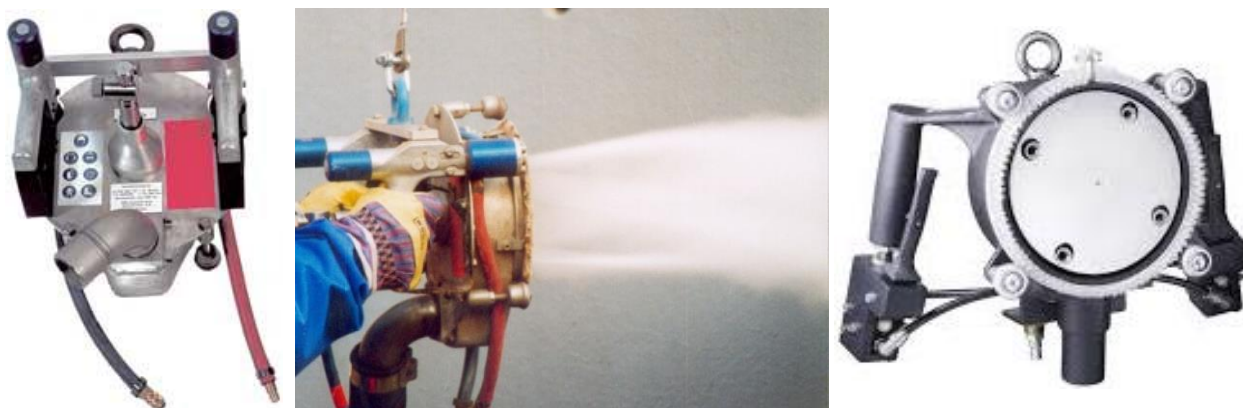


Рисунок 9.101. – Вращающаяся ручная насадка Eco Top Rotating Cleaner (ETRC) для очистки и снятия краски с вертикальных поверхностей.

зии воды и краски. Рабочее давление насадки 2100 бар, рабочая ширина – приблизительно 180 мм.

- ✓ **Насадка для полуавтоматической очистки** и снятия краски с больших вертикальных поверхностей (рисунок 9.102). Рабочее давление до 2500 бар, рабочая ширина – приблизительно, 380 мм, максимальная скорость движения – 5 м/мин.
- **Насадки для очистки горизонтальных поверхностей** (рисунок 9.103), соединенные с вакуумными установками, для экологически чистой очистки. Возможна работа водой с температурой до 100°C. Оборудование может производить очистку безэмиссионным способом, если ее соединить с вакуумной системой, решая задачу удаления



Рисунок 9.102 – Насадка для полуавтоматической очистки вертикальных поверхностей.



Рисунок 9.103. – Насадка для очистки горизонтальных поверхностей.

краски и использованной воды.

В зависимости от очищаемой поверхности насадка может быть укомплектована чистящими щетками или изолирующим кожухом. Скорость вращения регулируется за счет давления сжатого воздуха или его потока. Максимальное рабочее давление 2500 бар. Рабочая ширина – приблизительно 225 мм.

– **Насадки для очистки труб и теплообменников.**

Насадки для механической очистки трубопроводов, теплообменников и испарителей и снятия покрытий с внутренней поверхности труб. Роторные водоструйные насадки высокого давления для рабочих давлений до 3000 бар для ручной очистки теплообменников.

– **Насадки для очистки емкостей и контейнеров с вращающимися сопловыми головками** предназначены для очистки внутренних поверхностей.

– **Насадки для резки.**

Абразивно-водоструйные насадки с рабочим давлением до 3000 бар для резки и разрушения стальных и армированных бетонных конструкций.

9.13.7.4. Аксессуары.

Аксессуары к водоструйным системам высокого давления включают в себя шланги высокого давления, клапаны, сопла (дюзы), самодвижущиеся или приводимые в движение вращающиеся головки, а так же водо-абразивные головки.

– **Сопла и головки**

Сопла (дюзы) с рабочим давлением до 3500 бар (рисунок 9.104) и самодвижущиеся или приводимые в движение головки для насадок высокого давления с рабочим давлением до 3000 бар.



Рисунок 9.104. –
Набор сопел.

- **Сопла** с рабочим давлением до 3500 бар, для насадок высокого давления с рабочим давлением до 3000 бар.

Для очистки труб применяются сопла с рабочим давлением до 2500 бар с несколькими отверстиями, направленными в сторону или назад. Для очистки труб большого диаметра используются сопла с рабочим давлением до 1400 бар.

В насадках высокого давления для струйной очистки поверхностей используют вращающиеся сопла с непрерывным потоком для рабочих давлений до 2000 бар, а также сопла с веерной струей и рабочим давлением до 2000 бар. В насадках сверхвысокого давления используются вращающиеся сопла с сапфировыми вставками, применяемыми для рабочих давлений до 3500 бар.

Инжекторные сопла применяют для добавления абразива в струю воды в водо-абразивных насадках с рабочим давлением до 400 бар.

- **Самовращающиеся головки** (рисунок 9.105) сочетают высокую мощность вращения и высокую очищающую способность. Головки выпускаются для рабочих давлений от 500 до 2500 бар с соответствующими расходами воды от 61 до 24 л/мин.
- **Абразивно-инжекторные головки** (рисунок 9.106) для смешивания абразива со струей воды высокого давле-



Рисунок 9.105. –
Набор самовращающихся головок.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

ния. С их помощью производится водопескоструйная обработка поверхности с различными модификациями и различными размерами абразивных частиц для рабочих давлений воды от 400 до 1000 бар.

- **Вращающиеся диски** созданы для сочетания механического и гидродинамического принципа подготовки поверхности. Отличаются высокой производительностью при низкой потребляемой мощности. Реактивная сила водяной струи придает насадкам большую скорость вращения (до 1000 оборотов в минуту). Возможно использование, как с защитным кожухом, так и без него. Вращающиеся диски рассчитаны на максимальное рабочее давление 400 и 750 бар, соответствующая рабочая ширина 100 мм (20 мм отступа) и 400 мм (170 мм отступа), максимальный расход воды 100 и 70 л/мин.
- **Гибкие шланги** для рабочих давлений до 4000 бар и номинального диаметра от 4 мм до 32 мм для соединения помпы и водоструйных насадок.
- **Защитные аксессуары и снаряжение** предназначены для активной и пассивной защиты во время работы с водоструйной техникой высокого давления. Они включают:

- **Защитная спецодежда** (рисунок 9.107) для работы с водоструйной техникой высокого давления в соответствии с ЕС-правилами по оборудованию персональной безопасности:

- ✓ *Защитная каска* в соответствии с EN 397 с поддержкой шеи.
- ✓ *Защитные очки* и щиток для лица в соответствии с EN 175.
- ✓ *Защитные куртки* в соответствии с DIN 61539; PVC-крашенная ткань, с капюшоном.
- ✓ *Защитные перчатки* в соответствии с EN 374; снаружи – неопрен; внутри – чистый хлопок.
- ✓ *Защитные брюки* в соответствии с DIN 61539, PVC-крашенная ткань.
- ✓ *Защитная обувь* в соответствии с EN 345/344 для работы с водоструйным оборудованием.
- ✓ *Защитные наушники* в соответствии с EN 352 с покрытием пластмассой металлическим кольцом, сделанным из нержавеющей стали.

- **Ножные клапаны** (рисунок 9.108) для закрывания и открывания линии подачи воды давлением до 1500 бар; основное положение – закрыто. Приведение в действие происходит при помощи педали с механической защелкой. При нажатии она отщелкивается и возвращается в исходное положение самостоятельно. Может быть снабжен бесконтактным датчиком.

Бесконтактный датчик определяет положение педали и выдает сигнал управления. При помощи этого ножного клапана можно дистанционно обслуживать дополнительные блоки клапанов, а также сложные процессы управления, благодаря чему возрастает безопасность работы и ее комфорт.



Рисунок 9.106. – Абразивно-инжекторные головки.



Рисунок 9.107. – Защитная экипировка.



Рисунок 9.108. – Ножной клапан.

- **Плечевой упор, брызгозащитный кожух и рукоятка** – специальные аксессуары для увеличения безопасности работ и улучшения обработки.

Плечевой упор (рисунок 9.109) увеличивает безопасность, если реактивная сила превышает 150 Н и улучшает обработку. Регулируется по длине и может быть приспособлен ко всем эксплуатационным условиям.

Брызгозащитный кожух - дополнительная защита для операторов в дополнение к обычному безопасному оборудованию. Брызгозащитный кожух может быть быстро установлен на насадку.

Вторая рукоятка для пистолетов высокого давления для дальнейшего улучшения обработки и безопасности. За счет зажимного устройства рукоятка может быть установлена в различных рабочих положениях на удлинителе насадки.

- **Страховочная оплетка** (рисунок 9.110) предназначена для увеличения безопасности во время работы со шлангами высокого давления. Она изготовлена из двойного заплетенного гальванизированного стального провода. Если происходит отсоединение шланга, страховочная оплетка удерживает шланг в зафиксированном положении.



Рисунок 9.109. –
Плечевой упор.



Рисунок 9.110. –
Страховочная оплетка.

9.13.8. Ингибиторы.

При водоструйной подготовке и других аналогичных операциях с использованием воды, в воду иногда добавляют ингибитор, чтобы предотвратить поверхностное ржавление очищаемой поверхности до нанесения покрытия.

Это, конечно же, касается только подготовки стальных (черных) поверхностей. При этом потенциально могут возникать вопросы, связанные с использованием ингибиторов, включающие в себя:

- Количество добавленного ингибитора;
- Отложение ингибитора на поверхности;
- Консистенция ингибитора.

Количество ингибитора.

Необходимо тщательно контролировать количество добавляемых ингибиторов. Избыточное количество ингибитора, осаждаемое на поверхности, скорее всего, будет успешно предотвращать образование ржавчины, но оно также может и препятствовать адгезии покрытия. С другой стороны, если слишком мало ингибитора осядет на поверхности, он будет не в состоянии обеспечить защиту от образования ржавчины.

Отложение ингибитора на поверхности.

Отложения ингибитора на поверхности могут ухудшить долгосрочные функциональные характеристики покрытия. Представляя собой химический слой между системой покрытия и подготовленной поверхностью, последствия применения ингибитора трактуются неоднозначно. Экспертами он характеризуется как средство, ослабляющее защиту, предоставляемую системой покрытий.

Консистенция ингибитора.

Ингибиторы обычно добавляют в контейнер воды в виде растворимых сухих веществ, или в виде концентрированной жидкости дозируемой через инжектор в водную струю. Успешное

применение ингибиторов зависит от их консистенции в зависимости от выбранного метода очистки.

9.13.9. Толерантные к влаге покрытия.

Недостаток методов очистки водой или водоструйной подготовки является то, что количество используемой воды создает влажную среду и влажную поверхность.

В общем, необходимо дать возможность поверхности высохнуть, прежде чем наносить на нее покрытие, или использовать специальные толерантные к влаге покрытия.

Некоторые производители имеют покрытия, часто на основе эпоксидных смол, которые могут быть нанесены непосредственно на влажную поверхность. Использование таких покрытий очень удобно при подготовке поверхности способами с применением воды.

Некоторые из этих специальных покрытий обозначаются как покрытия, наносимые на влажную поверхность, а другие, как покрытия, наносимые на мокрую поверхность. Прежде чем выбирать краску, необходимо определиться насколько мокрой будет поверхность на момент ее перекрытия.

9.13.10. Заключение о водоструйной подготовке.

Водоструйная подготовка породила много споров. Не существует никаких сомнений в том, что возможность контролировать процесс очистки (с его способностью снижать давление и т.д.) и уменьшение загрязнений поверхности в процессе очистки являются важными и полезными факторами. С другой стороны, недостатки, такие как необходимость применения ингибиторов (которые осаждаются на поверхности стали), а также проблемы утилизации отходов влажных абразивов, в случае их применения, может потребовать весомых обоснований.

Существуют некоторые сомнения относительно возможностей долгосрочных характеристик новых покрытий, толерантных к влаге. Также не существует прогнозных оценок, подтверждающих, что покрытия, нанесенные на мокрые поверхности, выполняют свои функции так же, как покрытия, наносимые на оптимально подготовленные сухие поверхности.

9.13.11. Стандарты по визуальной оценке чистоты поверхности.

Наиболее часто используемыми стандарты оценки чистоты поверхности до и после ее обработки методами очистки с применением воды являются:

1. SSPC-SP WJ-1/NACE WJ-1 – «Водоструйная подготовка металлов – Очистка до голого металла».
2. SSPC-SP WJ-2/NACE WJ-2 – «Водоструйная подготовка металлов – Очень тщательная очистка».
3. SSPC-SP WJ-3/NACE WJ-3 – «Водоструйная подготовка металлов – Тщательная очистка».
4. SSPC-SP WJ-4/NACE WJ-4 – «Водоструйная подготовка металлов. – Легкая очистка».
5. SSPC-VIS 4/NACE VIS 7 – «Руководство и визуальные эталонные фотографии для стальных поверхностей, очищенных водоструйной обработкой».
6. SSPC-VIS 5/NACE VIS 9 – «Руководство и эталонные фотографии для стальных поверхностей, подготовленных влажной абразивоструйной очисткой».
7. ISO 8501-4 – «Подготовка стальной поверхности к окрашиванию. Визуальная оценка чистоты поверхности. – Начальное состояние поверхности, степени подготовки, степени коррозии после обработки водяной струей высокого давления».

Вместе с тем, существуют и другие стандарты и справочники, на которые могут быть ссылки в спецификациях.

9.13.11.1. Стандарт ISO по оценке чистоты поверхности.

Стандарт ISO 8501-4 устанавливает степени подготовки стальных поверхностей после удаления (или частичного удаления) водорастворимых загрязнений, ржавчины, ранее нанесенных лакокрасочных покрытий и инородных веществ, таких как соль, грязь, прокатная окалина, масло, консистентная смазка и морская растительность, например, водоросли, посредством обработки водяной струей высокого давления. Степени определяются через описание и прилагаемые фотографии, которые являются характерными примерами в пределах допусков для каждой степени. Этот стандарт устанавливает начальное состояние поверхности и после очистки, сопровождаемые описанием и фотографиями. Стандарт связывает чистоту поверхности с ее внешним видом. И хотя во многих случаях этого достаточно, для покрытий, которые подвергаются воздействию агрессивных окружающих условий, таких как погружение в воду или в условиях постоянной конденсации, рекомендуется предусмотреть контроль на наличие растворимых солей и других невидимых загрязнений на визуально чистой поверхности.

Подготовка поверхности водяной струей высокого давления не создает профиль поверхности и не изменяет его.

9.13.11.1.1. Начальное состояние поверхности.

Стандартом установлены пять начальных состояний поверхности.

Три начальных состояния поверхности, обозначенные как DC A, DC B и DC C, устанавливаются для стальных поверхностей, которые были повреждены после струйно-абразивной очистки. Для DC A и DC B – на поверхности имелась защитная система лакокрасочных покрытий. DC C применяется, когда лакокрасочное покрытие было нанесено или лакокрасочное покрытие не наносилось.

Два начальных состояния поверхности, обозначенные как DP I и DP Z, устанавливаются для стальных поверхностей, которые были повреждены после абразивоструйной очистки и нанесения покрытий в заводских условиях одним слоем межоперационной грунтовки с железоксидным пигментом (DP I) или одним слоем межоперационной цинк-силикатной грунтовки (DP Z).

Начальные состояния поверхности определяются через описание, которое приведено в таблице 9.27, и соответствующие фотографии, приведенные на рисунке 9.111.

Таблица 9.27. – Обозначение и описание начального состояния поверхности

Обозначение	Описание начального состояния поверхности
DC A	Система лакокрасочного покрытия разрушена до степени Ri3 по ISO 4628-3.
DC B	Система лакокрасочного покрытия разрушена до степени Ri4 по ISO 4628-3.
DC C	Окрашенная поверхность значительно разрушена до степени Ri5 по ISO 4628-3, или полностью разрушена до степени коррозии C по ISO 8501-1.
DP I	Поверхность, покрытая в заводских условиях межоперационной эпоксидной грунтовкой с железоксидным пигментом, разрушена.
DP Z	Поверхность, покрытая в заводских условиях межоперационной цинксиликатной грунтовкой, разрушена.

9.13.11.1.2. Степени подготовки.

Стандартом установлены три степени подготовки поверхности водоструйным способом, обозначенные как Wa 1, Wa 2 и Wa 2½, с указанием степени очистки. Они определяются описаниями внешнего вида поверхности после очистки и соответствующими фотографиями.

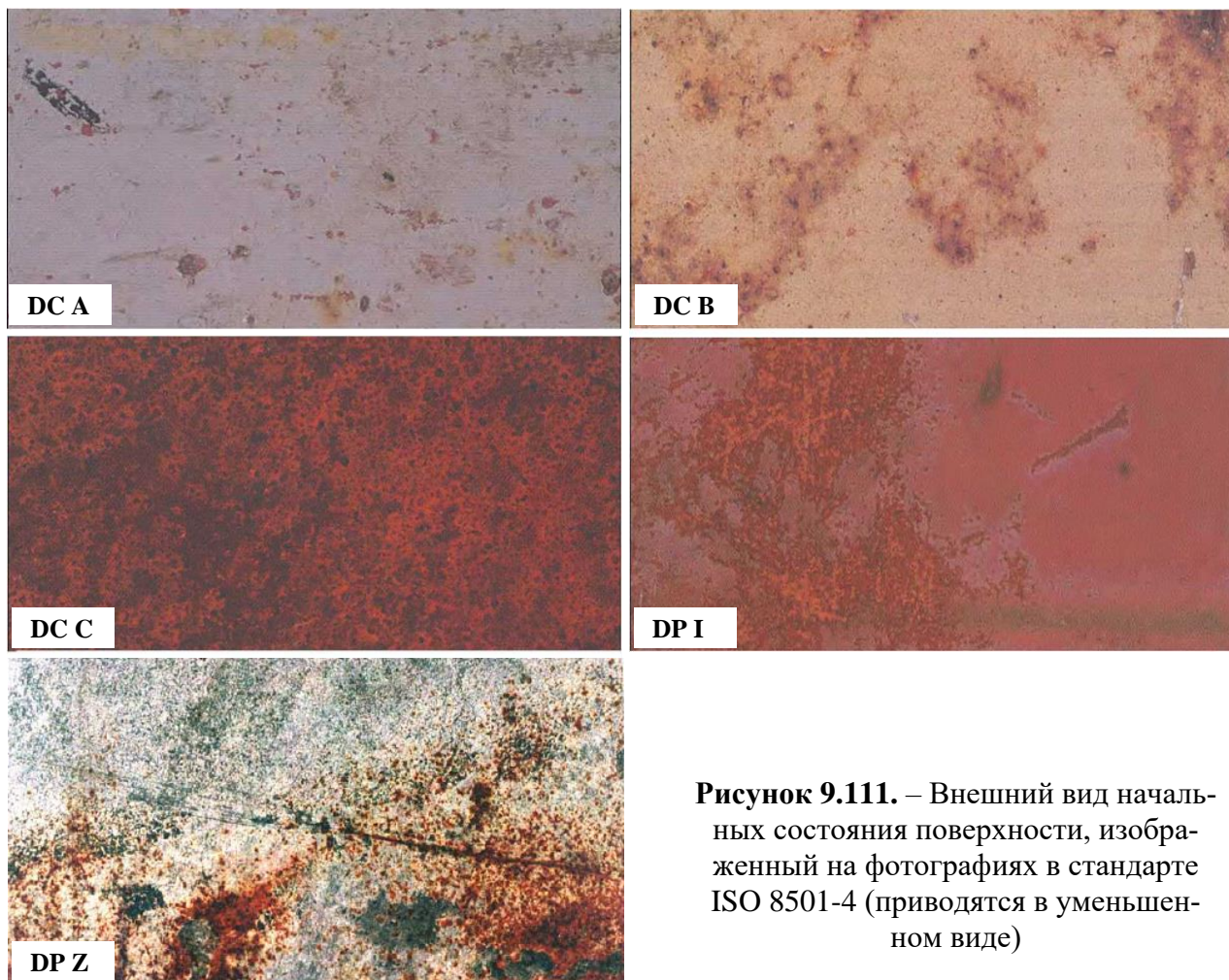


Рисунок 9.111. – Внешний вид началь-
ных состояния поверхности, изобра-
женный на фотографиях в стандарте
ISO 8501-4 (приводятся в уменьшен-
ном виде)

Описание внешнего вида поверхности приведено в таблице 9.28. Фотографии приведены в стандарте ISO 8501-4. Каждая из этих фотографий имеет обозначение, состоящее из обозначения начального состояния поверхности и степени подготовки, например, DC B Wa 2. Пример фотографий для некоторых начальных состояний поверхности приведен на рисунке 9.112.

Таблица 9.28. – Обозначение и описание внешнего вида поверхности после очистки водяной струей.

Обозна- чение	Описание внешнего вида поверхности после очистки
Wa 1	<u>Легкая очистка водяной струей высокого давления.</u> При рассмотрении без увеличительных приборов на поверхности не должно быть видимого масла, консистентной смазки, рыхлого или дефектного лакокрасочного покрытия, рыхлой ржавчины и инородного вещества. Любые оставшиеся загрязнения должны быть произвольно распределены и прочно сцеплены.
Wa 2	<u>Тщательная очистка водяной струей высокого давления.</u> При рассмотрении без увеличительных приборов на поверхности не должно быть видимого масла, консистентной смазки, грязи и большей части ржавчины, прежнего лакокрасочного покрытия и другого инородного вещества. Любые оставшиеся загрязнения должны быть произвольно распределены и могут состоять из прочно сцепленных покрытий, прочно сцепленного инородного вещества и пятен ранее существовавшей ржавчины.

Обозначение	Описание внешнего вида поверхности после очистки
Wa 2½	<p><u>Очень тщательная очистка водяной струей высокого давления.</u></p> <p>При рассмотрении без увеличительных приборов на поверхности не должно быть видимой ржавчины, масла, консистентной смазки, грязи, прежних лакокрасочных покрытий и, за исключением незначительных следов, инородного вещества. Изменение цвета поверхности может отмечаться там, где первоначальное покрытие не было повреждено. Серое или коричнево-черное изменение цвета, отмеченное на питтинговой и корродированной стали, не может быть в дальнейшем удалено водяной струей.</p>
<p>Примечание: Чистота не ограничивается степенью Wa 2½, однако достижение более высокой степени и чистоты может быть сопряжено с непропорциональным увеличением времени.</p>	

9.13.11.1.3. Степени вновь проявившейся ржавчины.

Стандарт ISO 8501-4 устанавливает три степени налета вновь проявившейся ржавчины L, M и H, которая образуется сразу же после очистки поверхности. Они определяются описанием внешнего вида поверхности непокрытых участков стальной поверхности перед последующим окрашиванием и фотографиями.

Описание внешнего вида поверхности приведено в таблице 9.29, а фотографии приведены на рисунке 9.113.

Таблица 9.29. – Обозначение и описание внешнего вида поверхности для трех степеней проявившейся ржавчины.

Обозначение	Описание степени проявившейся ржавчины
L	<p>Легкая степень проявившейся ржавчины</p> <p>При рассмотрении без увеличительных приборов на поверхности имеется незначительное количество желто-бурого слоя ржавчины, сквозь который можно видеть стальную поверхность. Ржавчина (рассматривается как изменение цвета) может быть равномерно распределена или присутствовать в виде пятен, она плотно сцеплена и ее трудно удалить осторожной протиркой тканью.</p>
M	<p>Средняя степень проявившейся ржавчины</p> <p>При рассмотрении без увеличительных приборов на поверхности имеется незначительное количество желто-бурого слоя ржавчины, которая скрывает первоначальную стальную поверхность. Слой ржавчины может быть равномерно распределен или присутствовать в виде пятен, он достаточно хорошо сцеплен и слегка отлагается на ткани при осторожной протирке поверхности.</p>
H	<p>Сильная степень проявившейся ржавчины</p> <p>При рассмотрении без увеличительных приборов на поверхности имеется незначительное количество красно-желтого или коричневого слоя ржавчины, которая скрывает первоначальную стальную поверхность и легко сцеплена. Слой ржавчины может быть равномерно распределен или присутствовать в виде пятен и легко отлагаться на ткани при осторожной протирке поверхности.</p>

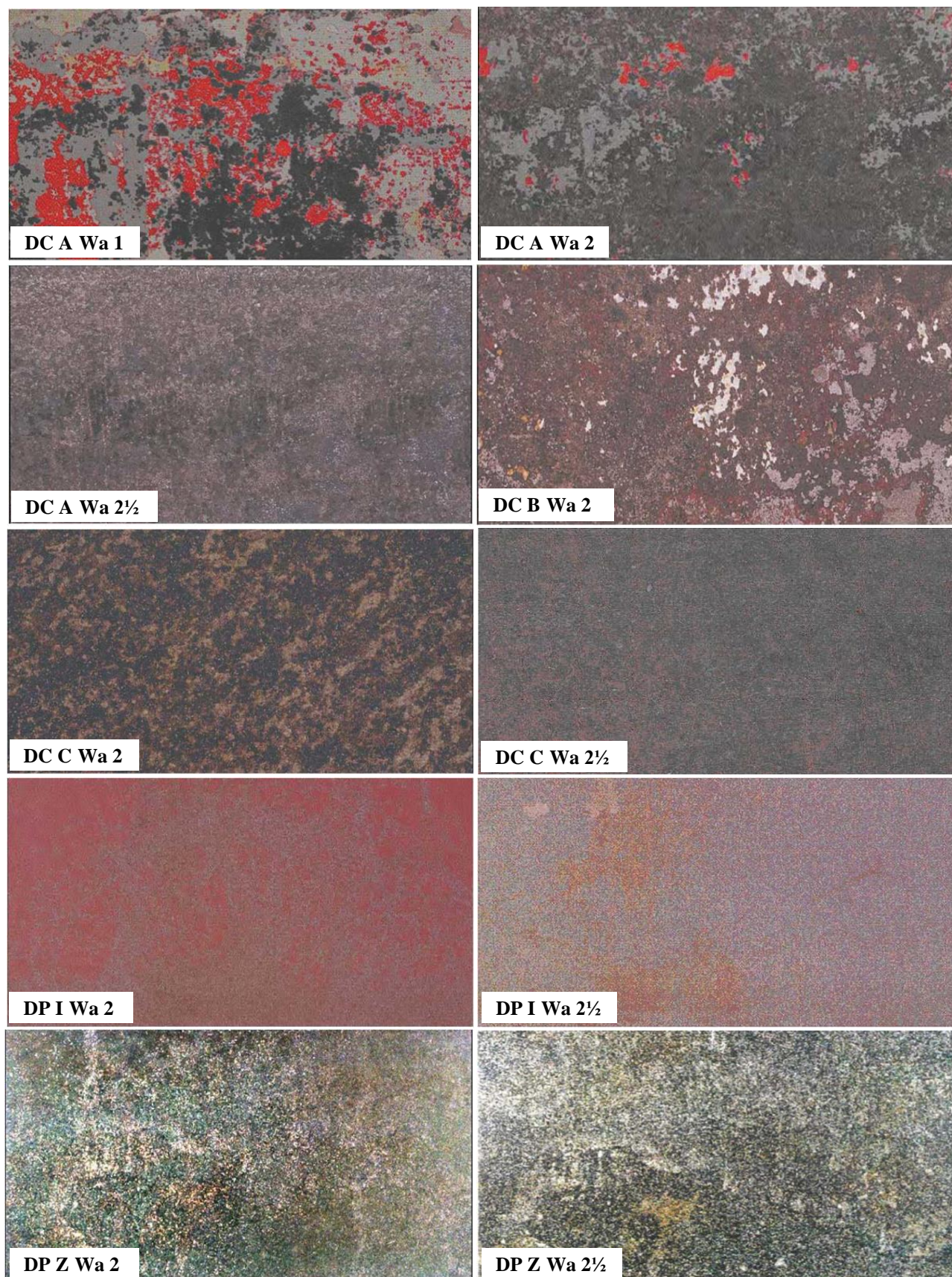


Рисунок 9.112. – Пример некоторых фотографий внешних видов различных степеней подготовки поверхности водяной струей для разных начальных состояний поверхности по стандарту ISO 8501-4, (фотографии приводятся в уменьшенном виде).

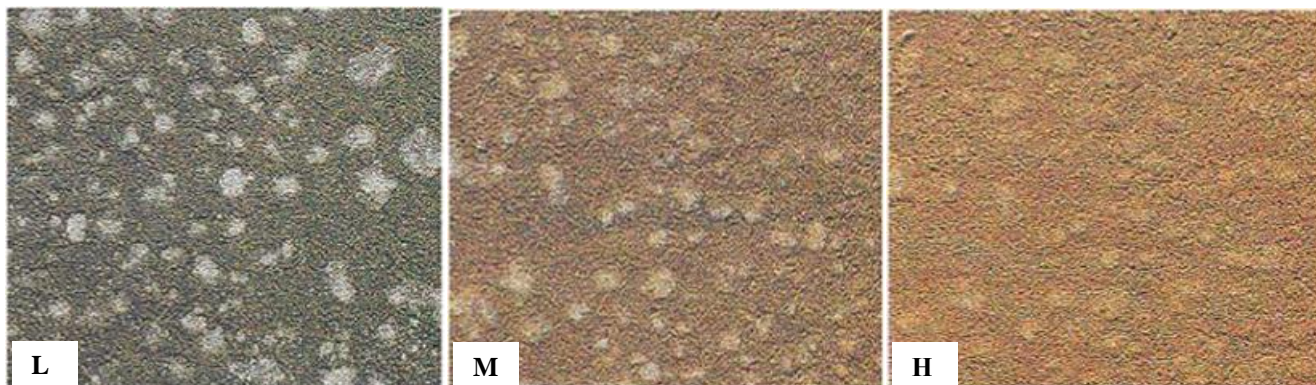


Рисунок 9.113. – Внешний вид различных степеней вновь появившейся ржавчины после водоструйной подготовки поверхности по стандарту ISO 8501-4, (фотографии приводятся в уменьшенном виде).

9.13.12. Безопасность.

Для выполнения очистки водой и водоструйной подготовки требуется защитное снаряжение, которое включает в себя:

- Водонепроницаемый костюм;
- Шлем с козырьком;
- Защитные перчатки для тяжелых условий работы;
- Ботинки со стальным носком и защитой стопы;
- Средства защиты органов слуха;
- Отсечной гидроклапан безопасности;
- Регулятор постепенного увеличения давления при пуске установки (помогает оператору отрегулировать в распыляющем сопле реакционное давление).

9.13.13. Соображения безопасности инспектора.

Личная безопасность является ответственностью каждого.

Никогда не делайте то, что может подвергнуть опасности кого-нибудь. Хорошо изучите окружающую обстановку, свои функциональные обязанности, план аварийной эвакуации, пути подхода к нему и т.п. Все это необходимо выучить до автоматизма.

9.13.14. Контрольный лист инспектора.

Контрольный лист инспектора включает в себя:

- Убедитесь, что место выполнения работ и условия труда на рабочих местах не создают опасностей, таких как перемещение оборудования и/или транспортных средств.
- Проверьте состояние шлангов, насосов, удлинителей, головок и сопел высокого давления.
- Убедитесь, что требуемое давление воды легко достигается.
- Если указан ингибитор, ознакомьтесь, сколько и когда его надо добавлять.
- Определитесь с природой очищаемой поверхности (сталь, алюминий, нержавеющая сталь, и т.д.).
- Определитесь с требуемым уровнем чистоты.
- Изучите состояние очищаемой поверхности: новая сталь, ранее покрытая и т.д.
- Проверить квалификацию операторов.
- Убедитесь, что зона струйной очистки ограждена сигнальной лентой и никакие посторонние лица не могут в нее войти.
- Проверьте степень проявившейся ржавчины после очистки.

- Контролируйте условия окружающей среды во время подготовки поверхности, перед нанесением покрытия.
- Знать требуемый профиль поверхности.

9.14. Контроль шероховатости поверхности.

При абразивной струйной обработке металлической поверхности не только достигается ее чистота, но и изменяется ее профиль из более или менее гладкой поверхности в равномерную шероховатую поверхность. Такая шероховатая поверхность является результатом нанесения ударов острыми абразивными частицами о сталь при высокой их скорости и оставляющих небольшие ударные вмятины или неровности.

Необходимо помнить, что размеры абразива изменяются в определенном диапазоне и при непосредственной проверке допуск его размеров (приблизительно +/- 10%) должны быть сохранены, особенно там, где абразивы используются повторно. Очищенные абразивные материалы должны иметь угловатую форму, а не округлую, а также не содержать масло, жир, соли, оксид железа и др.

9.14.1. Основные соображения инспекции.

В корректно написанной спецификации на нанесение покрытий приводятся требования к диапазону размеров профиля поверхности, выражаемых либо в тысячных долях дюйма (мил), либо микронах (мкм). Например, спецификация может требовать профиль поверхности 37-87 мкм (1,5-3,5 мил). Профиль поверхности имеет большое значение, так как он увеличивает площадь поверхности и шероховатость, к которой покрытие может прилипать.

Шероховатость поверхности может влиять на свойства будущего покрытия двояко.

Увеличение шероховатости приводит к увеличению поверхности контакта между краской и подложкой, а отсюда и к увеличению адгезии. Например, соотношение между площадями кажущейся поверхности (определенной по ее геометрическим размерам) и истинной составляет для полированной стали около 1,4, а для стали после абразивоструйной обработки может достигать 10.

В общем случае, чем больше шероховатость поверхности, тем лучше будет сцепление покрытия. Одним из исключений из этого правила является неорганические цинк-силикатные грунтовки, которые имеют тенденцию разрываться (теряют когезию), когда шероховатость превышает приблизительно 65 мкм (2,5 мил).

Это может быть частично вызвано желанием увеличить толщину покрытия для перекрытия слишком высоких пиков профилей. Известно, что неорганические цинк-силикатные грунтовки чувствительны к избыточным толщинам. Соблюдайте рекомендации производителей, изложенные в технических описаниях материалов.

С другой стороны, слишком высокий профиль может иметь пики, которые не всегда будут покрываться покрытием достаточной толщины, в результате чего могут появляться точечная ржавчина или пятна ржавчины. Особенно это актуально, когда на заводе наносится один слой грунтовки, предназначенной для защиты конструкций до нанесения верхних слоев после монтажных работ.

Увеличение шероховатости окрашиваемой поверхности также ведет к повышенному расходу ЛКМ. При высокой шероховатости поверхности ее рельеф может проявляться в покрытии, что особенно заметно при тонких пленках. При этом снижается блеск покрытия и повышается удержание грязи на покрытии, ухудшая его декоративные свойства. При чрезмерной шероховатости подложки лакокрасочный материал, особенно при повышенной вязкости, может не проникать в глубокие и узкие впадины на окрашиваемой поверхности, создавая очаги будущей коррозии.

Имеются различные способы получения требуемой шероховатости подложки: выбор способа обработки; выбор материала, размера и формы частиц абразива; изменение энергии удара частиц и др.

9.14.2. Общие понятия о структуре и профиле поверхности.

Большинство терминов и определений профиля поверхности взяты из стандарта ISO 4287:1997 «Технические требования к геометрии изделий (GPS) – Структура поверхности: Профильный метод – Термины, определения понятий и параметры структуры». Эти термины необходимо освоить для интерпретации и понимания структуры поверхности и правильного использования инструментов для определения ее параметров.

Структура (текстура) поверхности (Surface texture) – это повторяющиеся и случайные отклонения от геометрической (номинальной) поверхности, которые формируют трехмерную топографию поверхности. Можно сказать, что текстурой поверхности является то, что осталось после того, как была удалена общая форма поверхности.

Профиль поверхности – профиль, полученный в результате пересечения этой поверхности с заданной плоскостью;

Профиль поверхности разделяют на длинноволновые и коротковолновые компоненты с помощью **фильтра профиля (Profile filter)**. Применяются три типа фильтров используемых в приборах для измерений шероховатости, волнистости и полного профиля:

- **Фильтр профиля λ_s** – фильтр, определяющий переход от шероховатости (микронеровностей) к еще меньшим длинам волн;
- **Фильтр профиля λ_c** – фильтр, разделяющий неровности, относящиеся к шероховатости, от волнистости;
- **Фильтр профиля λ_f** – фильтр, определяющий переход от волнистости к еще большим неровностям на поверхности;

Различают следующие основные виды профилей:

Исходный (первичный) профиль (Primary profile) является базой для оценки параметров исходного профиля. Он определяется как полный профиль после применения коротковолнового фильтра с отсечкой «шумов» с шагом меньше λ_s . Размеры щупа окончательно срезают очень короткие волны, и на практике этот эффект механического фильтрования часто используется при отсутствии λ_s фильтра.

Профиль шероховатости (Roughness profile) определяется как профиль, выделенный из исходного профиля подавлением длинноволновых составляющих, используя профильный фильтр λ_c .

Профиль волнистости (Waviness profile) – профиль, выделенный применением к исходному профилю поверхности фильтра профиля λ_f , подавляющего длинноволновые составляющие, и фильтра профиля λ_c , и подавляющего коротковолновые составляющие.

Этапы выделения и оценки профиля показаны на рисунке 9.114.

Согласно нормам ISO 4287 тип профиля поверхности обозначается:

- **R (roughness)** – профиль шероховатости;
- **W (waviness)** – профиль волнистости;
- **P (primary)** – первичный (исходный) профиль.

Разделение профиля поверхности по его типам показано на рисунке 9.115.



Рисунок 9.114. – Блок-схема оценки профиля шероховатости поверхности.

Компонента длинноволнового профиля волнистости (см. рисунок 9.115), выделенного с помощью фильтра профиля λ_s , соответствует **средней линии (Mean line)** профиля шероховатости – базовой линии для оценки профиля расчета его параметров.

Среднюю линию с высокой степенью точности можно представить как среднеарифметическую линию, у которой площади, ограниченные среднеарифметической линией, и профилем выступов и впадин равны между собой.

Схема профилирования поверхности, этапы подбора фильтра профиля и рекомендуемые размеры игольчатого штифта приведены на рисунке 9.116.

К общим терминам, касающимся профиля поверхности, относят также (см. рисунок 9.117):

- **Базовая длина (элементарный отрезок) (sampling length) l_p , l_r , l_w** – это длина в направлении оси X, используемая для идентификации неровностей, которые характеризуют оцениваемый профиль. Нормирование базовой длины подразумевает, что элементы профиля слишком большой длины при оценке поверхности не учитываются. Базовая длина l_r для профиля шероховатости и базовая длина l_w для профиля волнистости численно равны длине волны фильтров профиля λ_s и λ_f , соответственно. Базовая длина исходного профиля l_p равна длине оценки;
- **Длина оценки (evaluation length) l_n** – длина отрезка средней линии, использованная для оценки профиля. Длина оценки может содержать одну или более базовых длин. ISO 4288-1996 рекомендует использование пяти базовых длин, как основу оценки текстуры и, если используется другое число, то это число включается в обозначение, например Ra2;
- **Длина измерения (total traverse length) l_t** – полная длина отрезка профиля, измеренная прибором;



Рисунок 9.115. – Типы профилей поверхности: P_t , W_t и R_t – общая высота соответственно для первичного профиля, профиля волнистости и шероховатости на полном отрезке измерения; l_n – длина оценки (evaluation length).

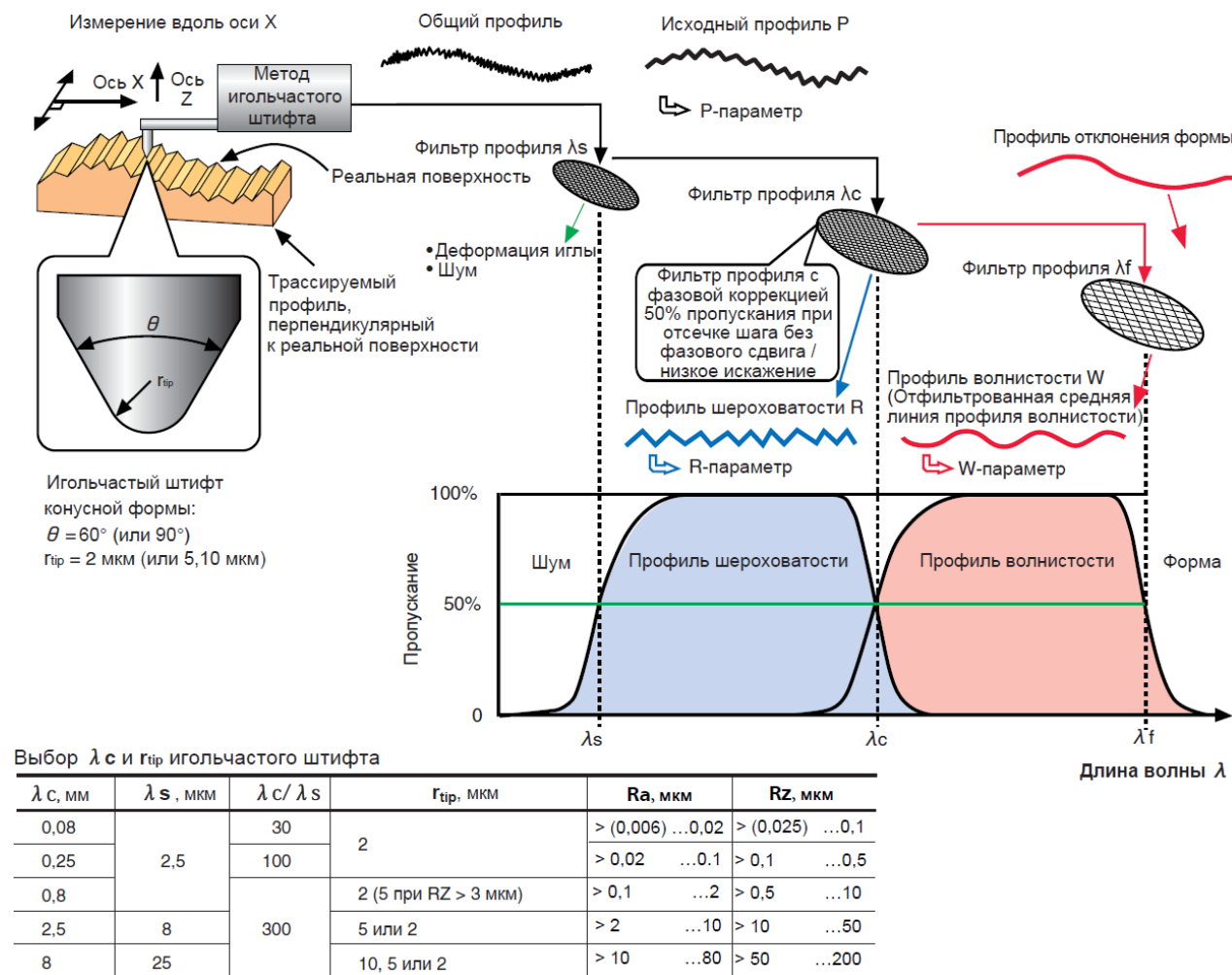


Рисунок 9.116. – Профилирование поверхности и этапы подбора фильтра.

- **Выступ (впадина) профиля (mean peak, profile valley)** – часть оцениваемого профиля, обращенная наружу (внутри) материала, соединяющая соседние точки пересечения профиля со средней линией;
- **Элемент профиля (profile element)** – часть профиля от точки пересечения его со средней линией до точки, в которой профиль еще раз пересекает среднюю линию в том же направлении (например, снизу вверх относительно средней линии);
- **Высота выступа профиля (Profile peak height) Z_p** – это расстояние между осью X и самой высокой точкой выступа профиля;
- **Глубина впадины профиля (Profile valley depth) Z_v** – это расстояние между осью X и самой низкой точкой впадины профиля;
- **Высота элемента профиля (Profile element height) $Z_t = Z_p + Z_v$** – сумма высоты выступа и глубины впадины элемента профиля.
- **Ширина элемента профиля (Profile element width) X_s** – длина отрезка средней линии, ограниченная контуром элемента профиля;

Размеры Z_v , Z_p и Z_t измеряются в пределах одного элемента профиля.

9.14.3. Параметры профиля шероховатости поверхности.

Параметры, описанные ниже, могут быть рассчитаны для любого профиля. Первая заглавная буква в обозначении параметра означает тип рассматриваемого профиля: R, W или P. Здесь будут рассматриваться только параметры профиля шероховатости (R). Параметры амплитуды профиля шероховатости приведены в таблице 9.30.

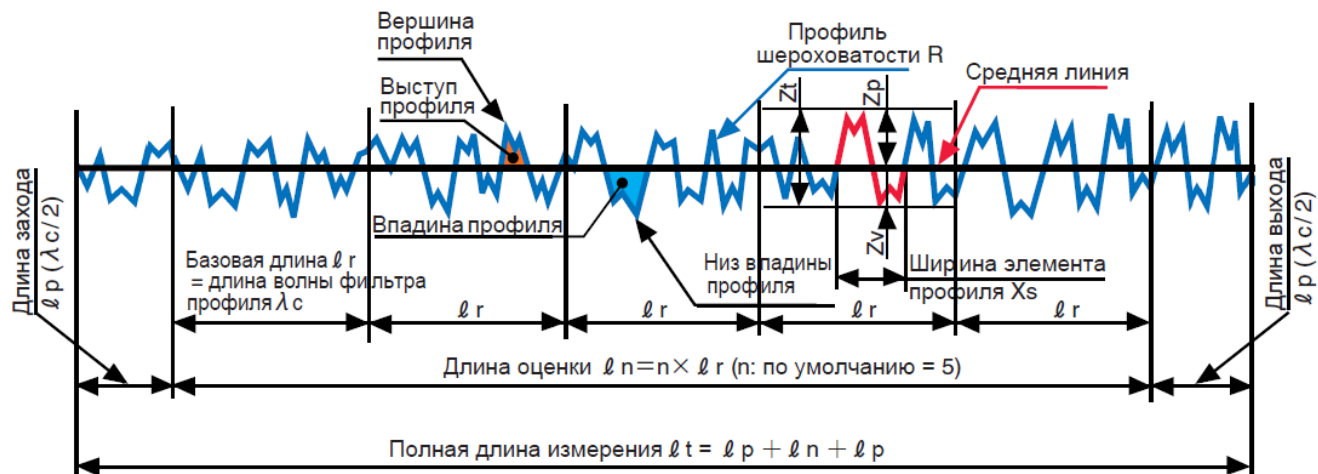


Рисунок 9.117. Схема к определению высотных характеристик профиля.

Таблица 9.30. – Параметры амплитуды профиля шероховатости.

Наименование параметра	Обозначение	Определение параметра	Графическая интерпретация
Максимальная высота выступа профиля (Maximum profile peak height)	Rp	Наибольшая высота выступа профиля Z_p на базовой длине l_r : $R_p = \max (Z_p i)$	
Максимальная глубина впадины профиля (Maximum profile valley depth)	Rv	Наибольшая глубина впадины профиля Z_v в пределах базовой длины l_r : $R_v = \min (Z_v i)$	
Максимальная высота профиля (Maximum height of profile) по ISO 4287:1997*	Rz	Сумма наибольшей высоты выступа профиля R_p и наибольшей глубины впадины профиля R_v в пределах базовой длины l_r : $R_z = R_p + R_v$	
Средняя высота элементов профиля (mean height of profile elements)**	Rc	Среднее значение высоты элемента профиля Z_t в пределах базовой длины l_r : $R_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z_{t_i}$ где m – число элементов профиля на базовой длине	

Продолжение таблицы 9.30.

Наименование параметра	Обозначение	Определение параметра	Графическая интерпретация
Полная высота профиля (Total height of profile)	Rt	Сумма наибольшей высоты выступа профиля Z_p и наибольшей глубины впадины профиля Z_v в пределах длины оценки l_n : $R_t = \max(R_{pi}) + \max(R_{vi})$	
Арифметическое среднее отклонение оцениваемого профиля (Arithmetical mean deviation of the assessed profile)***	Ra	Среднее арифметическое абсолютных значений ординат $Z(x)$ в пределах базовой длины l_r : $R_a = \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} z(x) dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i $	

* В ISO 4287-1:1984 символ **Rz** использовался для обозначения высоты неровностей по десяти точкам. Сегодня известно не менее 5 вариантов параметра Rz, описанных в различных национальных и международных стандартах, поэтому, применяя приборы для измерений параметров шероховатости, необходимо определиться, какой параметр Rz измеряет прибор, так как различия между результатами, полученными с различными типами приборов не всегда пренебрежимо малы.

** Параметр **Rc** идентичен параметру Rz по ISO 4287:1984 с отличием количества учитываемых высот выступов и впадин в пределах базовой длины. Этот параметр требует разрешения прибора по высоте и по шагу. Если не оговаривается отдельно, разрешение прибора по высоте элемента профиля должно быть 10 % от Rz. Шаговое разрешение должно составлять 1 % от базовой длины. Должны выполняться оба эти условия.

*** Значение **Ra**, определенное на базовой длине, характеризует среднюю амплитуду профиля шероховатости, поэтому единичный нетипичный выступ или впадина незначительно влияют на значение **Ra**.

Практически, среднее значение **Ra** определяется в пределах нескольких последовательных базовых длин, по стандарту ISO 4288 на 5. Это гарантирует, что Ra является представительным параметром для измеренной поверхности.

Ra не содержит, однако, никакой информации о форме неровностей профиля. Можно получить одинаковые значения Ra для поверхностей, имеющих совершенно разный профиль, и поэтому полезно дополнительно указывать технологический процесс, используемый для получения поверхности.

9.14.4. Способы испытания характеристик шероховатости.

При оценке рельефа с точки зрения подготовки поверхности под окраску обращают внимание, главным образом, на шероховатость поверхности. Необходимо добиваться оптимальной шероховатости применительно к конкретному виду покрытия.

Способы измерения шероховатости:

- Визуальный (сравнение по компараторам).
- Бесконтактный (при помощи микроскопа).
- Контактный (профилометр или глубиномер-микрометр).

Измерение шероховатости может выполняться:

- Непосредственно на подготавливаемой к окрашиванию поверхности.

- На образцах-свидетелях, получаемых параллельно с подготовкой основной поверхности на плоском, эквивалентном по своим свойствам образце стали, который подвергается струйной очистке по той же процедуре, что и тестируемая поверхность и с использованием такого же абразива. Этот метод используют, когда характер первичного (необработанного) профиля стальной поверхности, предназначенной для абразивоструйной обработки, препятствует оценке шероховатости вторичного профиля.
- На образцах-копиях, изготавливаемых в виде своеобразного «негатива» (реплики) исследуемой поверхности (это значит, что выступы становятся впадинами, а впадины – выступами).

Шероховатость поверхности после абразивоструйной обработки перед окрашиванием оценивают по **стандарту ISO 8503**.

ISO 8503 состоит из следующих частей под общим заголовком: «Подготовка стальной поверхности перед нанесением краски или родственных продуктов. Испытания характеристики шероховатости стальной поверхности после струйной очистки»:

- Часть 1:2012. Компараторы ISO для сравнения профилей поверхности при их оценке после абразивоструйной очистки. Технические условия и определения
- Часть 2:2012. Метод классификации профиля поверхности стали, подвергнутой абразивно-струйной очистке. Методика с применением компаратора.
- Часть 3:2012. Метод калибровки компараторов ISO для сравнения профилей поверхности и метод определения профиля поверхности. Метод с применением фокусирующего микроскопа.
- Часть 4:2012. Метод калибровки компараторов ISO для сравнения профилей поверхности и метод определения профиля поверхности. Методика с применением измерительного прибора со щупом.
- Часть 5:2003. Определение профиля поверхности методом отпечатка на ленте.

Общество защитных покрытий SSPC для оценки шероховатости поверхности использует Стандарт SSPC-PA 17, “Determining Compliance with Specified Profile Range” (“Определение соответствия заданному уровню профиля”) (2012 г.). Согласно этому стандарту параметры шероховатости поверхности оцениваются как минимум в трех местах на каждой поверхности, подготовленной отдельной единицей оборудования, используемого во время рабочей смены или 12-часового периода.

SSPC-PA 17 ссылается на два стандарта ASTM, используемые для определения профиля поверхности стали:

1) ASTM D4417-14 – Стандартные методы испытаний для полевых измерений профиля стальной поверхности, очищенной абразивоструйным способом. Этот стандарт для полевых измерений предусматривает три метода оценки шероховатости:

- Визуального компаратора;
- С применением микрометра-глубиномера;
- Отпечатков на ленте.

2) ASTM D7127-13 – Стандартный метод испытаний для измерения шероховатости металлической поверхности после абразивоструйной очистки с помощью портативного прибора с измерительным штифтом.

– Один инструмент считывает три характеристики – профиль, количество выступов и максимальное расстояние от пика до впадины.

Число измерений в каждой точке определяется стандартом ASTM D4417 или D7127, или не менее 3-х измерений, если не предусмотрено стандартом ASTM.

9.14.5. Компараторы для сравнения профилей поверхности.

После абразивоструйной очистки стальные поверхности имеют определенные неровности, которые носят случайный и нерегулярный характер, трудно поддающиеся оценке. Дать точную оценку профиля такой поверхности крайне затруднено.

Для визуальной оценки профиля поверхности (шероховатости), очищенной абразивоструйным способом применяют компараторы шероховатости.

Существует три вида компараторов:

- Компаратор Rugotest (распространены в странах ЕЭС, соответствуют стандартам NF/E05-051 и ISO 2632, предназначены в основном для машиностроения, Rugotest № 3 приемлем для оценки шероховатости подготовленной к окраске поверхности абразивоструйным методом).

Имеет прямоугольную форму (рисунок 9.118), а образцы, очищенные струйным способом, группируются вертикально в соответствии с формой абразивов, которые использовались при очистке. Образцы слева, обозначенные буквой А, были очищены дробеструйным способом, а образцы справа, обозначенные буквой В, были очищены пескоструйным способом. Тонкость абразива также делится на:

- а – для крупного зерна или
- б – для мелкого зерна.

Средние значения шероховатости R_a можно считать равными $N_6 = 0,8$; $N_7 = 1,6$; $N_8 = 3,3$; $N_9 = 6,3$; $N_{10} = 12,5$ и $N_{11} = 25$ мкм.

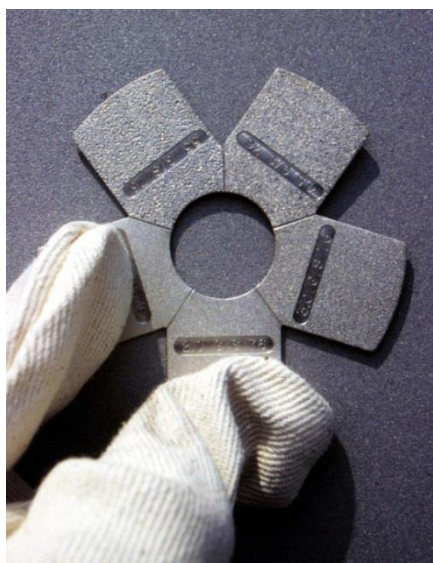


Рисунок 9.119. Компаратор Keane-Tator.



Рисунок 9.118. Компаратор Rugotest № 3.

Доступны также компараторы Rubert – у которых версии А и В выполнены на разных пластинах.

- Компараторы Keane-Tator (распространены в США, одобрены NACE, соответствуют ASTM D-4417)

Компараторы Keane-Tator (рисунок 9.119) предназначены для поверхностей, очищенных абразивоструйным способом с помощью песка (Sand), сферической дроби (Shot), или шлака (Grit) и имеют пятилепестковую форму с отверстием посередине. Каждый лепесток имеет свой профиль поверхности, который у разных производителей может отличаться:

- Лепестки компараторов производства TQC (Голландия) имеют профиль поверхности: 0,5; 1; 2; 3 и 4 мил (микродюймов) независимо от версий компараторов Sand, Shot или Grit.
- У производителя Elcometer (США) Sand-компаратор имеет размеры профилей по секциям 0,5; 1; 2; 3 и 4 мил (микродюйм-

мов). Размеры профилей по секциям Grit-компаратора: 1,5; 2; 3; 4 и 5 мил. Shot-компаратор имеет размеры профилей: 2; 2,5; 3; 4 и 5,5 мил.

Измерение шероховатости выполнялись путем фокусировки калиброванного оптического микроскопа сначала на самом высоком пике, а затем на самой низкой впадине в поле зрения микроскопа, отмечая, что расстояние перемещения было выполнено при 250-кратном увеличении (диаметр поля 18 мил) и 100-кратном увеличении (диаметр поля 45 мил). Измерения при более высоких увеличениях предпочтительнее, когда измеряются «тонкие» профили из-за большей точности из-за меньшей глубины резкости. Измерение «грубых» профилей выполняется при меньшем увеличении, чтобы включить большее количество пиков.

- Компаратор ISO (распространены в странах ЕЭС).
Компараторы состоят из четырех сегментов, очищенных абразивоструйным или дробеструйным способом. Обратная сторона компаратора помечена либо буквой S, либо буквой G.

Компараторы Rugotest, Rubert и Keane-Tator применялись до появления компараторов ISO, но все еще находят применение. Наиболее распространенными являются компараторы ISO, технические характеристики которых соответствуют стандарту ISO 8503-1.

Поверхности, очищенные перед окраской абразивоструйным способом, стандарт ISO 8503-2 предусматривает делить по форме на профили, имеющие острые края неровностей, в случае применения абразивного материала в форме крошки, и на профили, имеющие плавные (закругленные) края неровностей, когда в качестве абразивного материала для струйной очистки применялась литая металлическая дробь сферической формы. В зависимости от крупности применяемого абразива, в обоих случаях профиль подразделяют на тонкий, средний и грубый. Наиболее простым и доступным методом оценки примерных количественных параметров профиля шероховатости (тонкий, средний или грубый) и фиксации типа профиля по форме применяемого абразива предусматривается использование ISO-компараторов.

9.14.5.1. Компараторы ISO.

Компараторы ISO применяются:

- Для выполнения по месту производства антикоррозионных работ визуальной и тактильной (осязательной) оценки шероховатости стальных поверхностей, подготовленных абразивоструйной очисткой до степени не ниже Sa2 ½ или Sa 3 перед нанесением лакокрасочных и других защитных покрытий.
- В случае необходимости, могут быть использованы для оценки профиля шероховатости других оснований, очищенных абразивоструйным способом и, кроме того, их использование не ограничивается только поверхностями, подлежащими окрашиванию.

ISO-компаратор представляет собой плоскую пластину, изготовленную из нержавеющей стали, с отверстием посередине, разделенную на четыре сегмента, на поверхности которых выполняется формовка позитивных копий эталонных образцов профилей шероховатости (рисунки 9.120).

Образцы профилей шероховатости получают на плоской пластине из мягкой стали достаточной толщины, не допускающей искривления после абразивоструйной очистки. В зависимости от формы применяемого абразива стандарт ISO 8503-2 предусматривает **два типа компараторов** для сравнения шероховатости:

1. Компаратор G (Grit) – компаратор с профилями поверхности, соответствующими поверхностям, полученным абразивоструйной очисткой с применением металлической или минеральной крошки.

2. Компаратор S (Shot) – компаратор с профилями поверхности, соответствующими поверхностям, полученным абразивоструйной очисткой с применением металлической сферической дроби.

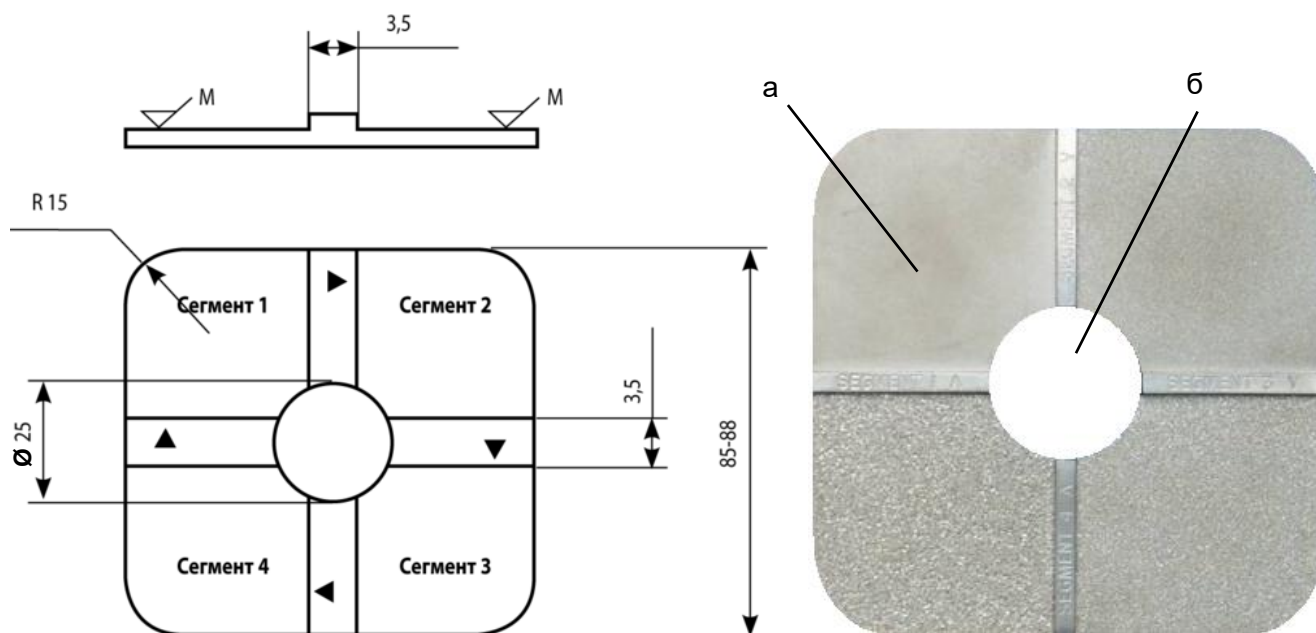


Рисунок 9.120. – ISO-компаратор профиля шероховатости поверхности:
а - сегмент эталонного профиля; б - отверстие.

Номинальные величины и допуски на профили поверхности сегментов ISO-компараторов приведены в таблице 9.31.

Таблица 9.31. – Номинальные величины и допуски на профили поверхности сегментов ISO-компараторов.

Сегмент	Номинальное показание параметра шероховатости*, мкм	Допуск, мкм
Для компараторов G		
1	25	3
2	60	10
3	100	15
4	150	20
Для компараторов S		
1	25	3
2	40	5
3	70	10
4	100	15

* При использовании метода с применением фокусирующего микроскопа по стандарту ISO 8503-3 номинальное показание параметра относится к средней максимальной высоте от пика до впадины \bar{h}_y (см. п. 3.8. стандарта ISO 8503-1), т.е. среднее арифметическое нескольких расстояний h_y (для не менее 20 полностью различных непересекающихся полей зрения микроскопа) по вертикали между самым высоким пиком и самой низкой впадиной в поле зрения микроскопа (3.7.).

При работе с мерительным штифтом по стандарту ISO 8503-4 номинальное показание относится к общей средней максимальной высоте от пика до впадины \bar{R}_{y5} (см. п. 3.12. стандарта

ISO 8503-1), т.е. среднеарифметической величине ряда определений (не менее десяти) R_{y5} .
Здесь R_{y5} – максимальная высота от пика до впадины для пяти смежных единичных отрезков базовых длин (длин выборки).

Свидетельство о калибровке компаратора должно иметь каждый такой инструмент с изложением:

- способа определения профиля поверхности,
- вычисленного допуска,
- калиброванного профиля поверхности каждого сегмента в микронах,
- изготовителя инструмента,
- его номер, серию и дату изготовления

Убедитесь, что компараторы калиброваны, каждые 6 месяцев (см. ISO 8503-1). Компараторы требуют бережного обращения, если существует какой-либо поверхностный износ, перекалибруйте компараторы перед дальнейшим использованием. Компараторы в обиходе могут требовать перекалибровки каждые три месяца. Каждый раз, когда возникают разногласия, перекалибруйте компаратор прежде, чем оценить испытательную поверхность.

Компаратор считается калиброванным при условии, что при измерении каждого из профилей на эталонной поверхности одним из методов, описанных в стандартах ISO 8503-3 или ISO 8503-4, величины для всех профилей не выходят за пределы соответствующих номинальных значений и допусков, определяемых в таблице 9.31.

Часто используемые компараторы следует проверять с помощью такого же нового с интервалами в три месяца или когда на поверхности обнаружатся следы износа или повреждения. Если при сравнении с новым компаратором сегмент использованного блока показывает другой результат (см. стандарт ISO 8503-2) при оценке профиля поверхности, использованный блок подлежит повторной калибровке.

Если в любое время компаратор не соответствует диапазону, представленному в таблице 9.31, или визуальная оценка чистоты поверхности блока сравнения не соответствует Sa 2½ либо Sa3, компаратор подлежит уничтожению.

Интервалы классификации профилей "тонкий", "средний", "грубый" идентичны для обоих типов компараторов (G и S) относительно 4-х сегментов и должны соответствовать:

- Тонкий (Fine) – шероховатость между сегментами 1 и 2, но ниже, чем сегмента 2.
- Средний (Medium) – шероховатость между сегментами 2 и 3, но ниже, чем сегмента 3.
- Грубый (Coarse) – шероховатость между сегментами 3 и 4, но ниже, чем сегмента 4.

Если профиль участка исследуемой поверхности имеет уровень ниже «тонкого» (сектор 1), то делается запись «очень тонкий» (Finer-than-fine). Если профиль поверхности на исследуемом участке имеет уровень выше «грубого» (сектор 4), то делается запись «очень грубый» (Coarser-than-Coarse).

Порядок применения компараторов для классификации профилей стальных поверхностей после абразивоструйной обработки предусматривает:

- 1) С исследуемой поверхности удаляется вся осевшая на нее пыль и мусор.
- 2) Подбирается тип компаратора (G или S), соответствующий профилю исследуемой поверхности, который располагается на исследуемом фрагменте поверхности.

В случае применения смеси сферической и колотой дроби может быть использован компаратор G.

Поочередно сравниваются исследуемая поверхность с четырьмя сегментами компаратора, используя для этого, в случае необходимости, лупу с увеличением, не превышающим $\times 7$. Лупа располагается так, чтобы в ней было одновременно видна исследуемая поверхность и сегмент компаратора.

Определяется профиль компаратора, соответствующий (близкий) профилю исследуемой поверхности и, исходя из этого, определяется уровень шероховатости: "тонкий", "средний" или "грубый".

Если визуальная оценка затруднена, то может быть применена тактильная оценка (оценка на "ощупь") путем поочередного передвижения по поверхности ногтя пальца (или специальной деревянной палочки (стилус-инструмента), по исследуемой поверхности и поверхностям сегментов компаратора.

3) Повторяется испытание с компаратором для следующего участка исследуемой поверхности. Частота повторения испытаний и номинальное расстояние между каждой отдельной оценкой могут быть объектом специальной договоренности между заинтересованными сторонами.

4) Записываются полученные значения уровня шероховатости для всех участков исследуемой поверхности.

5) Если характер первичного (необработанного) профиля стальной поверхности, предназначенной для абразивоструйной обработки, препятствует оценке шероховатости вторичного профиля, то оценка выполняется на плоском, эквивалентном по своим свойствам образце стали, который подвергается струйной очистке по той же процедуре, что и тестируемая поверхность и с использованием такого же абразива, а в отчете об оценке шероховатости указывается:

- а) непосредственная оценка вторичного профиля оказалась невозможной вследствие состояния стальной поверхности, в которой она находится перед струйной очисткой;
- б) процесс струйной очистки, в результате которого получен вторичный профиль (**указать «тонкий», «средний» или «грубый»** уровень) был выполнен на плоском образце, эквивалентном по своим свойствам тестируемому материалу.

Примечания:

1. Необходимо рассмотреть, оказалось ли влияние первичного профиля на профиль, полученный после струйной очистки, таким, что исходные условия нанесения лакокрасочного покрытия необходимо будет пересматривать.

2. В случае повторной абразивоструйной очистки поверхности, первичный профиль может определить вторичный профиль, который может отличаться от обычно ожидаемого при применении такого же абразива и выполнении подготовки поверхности по той же процедуре, что и при данной вторичной струйной очистке.

б) В случае сомнений или несогласий репрезентативные образцы поверхностей могут быть доставлены и измерены в соответствии с тем, как это описано в стандартах ISO 8503-3, и ISO 8503-4 или измерены по месту согласно ISO 8503-5. В случае отсутствия согласия измерения, описанные в стандарте ISO 8503-3, осуществляются в порядке арбитража.

Отчет о классификации профилей стальных поверхностей после абразивоструйной обработки с применением компаратора содержит:

- 1) Обозначение тестируемой стальной поверхности.
- 2) Ссылки на стандарт (ISO 8503-2).
- 3) Дополнительную информацию, предусмотренную в разделе "Введение" стандарта ISO 8503-2;

4) Сведения о степени ржавления стальной поверхности перед осуществлением абразивной струйной очистки, описание использованного метода абразивной струйной очистки (согласно ISO 8504-2) и примененного абразивного материала;

5) Результат испытаний, в том числе, количество выполненных, обозначение использованного компаратора и выполнение прямой (непосредственной) оценки оказалось возможным или нет.

6) В случае сомнений или наличия несогласий - описание использованного метода измерений и полученные значения оценок профиля.

7) Все имевшие место отклонения (по договоренности или без таковой) от описанной процедуры.

8) Фамилию оператора.

9) Дату испытаний.

Рекомендации по обращению с компараторами шероховатости:

- Компаратор требует такого же осторожного обращения, как любой другой точный прибор.
- Когда блок не используется, его следует поместить в защитный футляр.
- Запрещается класть компаратор лицевой поверхностью вниз на шероховатые поверхности несмотря на защитные полоски.
- Если компаратор покрылся налетом, надлежит промыть его раствором моющего состава и мягкой щеткой.
- При увлажнении блока его вытирают мягкой тканью.

9.14.6. Метод определения профиля поверхности с применением фокусирующего микроскопа.

Суть метода (ISO 8503-3) заключается в использовании оптического микроскопа, имеющего откалиброванный фокусирующий механизм, и предназначен для лабораторного измерения параметров профиля как непосредственно на поверхности стали после абразивоструйной очистки, так и в случае, когда вместо профиля самой поверхности измеряется профиль аналогичного ей образца (образца-копии или образца-реплики).

Метод предполагает получение усредненных максимальных значений серии измерений неровностей (выступов и впадин), полученных с помощью фокусировки данного микроскопа.

Причем, фокусировка делается вначале на самый максимальный выступ, а затем на самую низкую впадину в одном и том же поле зрения, фиксируя при этом величину перемещения предметного столика микроскопа (или объектива).

Этот метод требует осуществления серии трудоемких измерений, но он обеспечивает хорошую точность и согласованность результатов, полученных в различных лабораториях и различными операторами.

Область применения фокусирующего микроскопа для определения профиля поверхности:

- Калибровка компараторов ISO, предназначенных для определения характеристик профиля поверхности в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 8503-1.
- Определение профиля поверхностей, характеризующихся значениями величины \bar{h}_y (ISO 8503-1) в пределах $\bar{h}_y = 20-200$ мкм и являющимися практически плоскими стальными поверхностями. Такое определение может быть выполнено на соответствующем фрагменте исследуемой поверхности подвергнутой абразивной струйной очистке, а также на

образце, эквивалентном по своим характеристикам исследуемой (в случае, если непосредственное измерение этой поверхности оказывается невозможным) – на образце, эквивалентном по своим характеристикам исследуемой поверхности.

- Определение профиля поверхностей образца-реплики.

Процедура калибровки компараторов и определение профиля поверхности с применением микроскопа:

1) Установка поверхности под объектив микроскопа, чтобы контур поля зрения микроскопа находился не ближе 5 мм от края измеряемой поверхности. Освещение исследуемой поверхности должно быть в плоскости, перпендикулярной ей. Фокус микроскопа должен находиться примерно на поверхности.

2) Поднимать объектив, пока все участки исследуемого поля зрения не выйдут из фокуса. Затем медленно опустить объектив, используя для этого рукоятку точной регулировки до момента, когда первая точка исследуемого фрагмента поверхности не окажется точно в фокусе. Записать показатель на шкале верньера как значение hp_1 , соответствующее самому высокому выступу в первом поле зрения.

3) Опускать объектив, пока все участки исследуемого поля зрения не выйдут из фокуса. Затем медленно поднимать объектив до того момента, когда первая точка на наблюдаемом фрагменте не попадет точно в фокус. Записать показание hv_1 на шкале верньера, как значение, соответствующее глубине самой глубокой впадины в исследуемом поле зрения.

4) Делается корректировка на мертвый ход.

5) Разность между полученными значениями ($hp_1 - hv_1$) и является значением величины hy_1 для первого поля зрения.

Повторять процедуру, пока величина hy_i не будет определена для каждого из $m \geq 20$ полностью разных (непересекающихся) полей зрения, равномерно распределенных на исследуемой поверхности, однако расположенных не менее чем в 5 мм от любого ее конца.

6) Рассчитать среднее значение:
$$\bar{h}_y = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m h_{yi} ,$$

где m – число элементов профиля, замеренных микроскопом, но не менее 20.

7) Среднее квадратичное отклонение для значений максимальной высоты профиля исследуемой поверхности должно быть менее одной трети среднего значения \bar{h}_y . В противном случае необходимо повторить процедуру измерений и вычислить новое значение среднего квадратичного отклонения уже по 40 измерениям.

8) Если после второго этапа измерений на компараторе значение среднего квадратичного отклонения по-прежнему составляет более одной трети среднего значения \bar{h}_y , то необходимо использованный компаратор, как не удовлетворяющий требованиям единообразия (как несоответствующий стандарту) забраковать.

9.14.7. Метод определения профиля поверхности прибором с измерительным штифтом.

Основные положения метода (ISO 8503-4).

Используется прибор (рисунок 9.121) с мерительным штифтом (см. ISO 3274 и ISO 5436), снабженный алмазно-мерительной иглой с радиусом наконечника 5+1 мкм. Штифт должен

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

проходить со скоростью движения не выше 1,0 мм/с по длине оценки $l_n = 12,5$ мм, которая должна включать пять базовых длин $l_r = 2,5$ мм.

Используется прибор (рисунок 9.121) с мерительным штифтом (см. ISO 3274 и ISO 5436), снабженный алмазно мерительной иглой с радиусом наконечника $5+1$ мкм. Штифт должен проходить со скоростью движения не выше 1,0 мм/с по длине оценки $l_n = 12,5$ мм, которая должна включать пять базовых длин $l_r = 2,5$ мм.

Перед началом измерений провести визуальный осмотр поверхности, подлежащей измерению и убедиться в том, что она не разрушена. Слегка почистить поверхность сухой щеткой с тонкой щетиной для удаления пыли и затем аналогичной щеткой промыть поверхность уайт-спиритом для удаления остатков смазки. Перед испытанием дать поверхности просохнуть.

Измерения выполняются в следующей последовательности:

1) Измеряются пики и впадины с помощью вертикального перемещения мерительного штифта, пересекающего опытную поверхность в направлении движения по первой длине оценки.

2) В пределах каждой из пяти базовых длин l_r определяется максимальная высота профиля $R_{y(i)}$ ($i=1...5$) (см. рисунок 9.122).



Рисунок 9.121. – Профилометр с мерительным штифтом.

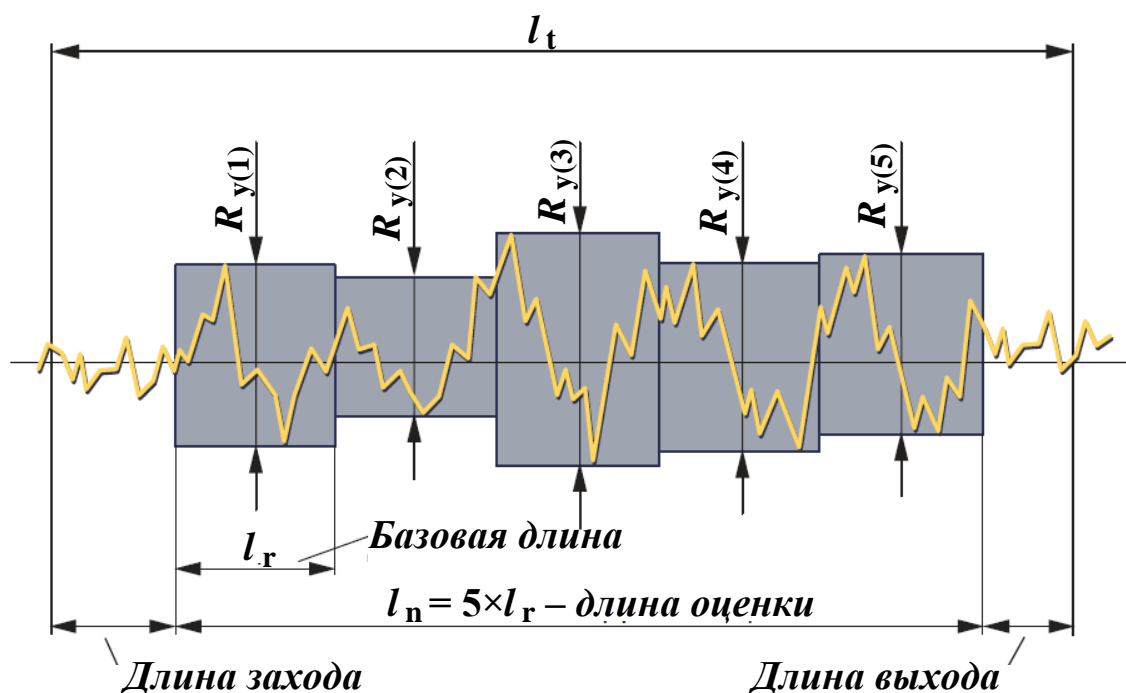


Рисунок 9.122. – Измерение максимальных высот профиля в пределах пяти базовых длин l_r .

3) Рассчитывается средняя максимальная высота от пика до впадины R_{y5} по всей длине оценки l_n :

$$R_{y5} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 R_{y(i)}.$$

4) Повторяется процедура измерений, вышеописанных в пунктах 1 - 3, для получения величин R_{y5} , по меньшей мере, для десяти длин оценки, равномерно распределенных по поверхности блока сравнения или опытного участка. Число длин оценок в любом направлении не должно превышать четырех (см. рисунок 9.123). При этом измерения должны проводиться на участке не менее 5мм от края.

5) Вычислить общую среднюю максимальную величину \bar{R}_{y5} для десяти значений R_{y5} для каждой исследуемой поверхности:

$$\bar{R}_{y5} = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} R_{y5j}$$

Если среднеквадратическое отклонение меньше 20% от \bar{R}_{y5} , записывают его значение и общую среднюю максимальную высоту от пика до впадины в виде значения \bar{R}_{y5} .

6) Если метод используется для калибровки компараторов и полученное стандартное отклонение превышает 20% от \bar{R}_{y5} , повторить процедуру измерений и получить общую среднюю максимальную величину и среднеквадратическое отклонение для 20 показаний. Если это среднеквадратическое отклонение также превышает 20% \bar{R}_{y5} , ISO-компаратор бракуют, так как профиль не обладает достаточной однородностью.

7) Если данный метод используется для определения профиля поверхности после абразивоструйной очистки либо непосредственно, либо по копии, вместе со среднеквадратическим отклонением и общей средней максимальной величиной \bar{R}_{y5} записывают и максимальное показание R_{y5} для выявления степени однородности шероховатости поверхности.

В практике абразивоструйной подготовки поверхностей и контроля шероховатости пока еще часто используются прежние параметры шероховатости R_a , R_z , R_{max} по ныне отмененному стандарту ISO 468:1982, разработанному ранее в основном для применения в машиностроении. В принципе можно пользоваться и этим стандартом, хотя он менее удобен; в этом случае параметр R_z соответствует параметру R_{y5} по ISO 8503.

9.14.8. Метод копий (реplik) для определения профиля поверхности (ISO 8503-5, ASTM D4417C, NACE RP 0287, BS 7079-C5).

Общие сведения об измерениях методом реплик.

Для проверки параметров шероховатости стальной поверхности, предназначенной для нанесения на нее защитного покрытия, часто оказывается непрактичным подготавливать небольшие образцы поверхности, профиль которой необходимо проверить. В этом случае, для определения профиля интересующей поверхности производится измерение образца-эквивалента (копии) данной поверхности.

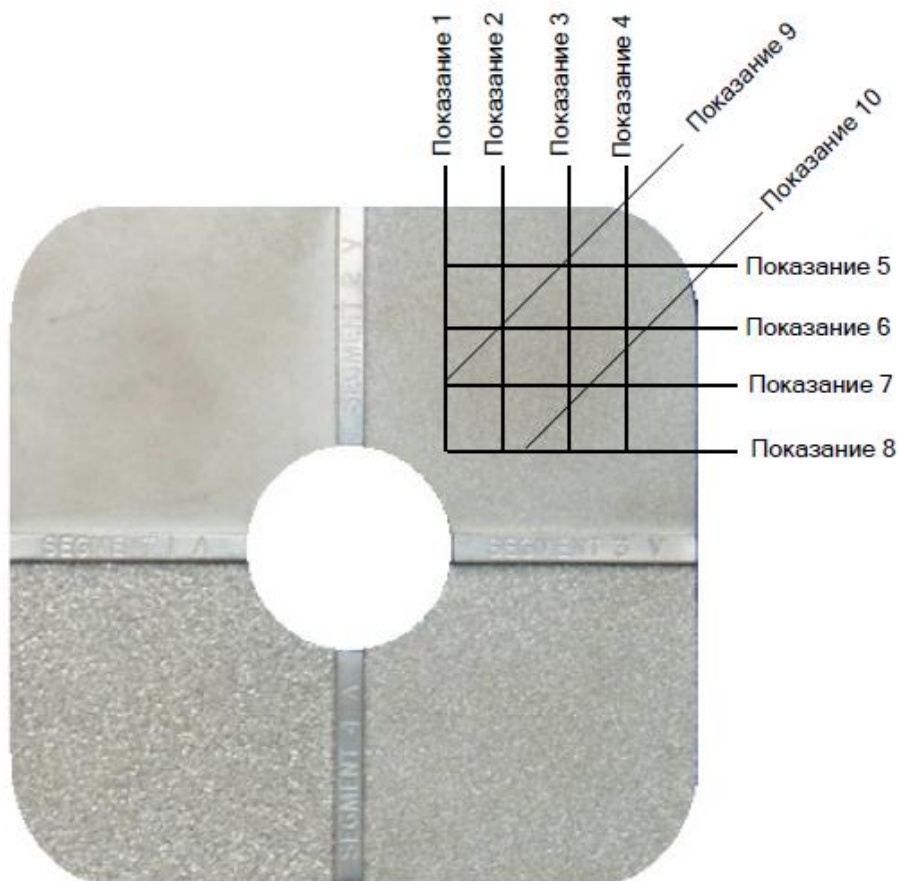


Рисунок 9.123. – Схема направлений отрезков длин оценки для измерения максимальных высот профиля прибором с измерительным штифтом.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

Образец-копия (реплика) изготавливается в виде своеобразного «негатива» исследуемой поверхности (это значит, что выступы становятся впадинами, а впадины – выступами). Однако такая поверхность не оказывает отрицательного влияния на осуществление метода измерений.

Реплика-лента состоит из слоя сжимаемой пены, прикрепленной к несжимаемой полиэфирной подложке (Майлар) с очень однородной толщиной (50 мкм +2 мкм). При нажатии на шероховатую стальную поверхность пена образует отпечаток или обратную копию поверхности. Пена может вминаться примерно до 25% от ее исходной толщины. Поэтому, поскольку самые высокие пики на исходной поверхности сжимаются до подложки из полиэфира, полностью сжатая пена смещается вбок. Точно так же самые глубокие впадины на стальной поверхности создают самые высокие пики в реплике-ленте.

В соответствии с ISO 8503-5 метод копий (реплик) измеряет среднее значение максимальных высот профиля, так как пятки микрометра слегка сдавливают профиль реплики и вследствие этого показание приравнивается к среднему максимальных значений высот, хотя это не эквивалентно математическому среднему. Таким образом, этот метод по существу измеряет среднее значение максимальных расстояний между пиками и впадинами.

Для получения образцов реплик наиболее широко применяются специальные ленты Testex (Elcometer 122), признанные стандартом ASTM D4417 (рисунок 9.124). Лента Testex доступна в 5 диапазонах измерения профиля. Важно, чтобы выбранный диапазон ленты соответствовал диапазону измеряемого профиля. Использование ленты с диапазоном профиля меньше реального значения может привести к неправильным результатам измерения.

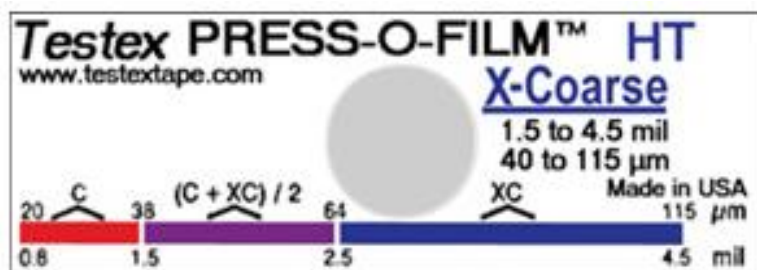


Рисунок 9.124. – Реплика-лента Testex и диапазон измерения профиля.

В одном боксе ленты содержится 50 тестов. Размеры области измерения: 19 x 54 мм. Технические характеристики ленты Testex приведены в таблице 9.32.

Таблица 9.32. – Диапазон профилей ленты Testex (Elcometer 122).

Описание	Диапазон профиля
Лента Testex Elcometer 122 Coarse Minus	12- 25 мкм
Лента Testex Elcometer 122 Coarse	20 - 38 мкм
Лента Testex Elcometer 122 Средняя между Coarse и X-Coarse	38 - 64 мкм
Лента Testex Elcometer 122 X-Coarse	64 - 115 мкм
Лента Testex Elcometer 122 X-Coarse Plus	> 115 мкм

Основные преимущества метода реплик.

Метод реплик для измерения шероховатости поверхности позволяет быстро оценить состояние поверхности после струйной очистки и сохранить физический слепок для включения в отчет как доказательство проведения испытания. Преимуществом метода является также хорошая повторяемость, исключительная простота измерения и низкая стоимость одного теста. Метод широко используется и широко понимается.

Дополнительным преимуществом является тот факт, что, в отличие от методов остроконечных зондов, метод реплики отображает смежную двумерную область, которая является достаточно большой, чтобы получить надежную статистику. Например, в одном электронном

сканирующем устройстве для проверки шероховатости поверхности образец проходит вдоль поверхности с абразивно-струйной обработкой, которая имеет длину 12,5 мм и ширину 10 мкм для общей площади 0,12 мм². Одна пластинка пластиковой реплика-ленты составляет примерно 31 мм², т.е., площадь в 250 раз больше.

Основные недостатки метода реплик.

Однако, наряду с этими преимуществами имеются и недостатки. Наиболее примечательным является тот факт, что этот метод реплик и связанное определение высоты профиля являются аналоговыми процедурами и что каждый класс или высота профиля ленты являются точными только в ограниченном диапазоне высоты профиля. Охватывая диапазон профилей, представляющих наибольший интерес для профессиональных покрытий и жидких облицовок (приблизительно от 20 до 115 мкм), требуется наличие двух видов ленты: «Грубая» (20-38 мкм) и «Сверх-грубая» (38-114 мкм).

Отрицательная характеристика реплики-ленты заключается в том, что измерения наиболее точны вблизи середины диапазона каждого вида и наименее точны на внешних концах диапазона каждого сорта. Вот почему два других класса: Coarse Minus (<20 мкм) и X-Coarse Plus (> 115 мкм) используются для проверки и, при необходимости, регулировки измерений на нижнем и верхнем концах основного диапазона.

Причина потери линейности по концам диапазона каждого вида реплики-ленты зависит от того, как лента сжимается в этих диапазонах толщин. Каждая толщина или вид ленты становится менее точной, так как пики требуют точной подгонки полной толщины копирующей пены.

Во время измерений шероховатости в верхнем конце диапазона оценки ленты пики пены (впадины тестируемой поверхности) имеют небольшое сжатие и могут значительно сжиматься микрометром в форме усреднения по высоте пика. Это занижает точность измерения шероховатости, когда ее высота близка к толщине ленты-реплики.

На предельную точность на нижнем конце диапазона измерений реплики-ленты влияет тот факт, что, как плотно сжатая копирующая пена достигает состояния полного сжатия и может немного расслабляться вследствие упругого деформирования, завышая показания.

Результат измерений, как на верхнем, так и на нижнем диапазоне толщин реплики-ленты, заключается в том, что реакция реплики-пены на сжатие нелинейно связана со степенью сжатия. Кроме того, в любом случае пики пены (впадины поверхности) всегда имеют небольшое сжатие и могут слегка сжиматься микрометром.

Варианты получения образцов-реплик включают в себя применение нерастворимых двухкомпонентных полимеров, которые обеспечивая возникновение поперечных связей, дают твердую сплошную поверхность. Эти полимеры имеют тот недостаток, что они не всегда проникают в самые глубокие впадины с острыми углами, а также состоящий в том, что для отсоединения реплики от стальной поверхности может потребоваться разъединяющий агент. Тем не менее, они обеспечивают достаточно твердую поверхность для осуществления измерений с помощью приборов с измерительным штифтом.

Порядок измерений методом реплик.

Перед тем, как применить тот или иной метод изготовления образцов-реплик, он должен быть проверен на точность не менее чем на 5 образцах поверхности, профиль которых был определен непосредственно. Поверхности этих стальных образцов должны быть обработаны с применением абразива того же типа, что и абразив, который применялся для очистки исследуемой поверхности. Характер профиля такого образца должен соответствовать профилю исследуемой поверхности. Желательно, чтобы профиль образца-реплики отличался от профиля стальной поверхности не более чем на 10%.

9. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Руководство по подготовке инспекторов антикоррозионных работ – 1-й уровень.

Испытания проводят в следующей последовательности:

1. Удаляют всю пыль и мусор с испытательной поверхности.
2. Выбирают соответствующую реплика-ленту (крупную или экстра крупную).

3. На очищенную абразивом поверхность вспененным слоем лента прижимается к шероховатой стальной поверхности, обеспечивая получение неизменяемого слепка неровности профиля поверхности (пик-впадина). Для этого используют твердый, округленный объект (прижимной инструмент), такой как палочка с шариком на конце, для сжатия пены на обработанной абразивом поверхности. Это заставляет пену формировать точный обратный отпечаток (точная копия) фактического профиля поверхности (рисунок 9.125). Прижимают ленту с давлением, достаточным для производства точной копии с однородным проявлением зернистости. Необходимо просто чувствовать шероховатость.



Рисунок 9.125– Метод измерения шероховатости с помощью ленты-реплики.

4. Затем удаляют с поверхности ленту.

5. Для измерения высоты неровностей профиля поверхности, образованного Лентой «Testex» (см. рисунок.9.125), используется толщиномер Elcometer 124 (рисунок 9.126). Размещая сжатую ленту между основаниями толщиномера и вычитая погрешность (толщину 2 мил несжимаемой подложки) получаем значение профиля поверхности.

Калибровка.

Инструменты производителя должны соответствовать всем стандартам толщины покрытия по качеству и использованию, и соответствовать Национальным Калибровочным эталонам.

Реплика лента не требует калибровки. Выберите соответствующий класс ленты для желаемого профиля.

Консультируйтесь с производителем микрометра для проверок и сертификаций. Регулярные проверки калибровки в течение срока службы инструмента являются требованием процедур управления качеством, т.е., ISO 9000 и других аналогичных стандартов.



Рисунок 9.126 – Микрометр Elcometer 124.

Точность и воспроизводимость измерений.

Точность: Стандарт NACE SP0287 рассматривает вопрос точности измерения методом реплик. Он сообщает о результатах круговых испытаний, в которых 14 очищенных абразивом панели были измерены семью лабораториями. Все лаборатории согласились, что точная копия ленты и фокусирующие измерения микроскопом были в пределах их достоверности 95% в 11 из 14 случаев. Средней разницей между двумя типами измерения было 5 мкм (0,2 мил.).

Реплика лента показывает наиболее точные результаты в пределах середины ее указанного диапазона. Показания около концов этого диапазона проверяют со следующим более высоким или более низким уровнем. Возникает вопрос в показаниях, когда они находятся за пределами известных параметров.

Для оценки измерений на уровне достоверности приемлемости результатов 95% стандарт ASTM D4417 предусматривает:

Повторяемость: Два результата, каждый из которых означает среднее значение из четырех повторений, полученных одним и тем же оператором, должны считаться подозрительными, если они (среднеквадратические отклонения) отличаются более чем на 18%.

Воспроизводимость: Два результата, каждый из которых означает среднее значение из четырех повторений, полученных операторами в разных лабораториях, следует считать подозрительными, если они (среднеквадратические отклонения) отличаются более чем на 22%.

Общие ошибки в определении профиля абразивоструйной поверхности с помощью реплики-ленты и микрометрического прибора:

1. Присущее изменение от точки к точке профиля по поверхности измеряемого параметра. SSPC рекомендует минимум три измерения профиля на 10 квадратных метров.

2. Частицы грязи на реплика-ленте или на приборе. Примите разумные меры предосторожности, чтобы содержать измерительные наконечники микрометра чистыми от грязи или абразива. Проверьте сомнительные измерения дважды.

3. Точность прибора. Хорошие микрометры пружинного типа обычно показывают точность ± 2 мкм). В дополнение к механическим ошибкам этой величины наблюдатели отмечают, что обычно показатели приблизительно на 2 мкм выше при комнатной температуре и на 2 мкм ниже при морозе.

4. Техника втирания. Либо чрезмерная, либо недостаточная сила вдавливания.

9.14.9. Методы измерения шероховатости поверхности в полевых условиях по стандарту ASTM D4417.

Стандарт предусматривает применение трех методов оценивания шероховатости: А, В и С.

9.14.9.1. Метод А.

Поверхность, подвергнутая пескоструйной очистке, визуально сравнивается с эталонами, подготовленными с различной глубиной профиля поверхности.

Типичные поверхности компараторов получают с применением стальной дроби, или песка, либо шлака, так как внешний вид профиля, полученного этими абразивами, может отличаться.

Выбирается эталон компаратора, подходящий для используемого абразива при струйной очистке.

Помещается эталон компаратора непосредственно на поверхность для сравнения шероховатости подготовленной поверхности с шероховатостью на сегментах компаратора. Сравнение может быть выполнено невооруженным глазом, при $\times 5$... $\times 10$ -кратном увеличении, или на ощупь. При использовании увеличения увеличитель должен быть приведен в тесный контакт с

эталоном, а глубина фокуса должна быть такой, чтобы эталонная и тестируемая поверхности находились в фокусе одновременно.

Выбирается сегмент компаратора, который наиболее близко соответствует шероховатости оцениваемой поверхности или, в случае необходимости, два сегмента, к которым она занимает промежуточное положение.

Для характеристики поверхности оценка шероховатости выполняется на достаточном количестве участков, как указано или согласовано между заинтересованными сторонами. Записывается диапазон показаний по всем участкам в качестве профиля поверхности.

9.14.9.2. Метод В.

С помощью микрометра-глубиномера (таблица 9.33), оснащенного тонким заостренным щупом, в нескольких местах измеряются максимальные высоты профиля, и определяется их среднее арифметическое значение.

Основание прибора лежит на вершинах пиков профиля поверхности, а подпружиненный наконечник выступает во впадины. На рисунке 9.127 показан принцип измерения для трех различных высот профиля поверхности с помощью микрометра-глубиномера, при котором основание прибора расположено на вершинах, а заостренный щуп упирается во впадину.

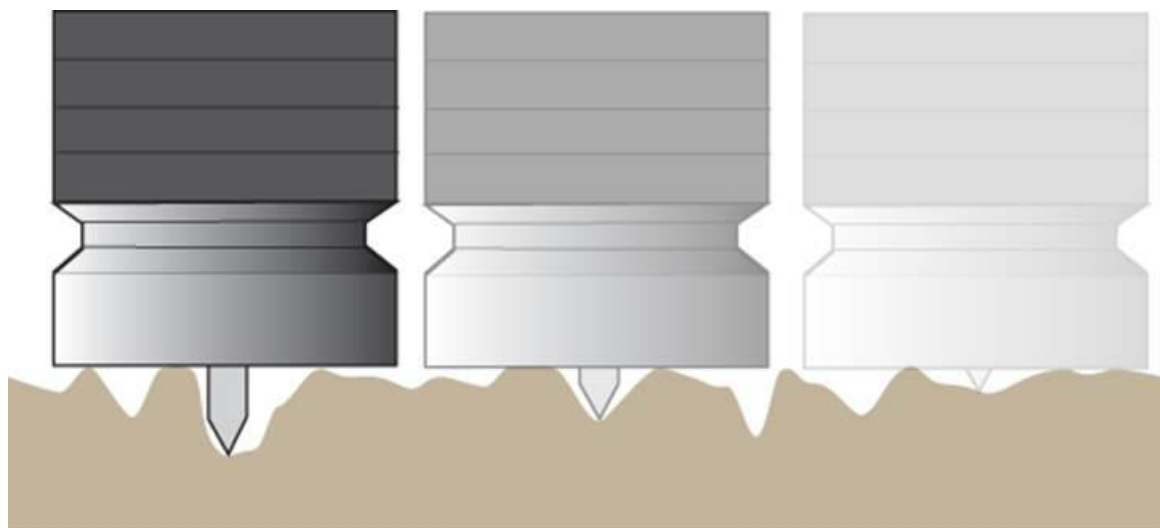


Рисунок 9.127. – Принцип измерения высоты профиля поверхности с помощью микрометра-глубиномера

Порядок измерений:

1) Перед использованием установите индикатор прибора на нуль, поместив его на плоскую стеклянную пластину. Удерживая прибор на основе, прижмите его плотно к стеклу. Установите индикатор прибора на нуль.

2) При снятии показаний прочно удерживайте прибор на очищенной поверхности. Не тяните прибор по поверхности между показаниями, так как подпружиненный наконечник может округлиться, что приводит к погрешностям показаний.

3) Измеряют профиль в достаточном количестве точек для получения полной характеристики поверхности, как указано или согласовано между заинтересованными сторонами. В каждой точке измерения снять по десять показаний и определить среднее значение. Затем определить среднее для всех точек и записать результат в качестве профиля поверхности.

Таблица 9.33. – Виды микрометрических глубиномеров

Показатели	Elcometer 123	Elcometer 223
Тип прибора	Измеритель профиля поверхности с круговой шкалой.	Цифровой измеритель профиля поверхности.
Диапазон измерений	0 – 1000 мкм	
Точность измерений	2 мкм	1 мкм
Внешний вид		

9.14.9.3. Метод С.

Составная пластиковая реплика-лента вдавливается в очищенную пескоструйным способом поверхность, образуя зеркальное изображение профиля, и с помощью микрометра измеряется максимальное расстояние между вершиной выступа и низом впадины.

9.15. Заключительные соображения инспекции.

Термин подготовка поверхности широко используется для описания процесса подготовки поверхности перед нанесением покрытий. Как уже отмечалось, ненадлежащая или плохая подготовки поверхности является основной причиной преждевременного выхода из строя покрытий в современной промышленности. Таким образом, инспекторы должны использовать комплексный подход к проверке поверхности перед нанесением покрытия. Независимо от поверхности, инспектор должен помнить о том, что гарантии эффективности защитных покрытий в значительной степени зависят от результатов, достигнутых при подготовке поверхности перед нанесением.

9.16. Обобщающий контрольный лист инспектора.

Контрольные листы помогают инспекторам проводить инспекцию на высоком уровне. Ниже приводятся обобщающие положения контрольного листа инспектора:

- Проверьте оборудование и материалы, которые будут использоваться;
- Предварительно осмотрите поверхность;
- Проверьте предварительную очистку во время и после ее проведения;
- Выполните предусмотренные спецификацией тесты в соответствии с упоминаемыми стандартами;
- Принять или отклонить предварительно очищенную поверхность;
- Проверьте и примите или отклоните окончательно подготовленную поверхность;
- Провести дополнительное тестирование, если это определено спецификацией;
- Документируйте все процессы.

Основные термины и определения

1) **Основная задача подготовки поверхности** – удаление вредных веществ, чтобы обеспечить достаточное сцепление грунтовки со сталью и способствовать уменьшению количества загрязняющих веществ, инициирующих коррозию.

2) **Кислотные очистители** – чистящие средства, которые удаляют загрязнения с помощью химической реакции; они растворяют продукты реакции. Они, как правило, состоят из довольно сильных кислот, таких как фосфорная кислота (H_3PO_4), с небольшим количеством поверхностно-активных веществ, растворимых в воде растворителей и органических увлажнителей и эмульгаторов.

3) **Щелочные очистители** – чистящие средства, которые омыляют большинство масел и смазок, а также их поверхностно-активные компоненты смывают другие загрязняющие вещества. Эти очистители могут также омылять определенные связующие покрытий.

4) **Керамический абразив** – относительно дорогие абразивные материалы, применение которых оправдано их особыми свойствами. Их частицы сохраняют острые режущие кромки, и особенно эффективны на особо прочных материалах, которые могут противостоять эффективной абразивоструйной очистке колотой дробью из отбеленного чугуна.

5) **Щебень шлаковый** – относительно дешевый абразивный материал, получаемый из металлургических процессов или сжигания. Самыми широко применяемыми абразивными материалами являются шлаки после рафинирования меди и никеля, угольный печной шлак и плавленный оксид алюминия.

6) **Моющие средства** – чистящие средства, которые состоят из буферных солей (действуют буферно против подщелочения или подкисления), диспергаторов, мыла и ингибиторов. Они действуют путем смачивания, эмульгирования, диспергирования и растворения загрязняющих веществ, которые могут быть смыты с использованием воды (обычно горячей) или пара.

7) **Сухая абразивоструйная очистка сжатым воздухом** – струйная очистка, которая использует высококонцентрированный поток абразива в струе сжатого воздуха и направляет воздушно-абразивную смесь с высокой скоростью из сопла на очищаемую поверхность для удаления ржавчины, окалина или других загрязняющих веществ, что создает шероховатую поверхность, повышающую адгезию покрытия.

8) **Эмульсионные очистители** – очистители, которые распыляются на поверхность, где они действуют путем смачивания, эмульгирования, диспергирования и растворения загрязняющих веществ.

9) **Соприкасающиеся поверхности** – соединяемые поверхности, создающие сдвигоустойчивые (фрикционные) соединения элементов вследствие натяжения высокопрочных болтов.

10) **Органические растворители** – растворители, такие как керосин, скипидар, керосин, уайт-спирит, толуол, ксилол и т.д., которые применяются для очистки металла путем растворения и разбавления загрязнений масла и смазки на поверхности.

11) **Предварительная очистка** – обработка поверхностей от загрязнений до начала подготовки поверхности. Предварительная очистка включает в себя удаление всего видимого масла, смазки, грязи, графических меток, эмульсий для охлаждения и смазки режущих инструментов, а также других растворимых загрязнений с поверхности.

12) **Расслоение поверхности** – нарушения сплошности прокатанного металла, представляющие собой раскатанные крупные дефекты слитка (глубокие усадочные раковины, усадочная пористость, скопления пузырей или неметаллических включений). Характерным для расслоения является то, что поверхность нарушения сплошности параллельна плоскости прокатки.

13) **Сопло Вентури** – сопло, у которого геометрия соплового канала состоит из трех частей: конус входной горловины (конфузор), прямой отрезок (разгонная часть) и конус выходного отверстия (диффузор). Это сопло позволяет развить скорость абразива до 720 км/час и формировать равномерно насыщенное рабочее пятно и является наиболее эффективной формой для очистки тяжелых загрязнений.

14) **Очистка водой** – очистка, проводимая водой под давлением до 70 МПа для удаления нежелательных загрязняющих веществ с поверхности.

15) **Водоструйная подготовка** – использование струи выбрасываемой из сопла воды под давлением 70 МПа и более для подготовки поверхности к нанесению покрытия.

16) Дефекты поверхности основного металла.

- **Включения** – вкатанные инородные неметаллической фазы, такие как частицы оксида, сульфида, или силиката в металле.
- **Кратеры/раковины** – дефекты поверхности листа в виде одиночного углубления, образовавшегося при выпадении вкатанной инородной частицы.
- **Прокатные плены, отслаивания** – сравнительно тонкие плоские отслоения на поверхности прокатанного металла, образовавшиеся в результате раскатки рванин, подрезов, следов глубокой зачистки дефектов заготовки.
- **Закаты** – закатанные заусенцы или продольные выступы на поверхности, получившиеся при предыдущем пропуске слитка через прокатный стан. Похож на продольную трещину.
- **Расслоения** – нарушения сплошности внутри прокатанного металла на кромках и торцах листов и других видов проката. Поверхность расслоения параллельна плоскости прокатки.
- **Неметаллические механические включения** – вкатанные инородные частицы, такие как частицы оксида, сульфида, или силиката в металле. Могут быть также остатки подмоточной бумаги, кусочки дерева или гуммировки роликов на поверхности холоднокатаного листа.
- **Канавки и вмятины (Gouges)** – дефект поверхности в виде произвольно расположенных углублений различной формы. Они могут образовываться вследствие повреждения и ударов поверхности при транспортировке, правке, складировании и других операциях.
- **Рванина на кромках** – дефект поверхности листа в виде разрыва металла по кромкам листа, образовавшегося из-за нарушения технологии прокатки, а также при прокатке металла с пониженной пластичностью.
- **Отпечатки валков** – дефект поверхности в виде углублений или выступов, расположенных по всей поверхности или на отдельных ее участках, образовавшихся от выступов и углублений на прокатных валках, роликах.

17) Формы кромок.

- **Продольная катаная кромка фасонного проката** – кромка, образованная в результате производства фасонного, листового и полосового проката их катаные кромки имеют закругления различных размеров.
- **Обрезные кромки** – образуются при механической резке и сверлении металла, а также на обрезных кромках листового и фасонного проката. Углы кромок приобретают острую форму, нередко с заусенцами.

- **Кромки при газопламенной резке** – самые неблагоприятные формы, с точки зрения влияния на качество антикоррозионных работ, особенно при ручной резке.

18) **Дефекты сварных швов.**

- **Сварочные брызги** – капли наплавленного или присадочного металла, образовавшиеся во время сварки и прилипшие к поверхности затвердевшего металла сварного шва или околошовной зоны основного металла.
- **Прерывистый сварной шов** – оставляет в конструкции щели, в которых накапливается влага, соли и грязь при ограниченном доступе кислорода, провоцируя развитие щелевой коррозии.
- **Подрез сварного шва** – дефект, который характеризуется наличием острого клиновидного углубления между основным и наплавленным металлом на участке или по всему периметру сварного шва.
- **Пора сварного шва** – заполненная газом полость округлой формы. Газовая пора, которая нарушает сплошность поверхности сварного шва, называется поверхностной порой.
- **Шлаковые включения в металле шва** – небольшие объемы металла шва, заполненные неметаллическими веществами (шлаками, окислами).
- **Кратер сварного шва** – усадочная раковина в виде полости или впадины, образовавшейся при усадке расплавленного металла при затвердевании (располагается, как правило, в местах обрыва дуги или окончания сварки).
- **Грубая поверхность сварного шва:**
 - **Чешуйчатость сварного шва** – поперечные или округлые углубления на поверхности валика сварного шва, образовавшиеся вследствие неравномерности затвердевания металла сварочной ванны.
 - **Наплыв сварного шва** – натекание металла шва на поверхность основного металла без сплавления с ним. Наплывы наблюдаются в основном при сварке однослойных стыковых швов без разделки кромок и при наплавке.
 - **Бугристость сварного шва** – местное превышение проплава сверх установленного значения.
 - **Превышение выпуклости сварного шва** – избыток наплавленного металла на лицевой стороне стыкового шва сверх установленного значения.

19) **Сварочные брызги** – капли наплавленного или присадочного металла, образовавшиеся во время сварки и прилипшие к поверхности затвердевшего металла сварного шва или околошовной зоны.

20) **Полосовая окраска кромок** – дополнительный слой, по крайней мере, один раз во время процесса нанесения покрытия, но желательно по одному разу для каждого основного слоя, позволяет наложить дополнительную толщину покрытия на кромки и довести ее до значения, близкого к номинальной толщине.

21) **Структура (текстура) поверхности (Surface texture)** – повторяющиеся и случайные отклонения от геометрической (номинальной) поверхности, формирующие трехмерную топографию поверхности. Можно сказать, что текстурой поверхности является то, что осталось после удаления общей формы поверхности.

22) **Профиль поверхности** – профиль, полученный в результате пересечения этой поверхности с заданной плоскостью. **Профиль поверхности** – нерегулярные пики и впадины профи-

ля на голой поверхности, которые могут возникать в результате таких операций, как абразивоструйная или механическая очистка.

23) **Исходный (первичный) профиль (P – Primary profile)** – полный профиль после применения коротковолнового фильтра с отсечкой «шумов» с шагом меньше λ_s .

24) **Профиль волнистости (W – Waviness profile)** – профиль, выделенный из исходного профиля подавлением длинноволновых составляющих, используя профильный фильтр λ_c .

Неровности, относящиеся к волнистости, возникают в результате внешних воздействий (например, вибраций) и колебаний прокатных валков, станка. Иногда волнистость может быть вызвана внутренними напряжениями в самой заготовке.

Компонента длинноволнового профиля волнистости соответствует средней линии (Mean line) профиля шероховатости.

25) **Профиль шероховатости (R – Roughness profile)** – профиль, выделенный из исходного профиля подавлением длинноволновых составляющих, используя профильный фильтр λ_c .

Шероховатость поверхности – это следы, оставленные на поверхности в результате воздействия на нее технологического процесса (абразивоструйной очистки, шлифования и т.д.).

26) **Базовая длина (элементарный отрезок) (sampling length) шероховатости l_r** – длина в направлении оси X, используемая для идентификации неровностей, которые характеризуют оцениваемый профиль шероховатости R.

Нормирование базовой длины подразумевает, что элементы профиля слишком большой длины при оценке поверхности не учитываются.

Базовая длина l_r для профиля шероховатости численно равна длине волны фильтра профиля λ_c .

27) **Длина оценки (evaluation length) l_n** – длина отрезка средней линии, использованная для оценки профиля.

Длина оценки $l_n = n \times l_r$ ($n=5$ по умолчанию)

28) **Выступ профиля (mean peak)** – часть оцениваемого профиля, обращенная наружу материала, соединяющая соседние точки пересечения профиля со средней линией.

29) **Впадина профиля (profile valley)** – часть оцениваемого профиля, обращенная внутрь материала, соединяющая соседние точки пересечения профиля со средней линией.

30) **Элемент профиля (profile element)** – часть профиля от точки пересечения его со средней линией до точки, в которой профиль еще раз пересекает среднюю линию в том же направлении (например, снизу вверх относительно средней линии).

31) **Высота выступа профиля (Profile peak height) Z_p** – расстояние между осью X и самой высокой точкой выступа элемента профиля.

32) **Глубина впадины профиля (Profile valley depth) Z_v** – расстояние между осью X и самой низкой точкой впадины элемента профиля.

33) **Высота элемента профиля (Profile element height) $Z_t = Z_p + Z_v$** – сумма высоты выступа и глубины впадины элемента профиля.

34) **Ширина элемента профиля (Profile element width) X_s** – длина отрезка средней линии, ограниченная контуром элемента профиля.

35) **Максимальная высота профиля (Maximum height of profile) шероховатости R_z** по ISO 4287:1997 – Сумма наибольшей высоты выступа профиля R_p и наибольшей глубины впадины профиля R_v в пределах базовой длины l_r : $R_z = R_p + R_v$

36) **Арифметическое среднее отклонение оцениваемого профиля (Arithmetical mean deviation of the assessed profile) R_a** - Среднее арифметическое абсолютных значений ординат $Z(x)$ в пределах базовой длины l_r .

37) **Способы измерения шероховатости:**

- **Визуальный** (сравнение по компараторам).
- **Бесконтактный** (при помощи микроскопа).
- **Контактный** (профилометр или глубиномер-микрометр).

Руководство по изучению раздела

1. Во время подготовки поверхности, чистота поверхности должна быть осмотрена (как минимум) три (3) следующие раза:
2. Основная задача подготовки поверхности
3. Факторы, во время подготовки поверхности, которые могут повлиять на срок службы покрытия, включают в себя:
4. Четыре (4) типичные методы предварительной очистки поверхности по SSPC-SP1 включают в себя:

Типы поверхностей и их подготовка.

5. Три (3) причины удаления прокатной окалины:
6. При перекрытии ранее окрашенной стали требуется удалить все существующие покрытия, которые:
7. Два (2) вида испытаний существующих покрытий перед их перекрытием новыми покрытиями.
8. Оценка состояния непокрытых поверхностей перед подготовкой.
9. Оценка состояния ранее окрашенных поверхностей перед подготовкой.
10. Типы поверхностей, покрытых цинком.
11. Дефекты цинкового покрытия, подлежащие ремонту.
12. Подготовка цинковых поверхностей, не подверженных атмосферному воздействию, включает:
13. Подготовка цинковых поверхностей, подверженных атмосферному воздействию, включает:
14. Подготовка алюминиевых поверхностей включает:
15. Подготовка поверхностей из нержавеющей стали включает:

Типы дефектов поверхности.

16. Общие дефекты проектирования конструкций включают:
17. Общие дефекты изготовления конструкций включают в себя:
18. Дефекты поверхности основного металла.
19. Три (3) степени подготовки дефектов стальных поверхностей по ISO 8501-3.
20. Соотношение между степенью подготовки сварных швов, кромок и других участков с дефектами поверхностей и коррозионной категорией среды.

Требования к внутренней поверхности резервуаров (NACE SP0178).

21. Практика проектирования внутренней поверхности резервуаров: Доступность к поверхностям; Соединения; Отводы; Вспомогательные элементы и оборудование внутри емкостей; Упрочняющие элементы конструкций; Теплопоглощение.
22. Практика изготовления: Сварочные швы; Кромки и углы; Облицовки, отверждаемые при высокой температуре.
23. Практика обработки поверхности: Острые кромки; Профиль сварного шва; Дефекты внутренних поверхностей; Сварочные брызги; Материал против прилипания сварочных

брызг; Проверка сварных швов на сплошность; Очистка от прокатной окалины, ржавчины и других загрязнений.

24. Рекомендуемая ответственность: Совместная ответственность; Ответственность заказчика. Ответственность проектировщика; Ответственность изготовителя конструкций; Ответственность подрядчика, наносящего облицовку; Ответственность инспектора.

Предварительная очистка.

25. Какие загрязняющие вещества должны быть удалены до подготовки поверхности.
26. Стандарты, регламентирующие удаление масла и смазки.
27. Методы испытаний масла и смазки на поверхности.
28. Методы очистки масла и смазки с помощью органических растворителей.
29. Щелочная очистка удаления масла и жира.
30. Очистка паром для удаления масла и жира.
31. Очистка загрязняющих веществ водой.
32. Растворимые как фактор загрязнения поверхности.
33. Допустимые уровни их концентрации растворимых солей.
34. Стандарты по анализу содержания растворимых солей на стальных и других непористых поверхностях.
35. Метод Бресла (ISO 8502-6) по извлечению растворимых загрязняющих веществ для анализа.
36. Химическая очистка загрязнений.
37. Степени ржавости стальной поверхности перед очисткой (ISO 8501-1).
38. Инспектирование поверхности во время предварительной очистки.

Методы удаления растворимых солей.

39. Источники загрязнения водорастворимыми солями.
40. Два основных способа потенциального влияния водорастворимых солей на поверхности подложки или покрытие.
41. К наиболее распространенным и потенциально наиболее опасным невидимым солевым загрязнителям относятся:
42. Допустимые уровни концентрации солей.
43. Факторы, рассматриваемые при оценке риска, связанного с загрязнением растворимыми солями.
44. Стандарты, используемые для различных методов испытаний растворимых солей на поверхности.
45. Визуальное распознавание солевого загрязнения поверхности на голой (новой или старой) или покрытой краской стали.
46. Методы полевых испытаний для обнаружения растворимых солей.
47. Полевое испытание растворимых продуктов коррозии железа с применением индикаторной бумаги.
48. Метод обнаружения ионов хлора с помощью титровальной трубки.

49. Последовательность испытания ионов хлора с помощью титровальной трубки.
50. Последовательность испытания сульфатов с использованием колориметра.
51. Последовательность испытания нитратов с использованием тестовой полоски.
52. Комплект для комплексного тестирования содержания ионов хлоридов, сульфатов и нитратов на месте с применением испытательных рукавов.
53. Метод Бресла для извлечения растворимых солей.
54. Суть метода Бресла.
55. Последовательность выполняется Теста методом Бресла.
56. Некоторые распространенные ошибки выполнения теста с помощью Пластыря Бресла.
57. Определение проводимости растворимых в воде солей.
58. Порядок проведения измерений проводимости растворимых в воде солей.
59. Определение растворимых солей с использованием метода извлечения фильтровальной бумагой.
60. Последовательность измерений проводимости с применением метода извлечения растворимых солей фильтровальной бумагой.
61. Правила выборочного отбора проб растворимых солей с поверхности и критерии приема.
62. Количество испытаний поверхности на присутствие растворимых солей для нового строительства или полного ремонта покрытия на основе площади конструкции.
63. Количество испытаний поверхности на присутствие растворимых солей для локального технического обслуживания покрытия после его эксплуатации.
64. Требования спецификации к определению растворимых солей.
65. Методы удаления растворимых солей.
66. Рекомендации по инспектированию солевых загрязнений.
67. Контрольный список инспектора по солевым загрязнениям.
68. Рекомендуемые технологические операции по уменьшению солевых загрязнений при абразивоструйной очистке.

Очистка ручными инструментами.

69. Инструменты, используемые для очистки вручную и методы очистки ручными инструментами.
70. Чистота поверхности после очистки ручным инструментом: St2 (ISO 8501-1); St3 (ISO 8501-1); SP2 (SSPC-SP2) / SSPC-VIS 3.
71. Достоинства и недостатки очистки ручными инструментами.
72. Инспектирование до и после очистки ручными инструментами.

Очистка механическими инструментами.

73. Инструменты и методы, используемые для очистки механическими инструментами. Достоинства и недостатки.
74. Чистота поверхности после очистки механическими инструментами (St2 и St3 по ISO 8501-1).

75. Очистка механическим инструментом SSPC-SP3/PWB (PWB – Power Wire Brush) и SSPC-SP3/SD (SD – Sanding Disc).
76. Очистка механическими инструментами до чистого металла SSPC-SP11.
77. Выбор средств очистки по стандарту SSPC-SP11:
 1. Если приемлемый профиль поверхности существовал до подготовки поверхности;
 2. Если профиль поверхности при очистке удаляется или сильно уменьшается или, если до очистки на поверхности не было никакого профиля.
78. Коммерческая степень очистки стальной поверхности механическим инструментом (SSPC SP 15).
79. Методика подготовки поверхности механическими инструментами по SSPC-SP 11 и SSPC-SP 15.
80. Измерение профиля поверхности после подготовки поверхности механическими инструментами по SSPC-SP 11 и SSPC-SP 15.
81. Недоступные зоны при подготовке поверхности механическими инструментами.
82. Типы проволочных щеток для механических инструментов и область их применения.
83. Механические отбойные и зачистные молотки, плунжерные зачистные инструменты, игольчатые пистолеты – особенности применения.
84. Применение ротационных зачистных головок. Виды фрез ротационных зачистных инструментов.
85. Жесткие абразивные круги и головки.
86. Гибкие шлифовальные диски и круги.
87. Зачистная щеточная машина Bristle Blaster.
88. Инспектирование до и после очистки механическими инструментами.

Абразивоструйная очистка стальных поверхностей.

89. Основные методы абразивоструйной очистки.
90. Преимущества абразивоструйной очистки.
91. Суть сухой абразивоструйной очистки.
92. Плавная метущая струйная очистка.
93. Степени сухой абразивоструйной очистки поверхности. Сопоставимость стандартов абразивоструйной очистки поверхности по NACE-SSPC и ISO 8501-1:
 - Sa 1 – Слабая абразивная струйная очистка по стандарту ISO 8501-1 / NACE №4/SP7 – Поверхностная (удаляющая) очистка.
 - NACE №8/SP14 – Промышленная абразивоструйная очистка.
 - Sa 2 – Тщательная абразивная струйная очистка по стандарту ISO 8501-1 / NACE №3/SP6 – Коммерческая очистка.
 - Sa 2½ – Сверх тщательная абразивная струйная очистка по стандарту ISO 8501-1 / NACE №2/ SP10 – Очистка до почти белого металла.
 - Sa 3 – Абразивная струйная очистка до видимой чистой стали по стандарту ISO 8501-1 / NACE №1/SP5 – Очистка до белого металла.

94. Визуальная оценка чистоты поверхности по ISO 8501-1 и SSPC-VIS 1. Влияние типа абразива на внешний вид поверхности.
95. Абразивоструйная очистка сжатым воздухом.
96. Типовой комплект абразивоструйного оборудования.
97. Типы абразивоструйных аппаратов по принципу подачи абразива из аппарата в струю сжатого воздуха:
 - Гравитационные абразивоструйные аппараты.
 - Абразивоструйные аппараты всасывающего действия (инжекторные).
 - Абразивоструйные аппараты нагнетательного действия (напорные) – однокамерные и двухкамерные аппараты.
 - Категории абразивоструйных аппаратов нагнетательного действия по производительности.
 - Рабочие давления в абразивоструйных аппаратах нагнетательного действия в зависимости от применяемого абразива.
98. Комплектация нагнетательных абразивоструйных аппаратов.
99. Назначение дистанционного управления.
100. Важные конструкционные особенности дозирочного клапана.
101. Шланги воздушные.
102. Рукав абразивоструйный.
103. Соединительные муфты рукавов.
104. Компрессоры: Типы компрессоров; Выбор компрессора; Производительность компрессора; Давление воздуха.
105. Рекомендации по организации подачи сжатого воздуха.
106. Измерение давления в пескоструйном рукаве.
107. Ресивер компрессора.
108. Влагомаслоотделители компрессора.
109. Выявление масла или воды в сжатом воздухе.

Абразивные материалы

110. Классификация абразивных материалов: по физическим свойствам; по форме частиц; по размерным диапазонам.
111. Металлические абразивы.
112. Неметаллические абразивы.
113. Характеристика купершлака и никельшлака.
114. Внестандартные методы проверки чистоты абразива.
115. Основные соображения инспекции абразивных материалов.
116. Основные критерии выбора абразива. Рекомендации ISO 8504-2.

Абразивоструйные сопла

117. Диаметр сопла.

- 118. Определение степени износа сопла.
- 119. Материал абразивоструйного сопла.
- 120. Форма канала абразивоструйного сопла.
- 121. Длина абразивоструйного сопла.
- 122. Обязанности оператора-пескоструйщика по проверке абразивоструйного сопла.

Инспектирование абразивоструйных работ

- 123. Здоровье и безопасность при абразивоструйных работах.
- 124. Основные соображения инспекции при абразивоструйных работах: Контроль температуры, относительной влажности и точки росы; Защита не подлежащих очистке частей конструкций; Чистота поверхности; Обеспыливание конструкций.
- 125. Обеспыливание поверхности в соответствии с ISO 8502-3.
- 126. Требования к состоянию поверхности перед нанесением покрытий.
- 127. Контрольный перечень инспектора для подготовки поверхности должен включать в себя:

Другие методы абразивоструйной очистки

- 128. Центробежная струйная очистка абразивами.
- 129. Вакуумная струйная очистка абразивами.
- 130. Влажная абразивоструйная очистка. Общие сведения.
- 131. Очистка с помощью сжатого воздуха с впрыскиванием влаги.
- 132. Пневмо-гидроструйная очистка с абразивами.
- 133. Жидкоструйная очистка с абразивами.

Очистка водой и обработка водяной струей

- 134. Укажите диапазоны давлений по категориям очистки с применением струи воды:
 - Очистка водой низкого давления –
 - Очистка водой высокого давления –
 - Водоструйная подготовка под высоким давлением –
 - Водоструйная подготовка под сверхвысоким давлением –
- 135. Преимущества и недостатки водоструйной технологии.
- 136. Область применения очистки водой низкого давления.
- 137. Область применения очистки водой высокого давления.
- 138. Область применения водоструйной подготовки под высоким давлением.
- 139. Область применения водоструйной подготовки под высоким давлением с введением абразива.
- 140. Область применения водоструйной подготовки под сверхвысоким давлением.
- 141. Очистка и водоструйная подготовка в условиях погружения.
- 142. Добавление ингибиторов в воду при водоструйной подготовке стальных (черных) поверхностей.

- 143. Начальное состояние поверхности по ISO 8501-4.
- 144. Степени подготовки поверхности после очистки или подготовки водой по ISO 8501-4.
- 145. Степени вновь проявившейся ржавчины по ISO 8501-4.
- 146. Визуальным руководством, используемым со стандартом NACE -SSPC водоструйная подготовка является:
- 147. Контрольный лист инспектора по очистке водой и обработке водяной струей.

Очистка водой и обработка водяной струей

- 148. Влияние шероховатости на адгезию и расход грунтовок.
- 149. Что такое структура (текстура) и профиль поверхности.
- 150. Основные виды профилей поверхности: Исходный (первичный) профиль; Профиль волнистости; Профиль шероховатости.
- 151. Базовая длина l_r для профиля шероховатости.
- 152. Длина оценки l_n профиля.
- 153. Выступ, впадина и элемент профиля.
- 154. Высота выступа, глубина впадины, высота элемента и ширина элемента профиля.
- 155. Максимальная высота профиля R_z (Maximum height of profile) по ISO 4287:1997.
- 156. Средняя высота элементов профиля R_c (mean height of profile elements).
- 157. Арифметическое среднее отклонение оцениваемого профиля (Arithmetical mean deviation of the assessed profile) R_a .
- 158. Способы испытания характеристик шероховатости.
- 159. Компараторы для сравнения профилей поверхности.
- 160. Компараторы ISO.
- 161. Порядок применения компараторов ISO для классификации профилей стальных поверхностей.
- 162. Отчет о классификации профилей стальных поверхностей после абразивоструйной обработки с применением компаратора.
- 163. Рекомендации по обращению с компараторами шероховатости.
- 164. Метод определения профиля поверхности с применением фокусирующего микроскопа.
- 165. Метод определения профиля поверхности прибором с измерительным штифтом.
- 166. Сущность метода определения профиля поверхности в полевых условиях с помощью метода копий (реплик).
- 167. Преимущества и недостатки метода определения профиля поверхности в полевых условиях с помощью метода копий (реплик).
- 168. Метод определения профиля поверхности в полевых условиях с помощью микрометра-глубиномера. Порядок измерений.

Инструкция по охране труда при эксплуатации пескоструйных и дробеструйных аппаратов и установок

1. Общие требования по охране труда

1. К самостоятельному выполнению пескоструйных работ допускаются лица, достигшие 18 летнего возраста; прошедшие вводный и первичный инструктаж по охране труда, стажировку и проверку знаний по охране труда.

2. Работник должен соблюдать Правила внутреннего трудового распорядка организации.

3. Запрещается употреблять спиртные напитки, наркотические, токсические вещества, а также находиться на рабочем месте, территории организации в рабочее время в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения.

4. Курить разрешается только в специально установленных местах.

5. При работе на пескоструйном аппарате работник должен надевать специальный костюм из пыленепроницаемой ткани и респиратор, которые полностью изолируют его от запыленной среды.

6. В однокамерном пескоструйном аппарате рабочее давление воздуха не должно превышать 3,5-4 атм. При повышении рабочего давления песок при ударе об очищаемую поверхность разрушается и превращается в пыль. Для пескоструйной очистки применяют просеянный песок с зернами 0,75-1,5 мм. Применять для пескоструйных работ кварцевый горный песок запрещается.

7. Опасные и вредные производственные факторы, которые действуют на работника во время работы:

кремнесодержащие пыли;

повышенная запыленность воздуха рабочей зоны

разлетающиеся частицы при обработке поверхности;

сжатый воздух;

повышенный уровень шума на рабочем месте;

повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

расположение рабочего места на высоте.

8. При организации пескоструйных работ следует устанавливать защитные или сигнальные ограждения опасных зон, в пределах которых постоянно действуют или могут возникнуть опасные и вредные производственные факторы.

9. При выполнении пескоструйных работ вблизи электрических проводов или электроустановок последние должны быть отключены или ограждены.

10. На пескоструйный аппарат должен быть паспорт с указанием допустимого рабочего давления, а предохранительный клапан должен быть опломбирован.

11. Работник обязан оказывать содействие и сотрудничать с нанимателем в деле обеспечения здоровых и безопасных условий труда, немедленно извещать своего непосредственного руководителя или иное должностное лицо нанимателя о неисправности оборудования, инструмента, приспособлений, транспортных средств, средств защиты, об ухудшении состояния своего здоровья.

12. За невыполнение требований настоящей инструкции работник несет ответственность в соответствии с законодательством Республики Беларусь.

2. Требования по охране труда перед началом работы

13. Перед началом работы работник должен:

проверить наличие и исправность заземления пескоструйной установки;

проверить воздушные шланги (они должны быть без повреждений, надежно закреплены на штуцере).

надеть спецодежду и средства индивидуальной защиты.

14. До начала пескоструйных работ рабочие места должны быть ограждены и отмечены предупредительными знаками.

3. Требования по охране труда при выполнении работы

15. При проведении пескоструйных работ необходимо:

пользоваться защитными очками и респиратором;

не допускать перегибов шланга, закручивания, пересечений с тросами;

не бросать пескоструйный аппарат, не подвергать ударам, предохранять от загрязнений, не оставлять без присмотра;

не становиться против ветра;

рабочее включение воздуха производить только после установки пескоструйного аппарата в рабочее положение.

16. Пескоструйный аппарат должен быть установлен на ровной площадке без ям и бугров с подветренной стороны вне зоны запыления.

17. Загружать камеру пескоструйного аппарата следует просеянным песком и только при отсутствии давления в камере. Вентили воздуховода на весь период очистки и загрузки камеры песком должны быть закрыты.

18. При подаче песка открывать нагнетательный вентиль пескоструйного аппарата следует постепенно и только по сигналу.

19. Предохранительный клапан пескоструйного аппарата должен быть отрегулирован на давление сжатого воздуха на 10% выше установленного и опломбирован. Работать при давлении в аппарате выше установленного запрещается.

20. Для подключения шлангов к пескоструйному аппарату, воздухоборнику компрессора или воздушной сети, а также для соединения шлангов друг с другом следует применять ниппели.

21. Применять для крепления шлангов проволоку или присоединять шланг с поврежденной резьбой ниппеля запрещается.

22. Производство пескоструйных работ с применением сухого песка запрещается.

23. В процессе проведения работы необходимо:

следить за укладкой шлангов;

не допускать их резких перегибов и защемления каким-либо предметом;

не допускать пересечений с канатами и сварочными электрокабелями.

24. Работать пескоструйным аппаратом с приставных лестниц запрещается.

25. Шланги следует располагать так, чтобы исключалась возможность наезда на них транспорта и хождения по ним людей. При неправильной укладке, из-за большой стираемости песка шланги быстро становятся непригодными.

26. Перед присоединением к пескоструйному аппарату шланг необходимо продуть сжатым воздухом, предварительно присоединив его к воздухоборнику или сети, при этом струю воздуха следует направлять вверх.

27. Присоединять шланги к воздухоборнику или сети, а также отключать их разрешается только при полном закрытии вентиля воздушной магистрали. При нарушении этого правила шланг, находящийся под давлением, может выскользнуть из рук и нанести травму.

28. При разъединении стыков шлангов или ликвидации пробок необходимо надевать предохранительные очки с небьющимися стеклами. Эти работы можно производить только при отсутствии давления в шлангах.

29. Необходимо следить, чтобы в местах присоединения шланга не происходило утечки воздуха. Подбивать под стяжной хомутик клинья запрещается.

30. При перерывах в работе, обрывах шлангов или неисправности пескоструйного аппарата необходимо прекратить подачу воздуха плотным закрытием вентиля на воздухоборнике или воздушной магистрали. Прекращать подачу воздуха переламыванием шланга запрещается.

31. Запрещается во время работы пескоструйного аппарата подтягивать гайки на стыках шлангов, ремонтировать вентили и выполнять другие работы по ремонту.

32. При прочистке сопла, проверке его диаметра или удалении пробки необходимо соблюдать осторожность, чтобы внезапно вырвавшаяся из сопла песчаная смесь не попала в лицо.

33. При прекращении работы опускать сопло на землю, пол и т.д. можно только при закрытом вентиле и отсутствии давления в шланге.

34. Продувать замерзшие шланги паром или применять для этой цели горячую воду запрещается. Отогревать замерзшие шланги следует в теплом помещении.

35. Запрещается исправлять, регулировать и менять рабочую часть инструмента во время работы при наличии в шланге сжатого воздуха.

4. Требования по охране труда по окончании работы

36. По окончании пескоструйных работ работнику необходимо:

перекрыть подачу воздуха в коллектор и снизить давление в нем до атмосферного;

отсоединить шланг от пескоструйного аппарата и продуть его сжатым воздухом для удаления оставшегося песка;

сложить в бухту шланги и сдать на хранение. В холодное время года шланги следует хранить в теплом помещении;

тщательно очистить спецодежду и защитные приспособления от пыли и убрать их в специально отведенное место. Запрещается пользоваться для очистки спецодежды сжатым воздухом, направляя при этом шланг на себя или других;

выполнить правила личной гигиены.

37. Доложить руководителю работ обо всех недостатках, замеченных в процессе работы, и о завершении работы.

5. Требования по охране труда в аварийных ситуациях

38. Возможные аварийные ситуации, которые могут привести к авариям или несчастному случаю, в частности из-за:

- нахождения на рабочем месте в нетрезвом состоянии;
- допуска к работе необученных и не прошедших инструктаж по охране труда лиц;
- неприменения средств индивидуальной защиты;
- неисправности машин и механизмов, в том числе приборов безопасности и т.п.;
- неудовлетворительного состояния рабочего места;
- недостаточной освещенности места производства работ и другие.

39. При обнаружении дефектов в работе пескоструйного аппарата, представляющих опасность для жизни людей и целостности оборудования, необходимо:

- немедленно приостановить работы;
- по возможности отключить электрооборудование от электросети (при его наличии);
- принять меры по ликвидации аварии;
- о случившемся доложить руководителю.

40. При несчастном случае необходимо:

- оказать пострадавшему первую доврачебную медицинскую помощь;
- вызвать скорую помощь;
- обеспечить сохранность обстановки, если это не представляет опасности для жизни и здоровья окружающих.

41. При возникновении пожара необходимо: прекратить работу, выключить электрооборудование, вызвать пожарную службу (по тел. 101), сообщить руководителю работ, приступить к тушению пожара имеющимися средствами пожаротушения, при угрозе жизни и здоровью - эвакуироваться.

42. Если во время работы работник почувствовал резкое недомогание: прекратить работу, поставить в известность руководителя, обратиться в медицинское учреждение.

В итоге, коррозия иногда развивается в пузырьках, в зависимости от наличия кислорода. Пузырение системы покрытия также происходит в отсутствие растворимых солей. Захваченные полярные растворители (спирты, ацетон, хлороформ, диэтиловый эфир) и перегруженная катодная защита могут вытягивать влагу через пленку покрытия, вызывая образование пузырей

Concrete can also be cleaned and prepared using ASTM D4260 (Acid Etch – Floors), ASTM D4258 (Solvent Cleaning), ASTM D3359 (To Check Adhesion), and ASTM D4259 (To Abrade Concrete).