

# Очистка. Окраска



новые технологии, оборудование  
техника безопасности, обслуживание

## ДАЙДЖЕСТ



Издательский Дом «ОРИГАМИ»

УДК 658.512  
ББК 30.61  
О-955

**Очистка, окраска: новые технологии, оборудование, техника безопасности, обслуживание.**

Дайджест «Очистка. Окраска: новые технологии, оборудование, техника безопасности, обслуживание» – незаменимый источник актуальной информации, необходимой для специалистов антикоррозийной защиты. Данный сборник содержит подробные, исчерпывающие сведения об инновациях, современных способах и методах очистки, окраски различного типа поверхностей; новейших технологиях, применяющейся в этой сфере технике и оборудовании.

Екатеринбург, Издательский дом «Оригами», 2008. – 320 с.  
ISBN 978-5-904137-03-8

Дайджест «Очистка. Окраска: новые технологии, оборудование, техника безопасности, обслуживание» содержит лучшие статьи по антикоррозийной защите из двадцати номеров журнала «Очистка. Окраска» за три года. Дайджест – принципиально новый источник ценных идей и свежих решений для людей с активной жизненной позицией. Купив данный сборник, вы получаете эксклюзивную практическую информацию.

Разделы сборника включают в себя подробные сведения о современных способах и методах очистки, окраски различного типа поверхностей, применяемых материалах, новейших технологиях и оборудовании, международных требованиях и стандартах, технике безопасности при проведении работ, экологических нормативах и другую информацию.

В дайджесте представлено около 140 авторских статей, подготовленных известными учеными и специалистами-практиками (более 60 авторов). Книга служит практическим пособием и займет достойное место в библиотеке вашего предприятия.

# Содержание

## ТЕХНОЛОГИИ

Особенности нанесения цинксиликатных покрытий. Волосюк В. А. ....	8
Технология окраски порошковыми материалами. Кузнецов П. А. ....	10
Вторичная коррозия после очистки. Трусов В. И. ....	12
Механизм очистки в водных растворах. ....	14
Очистка металлических поверхностей от старых лакокрасочных покрытий с помощью индукционного нагрева. Сергеев Н. В., Колпакова Н. А. ....	16
Как обеспечить противокоррозионную защиту сварных стыков трубопроводов. Низьев С. Г., Сурников М. Ю. ....	19
Из истории окраски методом распыления. ....	21
Внутренняя покраска вторичной бетонной оболочки. К. Ард ....	23
Обезжиривание поверхности перед нанесением покрытий. Косяк П. В. ....	26

## МАТЕРИАЛЫ И АБРАЗИВЫ

Абразивы по полочкам. ....	30
Контроль качества абразива. Киреев А. В. ....	35
Для каждой работы свой абразив. ....	37
Не все то золото, что блестит. И. Нестеров ....	39
Меньше единицы. ....	42
Преимущества стальной дроби. Миловзоров Б. В. ....	44

## ПОКРЫТИЯ

Покрытия для подвижного состава. ....	48
Антикоррозионное силикатно-эмалевое покрытие труб: проверено временем. Дегтярев Б. Н. ....	50
Дефекты покрытий. ....	51
О полимочевине замолвите слово. Антонов С. П. ....	57
Полимочевина, как покрытие для хранения питьевой воды. Майкл С. Дурбин ....	59
Современные материалы для ремонта промышленных дымовых труб. Панков Б. Н. ....	62
Ожидаемый срок службы покрытия. С. Крутько, В. Храмых. ....	64
Балластные цистерны. П. Хартланд. ....	66
Антикоррозионная защита внутренней поверхности нефтяных резервуаров. Канев Д. Б. ....	69
Эпоксидные материалы с высоким сухим остатком. ....	71
Методы, принципы и система нанесения ЛКМ. Фаизов Р. Б. ....	73
ЛКМ со стеклонаполнителями. Ю. Голубок. ....	74
Защита железобетонных конструкций. Кецко О. Г. ....	75
ЛКМ для защиты гидротехнических сооружений. Ю. Рачковский. ....	78
Выбор ЛКМ для окрашивания в эксплуатационных (полевых) условиях. Соминская Э. В. ....	80
Держите под контролем качество лакокрасочных покрытий. О. Пащенко ....	83
Водоэмульсионная краска. П. Хартланд. ....	85
Как бороться с граффити? Е. Образцова. ....	87

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Очистка струей воды под высоким давлением. ....	90
Гидросмесевая струйная очистка. ....	93
Сухой лед. ....	96
Гиперболоид инженера Гарина. ....	98
Термическое и газотермическое напыление. С. Казанцева. ....	100
Гидродинамическая очистка. ....	102
Новое в подготовке поверхности. ....	103

# Содержание

## ОГНЕЗАЩИТА

Подготовка поверхности для огнезащитных составов. Е. Максимова.....	108
Угледородные пожары: понять — значит, предотвратить. Е. Максимова.....	109
Методы пассивной огнезащиты. А. Брянский.....	111
В борьбе с огнем.....	113
Пассивная огнезащита конструкций — мнение подрядчика.....	116
Технология нанесения вспучивающихся огнезащитных составов на металлоконструкции. Крылов Д. ....	118

## ОПЫТ

Окраска в любую погоду — это реальность! Д. Задорин.....	122
Ремонт промышленных дымовых труб. С. Югов.....	124
Антикоррозионная защита нефтегазопроводов. Гольдфарб В. А.....	126
Энергоносители: инструкция по применению. Кузнецов В. А.....	128
Абразивоструйная очистка для теплообменников. Ефремов П. П.....	130
Качество — превыше всего. Д. Задорин.....	131
Время высыхания и интервалы перекрытия окрасочных слоев. С. Крутько.....	133
Методы абразивоструйной очистки.....	135
Антикоррозионная защита внутренних поверхностей аппаратов и трубопроводов. Сентюри В. Н.....	137
Сметное дело. Д. Задорин.....	139
Защита нефтяных резервуарных парков. Канев Д. Б.....	141
Эффективный план предупреждения загрязнения от распыления краски.....	143
Как добиться максимального срока службы покрытия? М. Горбунова.....	145
Грузовые цистерны. П. Хартланд.....	147

## ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ

Четверо смелых. Абразивоструйные аппараты объемом 200 л.....	150
Ох, нелегкая это работа — выбрать сопло для работы! Самсонов П. П.....	151
Насадки для внутренней очистки труб.....	153
Угловые сопла. Ефремов П. П.....	155
Абразивоструйные установки большой емкости. А. Бобренко.....	156
Точность во всем. Бабушкин Ю.....	158
Три богатыря. Сравнение окрасочных аппаратов.....	160
Красим с умом, или как выбрать окрасочный аппарат.....	161
Подбор оборудования — основные аспекты. Д. Кушнаренко.....	163
Распылять — с умом выбранным соплом. С. Казанцева.....	165
Мембранные окрасочные аппараты — заметки современности. Е. Максимова.....	167
Окрасочная техника с гидроприводом.....	169
Двухкомпонентное оборудование — это легко. Д. Асеев.....	171
Выбор компрессорной техники под задачи антикоррозионной защиты. С. Савельев.....	173
Выбираем электрический компрессор.....	176
Ручные абразивоструйные камеры. И. Сарбучев.....	178
Дробеструйная камера своими силами. Янцевич В. В.....	180
Осушение воздуха. Зачем это нужно? Янцевич В. В.....	182
Дробеметная и дробеструйная технологии. Что лучше? Миловзоров Б. В.....	184
Критерии оценки конкурсных предложений дробеметного оборудования.....	186
Миловзоров Б. В., М. Протасов.....	186
Что делать со старым дробеметом? Миловзоров Б. В., М. Протасов.....	189
Приборы контроля лакокрасочных покрытий. Яковлев В. Б.....	191

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Как представить цвет объекта. ....	194
Долгая «жизнь» компрессора. Техническое обслуживание винтовых дизельных компрессоров. ....	195
Чистый воздух — гарантия качества конечного продукта. А. Киселев. ....	196
Ошибки при обслуживании безвоздушных пистолетов-распылителей. Ю. Халтурин. ....	198
Техническое обслуживание окрасочного аппарата безвоздушного распыления с пневматическим приводом. А. Кудринских. ....	200
Техническое обслуживание абразивоструйного аппарата. ....	202
Мал золотник, да дорог. ....	203

## ОБУЧЕНИЕ И ПРАКТИКА

Площадь металлоконструкций. Д. Задорин. ....	206
Влияние загрязнений поверхности на качество покрытия. Д. Задорин. ....	207
Учение — свет. Ю. Халтурин. ....	209
Какую краску выбрать? Абраменко Г. А. ....	213
Готовь сани летом. Маврина Н. В. ....	216
Классификация условий окружающей среды по ISO 12944. С. Крутько, В. Храмых. ....	218
Промышленный альпинизм: вчера и сегодня. Васильев Д. А. ....	220
Основы профессии «Промышленный альпинист». Васильев Д. А. ....	222
Окраска цинконаполненных грунтов. Волосюк В. Ф. ....	224
Выбор покрытий для защиты резервуаров. В. Храмых, С. Крутько. ....	226
Негорючие органические растворители. Зюзькевич С. Н. ....	228
Подготовка проекта производства работ. Ефремов П. П. ....	230

## АЛЬТЕРНАТИВА

Пленки по борту, чтобы защищать суда. Джон Ивар Басклеин, Орка Маринтайм, Билнгстад (Норвегия). ....	234
Комбинированные методы подготовки металлических поверхностей под окраску. Трусов В. И. ....	236
Горячее или холодное цинкование? Волосюк В. Ф. ....	237
Критерии выбора материалов для холодного цинкования. Волосюк В. Ф. ....	240

## АНАЛИТИКА

Лидеры в производстве дизельных электростанций. ....	244
Семь раз отмерь, один раз отрежь, или как выбрать оптимальный вид очистки поверхности. ....	246
Рабочее место, составляющие его стоимости. Д. Задорин. ....	249
Хорошее дешевым не бывает. М. Годин. ....	252
Актуальность и экономические аспекты АКЗ металлоконструкций. А. Кудринских. ....	254
Обзор передового опыта: подготовка поверхности для промышленного покрытия. ....	256
Оценка стоимости и срока службы защитных покрытий. Дж. Л. Хелсел, Кирк Виссмар. ....	259
Управление инфраструктурой: понимание реальной стоимости. Б. Коглер. ....	263

## НАУКА И ИССЛЕДОВАНИЯ

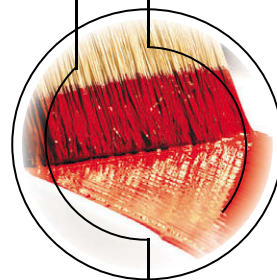
Из истории коррозии. В. Заболотников. ....	268
Вагоны-минераловозы — условия эксплуатации и защита от коррозии. С. Жулин, В. Лапшин, М. Буткин. ....	272
Абразивоструйная очистка в воспламеняющихся средах. Д. У. Синглтон. ....	274
Эта загадочная адгезия. Абраменко Г. А. ....	276
Кто даст гарантии? Абраменко Г. А. ....	278
Циклические лабораторные испытания для анализа покрытий. Т. Бос. ....	280
Стандарт NORSOK M-501. С. Кравец, В. Храмых. ....	283

# Содержание

<b>Трубы с внутренним антикоррозионно-гладкостным покрытием при строительстве трубопроводов ТЭК.</b> Данкин В. Д., Аршинов С. Л., Масютина Е. У. ....	<b>285</b>
<b>Проблемы биообрастания.</b> О. Иванова .....	<b>287</b>
<b>ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ</b>	
<b>Техника безопасности при абразивоструйной очистке.</b> .....	<b>290</b>
<b>Чистота и порядок — прежде всего!</b> Д. Задорин. ....	<b>292</b>
<b>Органы дыхания: средства защиты.</b> .....	<b>294</b>
<b>Безопасность — прежде всего.</b> Волгаев С. А. ....	<b>296</b>
<b>«Материальное» качество.</b> Перевалова Н. В. ....	<b>298</b>
<b>ЭКОНОМИКА И ПРАВО</b>	
<b>Что день грядущий нам готовит, или как пережить отмену лицензирования.</b> Каюрин А. Ю. ....	<b>302</b>
<b>Эффективное управление — удачная мотивация.</b> Е. Казанцева. ....	<b>304</b>
<b>Трехсторонний договор при выполнении антикоррозионных работ.</b> Ерофеева Ю. А. ....	<b>306</b>
<b>Особенности национального рекрутинга.</b> Федорова Ю. В. ....	<b>309</b>
<b>ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ</b>	
<b>Очистка и подготовка поверхности</b> .....	<b>312</b>
Есть ли документы, регламентирующие требования к качеству подготовки поверхности?	
Как снизить уровень пыли и исключить искрообразование при подготовке поверхности?	
Что означает эффективность переноса материала?	
Что такое свипинг?	
Существует ли зависимость срока службы покрытий от метода подготовки поверхностей?	
Насколько важно давление воздуха при абразивоструйной очистке?	
Как подсчитать себестоимость очистки 1 м <sup>2</sup> поверхности?	
Какими характеристиками обладают абразивные материалы?	
Каким образом можно обосновать повышенный расход абразивного материала?	
Какие абразивоструйные аппараты наиболее востребованы на рынке?	
Почему на абразивоструйном сопле иногда поток имеет пульсирующий характер?	
Какие параметры важно учитывать при выборе оборудования для абразивоструйного процесса очистки?	
<b>Нанесение покрытий</b> .....	<b>315</b>
Какие факторы влияют на скорость проведения работ по нанесению покрытий методом безвоздушного распыления?	
При большом количестве неоспоримых плюсов метод безвоздушного нанесения имеет и недостатки, какие?	
Как можно рассчитать производительность при нанесении покрытий методом безвоздушного распыления.	
На какие моменты следует особо обратить внимание при нанесении покрытий методом безвоздушного нанесения?	
Как определить размер факела распыления для окрасочных работ?	
Как правильно подобрать сопло для окрасочных работ?	
Какие причины остановки (поломки) аппаратов безвоздушного распыления в полевых условиях?	
<b>Технологии и методы</b> .....	<b>317</b>
В чем преимущества метода холодного цинкования перед горячим цинкованием?	
Чем отличается распылитель HVLP от обычного краскопульта?	
Можно ли использовать абразивоструйную установку для матирования стекла?	
Как сравнить различные ЛК-системы, особенно если одни поставляются в кг, а другие — в литрах?	
Какие еще факторы влияют на стоимость ЛК-системы?	
<b>АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК АВТОРОВ</b> .....	<b>318</b>

# ТЕХНОЛОГИИ

7 - 28



материалы и абразивы

29 - 46

покрытия

47 - 88

новые технологии

89 - 106

огнезащита

107 - 120

опыт

121 - 148

техника и оборудование

149 - 192

техобслуживание

193 - 204

обучение и практика

205 - 232

альтернатива

233 - 242

аналитика

243 - 266

наука и исследования

267 - 288

экология и безопасность

289 - 300

экономика и право

301 - 310

вопросы и ответы

311 - 317

# ОСОБЕННОСТИ НАНЕСЕНИЯ ЦИНКСИЛИКАТНЫХ СОСТАВОВ

**«Не следует их бояться, они не новы. Ими уже покрыты миллионы квадратных футов стали. Я видел подрядчиков, которые наотрез отказывались наносить эти материалы, но, поработав с ними месяц, уже не хотели переходить ни на что другое», — так сказал о цинксиликатных покрытиях технический директор калифорнийской лакокрасочной фирмы «Ameron» Чарльз Мангер — один из наиболее авторитетных специалистов в этой области. И добавил: «Если вы красите мост и вас беспокоит всего лишь УФ- и атмосферостойкость покрытия, с одним слоем цинксиликатного покрытия вы получите защиту в полном объеме».**

Действительно, как ни парадоксально, ЦСС одинаково успешно применяются как с дополнительными покрытиями, так и без. Являясь анодом, равномерно распределенным по поверхности конструкции, электропроводное ЦС-покрытие в состоянии обеспечивать защиту неокрашенных и поврежденных участков довольно длительное время. Скорость появления продуктов коррозии, как это видно из графика 1, находится в зависимости от величины оголенного участка или удаления от защитного покрытия.

Более того, специалистами коррозионного центра НАСА установлено, что дополнительная окраска ЦС-покрытий резко снижает данный эффект дистанционной защиты. Поэтому она неоправдана и рекомендуется только в том случае, если необходимо придерживаться цветового решения согласно проектным или иным требованиям, а также в целях продления службы покрытия в условиях промышленной атмосферы, погружных условиях и при pH окружающей среды, выходящем за пределы значений 5–10,5. При этом не требуется специальной подготовки поверхности, а получаемое покрытие более долговечно, чем нанесенное по горячеоцинкованной стали. На австралийских морских нефтедобывающих платфор-

мах такая окраска производится водоразбавляемыми акриловыми красками.

Цинксиликатное покрытие толщиной 75–125 мкм вполне заменяет горячецинковое. Однако задокументированного опыта применения этилсиликатных цинконаполненных составов в качестве самостоятельного покрытия крайне мало, и ввиду устоявшейся идеологии, ориентированной на толстослойные изолирующие покрытия, они применялись и применяются, в основном, как грунт в комплексной системе покрытий. Однако водоразбавляемые ЦСС сумели продемонстрировать весь свой потенциал за семь десятилетий их применения. Эти материалы по праву выделяются среди промышленных покрытий, как «Кадиллак» среди автомобилей, но и требуют к себе должного отношения в плане технологии нанесения. О них говорят и так: «С ними именно столько проблем, сколько на слуху. Но однажды научившись с ними работать, вы больше никогда не вернетесь к старым краскам».

## Типичные проблемы при нанесении ЦСС:

К типичным проблемам при нанесении ЦСС относятся:

- 1) оседание цинкового порошка;
- 2) требовательность покрытия к подготовке поверхности;
- 3) требовательность к оборудованию;
- 4) чувствительность к толщине наносимого покрытия и к условиям нанесения.

## ОСЕДАНИЕ ЦИНКОВОГО ПОРОШКА

Данная проблема присуща почти всем ЦСС, органическим и силикатным, поэтому в процессе нанесения материал требует постоянного перемешивания для поддержания однородности. В противном случае участки покрытия, обедненные цинком, не обеспечат катодной защиты, а перенасыщенные будут иметь слишком слабую адгезию и пористость ввиду недостатка связующего. Цинк оседает также в шлангах окрасочного оборудования, что ограничивает их длину и диаметр и требует их освобождения от материала при перерывах в работе более 10–15 минут. Это проще

сделать на оборудовании воздушного типа. По этой же причине не рекомендуется использовать кисть и валик только для локального ремонта.

## ТРЕБОВАТЕЛЬНОСТЬ ПОКРЫТИЯ К ПОДГОТОВКЕ ПОВЕРХНОСТИ

ЦСС имеют должную адгезию только к чистой стальной поверхности, поэтому абразивную очистку следует проводить в соответствии со шведским стандартом Sa 2,5, причем остроугольным абразивом. Круглая дробь неприменима, поскольку не создает острого профиля и покрытию не за что зацепиться (однако следует отметить, что адгезия ЦСП нарастает со временем, и даже на гладкой поверхности постепенно может сформироваться прочно держащееся покрытие, если оно не отслоилось и не растрескалось в момент нанесения).

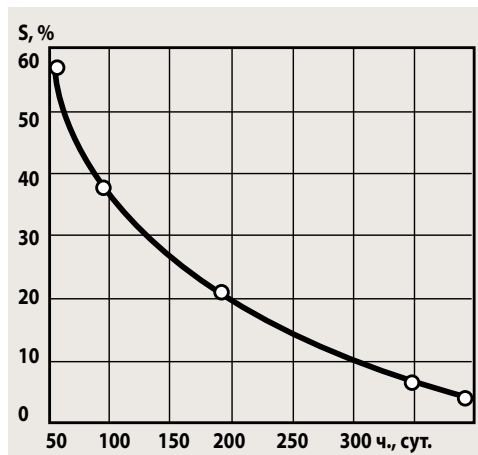
Абразивный материал должен быть чистым и не содержать органических загрязнений. При некачественном обезжиривании поверхности перед дробеструйной обработкой масла оседают на поверхности абразива, вследствие чего он сам становится «разносчиком» загрязнений. Такой абразив следует заменить или прокалить при температуре 350°C. Хорошие результаты дает обезжиривание щелочными моющими средствами, даже после абразивной очистки. Однако данный метод неприменим, если после высыхания поверхность покрывается налетом вторичной коррозии.

Если растворители, входящие в состав этилсиликатных покрытий, несколько смягчают проблему незначительного жирового загрязнения поверхности, частично растворяя масла, то водоразбавляемые ЦСС требуют более тщательного подхода к данному процессу. Однако это свойство несет и положительную функцию самоконтроля: на плохо подготовленных или загрязненных участках покрытие отслаивается немедленно после высыхания, что гарантирует 100% контроль качества нанесения и своевременное устранение дефектов. Достаточной является шероховатость 20 мкм (при более низкой возможно снижение адгезии), но не более 50 мкм (при более высокой возможны мелкоточечная коррозия в процессе эксплуатации и перерасход материала). Практика также показывает, что ингибиторы коррозии и фосфатирование резко ухудшают антикоррозионные свойства покрытия.

## ТРЕБОВАТЕЛЬНОСТЬ К ОБОРУДОВАНИЮ

Цинковая пыль является абразивным материалом, а вода — плохим смачивателем. Одной из проблем при нанесении ЦСС является налипание цинка на игле

График 1. Скорость появления продуктов коррозии





и соплах. Поэтому для нанесения ЦСС рекомендуется специализированное оборудование, в особенности для водоразбавляемых. Предпочтительно оборудование типа HVLP, красконагнетательный бак со встроенной мешалкой и отдельными датчиками для системы подачи материала и воздуха; поскольку водоразбавляемые ЦСС имеют ограниченный срок переработки и химическую адгезию к металлу, рекомендуется применять пластиковый краскопульт, укомплектованный соплом и иглой с наконечником из износостойкого материала. Пластиковое исполнение этих узлов позволит избежать проблем с очисткой непромытого вовремя краскопульта. Этилсиликатные покрытия отверждаются влагой воздуха, поэтому следует следить за исправностью влагоотделителя. Для безвоздушного распыления рекомендуется специализированное оборудование для цинксиликатных составов (например, WIWA, Binks, DeVilbiss, Speedflo и Graco).

## ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ К ТОЛЩИНЕ

Чувствительность к толщине наносимого покрытия и к условиям нанесения — данная проблема в той или иной мере относится к большинству марок ЦСС. Сегодня выпускаются материалы, легко переносящие толщины до 200 мкм и выше, отверждающиеся едва ли не при любых условиях, но зачастую толщина сухой пленки 75–80 мкм является пределом, за которым возрастает риск волосяного растрескивания. Поэтому в каждом конкретном случае следует руководствоваться инструкциями производителей.

Этилсиликатные материалы высыхают на отлип, в среднем, в течение 15 минут, однако могут набирать твердость в течение нескольких часов. Далее следует фаза химического отверждения в присутствии атмосферной влаги. Благодаря влажному отверждению эти покрытия очень быстро набирают водостойкость — в пределах 15–30 минут.

### Диапазон приемлемых значений для нанесения:

Температура: 5–45°C.  
Относительная влажность: 40–99%.

### Наилучшие результаты могут быть получены при следующих значениях:

Температура: 20–25°C.  
Относительная влажность: 85–90%.

При относительной влажности воздуха ниже 50% покрытие может не сформироваться, и если в течение

первых часов отверждения не было доступа влаги, то последующее смачивание уже не даст никакого результата. Поэтому в таких условиях рекомендуется несколько раз в день распылять на покрытие воду.

При высокой температуре и низкой влажности возрастает также риск сухого распыла, когда капли материала успевают высохнуть на лету и оседают на поверхность в виде порошка. В таком случае следует добавлять низколетучий растворитель.

Для водоразбавляемых ЦСС низкая относительная влажность, наоборот, является благоприятным фактором.

### Диапазон приемлемых значений для их нанесения:

Температура: 5–45°C.  
Относительная влажность: 25–90%.

### Наилучшие результаты могут быть получены при следующих значениях:

Температура: 20–25°C.  
Относительная влажность: 40–50%.

Такое покрытие в течение 1–2 часов набирает максимальную твердость, исключительную стойкость к истирающим нагрузкам и достаточную стойкость к кратковременному контакту с водой. Однако повышенная влажность в сочетании с низкой температурой значительно продлевают срок его перехода в водостойкую фазу — с двух часов до одной недели. В таких условиях при высокой толщине покрытия на его поверхности формируется корка, препятствующая сквозному высыханию, вследствие чего покрытие либо не сформируется должным образом, либо этот процесс потребует очень длительного времени.

Контакт не до конца сформированной пленки с влагой может привести к следующим проблемам:

- снижение начальной твердости;
- сильное растрескивание, сопровождаемое многочисленными вздутиями и отслоением;
- недостаточная водостойкость.

В этом случае следует использовать определенные методики нанесения и сушки.

Рекомендуется наносить сначала тонкий слой (40–60 мкм), затем остальной: при нанесении покрытия в два слоя с интервалом в несколько минут значительная часть воды успевает испариться из первого, что ускоряет отверждение пленки в целом. Кроме того, такая техника позволяет получить более равномер-

ную толщину покрытия и минимизирует количество дефектов. Эти материалы также обычно имеют низкую вязкость, и получить ТСП 75 мкм в один проход проблематично. Данная методика позволяет компенсировать и этот недостаток.

При высокой влажности и стоячем воздухе (независимо от температуры) следует создать искусственный обдув, но не выше 1,5 м/сек., так как при слишком сильном обдуве также может образоваться корка. В закрытых помещениях отличные результаты дает применение осушителей воздуха.


Но и после окончательного отверждения такое покрытие рекомендуется не подвергать длительному контакту с водой, особенно с пресной, в течение 1–3 суток. Однако соленая вода, наоборот, ускоряет химическое отверждение.

Следует отметить, что параметры формирования покрытий водоразбавляемых ЦСС могут отличаться разительно (Табл. 1).

Очевидно, что в случае с составом №1 сократить срок перехода ниже 120 минут невозможно в принципе, а №2 предоставляет возможность ускоренной сушки при необходимости.

Некоторые покрытия могут вовсе не сформироваться, если отверждение в течение первых часов проходило в неблагоприятных условиях. Такое покрытие можно стереть ребром монеты при легком нажиме или даже пальцем — данная манипуляция является обязательной при контроле качества. Осыпающееся покрытие уже не восстановится ни при каких условиях и подлежит полному удалению. Но некоторые марки отверждаются физически в любом случае, хотя для химического отверждения (переход в водонерастворимое состояние) потребует длительного времени.

## РЕЗЮМЕ

Причина неприятия многими окрасочными фирмами цинксиликатных составов в прошлом веке кроется в малой распространенности метода абразивоструйной очистки и привычке к неприхотливым краскам на органических связующих, на фоне которых ЦСС, особенно на водной основе, чрезвычайно требовательны. Непонимание механизмов формирования такого покрытия зачастую приводило к существенным убыткам окрасочных фирм. Однако современный опыт свидетельствует, что уровень технической оснащенности и культуры производства позволяет персоналу окрасочных участков достаточно быстро и безболезненно переходить от органических ЦСС к самому требовательному из неорганических, обеспечивая высокое качество покрытия. Усилия, потраченные на элементарный контроль условий нанесения или создание требуемого микроклимата в цеховых условиях, с лихвой окупаются значительным сокращением производственного цикла и экономией производственных площадей. 

**ВОЛОСЮК Вячеслав Федорович,**  
главный технолог УП «Мерлан К»  
г. Минск, Беларусь,  
[www.zinc.open.by](http://www.zinc.open.by)



Табл. 1. Формирование покрытий на основе водоразбавляемых ЦСС

Тип	Время	Температура (°C)	Относительная влажность (%)
ЦСС №1	390	15	90
	240	20	80
	150	25	70
	120	30	60
	150	35	50
	390	40	40
ЦСС №2	100	25	70
	17	50	30
	5	60	20

# ТЕХНОЛОГИЯ ОКРАСКИ ПОРОШКОВЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

**Окраска порошковыми ЛКМ начала развиваться в 60-х годах прошлого века. Это явилось закономерным следствием развития окрасочных технологий жидкими ЛКМ. Для снижения затрат на производство покрытий (Пк) было необходимо повышать содержание нелетучих компонентов ЛКМ. С одной стороны, это улучшало экологическую обстановку на производстве и снижало стоимость Пк, но с другой — создавало технологические трудности при нанесении ЛКМ.**



Решение этой технологической и экологической проблемы способствовало развитию технологии окраски одновременно по нескольким направлениям:

- воднодисперсионные ЛКМ, позволяющие без ущерба здоровью работников и окружающей среде регулировать вязкость материала, необходимую для его нанесения. Однако сначала эти ЛКМ не могли конкурировать с органорастворимыми по техническим характеристикам, удобству в работе и стоимости, но в последние десятилетия, благодаря успешному развитию химической технологии, появились такие ЛКМ, не уступающие органорастворимым по многим показателям. В настоящее время воднодисперсионные широко применяют для окраски бытовых изделий из древесины, пластика, прессованных плит (МДФ) и пр.;

- развитие технологии нанесения жидких высоковязких ЛКМ безвоздушным методом при высоком давлении (50–300 бар), в некоторых моделях подобных установок для снижения вязкости применяется предварительный подогрев ЛКМ. Этот метод имеет безусловные преимущества при окраске больших поверхностей (крупногабаритные машины и механизмы, строительные конструкции, железнодорожные вагоны, мебельные панели и др.);

- метод окраски обливом, при котором окрашиваемая деталь полностью погружается в емкость с ЛКМ, нашел применение для отделки деталей сложной конфигурации, имеющих труднодоступные места и полости (радиаторы, трансформаторы и др.);

- нанесение ЛКМ методами катафореза и анафореза. Окраска производится погружением окрашиваемой детали в емкость с водоразбавляемым ЛКМ, через раствор которого пропускают постоянное напряжение. При этом изделие является катодом

(катафорез) или анодом (анафорез), и частицы красящего вещества, получив электрический заряд, оседают на изделие равномерным тонким слоем. Огромное преимущество метода состоит в том, что ЛКМ проникает в самые труднодоступные места изделия и обеспечивает получение очень тонкого защитного Пк с высокой коррозионной стойкостью. Этим методом, как правило, наносят автомобильные грунтовки;

- окраска порошковыми ЛКМ наиболее удачно сочетается преимуществами ЛКМ со 100%-м сухим остатком и возможностью равномерного регулируемого нанесения краски на изделие. К сожалению, применение метода ограничено габаритами окрашиваемых изделий и чувствительностью подложки к температуре. В основном, этот метод применяется для окраски изделий из металлов. В последние годы на Западе появились и внедрены в производство порошковые ЛКМ и способы их отверждения, позволяющие наносить их на неметаллические подложки, чувствительные к повышению температуры.

Вышеперечисленные методы окраски не охватывают всех технологий, применяемых в современном промышленном производстве. В рамках каждого из них есть различные модификации, отличающиеся технологией нанесения ЛКМ, способами формирования Пк и характеристиками получаемых Пк.

Кроме того, существуют промышленные методы окраски, сочетающие способы нанесения и материалы различных технологий. Например, в автомобильной промышленности применяется метод нанесения порошковой краски на кузов автомобиля погружением в водный раствор, затем после сушки происходит формирование Пк по стандартной технологии порошковой окраски.

В этой статье и последующих публикациях мы подробно расскажем о технологии порошковой окраски, остановимся на особенностях оборудования для получения порошковых Пк, методах и материалах для химической подготовки поверхности перед окраской, приборах и методах контроля Пк, а также на мировых тенденциях в развитии этой технологии.

Порошковый ЛКМ представляет собой мелкодисперсный порошок с размером частиц 10–100 мкм, полученный методом экструзии и последующего размола смеси различных компонентов.

Порошковые ЛКМ по сравнению с жидкими обладают рядом существенных преимуществ:

- отсутствие растворителей;
- малое количество отходов при нанесении (менее 0,05% от общей массы);
- низкая пожароопасность производства;
- возможность нанесения одного слоя ЛКМ и регулирования толщины Пк в широких пределах;
- отсутствие вредных выбросов;
- высокая скорость отверждения;
- возможность получения Пк с различными физико-механическими и химическими свойствами;
- более низкая стоимость получения Пк.

В зависимости от используемого пленкообразователя порошковые ЛКМ подразделяют на эпоксидные, эпоксиполиэфирные, полиэфирные, полиуретановые, полиакриловые, полиэтиленовые, полиамидные и др. Каждый из перечисленных типов имеет свои преимущества, недостатки и специфические области применения.

Порошковые Пк, как правило, одновременно выполняют декоративные и защитные функции. Де-

коративные свойства Пк характеризуются такими показателями, как цвет, блеск, структура; защитные — устойчивостью к действию механических нагрузок, коррозионной стойкостью, стойкостью к действию УФ-излучения, химстойкостью, электроизоляционными свойствами. Наибольшее распространение получили материалы, более удачно сочетающие декоративные и защитные свойства. Примером могут служить полиэфирные порошковые краски, широко применяющиеся для отделки строительных алюминиевых конструкций (окна, двери, фасады и пр.). Пк на их основе обладают прекрасными физико-механическими свойствами, стойкостью к УФ-излучению и отличными декоративными качествами.

Порошковые ЛКМ наносят на изделия методом электростатического или трибостатического распыления. Суть этого метода заключается в том, что частицы

краски, проходя через пистолет-распылитель, получают электростатический (отрицательный) или трибостатический (положительный) заряд и оседают на изделии равномерным слоем, так как оно заземлено и имеет электрический заряд той же полярности. Адгезия слоя ЛКМ достаточно высока и позволяет некоторое время хранить изделия и транспортировать их на конвейере.

Для окраски сетчатых изделий или проволоки порошковыми красками применяется метод нанесения в «кипящем слое». Изделие, предварительно нагретое до температуры 50–60°C, на короткое время помещают в емкость с порошковым ЛКМ, дно которой имеет пористую мембрану. Через мембрану подается сжатый воздух, заставляющий порошок «вскипать». В таком состоянии воздушно-порошковая смесь приобретает физические свойства жидкости и вы-

глядит как кипящая жидкость. Частицы порошка, расплавляясь при соприкосновении с нагретым изделием, оседают на его поверхности, затем происходит отверждение в печи. Толщина Пк, нанесенного таким способом, обычно составляет 300–500 мкм, поэтому данный метод применяют для окраски изделий с небольшой площадью и сложной конфигурацией поверхности.

После нанесения порошкового ЛКМ тем или иным методом окрашенное изделие помещают в печь и выдерживают при температуре 160–200°C в течение 10–20 мин. При нагревании краска расплавляется и равномерно растекается по поверхности изделия, образуя тонкую и прочную полимерную пленку толщиной 60–80 мкм. Наиболее распространен метод отверждения Пк путем нагревания изделий конвекционным способом, предусматривающим полный прогрев всего изделия до требуемой температуры.

В последние десять лет промышленное применение получили способы низкотемпературного отверждения при 120–130°C, применяемые для окраски изделий, чувствительных к повышенным температурам. Однако низкотемпературное отверждение возможно только для эпоксидных порошковых ЛКМ, что существенно ограничивает область его применения.

Отверждение Пк с помощью ИК-излучения позволяет очень быстро разогреть изделие до нужной температуры, что значительно сокращает технологический процесс и уменьшает габариты оборудования, но этот метод подходит только для деталей простой конфигурации, не отбрасывающих тень на себя, и требует специально подобранной рецептуры порошковой краски.

Еще один промышленный способ отверждения порошковых ЛКМ — УФ-излучением.

УФ-отверждение порошковых ЛКМ начали применять в промышленных масштабах лишь в течение последних десяти лет. Технология УФ-отверждения для порошковых материалов во многом сходна с УФ-отверждением жидких ЛКМ. К недостаткам способа следует отнести невозможность получать матовые Пк и отверждать ЛКМ желтого цвета, в частности, при толщине Пк 60–80 мкм. Последнее связано со свойством желтых пигментов поглощать излучение как в УФ, так и в видимой области спектра. Эти обстоятельства ограничивают применение УФ-отверждения, так как возможность получать матовые Пк является одним из основных требований при окраске древесностружечных плит средней плотности (МДФ) в мебельной промышленности. В настоящее время для удовлетворения этого требования могут быть предложены только мелкоструктурированные порошковые краски.


В таблице приведены основные технические характеристики различных методов отверждения порошковых ЛКМ и свойства получаемых покрытий. 

Табл. 1. Технические характеристики различных методов отверждения порошковых ЛКМ

Наименование	Метод отверждения		
	УФ	ИК Низкотемпературный	
Пленкообразователи	Акрилаты, полиэфир-акрилаты, акрилуретаны, эпоксиакрилаты	Полиэфир-эпоксиполиэфир-эпоксиды, акрилаты	Эпоксиды (иногда – акрилаты)
Механизм отверждения	Фотополимеризация	Полиприсоединение	
Режим отверждения	< 100°C / 40 с	230–2500°C / 1 с	120–1400°C / 1 с
Толщина одного слоя, мкм	20–80	50–100	80–300
Растекаемость ЛКМ	Очень хорошая	Лучше стандартной	Стандартная
Цвет ЛКМ	Кроме желтого и его оттенков	Кроме прозрачных лаков	Любой
Твердость Пк по карандашу	> 2Н	Макс. Н	Макс. Н
Твердость Пк по маятнику Кенига	> 170	< 100	< 120
Блеск Пк, %	60–90	10–90	60–90
Химстойкость Пк	Высокая	Стандартная	
Стойкость Пк к УФ-излучению	От средней до высокой		От низкой до средней
Стойкость Пк к действию пара при температуре 100°С, 20 мин.	Устойчиво	Полиэфир-эпоксиды и акрилаты устойчивы	Неустойчивы
Структура Пк	Мелкая	От мелкой до крупной	
Форма окрашиваемых изделий	Плоская и простая геометрия		Любая
Ориентировочная стоимость окраски, евро/кг	10–20	5–15	3–8
Удельные энергозатраты, % от затрат на конвекционную установку	60–80	40–80	90–95
Размер установки, % от конвекционной	20–40	5–10	95–100

**КУЗНЕЦОВ Павел Анатольевич,**  
технический директор  
ЗАО «Эпо-Полимеры И.О.С.»,  
[www.epo-polymers](http://www.epo-polymers)

# ВТОРИЧНАЯ КОРРОЗИЯ ПОСЛЕ ОЧИСТКИ

**Каждому технологу хорошо известно, что для получения высококачественного покрытия нецелесообразно экономить на подготовке поверхности под окраску, хотя абразивоструйная обработка стоит дорого – расходы могут достигать 60 – 70% от общих затрат по нанесению покрытия, включая стоимость материалов.**

Но при этом необходимо сохранить активную очищенную поверхность до нанесения грунтовочного слоя. В случае попадания воды продукты новой коррозии вырастают, как грибы, а это недопустимо. Повторная очистка, даже пусть частичная, приводит к дальнейшему удорожанию операции, срыву графика работ и т.п.

Возможны самые разные практические ситуации, например:

- после абразивоструйных работ на открытом воздухе с удалением песчаной пыли обдувом прошел дождь (1);
- в цеховых условиях обдув песчаной пыли недопустим, и для обеспыливания поверхности требуется промывка водой (2);
- после очистки, но перед покраской следует длительный период предремонтной дефектации конструкции (3);
- в последние годы начали активно применяться «мокрые» варианты абразивной очистки с добавлением воды, а после конструкцию не успели высушить (4);
- на поверхностях налеты растворимых солей, нужно мыть (5);
- мостовые конструкции в заводских условиях почистили, покрасили, за исключением контактных поверхностей. Необходима доставка до места монтажа неокрашенных участков без коррозии и нарушений шероховатости, иначе будет нарушена затяжка болтов. И лишь только после установки всех болтов следует окончательная покраска. Срок транспортировки конструкции — до года (6).

Известна технология очистки  $\mu$ -jet, сочетающая абразив и гидроструй сверхвысокого давления. В этом варианте воды на металле не остается. Но для реализации технологии требуются инвестиции, не доступные на сегодняшний день для наших предприятий.



Механизм вторичной коррозии на стали соответствует общим закономерностям развития процессов в атмосферных условиях. При подсыхании воды (в тонком слое электролита) при усиленном доступе атмосферного кислорода немедленно начинается бурная работа гальванических элементов, анодами которых являются активные участки поверхности железа, лишенные при абразивной или механической очистке своей естественной оксидной защиты:



На катодных участках восстанавливаются молекулы кислорода:

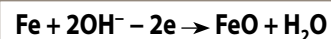


Образующийся гидроксид двухвалентного железа окисляется кислородом до трехвалентного состояния «красивого» цвета свежей ржавчины. Для подавления такой коррозии необходимо либо убрать воду (исчезает вторая реакция), либо кислород (что невозможно), либо прервать первую реакцию анодного окисления железа, а заодно и вторую. Таким образом, задача может быть сведена к снижению агрессивности коррозионной среды введением водорастворимого ингибитора коррозии.

Технологии с участием ингибиторов обычно предельно просты, но необходим правильный выбор вещества и его защитной концентрации, а также соблюдение требований защиты окружающей среды и безопасности работ для человека. В нашем случае основное ограничение связано, к сожалению, с обязательным условием совместимости ингибитора с последующей системой лакокрасочного покрытия.

Средства временной защиты обычно предполагают их удаление. В данной ситуации вряд ли кто будет вводить операцию отмывки от ингибитора, расконсервация исключается. По этой причине сразу отпадают все органические водорастворимые ингибиторы атмосферной коррозии типа НМ-1, ИФХАН-39, эмульсии ФМТ и другие пассивирующие составы. Они создают слой. Их применение возможно только после проведения специальных исследований на совместимость с конкретной лакокрасочной системой, получения доказательств отсутствия отрицательного влияния на адгезию грунта и т.д. Дорого, длительно и без каких-либо гарантий достижения положительного результата.

Это означает, что в рассмотрение могут быть включены лишь некоторые неорганические вещества. Так, например, хроматы и нитриты способствуют образованию на поверхности металла конверсионного оксидного слоя. В щелочном растворе сталь менее подвержена коррозии за счет образования пассивирующего оксида FeO:



К сожалению, необходимые для пассивации защитные концентрации  $\text{NaNO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  достаточно велики (для соды — 3%), и после высыхания воды останется недопустимый солевой налет, что опять приведет к операции удаления консерванта. При снижении концентрации анодного ингибитора типа нитрита натрия возможен отрицательный эффект усиления коррозии, да и вещество это чрезвычайно токсичное.

Химическую обработку лучше проводить фосфатирующими составами, работающими по принципу пре-

образователей ржавчины, образующих на поверхности стали пассивирующий слой нерастворимых фосфатов, прочно сцепленных с металлом, обеспечивающих улучшение адгезии грунта. Все они содержат фосфорную кислоту, лучше которой пока ничего не придумано. Для устранения вторичной коррозии это должны быть составы холодного фосфатирования, работающие без ванн и нагревания и не требующие смывания водой. Просто водные растворы фосфорной кислоты непригодны, ее остаток вызовет кислотную коррозию под слоем грунта. Всем требованиям удовлетворяют составы типа «Нотех», «Панцирь», «Ликфор».

Тестирование их защитной способности проводилось рядом НИИ, в частности Центральным научно-исследовательским институтом конструкционных материалов «Прометей». Например, после обработки «Нотех» подготовленной поверхности при помощи дробеструйной очистки до степени Sa 2,5 видимые продукты коррозии появляются только через месяц в цеховых условиях и через неделю — в атмосферных. Помимо фосфатирования поверхности, пассивацию усиливает анодный ингибитор коррозии, который активно подавляет подпленочную коррозию под слоем краски, а адгезия грунта не ухудшается даже в самых жестких условиях испытаний — при  $-60^{\circ}\text{C}$ . Составы совместимы с большинством известных типов ЛКМ и экономичны. Так, при цене концентрата 80 руб./кг цена рабочего состава получается порядка 30 руб./кг при разведении водой 1:2, а расход при однократном нанесении не превышает 30–50 г/м<sup>2</sup>.

Допустимы любые технологические варианты нанесения составов: метод распыления, кисть, валик. Казалось бы, при гидроабразивном варианте очистки состав можно добавить прямо в воду с абразивом. Но нетоксичных веществ не бывает. Представьте, струя воды, содержащей кислоту или щелочную соду, со скоростью звука чистит металл! Оператору нужно защищать органы дыхания, глаза, кожу, и неизвестно куда еще может попасть этот опасный раствор. В рецикл вводить нужно будет не только абразив, но и раствор, потери его непредсказуемы. Конечно, химическую обработку лучше проводить в отдельной операции, после абразивной очистки. Расход реагента планируется, безопасность работ обеспечивается. Составы высыхают за 20–30 минут, и процесс может быть ускорен обдувом.

В качестве примеров приведем варианты решения поставленных практических задач:

(1) и (3) — поверхности обрабатываются стандартным рабочим составом типа «Нотех» 1–2 раза. Если в течение межоперационного периода все же образовались отдельные очаги коррозии, они перед окраской дополнительно обрабатываются;

(2) — вместо обеспыливания обдувом ведется промывка слабым (1:4) раствором рабочего состава. В камерных условиях возможен сбор технологического раствора, его очистка фильтрованием и повторное использование. Выработанный реагент может быть подвергнут локальной очистке в отстойнике осаждением всех фосфатов известковым молоком. Содержание преобразователя ржавчины в сточной воде

Табл. 1. Плотность сточной воды

Разведение Нотех : Вода	Плотность, г/мл
Концентрат	1,20
1:1	1,10
1:2	1,06
1:4	1,04
1:5	1,03
1:8	1,02
1:10	1,01

определяется по ее плотности ареометрически. В соответствии с этой концентрацией выбирается доза осадителя (см. табл. 1, 2);


(4) и (5) — фосфатировать после действия мокрого абразива или отмывочной воды, не дожидаясь высыхания поверхности. Если на отдельных участках успела образоваться коррозия, она будет преобразована, нанесение грунта допустимо;

(6) — сложная задача. Длительный период хранения и транспортировки без существенной вторичной коррозии достигается комбинацией фосфатирования с летучим ингибитором коррозии ВНХ-Л-20. Расконсервация сводится к удалению источников парообразования. Перед окраской контактные поверхности подвергаются дополнительной очистке, и на них еще раз наносят преобразователь ржавчины.

Табл. 2. Количество осадителя

Разведение Нотех : Вода	Известковое молоко, в расчете на CaO, г/л стока
Концентрат	224
1:1	122
1:2	75
1:4	45
1:5	37
1:8	25
1:10	20

## РЕЗЮМЕ

В каждом конкретном случае вопрос о целесообразности введения химической обработки очищенной поверхности решается на основании как технических, так и чисто экономических соображений. Но во всех случаях фосфатирование существенно увеличивает срок службы системы покрытия, то есть, повышает качество работ в целом. 

*ТРУСОВ Валерий Иванович,  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой химии Санкт-Петербургского  
государственного морского технического  
университета.  
www.notech.spb.ru*



# МЕХАНИЗМ ОЧИСТКИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

**Процесс очистки с использованием очистительных средств на водной основе носит преимущественно физический характер и проходит целый ряд этапов.**

Процесс очистки металлической поверхности, загрязненной неэмульгированными жирами, маслами, пигментами, пылью и опилками, начинается с того, что поверхностно-активные вещества диффундируют из водного раствора в пограничный слой масло/вода. Как только достигается напряжение, достаточное для реакции обмена, масло стягивается в капельки и скатывается с поверхности (так называемый эффект Roll-Up). При этом оно захватывает другие растворенные и диспергированные в масле вещества. После такой грубой очистки на поверхности все еще остаются масла и другие составные части загрязнения, но уже в очень незначительной концентрации, из нескольких молекулярных слоев.

На втором этапе процесса очистки остающийся тонкий слой масла удаляется под воздействием поверхностно-активных веществ в результате процесса вытеснения. Параллельно с этим происходит окончательное диспергирование пигментов, которые затем в этом состоянии смываются с поверхности. Поскольку все эти процессы проходят под воздействием механизмов адсорбции и десорбции, необходимо достаточно длительное время для восстановления равновесного состояния. Имеющееся неорганическое вещество продукта очистки работает в ходе этого процесса во взаимодействии с поверхностно-активными веществами. Оно весьма значительно повышает скорость восстановления равновесного состояния (скорость очистки) и сдвигает состояние равновесия в сторону значительно более низкого масляного загрязнения.

После второго этапа реакции поверхность становится гидрофильной и смачивается водным раствором. Остальные ингредиенты продукта очистки могут теперь выполнять свою основную функцию, что приводит к активации и пассивации субстрата.

На основе этого механизма можно объяснить и понять многие встречающиеся на практике наблюдения:

1) При очистке в водных растворах существует нижняя граница температуры, которую нельзя переходить.

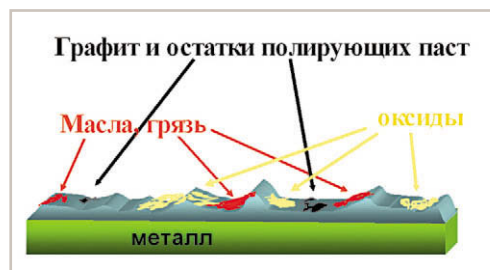


Рис. 1. Поверхность металла



Коррозия на алюминии (фото слева) и стали (фото справа)



Причина этого заключается в эффекте Roll-up первого этапа реакции. Масла/жиры могут собраться в капли только в том случае, если они находятся в жидком состоянии. Точка плавления масел/жиров на поверхности устанавливает, таким образом, минимальную температуру обезжиривания.

2) Для скорости и интенсивности очистки не имеет значения толщина слоя покрывающих поверхность масел/жиров. Как тонкие, так и толстые слои масел сравнительно быстро смываются с поверхности по мере образования и скатывания масляных капель.

3) Масляное загрязнение поверхности, затвердевшее в результате неправильного хранения изделия, особенно трудно поддается удалению. Затвердевание повышает точку плавления масел, так что возникает необходимость повышения температуры очистки. Если точка плавления становится выше точки кипения воды, обезжиривание поверхности становится невозможным. Кроме того, в результате реакции затверде-

вания в молекулу встраиваются полярные функциональные группы, вследствие чего молекулы сильнее связываются с металлом. Возникает отрицательное влияние на механизмы адсорбции-десорбции на втором этапе процесса очистки.

4) Не поддающееся эмульгированию масляное загрязнение поверхности по своим техническим критериям очистки предпочтительнее эмульгируемого загрязнения. Благодаря эффекту Roll-up его можно легче и быстрее удалить с поверхности, а смытое масло всплывает подобно сливкам в молоке на поверхность очистительного раствора и может быть легко удалено. Следствием является длительный срок службы очистительного раствора.

## РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ ОЧИСТИТЕЛЕЙ

В зависимости от содержания различных веществ и определяемой этим величины pH различают сильнощелочные, слабощелочные, нейтральные, слабо-

Табл. 1. Список различных типов очистителей и областей их использования

Класс	pH	Ингредиенты	Использование	Промышленность
Сильнощелочные	10,5–13	Щелочи; силикаты; фосфаты; комплексообразователи; тензиды	Сталь; сильные загрязнения; высокие требования к очистке	Ленточная сталь; гальваника; эмалирование; ремонтные мастерские
Слабощелочные	8–10	Фосфаты; бораты; карбонаты; комплексообразователи; тензиды	Легкие металлы; медь; цинк; слабые загрязнения; высокие требования к очистке	Гальваника; анодирование; фосфатирование; нанесение покрытий
Нейтральные	7–8,5	Тензиды; ингибиторы коррозии; фосфаты; растворители	Чувствительные поверхности; слабые загрязнения; защита от коррозии	Автомобильная промышленность; инструментальное производство, закаливание
Слабокислые	4–5	Кислые соли; тензиды	Сталь; восприимчивые к щелочам изделия; очистка и фосфатирование	Режущий инструмент; автомобили
Кислые	<1,5	Кислые ингибиторы	Металл; декапирование/травление; обезжиривание	Эмалирование; гальваника

кислые и сильнокислые продукты. В таблице 1 приводятся специальные области использования различных очистителей.

Наиболее эффективными очистителями являются щелочные и сильнощелочные, которые особенно подходят для выполнения трудных задач очистки, таких как: удаление застаревших масел и жиров, а также пигментных загрязнений. Они используются также для тонкой очистки перед процессами облагораживания поверхностей, когда необходимо получение металлически чистых поверхностей.

Слабощелочные и/или нейтральные очистители предназначаются для промежуточной и окончательной очистки производственных линий в тех случаях, когда приходится удалять преимущественно легкие загрязнения, оставляемые обработкой деталей без образования металлической стружки и опилок, а после очистки требуется временная защита от коррозии.

Слабокислые продукты основываются на комбинации кислых фосфатов и тензидов. Наряду с очисткой при их использовании на поверхности железа образуется одновременно фосфатный слой (фосфатирование железных поверхностей), который может служить основой для последующего нанесения лаковых покрытий.

Сильнокислые продукты содержат тензиды и минеральные соли или сильные органические кислоты. Агрессивное воздействие на металл предотвращается путем добавления так называемых «ингибиторов травления». Основными областями использования продуктов этого класса является травление поверхностей, удаление окислов и окалин, а также удаление окаменелых отложений с машин, установок и из систем трубопроводов.

## ТРАВЛЕНИЕ

Загрязнения, которые невозможно удалить с поверхности металла путем использования обычных методов очистки — например, слои окислов, — подвергаются бо-



Тест на смачиваемость: жирная поверхность (слева) и чистый металл (справа)

лее интенсивной обработке путем травления. Таблица 2 дает общий обзор методов травления, используемых в рамках предварительной обработки поверхности перед нанесением порошковых покрытий. Подлежащие коррозии поверхности железных изделий могут быть наиболее эффективно обработаны в водных растворах серной или соляной кислоты.

В связи с амфотерным характером алюминия для травления используются как кислоты, так и щелочи. На практике наиболее часто используются кислые травильные растворы на основе азотной, серной и фосфорной кислот, а также их смеси. Поскольку при использовании кислых травильных растворов все емкости, трубопроводы и насосы должны быть изготовлены из кислотостойкого материала, срок использова-

ния травильных ванн достаточно низок, а кроме того, часто возникают проблемы с утилизацией сточных вод, для травления предпочтение отдается использованию щелочных растворов. В щелочных растворах нерастворимые составные части сплавов, такие как: медь, кремний, цинк — приходится удалять в ванне для декапирования, что требует ввода дополнительной операции. Только что прошедшие операцию травления изделия в значительной степени подвержены коррозии, поэтому их следует тщательно ополаскивать и сразу же покрывать препятствующим коррозии конверсионным слоем, например, подвергать хромированию, фосфатированию или использовать какой-либо альтернативный метод. При обработке изделий сложной конфигурации — особенно изделий после точечной сварки, изделий, имеющих щели, прорезы или пустоты, — серная и соляная кислота, как правило, для травления не используется. Задерживающиеся в них даже при тщательном ополаскивании остатки этих кислот могут привести к образованию продуктов реакций, которые уже через короткое время приведут к возникновению вздутий, провалов и других дефектов на окрашенной поверхности изделия. Если возникает неизбежная необходимость травления таких изделий сложной формы, можно использовать лишь метод травления фосфорной кислотой. Однако травление изделий водными растворами фосфорной кислоты требует больших затрат времени и химикатов. Зато на поверхности образуется одновременно тонкий защитный слой железного фосфата.

Оцинкованные детали, как правило, не подвергаются травлению. Если все же возникает необходимость травления таких изделий, используют исключительно фосфорную кислоту и работают при возможно более низких концентрациях (например, 2%).

По материалам компании  
ООО «Алюфиниш Рус»

Табл. 2. Преимущественно используемые методы травления для металлических поверхностей

Водные растворы серной кислоты	Концентрация: Температура: Время травления: Содержание ингибиторов: Использование только для стали	от 10 до 15 % от 40 до 60 °С от 1 до 15 мин. 0,1 %
Водные растворы соляной кислоты	Концентрация: Температура: Время травления: Содержание ингибиторов: Использование только для стали	от 10 до 15% от 20 до 25 °С от 1 до 15 мин. 0,1 %
Водные растворы фосфорной кислоты	Концентрация: Температура: Время травления:	от 2 до 15% от 20 до 60 °С от 5 до 20 мин. для стали и алюминия от 1 до 5 мин. для цинка
Водные растворы гидроксида натрия	Концентрация: Температура: Время травления:	от 5 до 20 % от 40 до 70 °С от 1 до 5 мин. Использование только для алюминия

# ОЧИСТКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОТ СТАРЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ С ПОМОЩЬЮ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА

Сегодня остро стоит проблема восстановления защитных лакокрасочных покрытий на различного рода металлоконструкциях. Эта проблема обусловлена выработкой защитных покрытий своего ресурса и значительным снижением закупок новых объектов.

Обеспечить автоматизацию процесса снятия краски и исключить воздействие таких вредных факторов, как шум, вибрация, пыль, на обслуживающий персонал позволяет электротермический способ, в основе которого лежит принцип индукционного нагрева.

## УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ИНДУКЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

Сущность электротермического способа удаления краски заключается в следующем. Металлическая поверхность с покрывающим ее слоем краски подвергается воздействию электромагнитного поля высокой частоты, создаваемого движущимся вдоль нагреваемой поверхности индуктором. В результате этого воздействия в металлической поверхности наводится электрический ток, вызывающий ее интенсивный нагрев.

В процессе нагрева металлическая поверхность интенсивно охлаждается водой, подаваемой из спреера, при этом покрывающая ее краска растрескивается, отслаивается и легко снимается под напором охлаждающей воды. Температура, при которой происходит отслаивание краски, лежит в пределах 300–350°C. Скорость движения индуктора и температура нагрева поверхности определяется технологическими параметрами процесса.

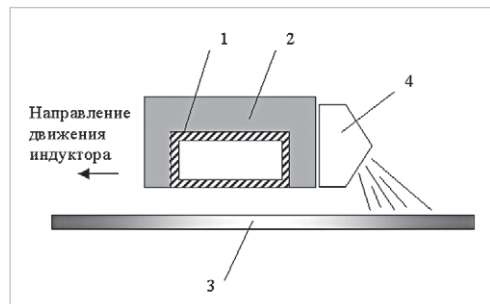


Рис.1. Схематический разрез фрагмента индукционной установки для удаления старой краски с металлической поверхности



Эскиз индукционной установки представлен на рис.1. Она состоит из индуктирующего провода 1, заключенного в магнитопровод 2, нагреваемой металлической поверхности 3 и спреера 4, служащего для охлаждения нагреваемой поверхности. Индуктирующий провод представляет собой полуку, водоохлаждаемую медную трубку, имеющую прямоугольное сечение. Питание установки осуществляется от источника напряжения высокой частоты, расположенного на подвижной платформе вместе с манипулятором.

Форма активной поверхности индуктирующего провода определяется, прежде всего, формой нагреваемой поверхности. В связи с этим для полной и качественной очистки поверхности необходимы индукторы различной формы, повторяющей профиль очищаемой металлической поверхности.

Особого внимания заслуживает температурный режим снятия краски как один из наиболее важных в рассматриваемом процессе. Нагрев металлической поверхности происходит непосредственно за счет наведенных электромагнитным полем вихревых токов в металле. Так как электромагнитные свойства

металла обшивки можно считать одинаковыми, то глубина проникновения электромагнитного поля в индуктор определяется только частотой напряжения, питающего индуктор. Следовательно, частоту питающего напряжения можно подобрать таким образом, чтобы прогревались только самые поверхностные слои, не более 5–10% от общей толщины нагреваемого металла.

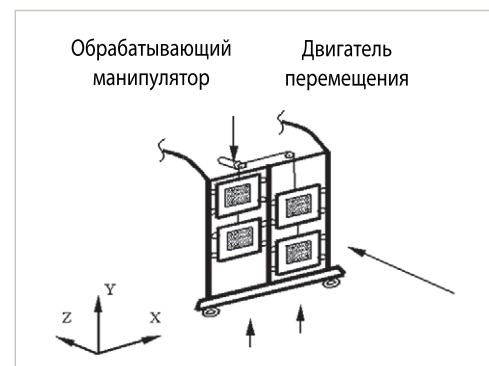


Рис.2. Обобщенный вид рамы перемещения



В более глубокие слои тепло передается за счет теплопроводности металла. В некоторых случаях металлоконструкции содержат тепловую и/или звуковую изоляцию, имеющую низкую жаростойкость. И если объем ремонтных работ не предусматривает ее демонтаж, то при очистке недопустим прогрев внутренней поверхности металлоконструкции выше 100°C. Если металлоконструкция не содержит горючих материалов, тогда допустим режим равномерного прогрева по всей ее толщине до 300–350°C.

Частую покрытие металлоконструкций в качестве основы содержит мастики. Мастика имеет вязкую консистенцию, и применение для ее удаления дробеструйных и абразивных устройств имеет очень низкую эффективность. Однако мастика, нагретая до определенной температуры, теряет вязкость, становится хрупкой и легко поддается воздействию абразивных элементов или дробы.

## ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС

Автоматизацию процесса очистки металлической поверхности от краски обеспечивает электро-механический роботизированный комплекс, основным рабочим узлом которого является оснащенный электроприводом трехкоординатный манипулятор, управляющий индукционной установкой.

В процессе действия роботизированной установки ее отдельные узлы должны перемещаться по трем координатам. На рис. 2 показаны направления координатных осей манипулятора относительно металлической поверхности. Координаты X и Y предназначены для перемещения рабочего узла вдоль обрабатываемой плоскости, а координата Z — для точного позиционирования рабочего узла и компенсации неровностей и рельефных объектов на поверхности металла.

По координате X перемещается вся установка целиком. Движение обеспечивает привод постоянного тока.

Перемещение рабочих узлов установки по координате Y происходит независимо друг от друга.

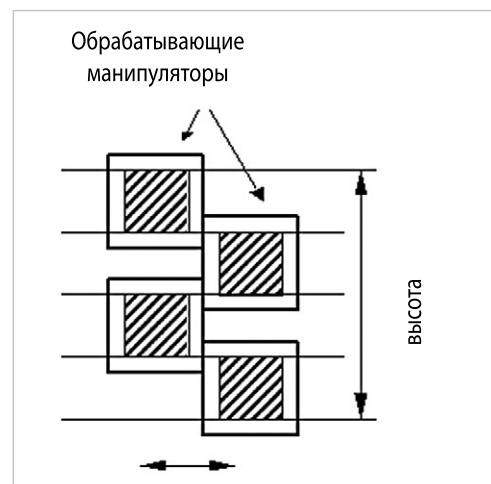


Рис. 3. Зона обработки

Движение осуществляет шаговый привод, обеспечивающий точное позиционирование главного рабочего узла при переходе инструмента между зонами обработки.

Перемещение по координате Z каждый рабочий узел выполняет в отдельности. Движение является возвратно-поступательным и коротковременным, оно обеспечивает необходимую толщину зазора между стенкой обшивки и индуктором.

Поэтому при разработке траектории рабочего узла, выполняющего очистку, следует учитывать наличие участков металлической поверхности, имеющих сложную форму.

Табл. 1. Электромагнитные параметры индукционной системы

Параметр	Значение
Коэффициент полезного действия	0,9
Коэффициент мощности	0,258
Частота питающего напряжения, кГц	66
Ток, А	1608
Напряжение, В	48
Активная мощность, Вт	20000
Максимальная индукция в магнитопроводе, Т	0,29

Роботизированная установка должна обеспечивать очистку не только плоских участков поверхности, но и качественную очистку гофр и криволинейных поверхностей. Таким образом, манипулятор должен иметь возможность оснащаться несколькими индукторами различной конфигурации, каждый из которых будет вступать в работу в зависимости от того, какой участок металлической поверхности подлжет обработке.

При его выборе необходимо принимать во внимание следующее.

Основным конструктивным параметром рассматриваемой системы является высота металлической

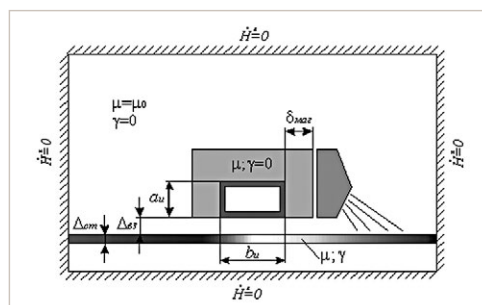


Рис. 4. Математическая модель индукционной системы

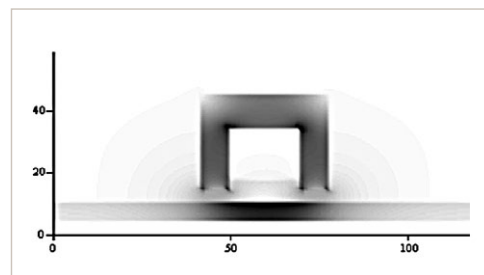


Рис. 5. Картина распределения магнитного поля в расчетной области

конструкции. Если конструировать обрабатывающий манипулятор на полную высоту конструкции, то потребуется всего два манипулятора на раме перемещения (рис. 2).

Однако основным параметром, сдерживающим от использования одного манипулятора с каждой стороны металлоконструкции, является проблема точности позиционирования в связи с большим расстоянием перемещения рабочего узла (при высоте металлоконструкции более 2-х метров). Устранить эти недостатки можно, разбив высоту металлоконструкции на несколько зон обработки. На рис. 3 представлена зона обработки, разбитая на четыре части, каждая из которых обрабатывается своим манипулятором.

Преимущество модульного принципа в том, что он позволяет манипуляторы вводить в эксплуатацию постепенно. Для этого нужно лишь немного усовершенствовать конструкцию рамы перемещения: в случае использования одного манипулятора обрабатываемая рабочая зона будет равняться 600 мм, а следовательно, для полной обработки одной стороны металлоконструкции раме перемещения нужно сделать четыре полных прохода, перемещая по вертикали секции манипулятора.

Для балансировки веса одиночного манипулятора в одной секции служит противовес в другой. Они

Табл. 2. Параметры процессов нагрева и охлаждения

Параметр	Значение
Температура охлаждающей воды на входе индуктора, °C	20
Температура охлаждающей воды на выходе из индуктора, °C	46
Расход воды охлаждающей индуктор, л/мин	1,03
Давление воды охлаждающей индуктор, МПа	$5,86 \cdot 10^{-5}$
Вид охлаждения нагреваемой поверхности	Водяной душ
Расход воды на единицу поверхности, м <sup>3</sup> /с·м <sup>2</sup>	2
Скорость движения индуктора, м/с	0,12

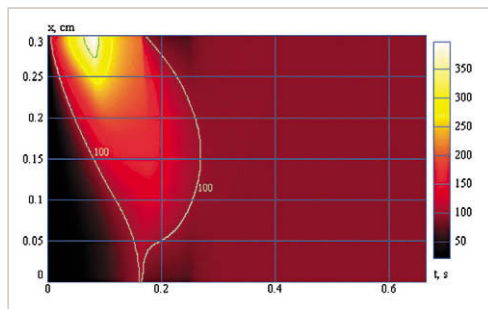


Рис. 6. Картина распределения температуры в нагреваемой поверхности в зависимости от времени

завязаны в единую систему через трос и опорные ролики. Для перемещения манипулятора по вертикали секции служит малоомощный двигатель, т.к. усилия по перемещению невелики вследствие сбалансированности секций. В качестве противовеса может быть использован любой другой, подобранный по массе груз. В случае же полной комплектации рамы манипуляторами, двигатели вертикального перемещения можно демонтировать, зафиксировав положение манипуляторов относительно рамы перемещения.

#### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В табл. 1 приведены результаты математического моделирования двухмерного электромагнитного поля индукционной системы, имеющей следующие параметры (рис. 4): высота индуктора  $a_i=8$  мм; ширина индуктора  $b_i=8$  мм; ; толщина воздушного зазора между индуктором и нагреваемой поверхностью  $\Delta v_3=3$  мм; толщина нагреваемой поверхности в среднем была принята  $\Delta_{ст}=3$  мм; ширина магнитопровода  $b_{маг}=6$  мм. При расчете интегральных характеристик длина индуктора принималась  $l=100$  мм.

На рис. 5 представлена картина распределения магнитного поля в расчетной области индукционной системы.

Табл. 3. Характеристики генератора

Наименование параметра	Значение
Напряжение питающей сети, В	380
Частота питающей сети, Гц	50
Число фаз	3
Мощность генератора номинальная, кВт	25
Мощность, потребляемая от сети, кВА, не более	30
Частота номинальная, кГц	66

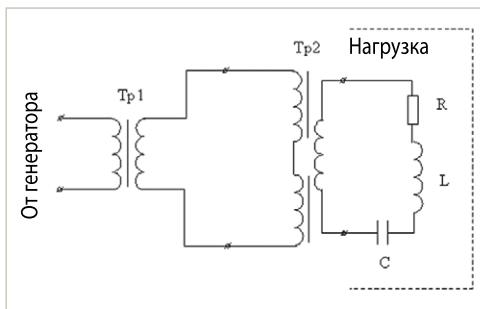


Рис. 7. Электрическая схема включения нагрузки

Моделирование температурного режима нагреваемой поверхности проводился с использованием программы математического моделирования электротермических процессов в индукционных устройствах — ELTA. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

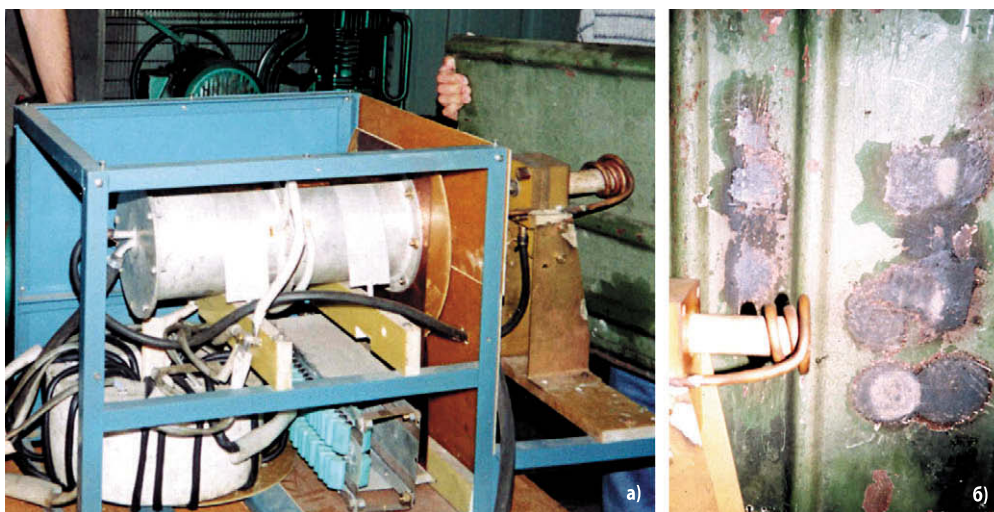


Рис. 8 а,б . Экспериментальная установка

На рис. 6 представлено распределение температурного поля в металлической пластине толщиной  $\Delta_{ст}=3$  мм в зависимости от времени, для случая, когда внутренняя стенка металлической конструкции, в момент нагрева, содержит тепловую и звуковую изоляцию. Из рисунка видно, что максимальная температура, порядка  $350^{\circ}\text{C}$ , располагается в поверхностном слое металлической поверхности толщиной около 0,5 мм. Из-за интенсивного охлаждения температура не успевает передаваться в более глубокие слои металла и на внутренней поверхности металлической обшивки температура не превышает  $100^{\circ}\text{C}$ .

На основании результатов, полученных с помощью математического моделирования, создана экспериментальная индукционная установка, позволившая скорректировать параметры технологического процесса в сторону повышения его эффективности.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИНДУКЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

На основании результатов математического моделирования была создана экспериментальная установка индуктора, представленная на рис. 8. Питание установки осуществляется от генератора высокой частоты. Характеристики генератора приведены в табл. 3.

Электрическая схема включения нагрузки представлена на рис. 7. Схема состоит из двух трансформаторов Tr1 и Tr2 и непосредственно нагрузки. Трансформатор Tr2 выполняет роль согласующего трансформатора. Трансформатор Tr1 является подстроечным трансформатором с широким диапазоном изменения коэффициента трансформации. С его помощью определяется оптимальный коэффициент трансформации для согласующего трансформатора, после определения которого трансформатор Tr1 исключается из схемы.

Замер температуры нагреваемой поверхности осуществлялся с помощью хромель-копелевых термопар типа ХК, зачеканенных в нагреваемую поверхность.

Термо-ЭДС термопар регистрируется с помощью милливольтметра. В соответствии с показаниями вольтметра выбирается оптимальный режим нагрева металлической поверхности, удовлетворяющий требованиям, предъявляемым к технологическому процессу.

На рис. 8а, б представлен один из экспериментов по удалению лакокрасочного покрытия с металлической поверхности при помощи индукционной установки и результат локального удаления лакокрасочного покрытия с помощью индукционной установки. Как видно из рис. 8б установка обеспечивает эффективное снятие краски без повреждения металлической поверхности. ■

СЕРГЕЕВ Николай Вячеславович,  
к. т. н., доцент,  
КОЛПАКОВА Наталья Алексеевна,  
к. т. н., старший преподаватель,  
Сибирский Федеральный университет

## МЕМБРАННЫЕ ОКРАСОЧНЫЕ АППАРАТЫ: ЗАМЕТКИ СОВРЕМЕННОСТИ

**Развитие технологий отделочных работ изменило характер малярного дела. Традиционно основным инструментом маляра была кисть. В настоящее время техническое оснащение малярных работ существенно изменилось — окрасочные агрегаты различных систем, воздушно-пескоструйные системы, водопескоструйные агрегаты высокого давления и разнообразные аксессуары позволяют эффективно работать на любых поверхностях зданий и конструкций.**

Новые технологии требуют высокой квалификации, глубокого знания строительной физики, способов нанесения покрытий, а также соответствующих средств механизации.

Сегодня, когда требования к качеству и скорости работ по окраске различных конструкций возрастают, необходимо четко понимать, что достигнуть хорошего результата невозможно, используя неподходящую технику.

В общем виде, окрасочное оборудование можно условно разделить на три группы:

**1) Промышленное оборудование** — агрегаты и аппараты высокого давления (АДВ) мембранные и поршневые, автоматические окрасочные линии и т.д.

Свойства данного оборудования позволяют решать ряд проблем:

- высокая производительность распыления лакокрасочного материала (ЛКМ) от 1,5 до 18 л/мин. — позволяет в сжатые сроки выполнять большой объем окрасочных работ от нескольких десятков до тысяч кв. м;
- высокое давление позволяет подавать ЛКМ по специальным шлангам на значительную высоту, до 90 м, что делает возможным выполнение окрасочных работ на таких объектах, как высокие резервуары, заводские трубы и т.д.;
- широкая линейка сменных сопел позволяет изменять угол распыления от 10 до 80° и наносить ЛКМ высокой вязкости, а также огнестойкие составы и мастики;
- благодаря безвоздушному распылению система становится компактной и простой (не нужен компрессор, фильтр для очистки сжатого воздуха и т.д.).

Метод окраски распылением под высоким давлением (или метод окраски безвоздушным распылением — airless) основан на дроблении жидкости при истечении с большой скоростью через сопло в воздушную среду и осаждении распыленных частиц на поверхности. В сравнении с пневматическим методом окраски



ска методом распыления под высоким давлением способствует экономии лакокрасочных материалов за счет значительного снижения потерь в окружающую среду на туманообразование и использование составов с меньшим содержанием растворителей. Повышается производительность труда за счет большой скорости нанесения покрытий и возможности сокращения числа слоев покрытий за счет увеличения их толщины. При окраске безвоздушным распылением уменьшается загрязненность и загазованность окружающей среды и улучшаются условия работы. Агрегатами высокого давления можно наносить на окрашиваемые поверхности большинство лакокрасочных материалов, применяемых в строительстве. Непригодны материалы с включением цемента, каменной муки, песка и материалы с очень большим содержанием наполнителя. Малопригодны для окраски под высоким



**Табл. 1. Технические характеристики разных моделей оборудования**

Модель	Мощность, кВт	Производительность, л/мин	Макс. давление, атм.	Габариты, мм	Вес, кг
Lariette	220	2,0	220	400x400x600	19
Lariette	220	2,0	220	400x440x500	19
Miro	220	2,2	220	400x400x600	23
Miro	220	2,2	220	400x440x500	20
Dali	220/380	4,0	220	700x500x770	38
Viking	220	6,0	220	1100x590x840	60
Giotto	220/380	8,0	220	1100x590x840	50
Wagner 2600 HA	220	3,6	235	920/500/795	50
Wagner 7000 HA	380	5,6	240	950/510/795	75
Wagner Finish-211-1	380	6,5	240	950/510/930	75
Wagner Finish-211-2	220	6,5	240	950/510/930	82

давлением изделия узкие или решетчатой формы, такие как: перила, сетки трубы малых диаметров, оконные рамы и т.д.

**2) Профессиональное оборудование** (профессиональные краскопульты и краскораспылители, аэрографы, окрасочные аппараты низкого давления и т.д.). Применяют, когда необходимо добиться самого высокого качества окраски, например, изготовление мебели, автомобилестроение, аэрография (нанесение рисунка или росписи), а также при ремонтных реставрационных работах.

Основные преимущества применения такого оборудования: высочайшее качество выполняемых работ; большая экономия лакокрасочного материала, особенно при использовании оборудования класса HVLP.

**3) Бытовое оборудование** (бытовые краскопульты, валики, кисточки). Используют при небольших объемах работ и когда к окрашиванию поверхности не предъявляют высоких требований.

Основные преимущества: доступность и возможность использования без специальных навыков и знаний; невысокая стоимость.

В предыдущих публикациях не один раз затрагивались вопросы применения и описания различных марок поршневых аппаратов высокого давления. Но, кроме этой, бесспорно высокопроизводительной, высокотехнологичной и выгодной в экономическом плане техники, нельзя не признать, что и мембранные окрасочные агрегаты высокого давления находят как своего покупателя, так и сферу для применения.

Первые мембранные окрасочные аппараты были запатентованы сразу в нескольких странах в начале 90-х годов прошлого века, и это оборудование получило спрос во всем мире.

В общем виде электрический безвоздушный мембранный насос — это прибор, используемый для окраски под высоким давлением, без использования воздуха. Устройство всех агрегатов схоже в своем внешнем виде. Насос приводится в действие электродвигателем или двигателем внутреннего сгорания, который передает свое вращательное движение эксцентрику, соединенному с поршнем, погруженным в масляную ванну. Выполняя возвратно-поступательное движение, поршень всасывает масло и подает его под давлением на мембрану, выполненную из чрезвычайно эластичного и прочного материала (тефлон), которая начинает колебаться с той же частотой, что и поршень. Это движение создает разрежение. Продукт забирается и подается мембраной в краскопульт для выполнения окраски. Специальный клапан позволяет регулировать давление в контуре масла и, следовательно, давление продукта на выходе.

Новая технология фирмы «Wagner» — безвоздушный агрегат SuperFinish с запатентованной технологией длинного хода мембраны — обладает большей мощностью и надежностью в работе, а также имеет более долгий срок службы. Каждый прибор уникален в своем классе мощности. Приборы позволяют профессионально наносить краски, лаки, дисперсии, клеи для тканей и другие материалы, обрабатываемые безвоздушным способом распыления. Они просты в обращении и имеют целый ряд удобств. Не требуют постоянного ухода, так как все компоненты подвергаются значительно меньшей нагрузке благодаря меньшему количеству ходов. Более низкие расходы на техобслуживание благодаря меньшему износу конструктивных материалов. Более долгий срок службы прибора. Также фирма-изготовитель заявляет о том, что эти приборы работают значительно тише, чем мембранные установки в сравнимом классе мощности. Для пользователя это дает возможность более широкого применения прибора в жилых зданиях. Стоимость мембранного окрасочного оборудования колеблется в пределах от 50 000 рублей до 155 000 рублей и напрямую зависит от мощности, производительности и марки приобретаемой техники.

## РЕЗЮМЕ

Подводя итог всему вышесказанному, хотелось бы отметить, что на сегодняшний день среди специалистов в области очистки и окраски сооружений с помощью промышленно-



го оборудования нет однозначного ответа на вопрос — сделали ли последний шаг в развитии этого вида окрасочной техники. В любом случае, выбор всегда за специалистами.

Елена МАКСИМОВА,  
ЗАО «Ольвекс»,  
[www.olvex.ru](http://www.olvex.ru)



## ОКРАСОЧНАЯ ТЕХНИКА С ГИДРОПРИВОДОМ

**Первая в мире установка безвоздушного распыления с гидравлическим приводом насоса появилась в 1965 году. С тех пор такой тип установки является эталоном надежности и передовых решений в области профессионального окрасочного оборудования.**

Основная особенность оборудования безвоздушного распыления с гидравлическим приводом заключается в том, что привод насоса высокого давления осуществляется посредством гидравлического мотора. Использование в конструкции установки безвоздушного распыления гидравлического мотора позволяет выполнять распылительные работы материалами более высокой вязкости и с большей производительностью. Сам гидравлический мотор — устройство гораздо более надежное и долговечное по сравнению с электродвигателем и шестеренчатым механизмом. Его обслуживание в первые годы сводится, в основном, к регулярной замене масла в системе гидравлики.

**К основным преимуществам гидравлических систем перед пневматическими можно отнести:**

- Большую производительность при равных энергозатратах.
- Износ подвижных частей гидромотора существенно ниже.
- Пульсация материала ниже.
- Гидромоторы не обмерзают при работе в прохладных и влажных условиях.
- Низкий уровень шума от системы.

Масло как жидкость по своей природе является несжимаемым рабочим телом, в то время как воздух для работы пневматических двигателей приходится сжимать компрессором и, соответственно, тратить на этот процесс гораздо больше энергии. Это, в конечном счете, позволяет при равных энергозатратах получать большую производительность и давление материала на выходе из краскораспылителя, т.е., теоретически в 5 раз больший КПД. В гидромоторе гораздо меньше подвижных частей, кроме того, их износ существенно ниже, т.к. они постоянно находятся в масле.

Практически все вышеперечисленные преимущества насосов с гидравлическим приводом справедливы при сравнении с насосами с электрическим приводом. Можно смело говорить о большей мощности, надежности и долговечности.



Существенными недостатками систем на основе гидравлического привода являются их высокая стоимость, а также больший вес аппаратов по сравнению с пневматическими (без учета веса компрессора) и электрическими аналогами. Большой вес аппаратов обусловлен значительным объемом масляного бака и дополнительными трубопроводами циркуляции масла для охлаждения.

Сферы применения установок безвоздушного распыления с гидроприводом разнообразны. Использование электрических или бензиновых моторов позволяет выполнять работы практически любыми материалами и в любом месте, начиная с окраски или нанесения гидроизоляционных материалов в строительстве и заканчивая окраской опор ЛЭП в отсутствие источников энергии. Окраска судов и дорожных ограждений, нанесение дорожной разметки и распыление сверхвязких огнезащитных материалов — вот далеко не весь перечень использования этого оборудования.

Аппараты с гидроприводом используются для нанесения высоковязких и/или абразивных материалов, например, огнезащитных материалов, составов со стеклянными чешуйками, изолирующих и толстослойных материалов, противообрастающих красок, холодного битума, красок с малым содержанием растворителей и без

растворителей, материалов с коротковолокнистым наполнителем, двухкомпонентных красок и красок на базе дегте-содержащих эпоксидных смол, железной слюдки, цинковых грун-

товок, а также прочих распыляемых лаков и красок.

На российском рынке окрасочная техника с гидроприводом представлена американским производителем «Graco», немецкими «Wagner» и «Wiwa». Наиболее широкая линейка окрасочных аппаратов у компании «Graco». «Wagner» предлагает окрасочники в основном для общестроительных задач. Аппараты же «Wiwa», в большей степени, представлены в сфере антикоррозионной защиты. Как «Graco», так и «Wagner» предлагают установки с возможностью замены электрического привода на бензиновый и наоборот.

### GRACO (США)

Компания «Graco» (США) является одним из таких производителей. Все семейство установок с гидроприводом Graco условно можно разделить на четыре группы: серия EH/GH, серия GH Roof Rigs, установки для нанесения дорожной разметки, а также гидравлические насосы различной производительности и давления.

Основной особенностью установок серии EH/GH является возможность безинструментальной замены электрического привода гидравлического насоса на бензиновый и наоборот, достаточно просто иметь в запасе отдельный электрический или бензиновый мотор.

Запатентованное соединение привода и гидромотора клиновидным ремнем позволяет осуществлять замену за считанные минуты.

Все установки комплектуются надежными бензиновыми моторами Honda, что позволяет эксплуатировать оборудование в самых тяжелых российских условиях.

Установки серии GH Roof Rigs — это мощные гидравлические аппараты безвоздушного распыления. Ограничения по вязкости материала и по производи-



**Табл. 1. Основные технические характеристики распылителей с гидроприводом различных фирм-изготовителей**

Показатель	Название установки	Graco GH 200	Graco GH 300	Graco GH 833	Wagner 920G	Wagner 940G SSP	Wagner 960G SSP	Wiwa 24003.3 N/R	Wiwa 28003.0 N/R	Wiwa 38002.0 N/R
Макс. давление, бар		230	230	280	230	230	230	455	450	300
Макс. производительность, л/мин.		7,5	11,4	15,1	5,8	8,0	12,5	8,28	9,18	14,1
Макс. кол-во распылителей		3	4	6	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
Макс. мощность двигателя, л. с./кВт		5,5 /4,1	9,0 /6,6	13/9,7	4,0/2,9	5,5/4,1	8,0/10,9	н.д.	н.д.	н.д.
Вес, кг		73	88	163	74	77	88	н.д.	н.д.	н.д.

тельности практически отсутствуют. В условиях автономной работы (отсутствие электрического питания и сжатого воздуха) они могут распылять практически любые материалы.

На установки данной серии ставятся насосы высокого давления от установок Graco King. Эти насосы можно эксплуатировать в самых экстремальных условиях и с любыми материалами.

#### WIWA (Германия)

Еще один производитель окрасочного оборудования с гидроприводом — компания «Wiwa» (Германия). Оборудование с гидроприводом WIWA POWER PACK XL и WIWA POWER PACK XXL — альтернатива максимальной производительности в длительном режиме использования. Оно оптимально подходит для производственных предприятий и областей применения, в которых нет системы питания сжатым воздухом.

Модели, в основном, комплектуются электрическим приводом гидравлического насоса. Такой выбор объясняется тем, что произвести ремонт электрического мотора в отсутствие необходимых для этого условий на отдаленных участках страны значительно легче. Все модели Wiwa собираются вручную и проходят испытания перед отправкой клиенту, кроме того, сборка оборудования делается исключительно под заказ.

В стандартный комплект входит гидронасос и



электропривод, т.е. так называемая «гидростанция». В качестве вспомогательного оборудования на выбор представлено следующее:

- кронштейны для настенного монтажа;
- тележка с подъемным устройством;
- гидравлический агрегат;
- гаситель пульсаций на гидрролинии;
- распылительные насадки.

#### WAGNER (Германия)


Другим производителем окрасочного оборудования с гидроприводом является компания «Wagner» (Германия). Высокопроизводительные мощные насосы HeavyCoat фирмы «Wagner» представляют собой агрегаты для работы на крупных строительных объектах, использующие для отделки материалы высокой вязкости. Они работают от непрямого гидравлического привода; преимуществом является более длинный и медленный ход, чем у насосов с прямым приводом. Высокая мощность всасывания улучшает перекачку материалов высокой вязкости любого типа.

Модели HeavyCoat идеальны для внутренних и наружных работ. Их в считанные минуты можно переключить с электропривода на привод от бензинового двигателя (или обратно). Это обеспечивает энергонезависимость агрегатов и применение на стройплощадке при отсутствии внешних источников питания, также их легко перемещать одному человеку. Они достаточно мощны для распыления наиболее тяжелых архитектурных и промышленных покрытий.

Серия распылителей HeavyCoat SSP (Special Spray Power) специально создана для распыления ультратяжелых материалов, текстурированных покрытий средней дисперсности. Система SSP входит в комплект агрегатов HC940 и HC 960 фирмы «Wagner». Распылители

поставляются в комплекте с выходным фильтром краски 0 отв./кв. дюйм, шлангом материала 1/2" (для модели HC960) — 15 метров, окрасочным поводком 3/8" — 2,5 м, пистолетом-распылителем AG-14 с реверсивной форсункой. Данная система имеет совковый клапан, который постоянно поддерживает материал в насосе, избегая осаждения материала и попадания воздуха в насос.

Специальная конструкция системы обеспечивает непрерывное заполнение насоса достаточным количеством материала. Насос работает без пульсаций и помех.

Высокое качество распыливания также в диапазоне высокой производительности обеспечивают распылители Airless фирмы «Wagner». Функция SwingCart предназначена для откидывания всасывающего узла в верхнее положение: для забора материала из ведер и емкостей, а также транспортировки установки. 

По материалам «Graco», [www.graco.com](http://www.graco.com)  
ЗАО «Спецтехника», [www.spraytech.ru](http://www.spraytech.ru)  
ЗАО «Амвит», [www.amvit.ru](http://www.amvit.ru)

**Табл. 2. Основные технические характеристики высокопроизводительных распылителей**

Показатель	Название установки	Graco GH 2060	Graco GH 2075	Graco GH 1015	Wiwa 44001.5 N/R	Wiwa 48002.6 R	Wiwa 60001.7 R
Макс. давление, бар		166	125	70	225	390	255
Макс. производительность, л/мин.		22,7	28,4	56	18,36	21,6	33
Макс. кол-во распылителей		8	8	—	н.д.	н.д.	н.д.
Макс. мощность двигателя, л. с./кВт		18 /13,4	18 /13,4	18 /13,4	н.д.	н.д.	н.д.
Вес, кг		231	231	240	н.д.	н.д.	н.д.

## ДВУХКОМПОНЕНТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ – ЭТО ЛЕГКО

**Двухкомпонентные материалы выгодно отличаются от однокомпонентных своими свойствами. Наиболее часто используемыми материалами являются эпоксидные, полиуретановые, пенополиуретан, полимочевина, различные акриловые составы.**



Сферы применения двухкомпонентных материалов также очень разнообразны. Это строительство и ремонт нефте-, газопроводов, компрессорных станций. Ремонт и обустройство новых кровель промышленных объектов и жилых домов. Теплоизоляция домов, зданий, чердаков, подвалов. Гидроизоляция подвалов, бассейнов. Обустройство прудов. Полимочевину применяют для покрытия погрузо-разгрузочных пандусов, паркингов, складских и промышленных полов. Также двухкомпонентные герметики и клеи используются при производстве стеклопакетов, в мебельной промышленности, в электронной промышленности и в автомобилестроении. Эпоксидные и полиуретановые материалы активно применяются в судостроении и на судоремонтных заводах, при ремонте нефтяных резервуаров.

С некоторыми из этих материалов вполне можно работать и традиционными пневматическими распылителями и аппаратами безвоздушного распыления. Но существует ряд материалов, которые просто невозможно нанести без применения специального оборудования. Помимо этого, применение двухкомпонентного оборудования помогает снизить расход растворителя для промывки оборудования, уменьшить потери материала из-за трудностей с точным расчетом необходимого количества смеси для работы. Кроме этого, при приготовлении смеси исключается человеческий фактор и при правильной настройке оборудования и соблюдении технологических режимов достигается максимальный результат. Немаловажно и сокращение рабочего времени, затрачиваемого для

приготовления смеси, промывки оборудования.

Все установки для работы с двухкомпонентными материалами представляют собой комплекс, состоящий из следующих систем:

### 1. Система подачи компонентов

По способу подачи компонентов можно выделить следующие варианты:

1. *Самовсасывание* компонента через патрубок (как в обыкновенных аппаратах) — это самый простой и дешевый вариант, но этот способ не всегда применим, т.к. имеет ограничение по вязкости компонентов.

2. *Гравитационный способ* подачи компонентов из емкостей, имеющихся на аппарате. Этот способ позволяет работать с материалами высокой вязкости при использовании проточных нагревателей. Минус такого способа заключается в том, что необходимо постоянное подливание компонентов.

3. *Подача компонентов с помощью подающих насосов.* Это самый удобный вариант для работы с большими объемами в том случае, если компоненты поставляются в 200-литровых емкостях. Хотя можно изготовить раму (козлы) для закрепления на ней насоса и работать с любыми емкостями. Для удобства использования также можно устанавливать насосы на пневмолифте. В этом случае насос поднимается из бочки лифтом строго вертикально, т.е. остатки материала не будут стекать на пол вокруг емкости и не возникнет необходимости пользоваться ветошью для вытирания насоса. Если компонент вязкий и со-

держит в своем составе большое количество составляющих, оседающих на дне емкости, настоятельно рекомендуется тщательно перемешивать материал перед использованием. Для этой операции удобно использовать пневматическую мешалку. Самым идеальным и удобным вариантом является установка подающего насоса и мешалки на специальной крышке и закрепление всего этого на пневмолифте. Правда, емкость должна иметь открытый верх.

Самыми популярными подающими насосами являются:

- «Fast-Flo 1:1» – для низкой и средней вязкости;
- «Monark 5:1» – для средней и высокой вязкости;
- «President 10:1» – для высокой вязкости.

Также при работе с компонентами низкой вязкости успешно используются диафрагменные насосы.

### 2. Система нагрева

Почти все двухкомпонентные материалы требуют подогрева для работы. Для этой цели применяются проточные нагреватели. В зависимости от требуемой температуры нагрева, производительности и начальной температуры компонента могут устанавливаться последовательно два нагревателя. При работе с материалами высокой вязкости проточные нагреватели целесообразно устанавливать после подающего насоса. В этом случае снижается нагрузка на дозирующие насосы и, соответственно, увеличивается срок их службы.

Чтобы облегчить работу подающих насосов при использовании высоковязких материалов, выбирайте поясные нагреватели.

При использовании рабочих шлангов большой длины необходимо предусмотреть их теплоизоляцию или нагрев, который может быть либо электрическим, либо водяным. Электроподогреваемые шланги легче, но и стоят дороже. Вокруг шланга высокого давления обматывается медная лента. На ленту в целях безопасности подается низковольтное напряжение, вырабатываемое трансформатором, а для управления нагревом внутри шланга помещается термодатчик. Довольно часто для нагрева шлангов применяются гибкие ленточные обогреватели. Правда, напряжение питания у них 220 вольт.

Шланги с водяным подогревом более громоздкие, но значительно дешевле при замене. В этой системе вокруг шланга высокого давления обматывается водяной шланг. Сама система состоит из водяного шланга, проточного нагревателя, насоса и 10-литровой емкости с жидкостью (водой, тосолом). Изменяя температуру циркулирующей жидкости, можно регулировать температуру разогрева рабочего шланга.

### СИСТЕМА ДОЗИРОВКИ

В двухкомпонентных установках используется способ объемного дозирования. Установки с фиксированным соотношением смешивания состоят из двух-трех дозирующих насосов, жестко закрепленных и приводимых в движение одновременно мотором. Для изменения соотношения смешивания необходимо производить замену помп. Установки с фиксированным соотношением смешивания являются самыми простыми и надежными в эксплуатации.

- Соотношение смешивания от 1:1 до 6,5:1.
- Максимальное давление до 400 бар.
- Производительность до 16 л/мин.
- Мощность нагревателей до 15 кВт (если требуется).

Установка с пневматическим приводом **Hydra-Cat**.

Работает практически со всеми имеющимися на рынке эпоксидными и полиуретановыми материалами, а также специальными составами: Protogol, Copon, Scotchkote, Acothane, Биурс, Frucs.

Установки с электрическим приводом **Reactor** и **PolyCat**.

В основном, применяются для переработки полимочевины, пенополиуретана и работы с составами Frucs, Биурс.

- Максимальное давление до 240 бар.
- Мощность нагревателей до 15 кВт.
- Максимальная производительность до 22 л/мин.
- Электроподогрев шлангов.

Установка **Hydra-Cat Variable**. Дозатор с изменяемым соотношением смешивания, это две помпы, соединенные рычагом и приводимые в движение пневмомотором. Одна помпа напрямую жестко соединена с мотором, одно плечо рычага соединено с

первой помпой, второе плечо соединено со второй помпой. Ось качения рычага закреплена жестко. Вторая помпа может перемещаться вдоль рычага. Изменяя плечо рычага (передвигая помпу), мы изменяем ход штока помпы и, соответственно, соотношение смешивания. Изменение соотношения смешивания обычно определяется в пределах, кратных 3 и 4,5 (например, от 1:1 до 3:1 или 2:1 до 6:1). Эта установка незаменима, если в производстве используются материалы с различными соотношениями смешивания.

Дозатор типа **Xtreme Mix, ProMix**. Является в настоящий момент самой современной разработкой фирмы «GRACO».

Аппарат имеет возможность изменения соотношения смешивания в пределах от 1:1 до 10:1, а в аппаратах, оснащенных расходомерами, до 30:1. Это самый универсальный дозатор. Он может перерабатывать практически все выпускаемые в мире двухкомпонентные материалы. Однако имеет ограничения по применению полимочевины и пенополиуретана.

Вязкость компонентов является одним из важнейших факторов, влияющих на правильность дозировки. Если вязкости компонентов существенно различаются между собой, то необходимо принимать во внимание величины потерь давления компонентов на длину шланга. Дозирующие насосы будут работать правильно, но через 20–30 метров давление более вязкого компонента уменьшится, и в смеситель этот компонент будет поступать не в полном объеме (более высокое давление низковязкого компонента будет препятствовать). Для слежения за этим процессом служат манометры. Компенсировать различные вязкости можно изменением температуры нагрева компонентов (если допускается по технологии использования материала), использованием шлангов разных диаметров или установкой дроселирующих элементов («рестрикторов») в смешивающее устройство.

### СИСТЕМА СМЕШИВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ

Система смешивания представляет собой коллектор, имеющий обратные клапаны и шаровые краны. Два компонента встречаются и смешиваются в статическом смесителе, представляющим собой трубку, внутри которой находится некое подобие «винта Архимеда». Смешанный материал по шлангу-поводку подается к пистолету-распылителю. В зависимости от времени жизнедеятельности смеси применяются поводки различной длины. Обычно при работе с материалами, имеющими жизнеспособность 1–2 минуты, применяются поводки длиной не более 3-х метров. Сам же смеситель крепится непосредственно на установке (достаточно редкий случай и имеет место при работе с материалами, имеющими достаточно

длительный срок жизнеспособности) либо прикручивается (выносятся) на концах рабочих шлангов. В этом случае рабочие шланги имеют необходимую длину.

Для промывки смесителя и поводка с пистолетом от остатков смешанного материала у смешивающего коллектора имеется дополнительный вход для подачи растворителя. Промывается только участок, содержащий смешанный материал. Соответственно, чем короче поводок, тем меньше растворителя будет израсходовано.

Если **жизнеспособность** материала менее одной минуты, то при использовании обыкновенного смесителя возникает риск застывания материала внутри поводка и пистолета. Для таких материалов необходимо применять специальный двухкомпонентный пистолет. По сути дела, это такой же смеситель, только меньшего размера. На выходе из статического смесителя устанавливается соплодержатель с соплом. Такой пистолет имеет вес около двух килограммов без учета веса шлангов с компонентами и растворителем.


Для работы с такими материалами, как пенополиуретан, полимочевина и другими, имеющими срок **жизнеспособности** несколько секунд, используется пистолет со смешиванием в смесительной камере. Очистка смесительной камеры происходит либо сжатым воздухом (пистолеты с воздушной очисткой), либо стержнем, который выталкивает смешанный материал из камеры (пистолеты с механической очисткой).

### СИСТЕМА ПРОМЫВКИ

Обычно промывка системы от смешанного материала осуществляется обыкновенным окрасочным аппаратом высокого давления. Но можно применять и насос дозирования отвердителя (в определенных случаях).

### РЕЗЮМЕ

Применение двухкомпонентного оборудования позволяет значительно расширить сферу выполняемых вашей компанией работ. При грамотном подборе комплекта оборудования можно существенно снизить материальные затраты на лакокрасочный материал и повысить рентабельность производства.

Двухкомпонентное оборудование не является чрезвычайно сложным. Достаточно понимать, из каких систем состоит комплект и как они работают и взаимодействуют друг с другом. При необходимости любую установку можно доукомплектовать для более широкого спектра применения. 

Дмитрий АСЕЕВ,  
руководитель направления  
двухкомпонентного оборудования,  
ООО «Технобалтснаб»,  
[www.graco.spb.ru](http://www.graco.spb.ru)



# ВЫБОР КОМПРЕССОРНОЙ ТЕХНИКИ под задачи антикоррозионной защиты

Все основные современные технологии по антикоррозионной защите основаны на применении сжатого воздуха. Сжатый воздух является основным источником энергии или точнее «движущей силой» при проведении работ по очистке поверхностей, а также при нанесении защитных покрытий. Данная статья рассчитана в первую очередь на тех, кто только приступил или начинает приступать к решению задач антикоррозионной защиты. Но возможно, тот, кто уже имеет какой-либо опыт в этой сфере, также почерпнет для себя что-либо полезное, для того чтобы решить проблему подбора компрессорного оборудования.

## ПОДБИРАЕМ КОМПРЕССОР

На первый взгляд, сталкиваясь с выбором компрессорной техники для проведения работ по защите поверхностей, все кажется достаточно просто. Но на самом деле, углубляясь в данную проблему, начинаешь понимать, что есть ряд нюансов, которые приходится учитывать, для того чтобы отдача от выбираемого компрессора и дополнительного к нему оборудования была наиболее эффективной.

Представим, что нами уже подобрано абразивоструйное оборудование, определены размеры применяемых абразивоструйных сопел, абразив, выбрана покрасочная техника, осталось дело за компрессорной техникой.

Для того чтобы правильно подобрать компрессорное оборудование, нужно проконсультироваться у поставщика абразивоструйного и покрасочного оборудования относительно требуемого рабочего давления и максимального потребления сжатого воздуха. Давление обычно измеряется в барах или атмосферах, что в принципе одно и то же, в то время как потребление воздуха в кубических метрах в минуту или литрах в секунду.

Выбор правильного рабочего давления для очистных работ обычно зависит от типа абразивного материала, а также от максимально допустимого давления в абразивоструйном аппарате. Как правило, рабочее давление лежит в пределах 8–10 бар. При этом нужно учитывать — чем выше давление, тем выше скорость проведения работ, а также выше износ абразивных шлангов и сопел.

Еще более важным моментом является определение правильного потребления сжатого воздуха. Поскольку если подать на потребляющее устройство — абразивный или покрасочный аппарат сжатого воздуха меньше, чем нужно, то, во-первых,



не удастся достигнуть нужного рабочего давления, во-вторых, что является следствием первого, не удастся достичь нужной производительности и скорости работы. А в худшем случае вообще не получится провести какие-либо работы. Например, при недостаточной производительности компрессора рабочее давление на абразивном сопле может оказаться 3–4 бар вместо 8 бар, при этом вылетаемый из сопла на рабочую поверхность абразив не имеет достаточной скорости и, вместо того чтобы чистить поверхность, он просто «высыпается» из сопла. При определении расхода сжатого воздуха на абразивоструйном сопле можно воспользоваться таблицей 1, взятой из буклета компании Boride. При этом нужно учитывать, что точное потребление сжатого воздуха также зависит не только от диаметра сопла, но и от его типа (конфигурации, например, длины сопла), а также от применяемого абразивного материала (его размера и веса, например — песок, шлак и металлическая дробь имеют разные параметры). В частности, указанные данные в приведенной таблице расходов сжатого воздуха основаны на проведении абразивоструйных работ с помощью песка плотностью 1600 кг/м<sup>3</sup>.

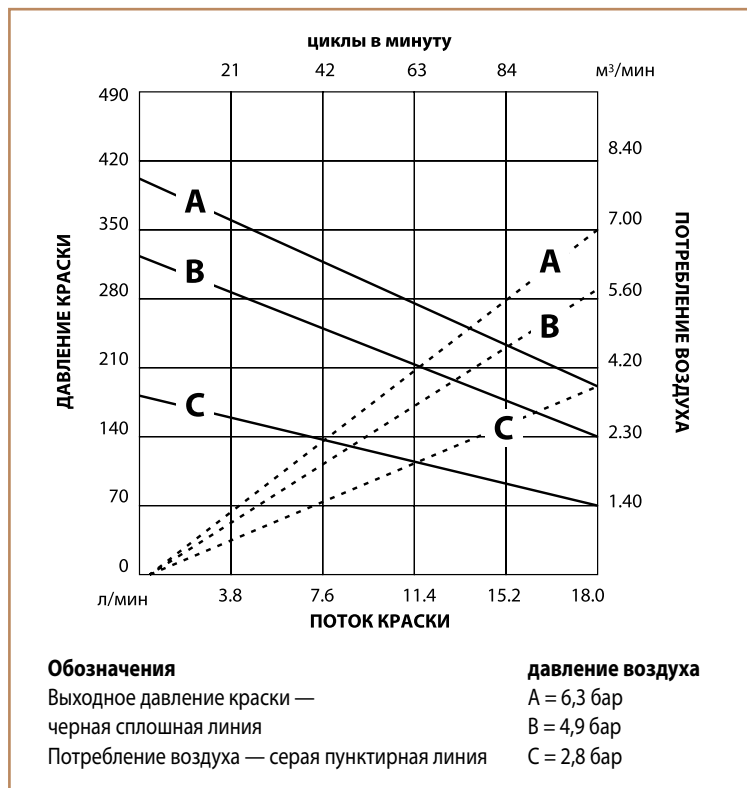
При определении расхода сжатого воздуха и рабочего давления для покрасочного аппарата безвоздушного распыления можно воспользоваться диаграммой, обычно указываемой в технической документации. Требуемое рабочее давление для привода воздушного насоса покрасочного аппарата лежит обычно в пределах 4–6 бар.

Табл. 1. Определение расхода сжатого воздуха на абразивоструйном сопле (Boride)

Сопло	Давление (бар)						
	4,14	4,83	5,52	6,21	6,89	8,62	
3,2 мм	0,37	0,42	0,51	0,54	0,59	0,74	
4,8 мм	0,85	0,99	1,13	1,22	1,27	1,7	
6,35 мм	1,56	1,7	1,98	2,12	2,27	2,69	
8 мм	2,55	2,83	3,26	3,54	3,96	5,38	
9,5 мм	3,54	4,11	4,53	4,96	5,66	7,79	
11 мм	4,81	5,66	6,09	6,8	7,22	8,92	
12,7 мм	6,37	7,08	7,79	8,5	9,63	12,18	
16 мм	9,91	11,33	12,74	14,16	15,58	19,82	

В качестве примера для определения потребления сжатого воздуха воспользуемся рис. 1, приведенным для популярного окрасочного аппарата безвоздушного распыления Graco King 68:1. Чтобы получить давление краски 210 бар с подачей краски 11,4 л/мин, потребление воздуха насоса составит 3,5 м³/мин при давлении сжатого воздуха 4,9 бар (кривая В).

Рис. 1.



При недостаточной подаче сжатого воздуха (производительности компрессора), скорость подачи краски будет ниже требуемой, что приведет к снижению скорости работы, или насос аппарата вообще не сможет «протолкнуть» краску до окрасочного сопла.

При расчете потребления сжатого воздуха стоит учитывать также и других потребителей, как например, защитный шлем пескоструйщика. В среднем для «питания» одного шлема нужно учитывать расход сжатого воздуха до 0,5 м³/мин.

### РАССМОТРИМ НА ПРАКТИКЕ

Компании, занимающейся очисткой и окраской нефтяных резервуаров и трубопроводов, требуется компрессор. Предполагается проводить работы на объектах, находящихся на открытых площадках. Имеется два пескоструйных аппарата емкостью 200 л, укомплектованных абразивными соплами диаметром 9,5 мм, рассчитанных на два поста, и один окрасочный аппарат безвоздушного распыления типа King 68:1, также рассчитанный на два поста.

Для начала определимся с рабочим давлением для очистных работ. При работе с купрошлаком выбираем рабочее давление на сопле 8,5 бар.

Согласно таблице расхода сжатого воздуха в зависимости от размера сопла и рабочего давления один абразивоструйный пост потребляет до 7,79 м³/мин сжатого воздуха. Два сопла при одновременной работе потребляют — 15,6 м³/мин. плюс 1 м³/мин на воздух для дыхания для двух постов. Итого потребление воздуха составит 16,6 м³/мин. Соответственно производительность компрессора должна быть не менее этого значения, но на практике желательно выбрать на 20–25% больше, с учетом того, что сопла изнашиваются. Таким образом, для очистных работ в данной ситуации рекомендуется передвижной компрессор с дизельным двигателем и с производительностью 18–20 м³/мин. Что касается максимального

рабочего давления компрессора, то с учетом потерь в шлангах — воздушном и абразивном, — в абразивоструйном аппарате аппарат, на соединениях, кранах — а это может составить — 1–1,5 бара, а в некоторых случаях даже выше (в зависимости от диаметров и длины шлангов), рабочее давление компрессора должно быть не менее 10 бар. Итак, с компрессором для очистки определились. Что же делать с окрасочным аппаратом? Подключать к нему компрессор 20 м³/мин? На мой взгляд, — нецелесообразно, поскольку потребление окрасочного аппарата составляет в среднем не более 5 м³/мин при избыточном рабочем давлении 6 бар, а использование большого компрессора приведет к переизбытку потребления топлива. В таких случаях рекомендуется иметь в запасе второй компрессор, с меньшей производительностью — 5–6 м³/мин и рабочим давлением до 7–8 бар. Для данной ситуации можем выбрать передвижной компрессор с дизельным двигателем и параметрами 20 м³/мин при максимальном рабочем давлении 10 бар и второй, также передвижной с дизельным двигателем и производительностью 6 м³/мин при рабочем давлении 8 бар.

Кроме объема потребления сжатого воздуха и рабочего давления, нужно учитывать еще один, не менее важный параметр — качество сжатого воздуха. Качество сжатого воздуха описывается тремя составляющими — содержанием механических примесей, воды и масла. Наличие конденсата и масла в сжатом воздухе пагубно сказывается на качестве работ, поскольку влага приводит к повторному образованию ржавчины на очищенной поверхности, а наличие масла препятствует качественному нанесению ЛКМ. Наличие конденсата вкупе с механическими частицами приводит к разрушению пневмомотора окрасочного аппарата. Я уже не говорю о том, что грязным воздухом не может дышать абразивоструйщик. Соответственно, для различных потребителей, будь то абразивоструйный аппарат, окрасочное оборудование или воздух для дыхания, предъявляются различные требования. Для подачи на абразивный аппарат применяют конечные охладители и осушители воздуха для очистки от воды, а также механический фильтр для очистки от масла. Современные винтовые компрессоры выдают существенно меньшее количество масла — всего 3–5 мг/м³, чем, например, поршневые компрессоры, где тот же показатель измеряется в граммах. Поэтому очень часто не применяют дополнительного фильтра для проведения очистных работ. Но, наличие дополнительного фильтра сжатого воздуха позволяет очистить сжатый воздух от механических частиц, что важно для окрасочного оборудования. Что касается воздуха для дыхания, то к вышеуказанному оборудованию нужно добавить еще угольный фильтр.

### ПЕРЕДВИЖНОЙ ИЛИ СТАЦИОНАРНЫЙ?

В зависимости от того на каком объекте будут производиться работы, следует определиться с типом привода компрессора. Если вы собираетесь работать на площадках под открытым небом, то возможно вам понадобится передвижной компрессор с дизельным двигателем. Но надо учесть тот факт, что аналогичный по мощности электрический компрессор требует меньших затрат по сравнению с дизельным. Это касается как меньшей стоимости потребленной электроэнергии по сравнению со стоимостью топлива, так и меньшей стоимости технического обслуживания. На компрессоре с дизельным двигателем сроки обслуживания короче и кроме того больше различных элементов подлежат замене — фильтры, сепараторы масла, различные сервис-комплекты. Поэтому, если на объекте есть возможность подключения электропитания, следует выбрать компрессор с электроприводом.

Но при этом электрический компрессор имеет два существенных недостатка по сравнению с мобильным передвижным компрессором. Во-первых, подключение к электропитанию. Следует учитывать удаленность от места рабочей площадки до места подключения электропитания, т.к. электрокабель — вещь достаточно дорогая, особенно при больших мощностях компрессора. При этом необходимое расстояние не всегда можно покрыть линией сжатого воздуха, т.к. шланги больших диаметров достаточно дороги, а также в протяженной системе сжатого воздуха может существенно упасть рабочее давление. Вторым недостатком электрического компрессора является его незащищенность от плохих погодных условий работы. Электрические стационарные компрессоры, в отличие от мобильных дизельных, в стандартной комплектации не предусмотрены для работы под открытым небом. Поэтому электрический компрессор следует устанавливать в контейнер с предусмотренными вентиляционными отверстиями.