
Юдит Пичманн

Промышленная порошковая окраска

Теория, технология, практика

Пер. с немецкого под редакцией Бакалина А.П.



2022

УДК 667.64
П 35
ББК 35.74

Промышленная порошковая окраска. Теория, технология, практика. Ю.Пичманн

Пер. с нем. под ред. Бакалина А.П. - Ростов-на-Дону: ООО Родес, 2022 – кол-во стр.: 480

В книге изложены теоретические основы полимерного порошкового окрашивания, подробно описана промышленная технология нанесения порошковых красок, рассмотрены практические случаи её применения. Автор даёт системное описание видов порошковых красок, их свойств, методов контроля и способов рационального использования. Отдельное внимание уделено разбору ошибок техперсонала при работе с порошковыми красками, способам их устранения и предупреждения.

Книга предназначена рабочим, технологам, начальникам окрасочных участков, сотрудникам коммерческих отделов, слушателям учебных курсов, студентам ВУЗов, изучающим предмет «Порошковая краска», руководителям предприятий, применяющих в своей работе порошковое окрашивание или рассматривающих перспективы его внедрения.

Впервые опубликовано на немецком языке под названием Industrielle Pulverbeschichtung; Grundlagen, Verfahren, Praxiseinsatz – Judith Pietchmann, edition: 5
Copyright © Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature, 2019
Данное издание было переведено и опубликовано по лицензии Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, подразделение Springer Nature.

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, подразделение Springer Nature не несёт ответственности и не может быть привлечена к ответственности за точность перевода.

© ООО Родес. 2022

Авторские права на перевод принадлежат ООО Родес. Любое частичное или полное копирование и воспроизведение без разрешения владельца запрещено. Лица, виновные в нарушении авторских прав и исключительных прав на использование текста, несут гражданско-правовую, административную и уголовную ответственность.

ISBN 978-5-6047912-0-2



9 785604 791202

ISBN 978-5-6047912-0-2

Содержание

1	Порошковые краски	1
1.1	Различные виды порошковых красок	1
1.1.1	Плёнкообразующее/связующее вещество	1
1.1.2	Термопластичные порошковые краски	3
1.1.3	Термореактивные порошковые краски	3
1.1.4	Эпоксидные	5
1.1.5	Гибридные	7
1.1.6	Полиэфирные/ТГИЦ	7
1.1.7	Полиэфирные/гидроксиалкидамид	8
1.1.8	Ароматический глицидиловый эфир	9
1.1.9	Полиуретановые	10
1.1.10	Акрилатные	10
1.1.11	Метил-замещённый ТГИЦ	12
1.1.12	Добавки	15
1.1.13	Пигменты	15
1.1.14	Наполнители	16
1.2	Системы низкотемпературного и радиационного отверждения	17
1.2.1	Низкотемпературные порошковые краски	17
1.2.2	БИК-отверждение	18
1.2.3	УФ-отверждение	19
1.3	Спецэффекты	21
1.3.1	Экструзия	23
1.3.2	Сухое смешивание порошка с пигментом	23
1.3.3	Бондирование – принцип	23
1.3.4	Безопасность при работе с алюминиевыми пигментными порошками	25
1.4	Порошковая суспензия	26
1.5	Плёнкообразование в порошковых покрытиях	26
1.5.1	Вязкость расплава и поверхностное натяжение	27

1.6	Производство порошковых красок	28
1.7	Хранение порошковых красок	31
1.8	Контроль и испытания порошковых красок	35
1.8.1	Текучесть порошка	36
1.8.2	Способность к псевдооживлению (флюидизации)	36
1.8.3	Трибостатическая заряжаемость	38
1.8.4	Гранулометрический анализ	38
1.8.5	Выделение веществ при полимеризации порошковых красок	38
1.9	Экономическое значение порошковых красок	39
1.9.1	Рынок порошковых покрытий в цифрах	40
1.9.2	Потенциал отрасли и будущие разработки	42
	Литература	42
2	Нанесение порошковых красок	45
2.1	Введение	45
2.2	Электростатическое нанесение покрытий	48
2.3	Физические основы порошкового напыления	49
2.3.1	Механизмы зарядки	50
2.3.2	Трибоэлектрическая зарядка	52
2.3.3	Ионизационная (коронная) зарядка	56
2.3.4	Поведение электрически заряженных частиц в воздухе ..	59
2.3.5	Соотношение между электрическим полем и гравитацией	60
2.3.6	Поведение различных фракций частиц	60
2.3.7	Формирование слоя порошка	61
2.3.8	Технологическое сравнение распыляющих устройств	65
2.4	Системы зарядки на практике	67
2.4.1	Коронный заряд	67
2.4.2	Трибозарядка	71
2.4.3	Сравнение систем зарядки	72
2.4.4	Системы форсунок	73
2.5	Транспортировка порошка в системе	76
2.5.1	Механические свойства порошка	78
2.5.2	Требования к системе подачи порошка	78
2.5.3	Системы подачи порошка	78
2.5.4	Разделение воздушно-порошковой смеси	89
2.5.5	Подготовка порошка	93
2.5.6	Подготовка порошка в бункере	101
2.5.7	Укладка шлангов	106
2.6	Планирование и проектирование окрасочной линии	109
2.6.1	Концепции окрасочных линий	110
2.6.2	Камера напыления	112
2.6.3	Выбор типа камеры	113

2.6.4	Системы рекуперации	120
2.6.5	Определение размеров установки	124
2.6.6	Оборудование для нанесения покрытий – пистолет	127
2.7	Порошковый центр	130
2.7.1	Порошковый центр с инжекторной технологией	132
2.7.2	Порошковый центр с насосной техникой	133
2.7.3	Интегрированный порошковый центр	133
2.8	Система управления и автоматизация	134
2.8.1	Уровень автоматизации 1 – обнаружение разрывов в загрузке конвейера	134
2.8.2	Уровень автоматизации 2 – определение высоты	135
2.8.3	Уровень автоматизации 3 – определение ширины	135
2.8.4	Уровень автоматизации 4 – вертикальное расположение пистолета	135
2.8.5	Уровень автоматизации 5 – динамическое распознавание контуров	137
2.8.6	Робототехника	139
2.8.7	Манипуляторы	139
2.8.8	Автоматические манипуляторы или окрасочные роботы ..	140
2.8.9	Системы камер для автоматической окраски	141
2.9	Воздуховод из камеры в циклон	144
2.10	Технология нанесения порошковых красок со спецэффектами ...	145
2.10.1	Проблемы с рекуперацией	145
2.10.2	Проблемы с зарядкой	146
2.10.3	Изменение формы факела	146
2.10.4	Влияние систем форсунок	147
2.10.5	Короткое замыкание между пистолетом и соплом	148
2.10.6	Образование короткого замыкания из-за образования слоя в порошковой трубке или порошковом шланге	148
2.11	Специфичные методы нанесения порошковой краски	149
2.11.1	Порошковая окраска без пистолетов – электростатическое нанесение в ванне с псевдооживлением	149
2.11.2	Порошковая окраска рулонного проката	149
2.11.3	Нанесение в псевдооживленном слое	152
2.11.4	Центробежные системы распыления (петля Омега)	153
2.12	Повышение эффективности электростатического напыления	153
2.12.1	Необходимые защитные устройства	155
2.13	Распространенные ошибки при порошковой окраске и возможные решения	160
2.13.1	Базовые правила работы с порошковыми красками	172
	Литература	173

3	Подвесная и конвейерная техника	177
3.1	Подвески, оснастка	177
3.2	Конвейерная техника	180
3.2.1	Требования и критерии	180
3.2.2	Транспортируемый груз	181
3.3	Конвейерные системы	183
3.3.1	Ручные толкающие конвейеры	183
3.3.2	Замкнутые подвесные конвейеры	185
3.3.3	Разветвлённые подвесные конвейеры	186
3.3.4	Свободно-приводная система (Power&Free)	187
3.3.5	Электрический подвесной монорельсовый конвейер	191
3.3.6	Напольный конвейер	191
3.3.7	Конвейер скольжения	195
3.3.8	Погружные системы	197
3.3.9	Автоматические погрузочные машины	199
3.3.10	Круговой настольный конвейер	200
3.3.11	Поперечные конвейеры	200
3.3.12	Ленты	200
3.3.13	Роликовые конвейеры, рольганги	201
3.3.14	Автоматический штабелёр	201
	Литература	201
4	Полимеризация порошковых красок	203
4.1	Конструкция печей полимеризации	204
4.1.1	Тупиковые (камерные) печи	204
4.1.2	Проходная (непрерывная) печь	204
4.1.3	Специальные формы печей	206
4.2	Методы нагрева	208
4.2.1	Конвекционный (циркуляционный) нагрев	208
4.2.2	Отверждение ИК излучением	209
4.2.3	Специальные способы полимеризации	211
4.2.4	Сравнение различных способов отверждения	213
4.3	Оптимизация печи полимеризации	213
4.4	Измерение температуры в печи	214
4.4.1	Основы процедуры измерения температуры	215
4.4.2	Значение измерения температуры	216
4.4.3	Оптимизация рабочих процессов с помощью измерения температуры	217
4.4.4	Пути улучшения работы печи полимеризации	219
	Литература	220

5	Предварительная обработка поверхности металла	221
5.1	Очистка и предварительная обработка	221
5.2	Требования к состоянию поверхности	222
5.2.1	Степень чистоты	222
5.2.2	Поры и полости	228
5.2.3	Загрязнение поверхности	229
5.3	Предварительная механическая обработка	229
5.3.1	Шлифовка и зачистка	230
5.3.2	Абразивно-струйная обработка	231
5.4	Методы жидкостной очистки	232
5.4.1	Параметры очистки	233
5.4.2	Механизм очистки в водных растворах	234
5.4.3	Типы чистящих средств	240
5.4.4	Травление	240
5.4.5	Декапирование	242
5.4.6	Промывка	242
5.4.7	Качество воды	243
5.4.8	Обслуживание ванны	243
5.5	Процесс фосфатирования	244
5.5.1	Формирование фосфатного слоя	247
5.5.2	Железное фосфатирование	252
5.5.3	Толстоплёночное железное фосфатирование	253
5.5.4	Методы определения характеристик фосфатных слоёв	253
5.5.5	Ошибки при фосфатировании и их предотвращение	255
5.6	Хроматирование	263
5.6.1	Зелёное хроматирование – Cr III	264
5.6.2	Жёлтое хроматирование – Cr VI	264
5.7	Предварительная обработка чёрных металлов	264
5.8	Цинк и оцинкованные поверхности	265
5.9	Алюминиевые сплавы	265
5.9.1	Свойства материала	265
5.9.2	Предварительная обработка алюминиевых сплавов	266
5.9.3	Предварительная обработка литейных алюминиевых сплавов	269
5.9.4	Конверсионные слои для алюминиевых поверхностей	271
5.9.5	Бесхромовые процессы	275
5.10	Магниеые сплавы	284
5.10.1	Предварительная обработка магниевых сплавов	284
5.10.2	Конверсия или пассивация магния	285

5.11	Меры обеспечения качества	286
5.12	Автоматический анализ ванны и восполнение реактивов	286
5.13	Профилактическое обслуживание системы	286
5.14	Подбор режима предварительной обработки	286
	Литература	289
6	Современное промышленное применение	293
6.1	Порошковая окраска древесины и древесных материалов	293
6.1.1	Требования к материалу	293
6.1.2	Методы нанесения	295
6.1.3	Порошковые краски	296
6.2	Порошковая окраска при формовке	297
6.3	Технология порошок-на-порошок	301
6.3.1	Минимизация эффекта смешивания	302
6.3.2	Отталкивание сильных зарядов	302
6.3.3	Покрытие краёв для усиления защиты от коррозии	303
6.3.4	Процедура нанесения	303
6.3.5	Варианты технологии, используемые в отрасли	304
6.3.6	Проблемы с наложением второго слоя	306
6.4	Бесконтактное измерение толщины покрытия перед полимеризацией	307
6.4.1	Варианты измерения толщины покрытия	308
6.5	Система порошковой окраски колёсных дисков	310
	Литература	312
7	Методы контроля и испытаний	315
7.1	Причины и необходимость контроля	315
7.1.1	Проверка материалов покрытия	315
7.1.2	Проверка подложки	316
7.1.3	Проверка нанесения и сшивки покрытия (полимеризации)	316
7.1.4	Испытание покрытия	316
7.2	Внешний вид покрытия	317
7.2.1	Измерение блеска	319
7.2.2	Блестящее покрытие – дымка	320
7.2.3	Волнистость поверхности – апельсиновая корка	321
7.2.4	Резкость – чёткость изображения (DOI)	322
7.2.5	Цвет	323
7.2.6	Измерение цвета красок с эффектом металлик	329
7.2.7	Оценка цветовых различий	330
7.3	Адгезия	331
7.3.1	Испытание на отрыв	331
7.3.2	Испытание на изгиб вокруг конической оправки	334
7.3.3	Испытание на изгиб вокруг цилиндрической оправки	334

7.3.4	Решётчатый надрез	335
7.3.5	Поперечный надрез с отрывом ленты	336
7.3.6	Прочность при ударе	337
7.3.7	Определение прочности методом дробеструйной обработки.....	338
7.3.8	Испытание на удар камнем, испытание на одиночный удар.....	339
7.3.9	Испытание на удар камнем, испытание на множественные удары	339
7.3.10	Испытание на растяжение по Эриксену	339
7.3.11	Звёздчатый разрез с вдавливанием по Ранделю	341
7.3.12	Испытание адгезии царапанием	341
7.3.13	Испытание образца истиранием	341
7.3.14	Испытание твёрдости царапанием	342
7.3.15	Определение прочности покрытий к воздействию струи воды под давлением	342
7.3.16	Испытание в кипящей воде	342
7.4	Эластичность/гибкость	343
7.5	Твёрдость	343
7.5.1	Твёрдость по маятнику	343
7.5.2	Твёрдость по Бухгольцу	344
7.5.3	Универсальное измерение твёрдости определением глубины проникновения	344
7.6	Толщина плёнки краски	346
7.6.1	Магнитно-индукционный метод	346
7.6.2	Вихретоковый метод	346
7.6.3	Измерение толщины слоя порошка до полимеризации... ..	347
7.6.4	Разрушающее измерение толщины покрытия – метод поперечного сечения.....	347
7.7	Коррозионные испытания	348
7.7.1	Методы испытаний на коррозионную стойкость	348
7.7.2	Климатические испытания на конденсацию DIN EN ISO 6270	349
7.7.3	Определение устойчивости покрытий во влажной атмосфере, содержащей двуокись серы DIN EN ISO 3231 ..	350
7.7.4	Испытания на коррозию в искусственной атмосфере в камере соляного тумана DIN EN ISO 9227	350
7.7.5	Проверка устойчивости к нитевидной коррозии	352
7.8	Испытание на степень полимеризации	353
7.9	Атмосферостойкость и экспресс-тестирование	353
7.9.1	Испытания на открытом воздухе	353
7.9.2	Ускоренное испытание на атмосферостойкость	354
	Литература	358

8	Дефекты покрытий	362
8.1	Нарушения плёнообразования	362
8.1.1	Кратеры на поверхности плёнки покрытия	363
8.1.2	Пузыри в лакокрасочной плёнке	366
8.1.3	Проколы в лакокрасочной плёнке	368
8.1.4	Бугорки на лакокрасочной плёнке	369
8.1.5	Признаки точечной коррозии на лакокрасочной поверхности	371
8.1.6	Образование пятен из-за внешних воздействий	372
8.1.7	Отклонение цвета – полупрозрачная плёнка покрытия ...	374
8.1.8	Потеря адгезии	375
8.1.9	Меление поверхности лакокрасочного покрытия	376
8.1.10	Помутнение — эффект блюминга	377
8.2	Коррозия металлической поверхности	378
8.2.1	Описание различных типов коррозии	378
8.2.2	Нитевидная коррозия	380
8.3	Практические примеры повреждения покрытий	385
8.3.1	Причины появления дефектов	385
8.4	Дефекты лакокрасочной плёнки	394
8.4.1	Бугорки на лакокрасочной плёнке	394
8.4.2	Кратеры на плёнке краски — дефект растекания	399
8.4.3	Пятна из-за упаковки	400
8.4.4	Меление и отслоение плёнки покрытия	402
8.4.5	Отслоение лакокрасочной плёнки	403
8.4.6	Пузыри и кратеры на плёнке краски	404
8.4.7	«Коррозия» лакокрасочной поверхности	407
8.4.8	Дефект покрытия металлик	408
8.4.9	Дефект подложки	409
8.4.10	Дефекты вследствие загрязнения краски	411
8.4.11	Атмосферостойкость	411
8.4.12	Коррозия, вызванная остатками средств предварительной обработки	412
8.5	Диагностика и устранение дефектов: схемы и таблицы	413
	Литература	428
9	Удаление лакокрасочного покрытия	430
9.1	Химическое удаление краски	431
9.1.1	Средства для снятия краски	431
9.1.2	Технологические методы удаления краски	432

9.2	Обработка сухим льдом	434
9.2.1	Описание процедуры очистки	435
9.3	Водяная струя высокого давления	436
9.4	Удаление лакокрасочных покрытий с помощью лазерного луча ...	436
9.5	Плазменное удаление краски	437
9.6	Индукционное удаление краски/вихретоковая очистка	438
9.7	Выбор способа удаления краски	438
	Литература	441
10	Экологические и энергетические аспекты	442
10.1	Выбросы в процессе полимеризации	442
10.2	Оценка жизненного цикла порошковой краски	443
10.2.1	Влияние различных рабочих параметров	444
10.2.2	Лакокрасочные материалы и отходы	444
10.2.3	Смолы	445
10.2.4	Предварительная обработка	445
10.2.5	Идея оценки жизненного цикла и основных характеристик	446
10.3	Утилизация порошковых красок	447
10.4	Контроль энергопотребления в окрасочном цехе	448
10.4.1	Анализ процессов и их оптимизация	449
10.4.2	Экономия энергии за счёт рациональной комплектации окрасочной линии и технологий управления	449
10.4.3	Минимизация потерь тепла – рекуперация тепла	450
10.4.4	Сравнение расхода энергии на линиях жидкой и порошковой окраски	453
	Литература	454