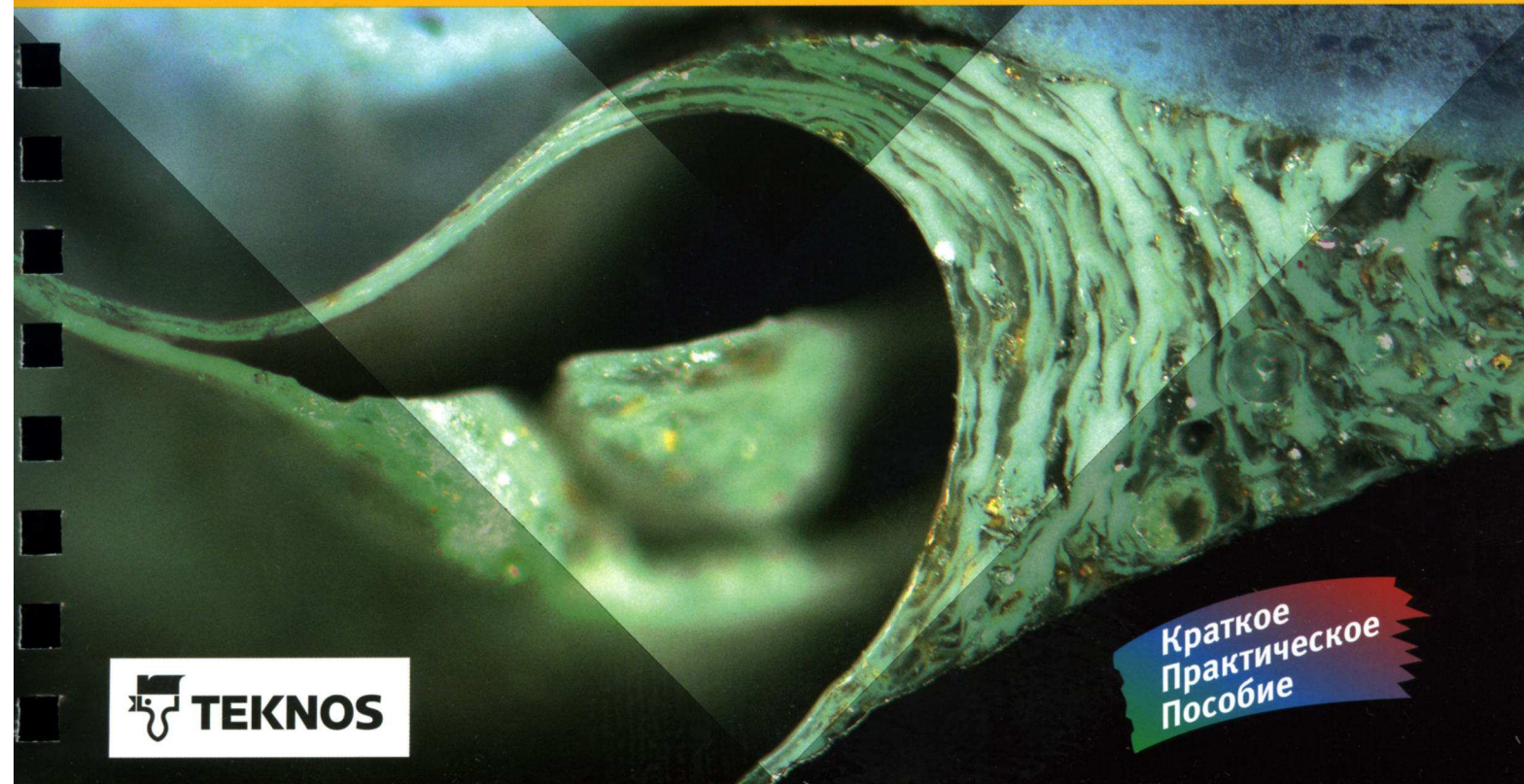


Дефекты окрашивания

Юдит Питцманн

Порошковое окрашивание: ошибки и их анализ



 **TEKNOS**

Краткое  
Практическое  
Пособие

---

Дефекты окрашивания

**Порошковое окрашивание:  
ошибки и их анализ**

Юдит Питцманн

*Научно-исследовательский Институт Драгоценных Металлов и Химии Металлов (FEM)*

---

## Юдит Питцманн:

Порошковое окрашивание: ошибки и их анализ

Вып: Ульрих Цорл

Ганновер: Vincentz Network, 2007

Ошибки окрашивания

ISBN 3-87870-796-7

@ 2007, Vincentz Network, Hannover

Vincenz Network, Postfach 6247, 30062 Hannover

Все права защищены. Ни одна из частей данного издания не может храниться в поисковой системе или переслана любым способом, электронным, механическим, фотокопированием, перезаписью и т.д., без письменного разрешения издательства.

Пожалуйста, спрашивайте наш книжный каталог по адресу:  
Vincenz Network, Plathnerstrasse 4c, 30175 Hannover, Germany  
Tel. +49 511 9910-033, Fax: +49 511 9910-029  
books@coatings.de  
www.coatings.de

Напечатано в типографии: BWH GmbH - Medien Kommunikation  
Hannover, Germany  
ISBN 3-87870-796-7

## Предисловие

Порошковые краски принадлежат к классу самых молодых представителей лакокрасочных материалов; ранние попытки их создания уходят корнями к рубежу 50-х – 60-х годов прошлого века. Промышленности понадобилось определенное время для того, чтобы открыть для себя эту совершенно новую технологию окрашивания. Затем последовало ее действительно триумфальное шествие. И до сих пор порошковое окрашивание является интересной и развивающейся технологией, которая шаг за шагом осваивает новые рынки.

Основным назначением покрытий, также как и порошковых покрытий, является защита изделий или любых других поверхностей от коррозии и обеспечение им своим цветом и текстурой декоративного внешнего вида. Если на характеристики покрытия оказывают влияние отдельные вкрапления, загрязнения, если происходит отслаивание покрытия, коррозия окрашенного металла или проявляются другие дефекты, то всегда необходимо установить причину происходящего.

Автор данного пособия суммировала весь предыдущий опыт работы в Научно-исследовательском Институте Драгоценных Металлов и Химии Металлов, касающийся проблем, возникающих при порошковом окрашивании, с показом соответствующих примеров. С помощью фотографий разных дефектов, комментариев и их описания, дефекты можно распознать и по возможности избежать их. Читателю нужно научиться на ошибках других

окрасочников и понимать, как избежать их появления – короче говоря: иметь полное руководство по устранению ошибок. Это книга должна послужить помощью и поддержкой для всех, кто красит порошковыми красками. Производители краски и окрасочного оборудования, также как и сам окрасочник, должны выявить дефекты и найти предложения по их избежанию в процессе окрашивания.

Я выражаю благодарность персоналу отдела Легких металлов Физической Металлургии Института. Без их помощи и предоставления наглядного материала создание данного каталога ошибок вряд ли представилось бы возможным. Моя особая благодарность У. Буркхардмейеру за его непрерывное изучение причин ошибок и д-ру У.Зорлю за его советы и краткие замечания. Наконец, я хочу поблагодарить сам Научно-Исследовательский Институт Драгоценных Металлов и Химии Металлов за помощь в создании данной книги. Автор книги оценит любые замечания и предложения читателей и надеется на встречу с ними.

Юдит Питцманн, Ноябрь 2004 года



## Содержание:

Введение .....	7	Различия блеска .....	77
Причины дефектов .....	8	Апельсиновая корка – недостаточная растекаемость ..	79
Плохое смачивание / кратеры .....	11	Обратная ионизация, или эффект обратного искрения ..	81
Кратеры .....	16	Потеря адгезии .....	84
Проколы – вздутия .....	18	Краевые эффекты .....	90
Вздутия .....	26	Образование наплывов, потеков .....	92
Проколы .....	29	Выбрасывание порошка ("плевки" краски) .....	94
Влияние загрязнений – частицы, отпечатки, вкрапления .....	31	Окрашивание краев – эффект "картины в рамке" .....	96
Гелеобразные частицы .....	41	Недостаточная адгезия порошка к поверхности .....	97
Загрязнение пигмента / порошковой краски .....	43	Отпечатки на поверхности покрытия .....	101
Коррозия .....	50	Реакция несовместимых компонентов – матирование ..	103
Потеря цвета – изменения цвета .....	61	Низкая механическая и химическая стойкость .....	105
Пожелтение .....	72	Дефекты покрытий с эффектом "металлик" и другими спецэффектами .....	108
Плохая укрывистость .....	74	- формирование облака .....	109
		- отклонения цвета .....	110

## Введение

На результат и качество порошкового окрашивания оказывают влияние различные факторы, такие как:

- природа изделия,
- способ нанесения краски,
- печь полимеризации,
- сама порошковая краска,
- окружающая обстановка и условия.

Любой из шести факторов может привести к повреждению покрытия, которое как дефект может проявляться в виде проколов, вздутий, пятен и т.д.

Во многих случаях возможно определить причины с помощью обычных микроскопа и скальпеля. Выявить причины дефектов можно с помощью современных методов анализа, таких как сканирующая электронная микроскопия с рассеивающим рентгеноструктурным анализом, ИК-спектроскопия, но также и классических способов анализа характеристик покрытий. Исходя из этого, каждому окрасочнику, по его возможностям, можно посоветовать ввести регулярный контроль производства и получаемых покрытий. Промежуточные проверки и предварительные тесты помогут определить наносимость красок и их рецептуры, поддерживать постоянство качества при производстве, оптимизировать нанесение краски и параметров ее хранения и наконец, по меньшей мере, распознать и избежать возможных одинаковых ошибок.

## Ваш поставщик порошковых красок...

«Текнос» имеет большой опыт в порошковых красках и гарантирует Вам надежные поставки.

За дополнительной информацией, пожалуйста, обращайтесь к нам по адресу:

Teknos Oy / Отдел экспорта

Телефон +358 9 506 091

E-mail: [sales@teknos.fi](mailto:sales@teknos.fi)

Или посетите нашу страницу в Интернете

[www.teknos.com](http://www.teknos.com)

«Текнос» много инвестирует в научно-исследовательскую деятельность...

## Причины дефектов

Зачастую дефекты появляются только после того, как продукт уже окрашен, но также и после сборки и определенного периода эксплуатации изделия. Несмотря даже на наличие внутреннего входного контроля предприятия, дефектов, означающих декоративные и функциональные недостатки готового к применению продукта, не всегда можно избежать.

Причина дефекта может быть найдена различными способами. Таким образом, поиск причины дефекта должен начинаться еще со стадии производства порошковой краски, стадии окрашивания и хранения краски, неокрашенных продуктов и уже готовых окрашенных.

### Дефекты, возникающие при производстве порошковой краски

Дефекты, возникающие еще на стадии производства краски, могут быть вызваны:

- диспергированием и гомогенизацией порошкового материала в экструдере
- неадекватным фракционным составом краски
- неправильным выбором пигментов и связующих
- повреждениями пленки покрытия, вызванными наличием в связующем (смоле) гелеобразных частиц
- ошибками, связанными с введенными добавками
- колебаниями качества исходного сырья.

Возможные дефекты	Вызванная проблема	Как проявляется
Соотношение связующее/отвердитель	Недостаточная сшивка	Недостаточная атмосферостойкость, недостаточные механические свойства, недостаток адгезии
Пигментирование	Использование непригодных пигментов	Недостаточная атмосферостойкость, очевидные изменения цвета при коротковременном воздействии солнечного излучения или тепла
Гомогенизация/диспергирование	Негомогенизированная порошковая краска	Проколы, пятна, наличие цветных или бесцветных (гелеобразных) включений в покрытии.
Связующее	Неподходящая для данной цели система связующих	Меление в процессе эксплуатации, чувствительность цвета к повышенной температуре, недостаточная химическая стойкость и/или механические свойства (деформируемость)
Добавки	Введение неверного количества наполнителей, напр. восков или низкомолекулярных полимеров	Всплытие или осаждение, приводящее к ослаблению или препятствию для адгезии пленки



## Дефекты внутри и на поверхности субстрата (сырьевая часть)

Дефекты субстрата могут быть вызваны:

- остатками графита на алюминиевом профиле
- включениями и углублениями (на литых изделиях)
- остатками на поверхности субстрата (антикоррозионные масла, клеевые остатки, пометки водостойким маркером и др.)
- предшествующей коррозии
- расслоением и сжатием
- отпечатками от резки металла при его механической обработке

Возможные дефекты	Вызванная проблема	Как проявляется
Отпечатки от резки металла или загрязнения	Обычно не удаляются при предварительной подготовке	Пятна на поверхности покрытия
Предшествующая коррозия	Различное протравливание металла → рубцеватая поверхность, неполное удаление продуктов коррозии	Неравномерность лакокрасочной пленки отслаивание покрытия – в виде проколов и вздутий
Полосы графита после экструзии алюминия	Остатки графита не могут быть полностью удалены	Проблемы с адгезией пленки и коррозией, вызванные отсутствием конверсионного слоя на этих участках

Возможные дефекты	Вызванная проблема	Как проявляется
Включения, дефекты отливки субстрата	Скапливание растворов для подготовки поверхности в углублениях → неравномерное стекание этих веществ, и выход воздуха в сушилке	Дегазация, проколы, пузыри
Остатки пометок маркером, антикоррозионных восков или масел	Не всегда могут быть удалены полностью в процессе предварительной подготовки	Отслаивание покрытия, проколы или вздутия

## Дефекты технологического процесса

Дефекты технологического процесса могут быть вызваны:

- предварительной подготовкой – очисткой, нанесением конверсионных слоев
- толщиной слоя (или пленки)
- чистотой выполнения технологического процесса – очисткой камер нанесения
- проблемами при нанесении краски
- пере- или недоотверждением

Возможные дефекты	Вызванная проблема	Как проявляется
Предварительная подготовка	Недостаточная промывка, остатки от слоев смачивающихся конверсионных покрытий, слишком большой или слишком малый вес конверсионного слоя	Низкая адгезия пленки – шелушение, отслаивание, коррозия

10

Возможные дефекты	Вызванная проблема	Как проявляется
Предварительная подготовка	Недостаточная очистка при смене цвета краски  Колебания толщины пленки  Ошибка в рецептуре или смешивание двух систем. Агломерирование порошка в трубопроводах или трубках вентури Проблемы с рекуперацией  Слишком грубое или поврежденное сито, недостаток очистки окрасочного участка и окружающей зоны	Цветные вкрапления в отвержденной пленке. Из-за несовместимости порошков: проколы, кратеры, матирование Разница цвета, неравномерное растекание. Несовместимость реакций, матирование покрытия, проколы. Перераспыление, загрязнение цвета  Несовместимость реакций  Вкрапления, пятна, проколы
Печь	Пере- или недоотверждение покрытия  Непрервный запуск окрашиваемых изделий в печи, высокая скорость воздуха в зоне входа	Пожелтение светлых цветов или неровность цвета. В случае недоотверждения ухудшаются механические свойства - охрупчивание пленки, недостаточная атмосферостойкость, чувствительность к растворителям, худшая адгезия, различие в степени блеска. Унос частиц порошковой краски, которые оседают на других поверхностях в печи, с загрязнением пленки покрытия, приводящим к появлению различных окрашенных точек, вздутий, комков, пятен

## Ошибки при транспортировке и хранении окрашенных деталей

Дефектами, возникающими при транспортировке и хранении изделий могут быть:

- матирование, отпечатки и пятна от упаковочного материала
- выделение веществ на резиновых прокладках
- воздухонепроницаемая упаковка → конденсация влаги → матирование, пятна
- мягкая пленка покрытия → отпечатки на покрытии

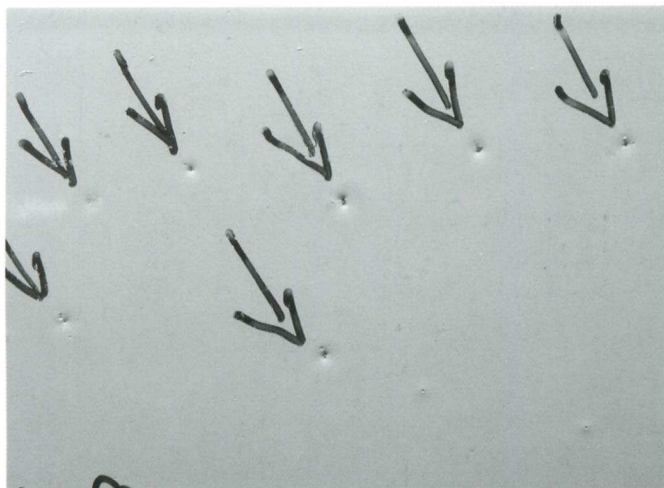
Возможные дефекты	Вызванная проблема	Как проявляется
Упаковка	"Мягкая" пленка Хранение в наружных условиях / длительное хранение в упаковке	Отпечатки, видимые точки Пятна, осветление пленки, плохое удаление упаковочного материала → матирование или осветление
Упаковочный материал	Фольга с пластификаторами	Потеря цвета, матирование
Очистка	Использование неподходящих чистящих средств	Растворение покрытия, потеря цвета, матирование
Материал прокладок, клей	Используются непригодные материалы	Никакой адгезии уплотнительного материала, или клея, потеря цвета, удаление покрытия



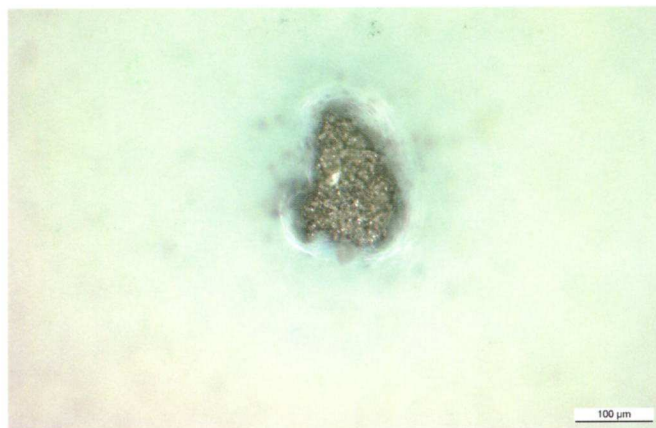
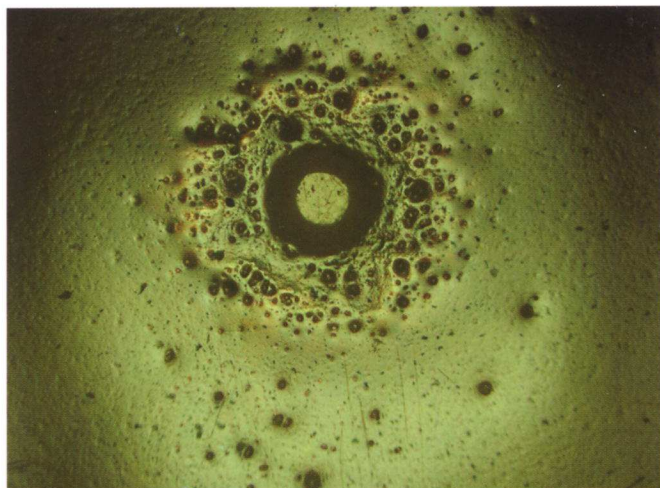
## Плохое смачивание / кратеры

«Плохое смачивание» – общее название всех разновидностей плохого растекания покрытия, которое может быть иметь как обширный характер, так и в виде проколов. Самые небольшие дефекты растекания называются кратерами, большие дефекты могут быть вызваны широким рядом факторов. В основных случаях причиной является загрязнение материала или поверхности субстра-

та веществами, которые несовместимы с порошковой краской. К ним относятся, например, силикон, масло, жир, воск и т.д. Эти вещества могут прийти из воздуха (сжатого воздуха, окружающего воздуха), от операторов, обслуживающих процесс, или от соприкосновения загрязненных рук с субстратом или самой порошковой краской. Эти дефекты могут быть устранены только путем повторного перекрашивания.



*Плохое смачивание поверхности порошковым покрытием.*



*Плохое смачивание образца алюминия. Поверхность металла покрыта не удаленной до конца оксидной пленкой.*





## Обширные дефекты смачивания

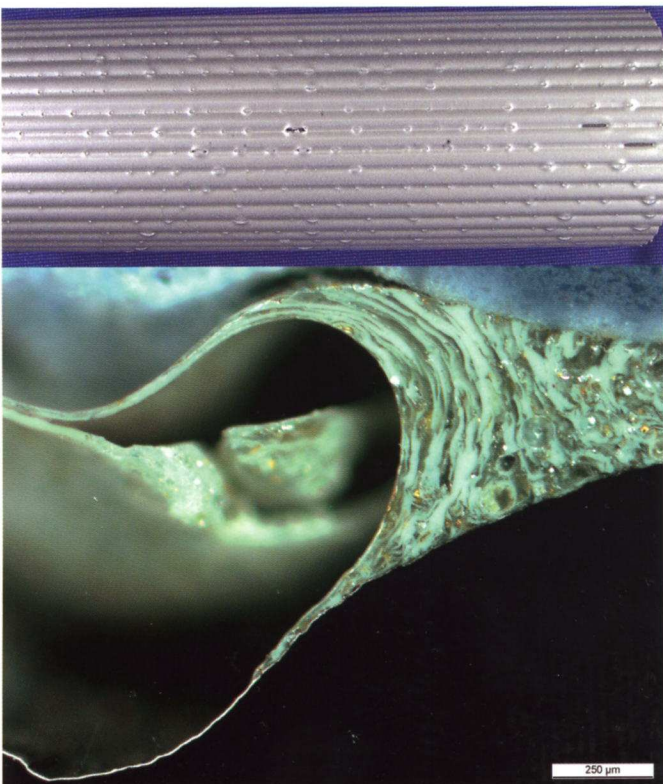
Дефект смачивания при порошковом окрашивании проявляется таким образом, что пленка покрытия сжимается, как это изображено на рисунке, и это можно увидеть уже только по завершении отверждения покрытия. Важную роль при смачивании поверхности играет вязкость и поверхностное натяжение расплава краски. Для хорошего растекания и достаточного смачивания необходимы низкая вязкость расплава и высокое поверхностное натяжение.

Поверхностное натяжение является движущей силой для коалесценции (слияния) «капель порошка» (в случае порошковых красок). А это означает плавление частиц порошковой краски. В сравнении с огромной общей площадью поверхности частиц порошка, площадь поверхности расплавленной пленки после коалесценции частиц ничтожно мала. Высокое поверхностное натяжение будет содействовать коалесценции и выпрямит пленку. Помехи для хорошего смачивания при плавлении порошковой краски, вызванные, например, тонкими слоями, наличием влаги, пассивирующими или оксидными слоями, приводят к сжатию пленки покрытия.



Обширный дефект смачивания на железо-фосфатированной стальной пластине.

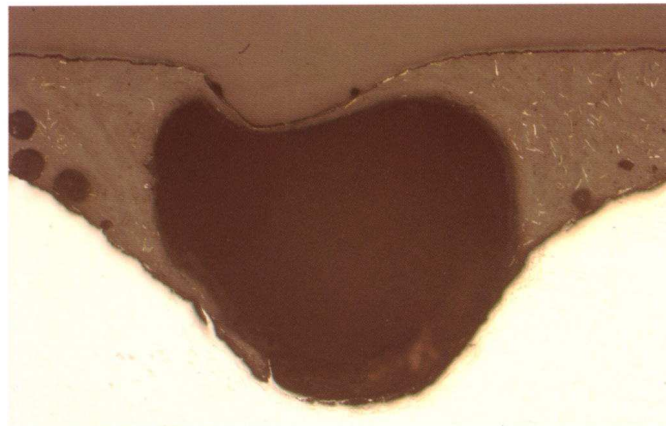
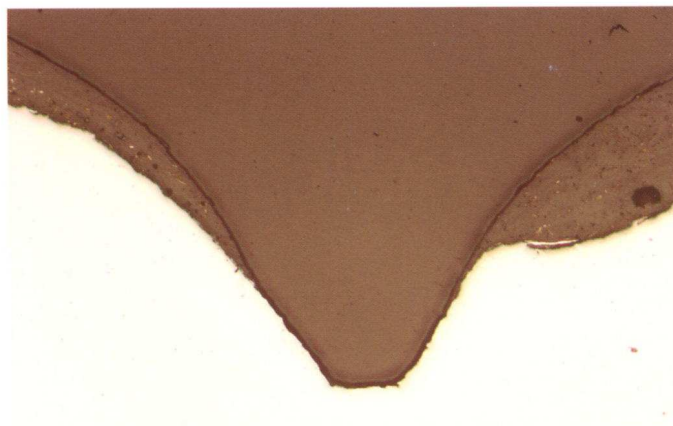
## Дефекты смачивания и образование вздутий и кратеров



Круглая труба, покрытая порошковой краской металл. После отверждения в местах углублений (канавок) появляются кратеры, вздутия и участки сжатой пленки.

Изображение поперечного сечения участка с образовавшимся вздутием. Размер вздутия становится явным.





На верхнем левом рисунке показан неокрашенный участок в канавке, на верхнем правом рисунке показан также участок в канавке со вздутием. На рисунке внизу представлен полный обзор покрытия, который показывает распределение толщины слоя на более глубоких и более высоких участках. Толщина:

- в точке измерения 1: 200 мкм
- в точке измерения 2: 150 мкм
- в точке измерения 3: > 500 мкм.

В этом случае причинами образования вздутий или плохого смачивания могут быть: влажная поверхность, вследствие ее неполного высыхания, и/или реакция в самой порошковой краске с выделением побочных продуктов, которые главным образом при большой толщине слоя приводят к данным дефектам.

## Кратеры

Кратеры, именуемые еще «рыбьими глазами», представляют собой круглые углубления. Они могут иметь вид от очень сглаженных впадин уже в последнем слое покрытия (в многослойных системах) вплоть до серьезных дефектов смачивания как дыры до самой поверхности металла.

Несмотря на однородный внешний вид покрытия, существует несколько причин для образования кратеров. Распознать их природу по внешнему виду практически невозможно. Образование кратеров происходит по двум разным механизмам:

1. При пленкообразовании, когда летучие вещества локализируются и произвольно выделяются, но вязкость расплава пленки возрастает настолько сильно, что участки, где появляются и затем лопаются газовые вздутия, уже не в состоянии «затянуться».
2. Еще до фактической стадии пленкообразования об еще горячую поверхность жидкой пленки покрытия могут ударяться капли вещества с низким поверхностным натяжением, а затем они не поглощаются пленкой или поглощаются с задержкой.

### Причины образования кратеров:

- остатки масла, жиров, воска или силикона
- сама порошковая краска. Несовместимость с другими порошковыми красками (совместимость различных систем определяется химическим строением и более того,

поверхностным натяжением и различием в реакционной способности и вязкости)

- недостаточная очистка поверхности изделия
- продукты коррозии (например, белая ржавчина на поверхности алюминия)
- остатки веществ от предварительной подготовки поверхности.
- недостаточная окончательная промывка, остатки и загрязнения после сушки от промывочной воды
- загрязнения из окружающей зоны, которые оседают на поверхности изделия или на неподвижной еще незашитой пленке покрытия и затем приводят к дефектам
- влажная поверхность (недостаточная сушка)
- дегазация субстрата (наличие в нем полостей и пор, в которых могут скапливаться остатки веществ от подготовки поверхности, которые затем в процессе нагрева при отверждении покрытия вырываются наружу и приводят к дефектам)
- нанесение в одной и той же камере как жидких, так и порошковых красок, и сушка в одной и той же печи.



### *Предотвращение кратеров:*

В вышеуказанных пунктах названо много источников ошибок, которые приводят к образованию кратеров в покрытиях.

Из следующего можно извлечь некоторые меры предосторожности, следуя которым можно избежать кратерообразования.

В основном рекомендуется использовать несодержащие силикон продукты, хорошо очищать поверхности перед окрашиванием и промывать их каждый раз в процессе предварительной подготовки деминерализованной водой. Использование для окрашивания порошковыми красками субстратов, которые уже были подвергнуты коррозии, в любом случае чревато плохими последствиями. Даже если, к счастью, на поверхности покрытия и нет никаких кратеров, в дальнейшем будет происходить просачивание под него коррозионной среды и образование пузырей, что повлечет за собой потерю адгезии, по крайней мере при эксплуатации изделий в наружных условиях.

### *Исправление:*

В зависимости от размера и количества дефектов остаются только две возможности ремонта покрытия. Или нужно полностью удалить пленку покрытия и повторно перекрасить изделие, или содрать покрытие до той степени, пока не будут устранены дефекты, а оставшийся на поверхности слой не будет ровным и однородным. Дальнейшую перекраску следует проводить, используя подходящие материалы.

## **Проколы – вздутия**

Проколы, называемые также вздутиями, представляют своего рода кратеры, причиной которых являются спонтанно и ограниченные локально выпускаемые покрытием летучие вещества, воздух или выделяющаяся в процессе химической реакции вода. Исходя из этого, в толще покрытия могут образовываться вздутия (пузыри) и затем при определенных условиях разрываться. Поскольку порошковое покрытие уже достаточно хорошо зашито, сформировано и никакой коалесценции не допускается, на поверхности покрытия могут в большей или меньшей степени остаться отпечатки, имитирующие форму этих лопнувших вздутий.

### *Причины образования вздутий:*

- летучие вещества из порошковой краски
- поры, полости и дыры субстрата
- влага или недостаточная сушка, или скопление воды в углублениях.

### *Предотвращение кратеров:*

После самой последней промывки изделий необходимо очень тщательно их высушить. Изделия с углублениями следует подвешивать таким образом, чтобы вся жидкость из них вытекала. Очень редко можно заранее определить, есть ли в краске летучие компоненты, а также поры или мелкие полости в субстрате. В таком случае проблемы проявляются уже только после окрашивания.

Для горяче-оцинкованной поверхности с очень толстым слоем цинка следует использовать подходящую порошковую краску, которая позволит лучшей дегазации пленке покрытия.

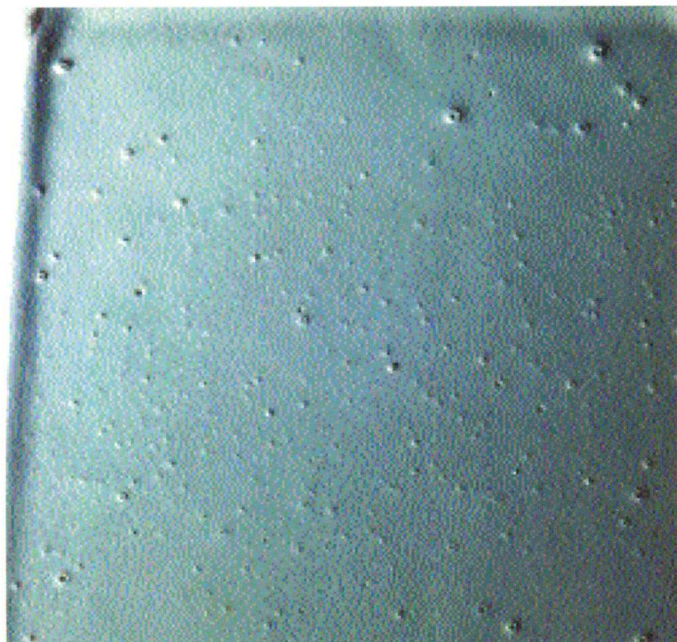
### *Исправление:*

В зависимости от размера и количества дефектов остаются только две возможности ремонта. Или нужно полностью удалить пленку покрытия и повторно перекрасить изделие, или содрать покрытие до той степени, пока не будут устранены дефекты, а оставшийся на поверхности слой не будет ровным и однородным. Дальнейшую перекраску следует проводить используя подходящие материалы



## Примеры образования кратеров и проколов

*Вздутия или кратеры, вызванные дегазацией, на примере поверхности оцинкованной стали*



*Вздутия и кратеры в порошковом покрытии, вызванные дегазацией (выходом воздуха) из цинкового слоя.*



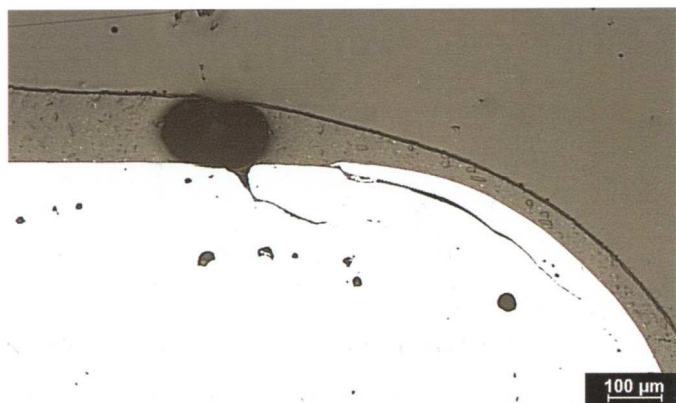
*Поперечное сечение покрытия и цинкового слоя на участке образования дефекта.*

20

## Поры и полости на поверхности субстрата



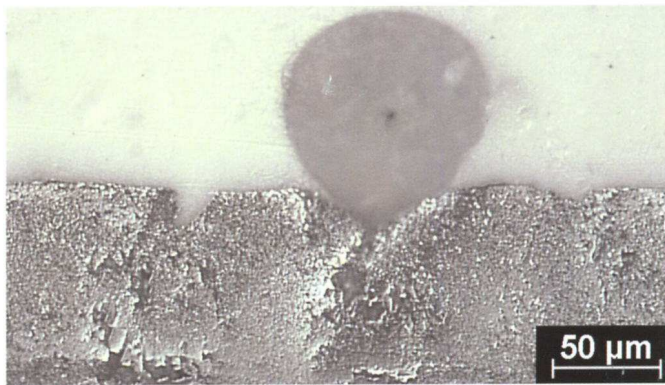
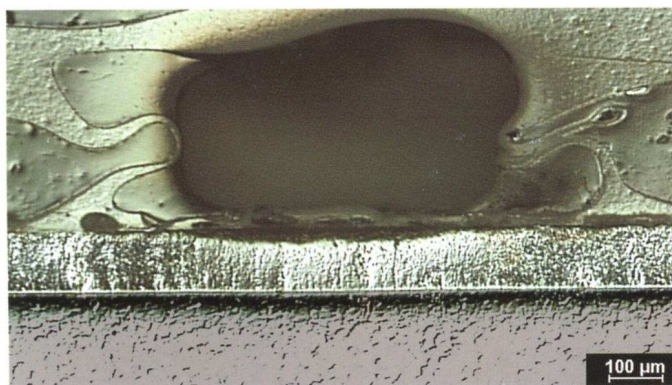
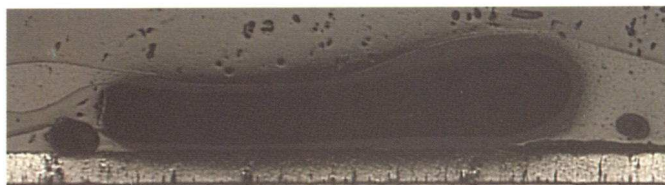
*Пример образования вздутий и кратеров в порошковом покрытии на сплаве цинка и стали. Поверхность покрытия покрыта большим количеством вздутий и кратеров.*



*Поперечное сечение дефектного участка. В районе дефектов на субстрате можно обнаружить поры.*

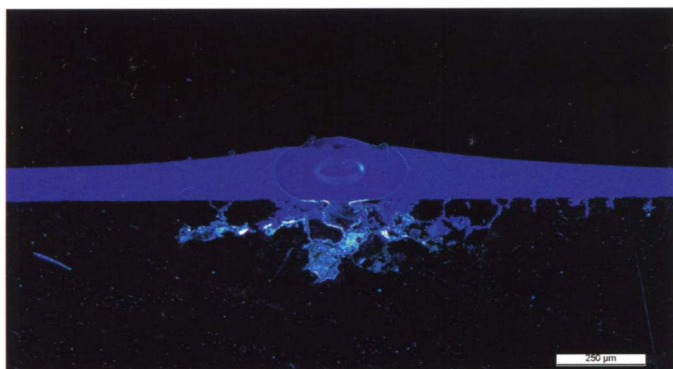


## Пористый субстрат и влажная поверхность

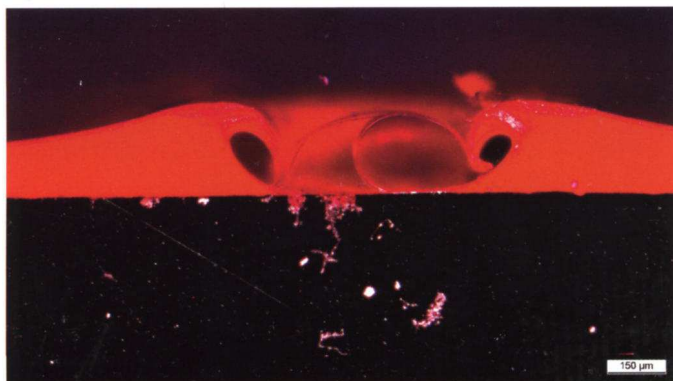


Последствия наличия пор в слое цинка и недостаточной сушки поверхности изделия после промывки.

Коррозия поверхности субстрата, например предшествующая коррозия алюминиевого сплава, вызванная его неправильным хранением



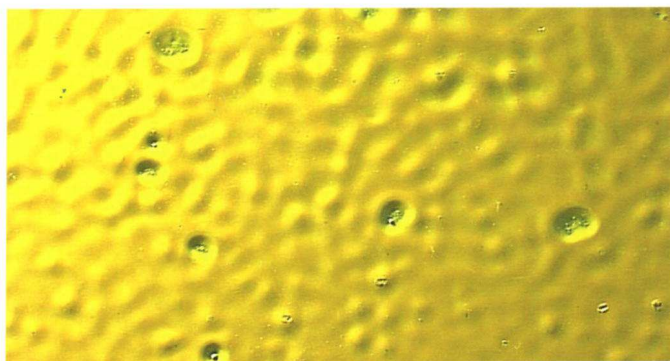
Поперечное сечение участка покрытия со вздутием. В качестве причины может быть названа коррозия предшествовавшая окрашиванию.



Поперечное сечение участка покрытия с кратером. И в этом случае также в качестве причины может быть названа коррозия, предшествовавшая окрашиванию.



*Кратеры, вызванные несовместимостью компонентов химической реакции*

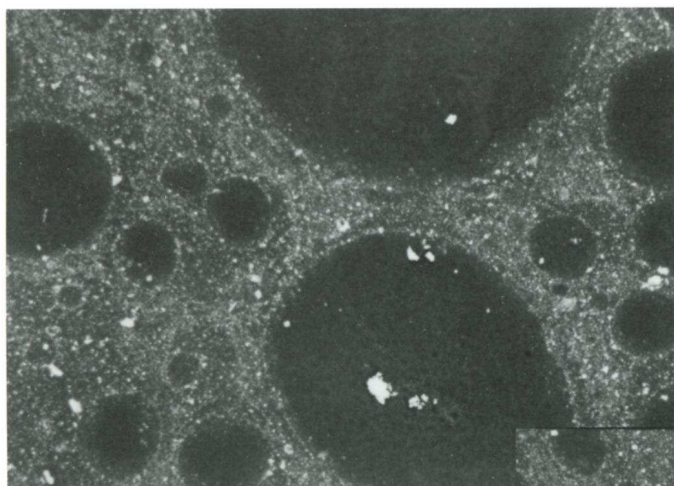


*В этом случае растекание пленки покрытия явно нарушено. На поверхности покрытия видно большое количество дыр и кратеров, причиной которым – неполное расплавление некоторых компонентов в расплаве пленки.*

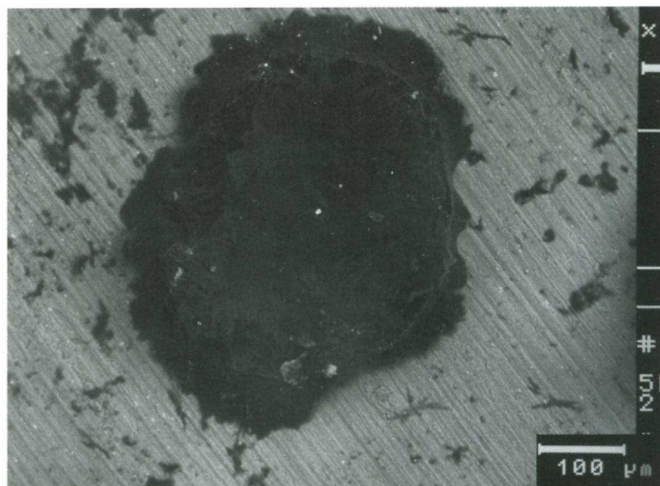


*Детальное изображение кратера. В месте кратера пленка сжата и субстрат не полностью укрыт покрытием.*

*Кратеры, вызванные остатками жировых загрязнений*

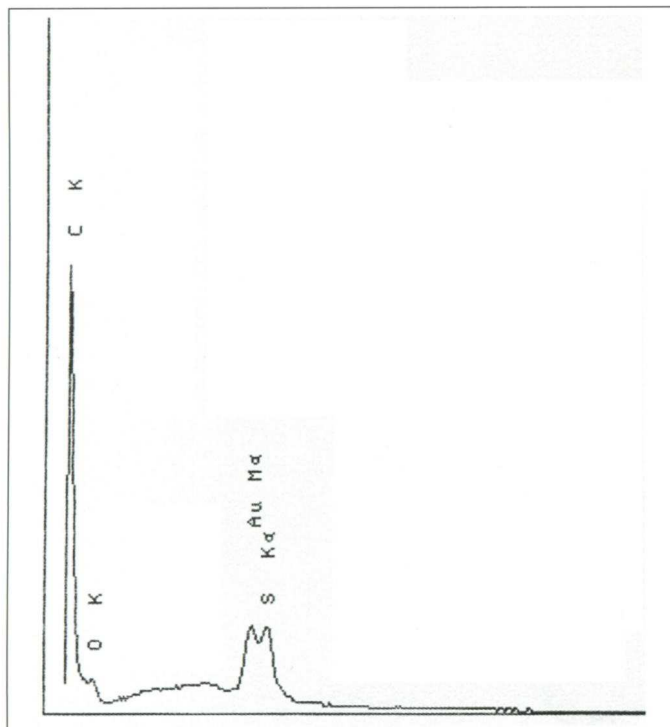


*Фотография дефектного участка, сделанная через электронный микроскоп. Кратеры или дыры на поверхности покрытия, заметные как черные пятна, достигают субстрата.*

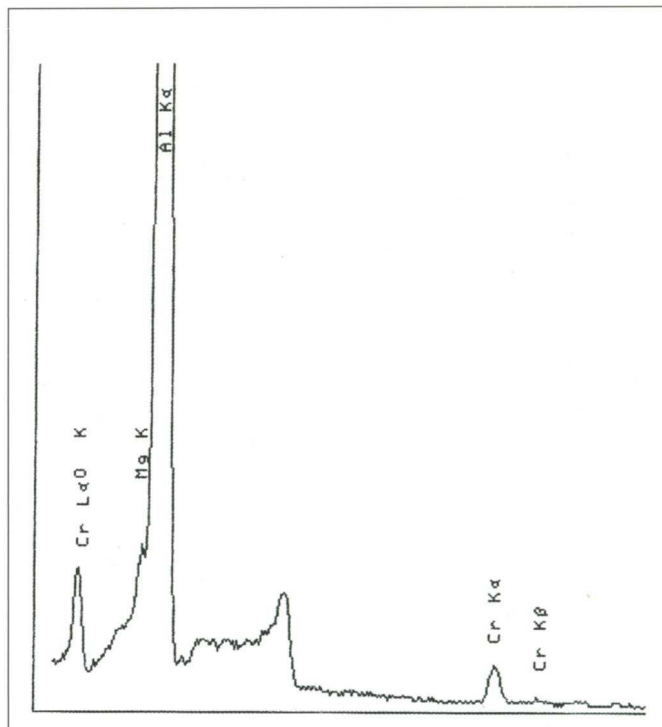


*Фотография дефектного участка, сделанная через электронный микроскоп после отслаивания пленки. На доминирующем сером фоне материала можно ясно различить черные пятна жирового остатка.*





Спектр EDX дефектного участка (темного пятна на субстрате). На этом участке можно, главным образом, обнаружить элементы углерод (C), кислород (O) и серу (S). на данном участке субстрат полностью покрыт этим веществом.



Спектр EDX вне дефектного участка субстрата. На этом участке можно обнаружить только элементы алюминий (Al), а также хром (Cr) и кислород (O) конверсионного хроматного слоя.

## Вздутия

Образование вздутий в покрытиях является следствием потери ими адгезии и увеличением объема газов под слоем покрытия. Содержимой средой в данных вздутиях (пузырях) могут быть газы или жидкости, которые проникли в покрытие снаружи путем осмоса, или вышли из субстрата. Под вздутиями на поверхности металлов (например, стали) часто могут быть продукты коррозии. Пленки покрытий поглощают некоторое количество из имеющихся паров воды (при сырой погоде), которые могут затем опять выпариваться в сухих условиях. Обычно покрытие никак не портится от такого повреждения. Из-за неадекватной предварительной подготовки поверхности на ней могут оставаться какие-то гигроскопические, иначе говоря, водопоглощающие, вещества (соли). А это означает, что в некоторых местах будут концентрироваться участки с повышенным содержанием влаги, которая будет способствовать поднятию покрытий, что выглядит как вздутие (пузырь). Вздутия могут проявиться в виде шелушений разных размера, формы и частоты, и могут появляться как между каждым слоем, так и под всей системой покрытия. При высыхании покрытия (например, при сухой погоде) вздутия возвращаются и отчетливо проявляются.

### Причины образования вздутий:

- Нет достаточной очистки поверхности перед окрашиванием. На поверхности остаются загрязнения в виде остатков солей (от подготовки поверхности, соприкос-

новения с руками). По форме пузырей можно делать заключение о причине их образования, например, удлиненная форма – следы протирания или следы от потеков, пятнистая форма – от отпечатков пальцев.

- Дегазация субстрата обычно приводит к образованию одиночных вздутий.

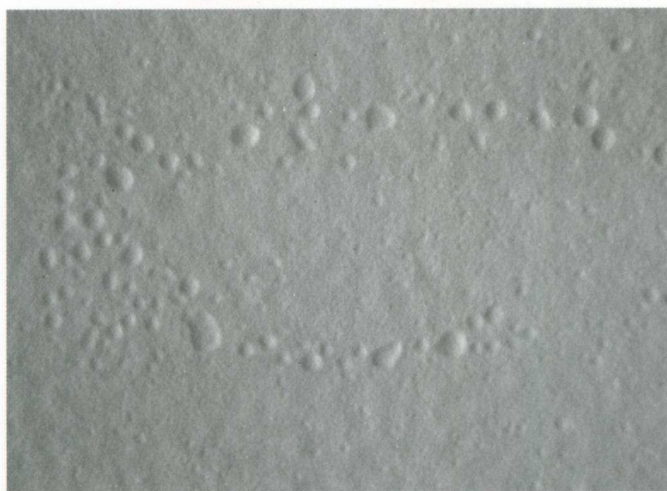
### Предотвращение образования вздутий:

Поверхность перед ее окрашиванием необходимо тщательно очистить. Необходимо удалить все остатки от механической обработки или химической подготовки поверхности. Для предотвращения высыхания этих остатков и появления сухих следов от потеков необходимо сразу по завершении процесса очистки и нанесения конверсионных слоев промывать поверхность водой. Избегать появления отпечатков пальцев на поверхности можно используя подходящие перчатки, изготовленные из чистой хлопковой ткани.

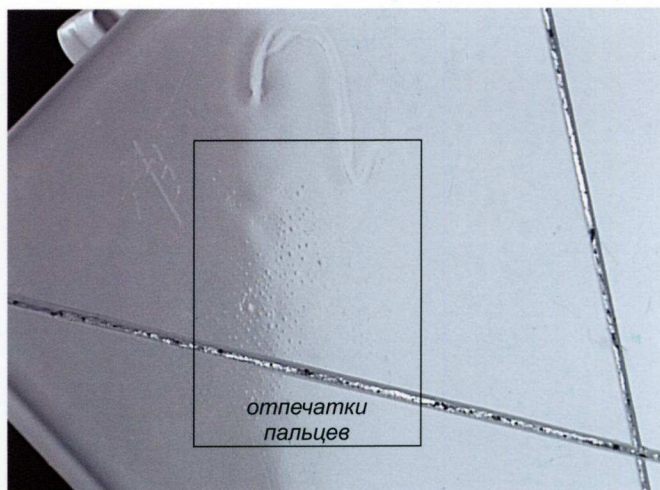
### Исправление:

Удаление покрытия с изделий с последующей очисткой субстрата, повторное нанесение конверсионного слоя (например, хроматирование, фосфатирование) с последующим повторным переокрашиванием. Необходимость повторного нанесения конверсионного слоя определяется требованиями, предъявляемыми к конечному изделию.

## Примеры образования вздутий



Вздутия в покрытии образовались после хранения во влажных условиях. Субстрат без очистки и подготовки.



Пузыри в покрытии, вызванные прикосновениями рук (отпечатки пальцев на субстрате).

## Неправильная подготовка поверхности, остатки промывочных вод или активных веществ из ванн подготовки



Линейный характер образования вздутий, начиная от точки подвески – недостаточная промывка. Образование следов от потеков в месте сверления отверстия или подвешивания.



Пример образования вздутий на сплаве с магнием после проведения коррозионного испытания.



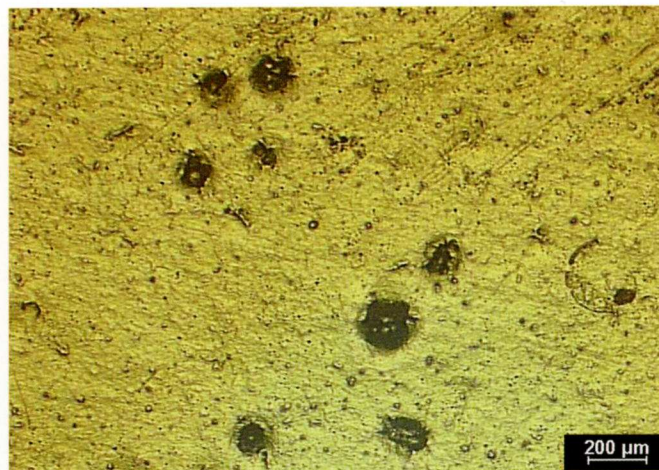
## Проколы

Проколы представляют собой небольшие дефекты (поры, дыры) поверхности покрытия в виде тонких булавчатых проколов и изначально образуются как кратеры с последующим переходом в форму очень тонких отверстий. Причина образования проколов может быть связана с самим субстратом или с более глубокими слоями покрытий. Например, в случае высвобождения остатков воздуха, влаги и продуктов химической реакции подзащитная пленка уже больше не в состоянии закрыться.

Хотя из большинства порошковых красок при отверждении не выделяется никаких или очень незначительные количества летучих веществ, влага, продукты реакции и/или удерживаемый воздух могут вызвать дефекты при отверждении, которые проявляются в виде тонких булавчатых проколов. Порошковые краски обычно производят таким образом, чтобы позволить летучим веществам покинуть пленку формирующегося покрытия без причинения вреда его внешнему виду. Большое количество проколов в пленке покрытия может вызвать изменение блеска, например привести к матированию изначально глянцевых систем (см. также разд. «Различия в блеске»).

### Причины образования проколов:

- слишком высокое содержание влаги в порошковой краске (например, из-за неправильного хранения)
- слишком большая толщина слоя покрытия, летучие продукты не могут выйти из пленки при ее отверждении
- несовместимость с другими порошковыми красками
- слишком быстрый подъем температуры, поэтому нет достаточно времени для выхода из пленки покрытия влаги и воздуха
- пористость субстрата (литые изделия).



Проколы в полиэфирном порошковом покрытии, вызванные выделением летучих продуктов (слева: общий вид, справа: увеличение в 50 раз).

### Предотвращение проколов:

Порошковые краски следует хранить в сухих условиях и при температуре не выше 25 оС. Для того, чтобы избежать появления проколов, вызванных слишком большой толщиной пленки, слишком быстрым разогревом или слишком высокими температурами отверждения, необходимо четко придерживаться руководства, предоставленным производителем порошковой краски. Чтобы избежать несовместимой реакции необходимо при каждой смене порошковой краски очень тщательно чистить камеру, пистолеты и прочее оборудование; или же необходимо заранее проверить,

насколько совместимы приходящие в контакт порошки. Для дегазации пористого субстрата можно использовать специальные добавки или специальные порошковые краски.

### Исправление:

Для того, чтобы привести покрытие к нормальному виду, необходимо или полностью удалить покрытие и изделие повторно перекрасить, или же соскрести покрытие до тех пор, пока не будут удалены дефекты, а оставшийся на поверхности слой не будет гладким и ровным. Повторное перекрашивание следует произвести подходящим материалом.



## Влияние загрязнений – частицы, отпечатки, вкрапления

Воздействие загрязнений на порошковое покрытие обычно проявляется в виде пятен, вкраплений или пузырей в пленке покрытия. Для оптимального окрасочного результата необходимо чистое окружающее помещение. В запыленной и грязной среде вокруг окрасочной камеры и без необходимой защитной спецодежды при работе рядом с камерой или в ней, должного результата при окрашивании можно не достигнуть. Эти виды загрязнений можно классифицировать в две группы: грязь из камеры или окружающего цеха, включающего конвейерную конструкцию и печь, а также загрязнения, причиной которых является сам окрасочник (например, его одежда).

### Причины появления вкраплений:

- волокна, пух от чистящих салфеток или одежды
- опилки, загрязнения, собранные из отливочной формы, дефекты поверхности субстрата (слоение), сварные швы
- спекание загрязнений из печи полимеризации
- загрязнения от конвейера и транспортировочной цепи
- попадание грязи при уборке цеха
- загрязнения в самой порошковой краске, например от неправильного хранения

- различно окрашенные частицы в пленке покрытия - из-за недостаточной очистки при смене цвета, или переноса порошковой краски из параллельных окрасочных камер, или загрязнений от самого производителя.

### Предотвращение вкраплений:

Для каждого из упомянутых источников дефектов имеются свои соответствующие меры по их предотвращению. Естественно, окрасочному предприятию следует проводить хороший входной контроль. Так, можно совершенно легко распознать загрязнения в исходной порошковой краске, пришедшей от производителя.

### Исправление:

В зависимости от причины и количества дефектов покрытие следует удалить и изделие повторно перекрасить. Если появляются загрязнения, те что были собраны в отливочной форме, и отпечатанные металлические частицы, поверхность необходимо повторно обработать.

## Примеры образования отпечатков в пленке покрытия

Вдавленные металлические частицы на субстрате, дефекты металла, а также загрязнения, собранные из отливочной формы, на алюминии.

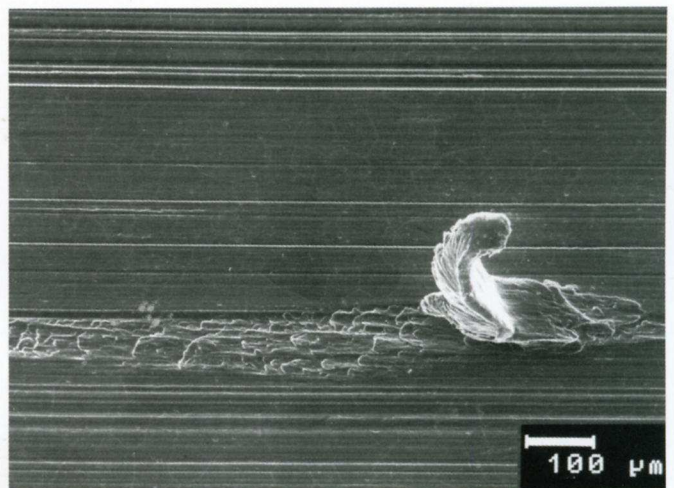


Порошковое покрытие с дефектами, пузырями, отпечатками в пленке.

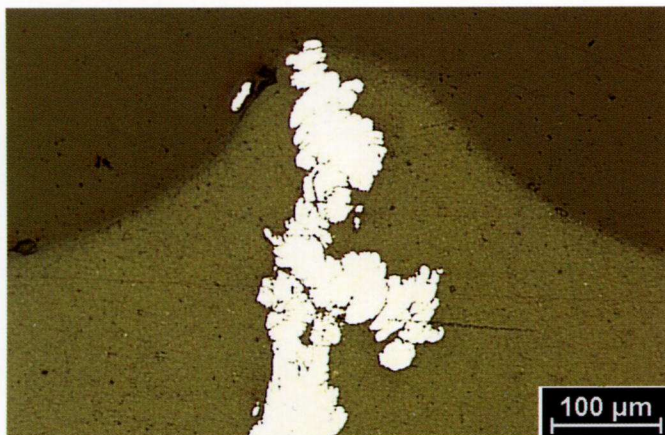
После удаления пленки покрытия, с помощью сканирующего электронного микроскопа можно увидеть направленный вертикально кусок металлической стружки. Это дефект прессования, загрязнение отливочной формы, т.к. заметен след напротив образца стружки.



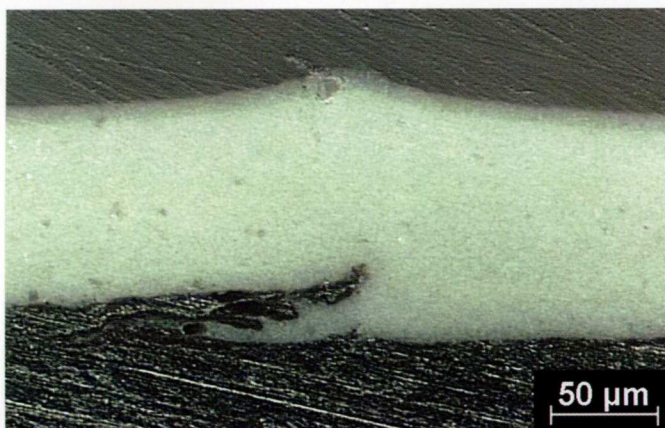
Металлические включения и стружка.







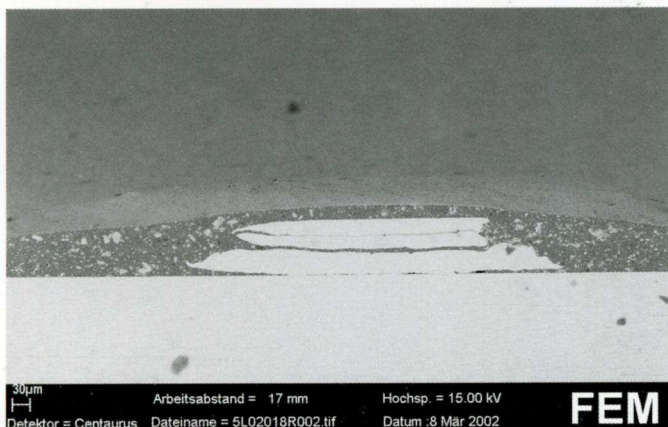
Поперечное сечение дефектного участка, образованного куском стружки.



Дефект вызванный нарушениями на субстрате.



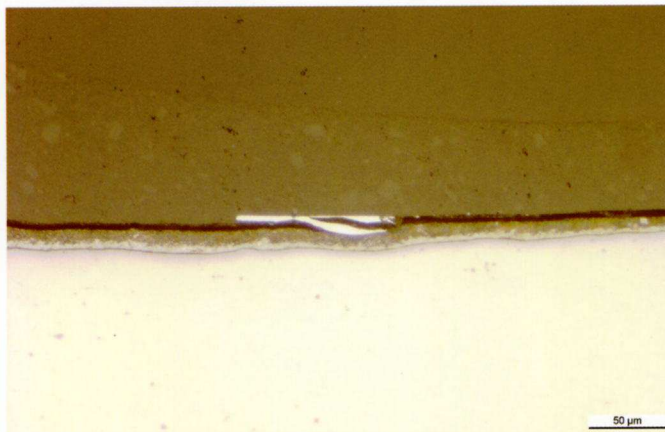
На фотографии поверхности показано вздутие в пленке текстурированного покрытия.



Изображено поперечное сечение участка образования отпечатка, на котором показаны свободно лежащие металлические частицы

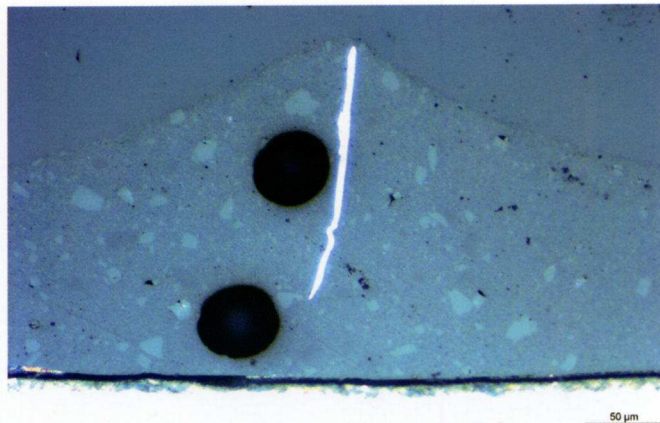


На следующих четырех фотографиях показаны примеры свободных неадгезированных металлических частиц. Эти частицы флотируют на поверхности пленки покрытия в зависимости от размера и адгезии к субстрату (металлические пылинки после шлифования, а также отпечатанные куски стружки или металлические частицы).

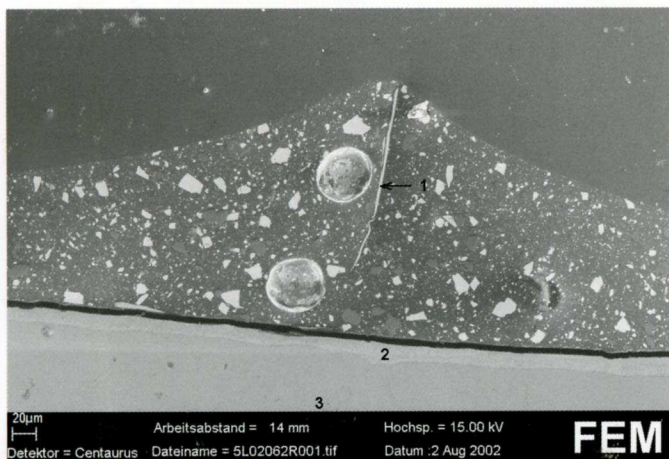


Фотография границы дефектного участка. Свободные металлические частицы под пленкой покрытия.

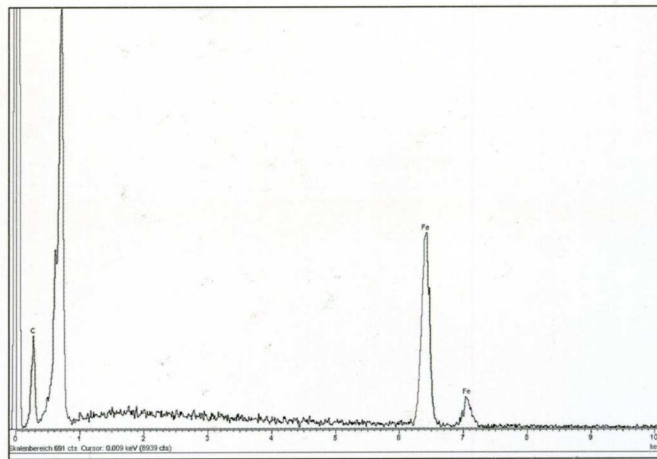
Форма отпечатков или вкраплений, которые появляются как дефекты в пленке покрытия.



Поперечное сечение дефектного участка с металлической частицей.



Фотография дефектного участка, выполненная с помощью сканирующего электронного микроскопа.



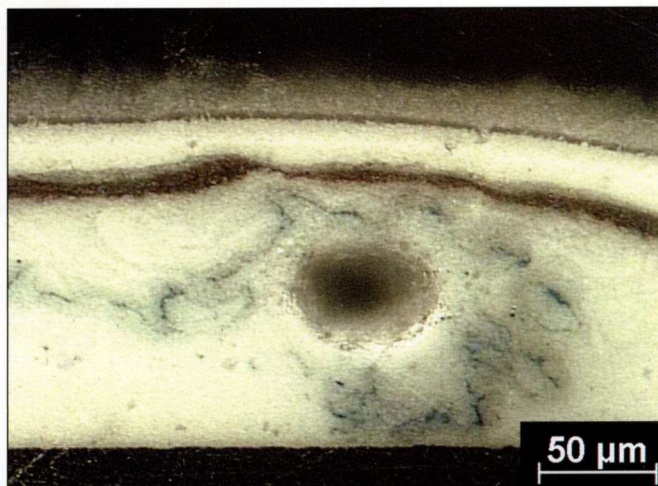
EDX - анализ металлической частицы на дефектном участке. Обозначение 1 на фотографии слева.



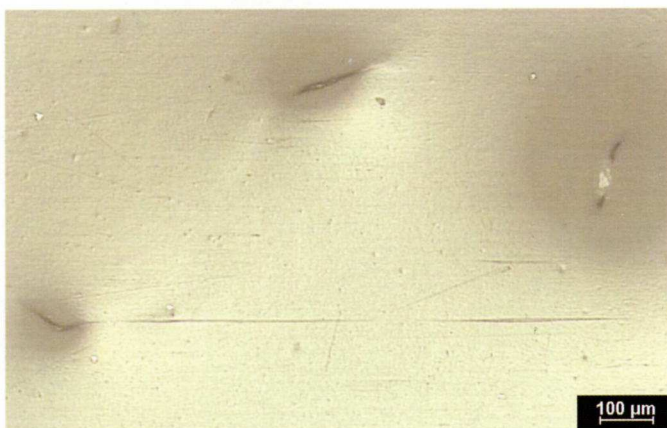
Волокна от одежды / настила камеры,  
например, с транспортировочной ленты



Повреждения пленки покрытия волокнами, возможно от одежды.



Фотография поперечного сечения дефектного участка. Вслед за красным толстым куском волокна может находиться более тонкий.

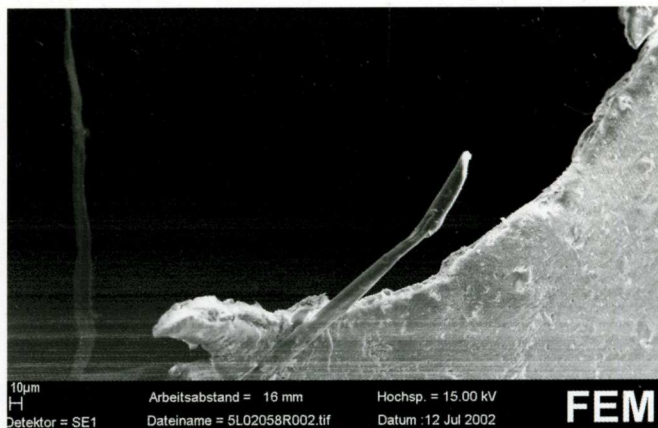


На верхней и нижней фотографиях слева показана поверхность покрытий с включениями волокон. В большинстве случаев они располагаются на поверхности покрытия, поэтому могут быть распознаны через микроскоп при невысоком увеличении.

На правой верхней фотографии показано поперечное сечение дефектного участка. Можно увидеть, что волокна расположены на поверхности покрытия.





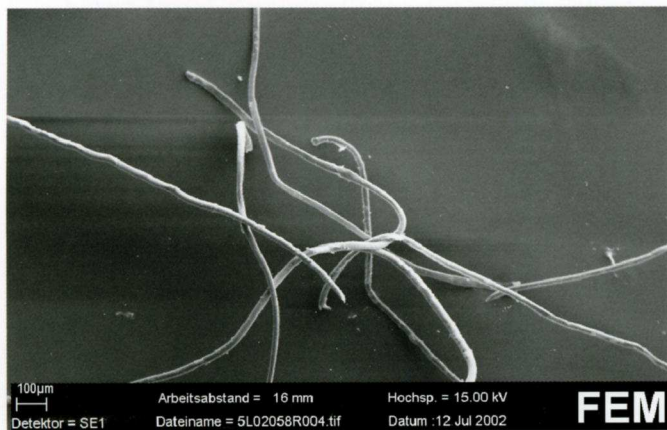


На левой верхней фотографии в увеличенном виде показан дефект покрытия. На окрашенной поверхности были обнаружены пушинки и волокна.

Наверху справа показана фотография отслоенного покрытия со слегка изолированным волокном, выполненная через сканирующий электронный микроскоп. На фотографии слева внизу показаны волокна из рекуперированного порошка, просеянного через сито 120 мкм.

Сравнение волокон из остатков после просеивания, с пола окрасочной камеры и пленки покрытия показывает, что они имеют одинаковую природу.

Волокна, появляющиеся в результате изнашивания настила пола камеры, попали в рекуперированный порошок и не были полностью отсеяны ситом.



Загрязнения с транспортировочной ленты или из печи (частицы сажи или агломераты порошковой краски)



Фотография поперечного сечения отпечатка или пятна. В пленке покрытия можно было обнаружить инородные вещества органического происхождения.



## Гелеобразные частицы

Если процесс гелеобразования начинается уже на стадии производства порошковой краски, ее транспортировки и хранения, то в порошке могут появляться гелеобразные частицы. Такие частицы могут также сформироваться в применяемых смолах или расплавленных компонентах смол, если они уже ранее были определенным образом желатинизированы. В этом случае под желатинизацией подразумевается преждевременная реакция порошковой краски или смолы. Гелеобразные частицы обычно приводят к дефектам в пленке покрытия, которые вызываются нерегулярностями состава при пленкообразовании, нарушением растекаемости или уравниванием дефектных участков покрытия. Дефекты выглядят как отпечатки, пятна или небольшие нарушения растекаемости.

### Причины образования гелеобразных частиц:

- преждевременная реакция в порошковой краске при ее транспортировке и хранении
- не оптимизирован процесс производства порошковой краски
- преждевременная реакция в исходной смоле.

### Предотвращение появления гелеобразных частиц:

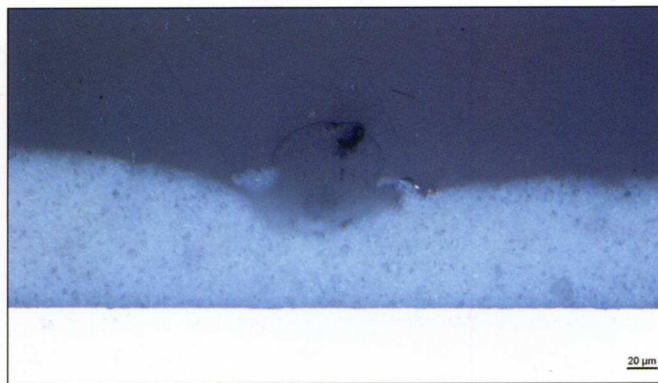
- транспортировка и хранение в соответствии с информацией, предоставляемой производителем
- входной контроль порошковой краски – получение тестовых покрытий.

### Исправление:

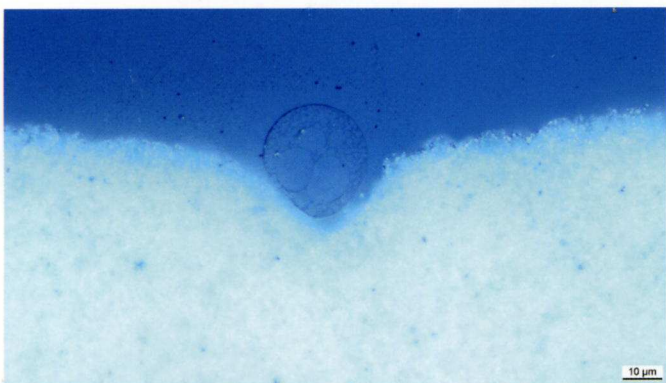
В зависимости от размера и количества дефектов, покрытие нужно либо удалить и изделие повторно перекрасить, либо же удалить покрытие до такой степени, пока не будут устранены дефекты. Дальнейшую перекраску следует проводить используя подходящие материалы. Если проявляются одиночные дефекты, то следует выяснить у заказчика, насколько для него приемлемо их присутствие.



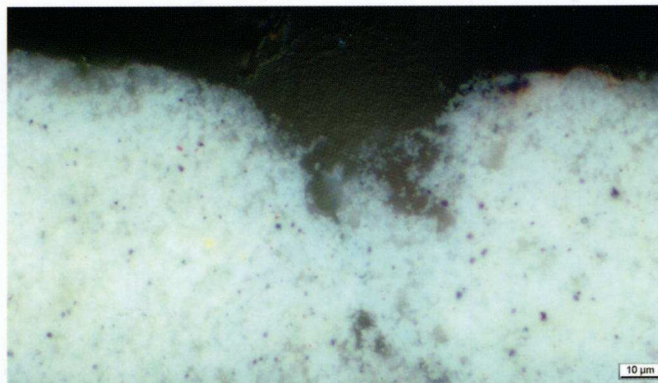
Дефектный участок на текстурированном покрытии. Критичной стала растекаемость (виден отпечаток).



Поперечное сечение дефектного участка. В пленке можно различить непрозрачную частицу округлой формы.



Подробное изображение дефектного участка в поперечном сечении. На покрытии в месте нахождения гелеобразной частицы видна впадина.





## Загрязнение пигмента/ порошковой краски

*Загрязнение пигмента и порошковой краски может быть вызвано следующим:*

- включения посторонних пигментов в самой порошковой краске из-за недостаточной очистки в процессе производства
- неправильная очистка пистолета и линии, загрязнение рекуперированного порошка, включения постороннего цвета.

Дефекты проявляются в виде различно окрашенных точек в покрытии.

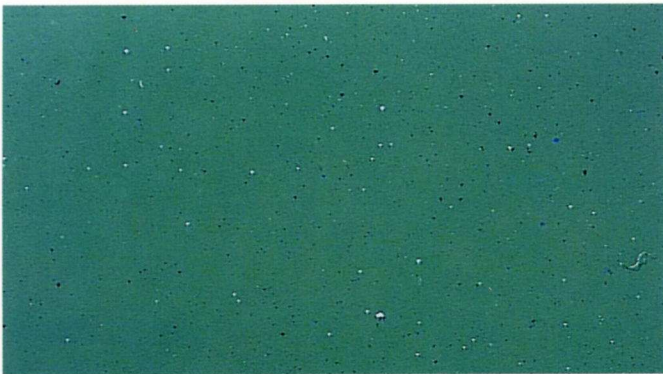
*Предотвращение загрязнения пигмента и порошковой краски:*

- Поддержание высокой степени чистоты в камере и окружающей зоне всей линии, в которую входят вся зона вокруг камеры, печи, конвейерной ленты и окружающая территория.
- Отдельные транспортировочные шланги для грубодисперсных порошков, из которых получают текстурированные покрытия. Это необходимо из-за абразивного поведения порошковой краски с более грубым дисперсным составом. Шероховатости внутри шланга способствуют появлению новых загрязнений.

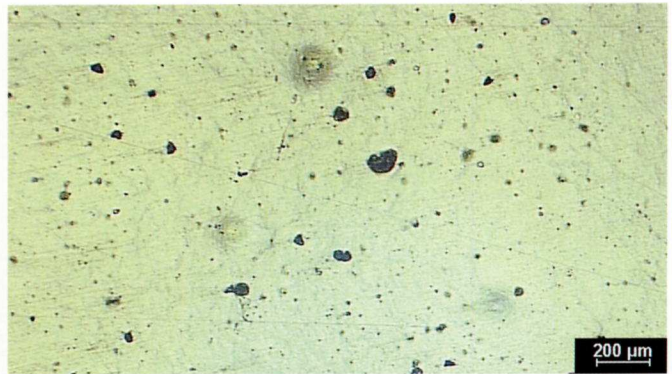
- Следует избегать выполнения вблизи окрасочной камеры, а также в зоне печи и зоне охлаждения операций, при которых появляется пыль (сверление, шлифование, подметание, фильтрование и т.д.).
- В начале следует окрасить менее важные изделия. Если такой возможности нет, то следует приготовить тестовые панели.

*Исправление:*

В зависимости от размеров дефекта, либо покрытие следует удалить и изделие повторно перекрасить, либо слегка ободрать покрытие и изделие повторно перекрасить.



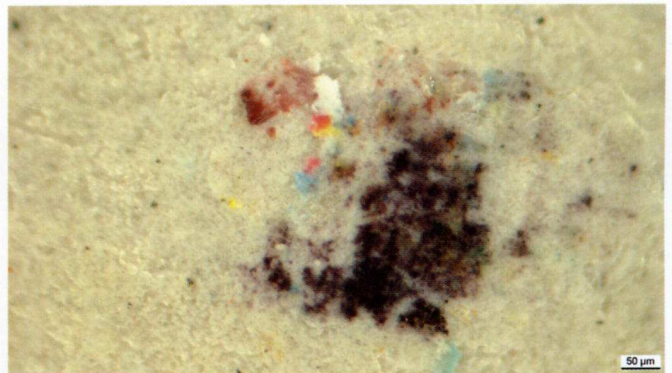
Покрытие с белыми точками, появившимися из-за недостаточной очистке оборудования при смене цвета.



Поверхность покрытия через микроскоп с падающим светом.



Загрязнение пигмента текстурированного покрытия тусклого цвета.



Подробное изображение загрязнения.



*Явно различимые цветные пятна на примере умышленно загрязненной черной краски для текстурированных покрытий*

Следующие примеры показывают следствие присутствия даже незначительных количеств загрязнений (0,001 – 0,01 %) различного цвета, в данном случае присутствия белого порошка в черном при различном уровне блеска и разной структуре покрытия 1). В принципе, текстурированные порошковые покрытия очень чувствительны ко всем

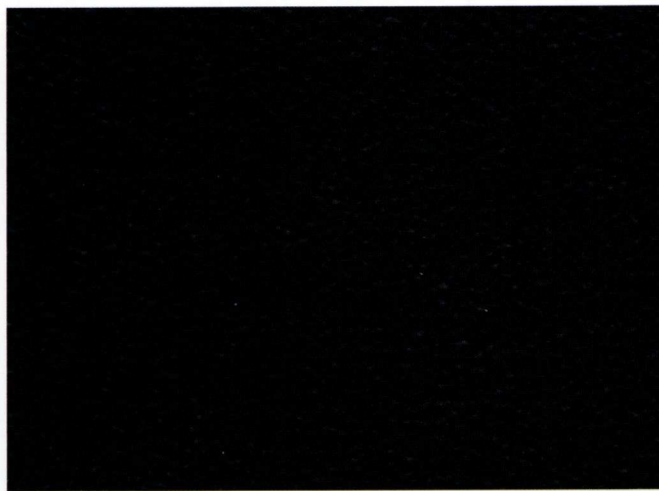
видам загрязнений. При намеренном манипулировании поверхностью, когда можно создать шероховатую структуру, инородные частицы были диспергированными, выглядели непропорционально большими и явно различимыми. Специфическое загрязнение порошковой краски черного цвета различной текстуры и уровня блеска показывает различный вид поверхности при самом незначительном загрязнении. Эти загрязнения становятся еще более очевидными у грубоструктурных глянцевых и в меньшей мере у мелкоструктурных матовых порошковых покрытий.

<sup>1)</sup> Образцы покрытий были любезно предоставлены г-ном Ньюбайером из компании Frei-Lacke, Bräunlingen.

*Пример 1: порошковое покрытие, черное матовое, грубой текстуры*



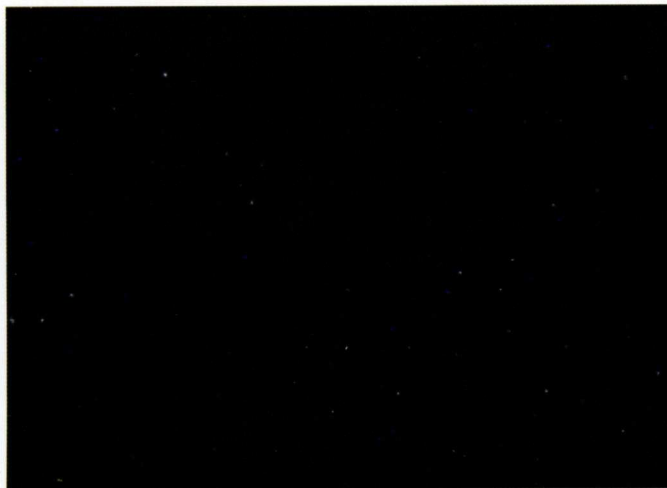
Загрязнено порошковой краской белого цвета для гладких покрытий, содержание 10000 : 1, что значит 0,01 % или 1 г белой краски на 10 кг черной.



Загрязнено порошковой краской белого цвета для гладких покрытий, содержание 100000 : 1, что значит 0,001 % или 1 г белой краски на 100 кг черной.



*Пример 2: порошковое покрытие,  
черное полуглянцевое, грубой текстуры*



*Загрязнено порошковой краской белого цвета для гладких покрытий, содержание 10000 : 1, что значит 0,01 % или 1 г белой краски на 10 кг черной.*



*Загрязнено порошковой краской белого цвета для гладких покрытий, содержание 100000 : 1, что значит 0,001 % или 1 г белой краски на 100 кг черной.*

*Пример 3: порошковое покрытие,  
черное полуматовое, гладкое*



*Загрязнено порошковой краской белого цвета для гладких покрытий, содержание 10000 : 1, что значит 0,01 % или 1 г белой краски на 10 кг черной.*



*Загрязнено порошковой краской белого цвета для гладких покрытий, содержание 100000 : 1, что значит 0,001 % или 1 г белой краски на 100 кг черной.*

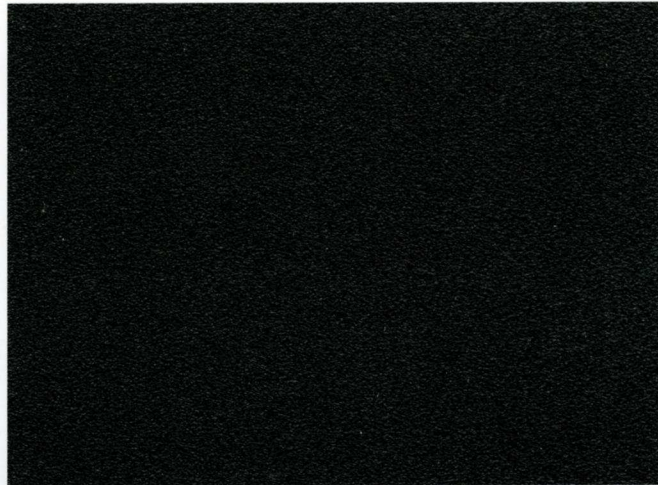


#### Пример 4: порошковое покрытие, черное матовое, тонкой текстуры

В сравнении с предыдущими примерами здесь показано, что все эти виды загрязнений менее заметны на матовом тонкотекстурованном порошковом покрытии, чем на покрытии грубой текстуры. На фотографиях ниже частицы белой порошковой краски не видны.



Загрязнено порошковой краской белого цвета для гладких покрытий, содержание 10000 : 1, что значит 0,01 % или 1 г белой краски на 10 кг черной.



Загрязнено порошковой краской белого цвета для гладких покрытий, содержание 100000 : 1, что значит 0,001 % или 1 г белой краски на 100 кг черной.

## Коррозия

### Проявление точечной коррозии на поверхности покрытия

Протекание коррозии на окрашенной поверхности: Разлетающиеся искры и промышленная пыль (легко удаляемая свободная ржавчина) приводят к точечной коррозии окрашенной поверхности металла. Частицы железа, которые главным образом присутствуют на горизонтальных поверхностях, при повышенной влажности окисляются и оседают на поверхности покрытия. Или раскаленные частицы металла, появляющиеся в процессе его механической обработки, отбрасываются на поверхность покрытия и впаиваются в него.

### Причины:

- Промышленная пыль: выпадение из дымоходных труб литейных или металлообрабатывающих предприятий, изнашивание рельсов, дробь для очистки.
- Разлетающиеся искры: отжигаются от контактов конвейерных рельсов вертикальной подвески, разлетающиеся искры от зачистки углов, сварки или шлифования. Горячие, частично раскаленные частицы «вгорают» в поверхность покрытия.

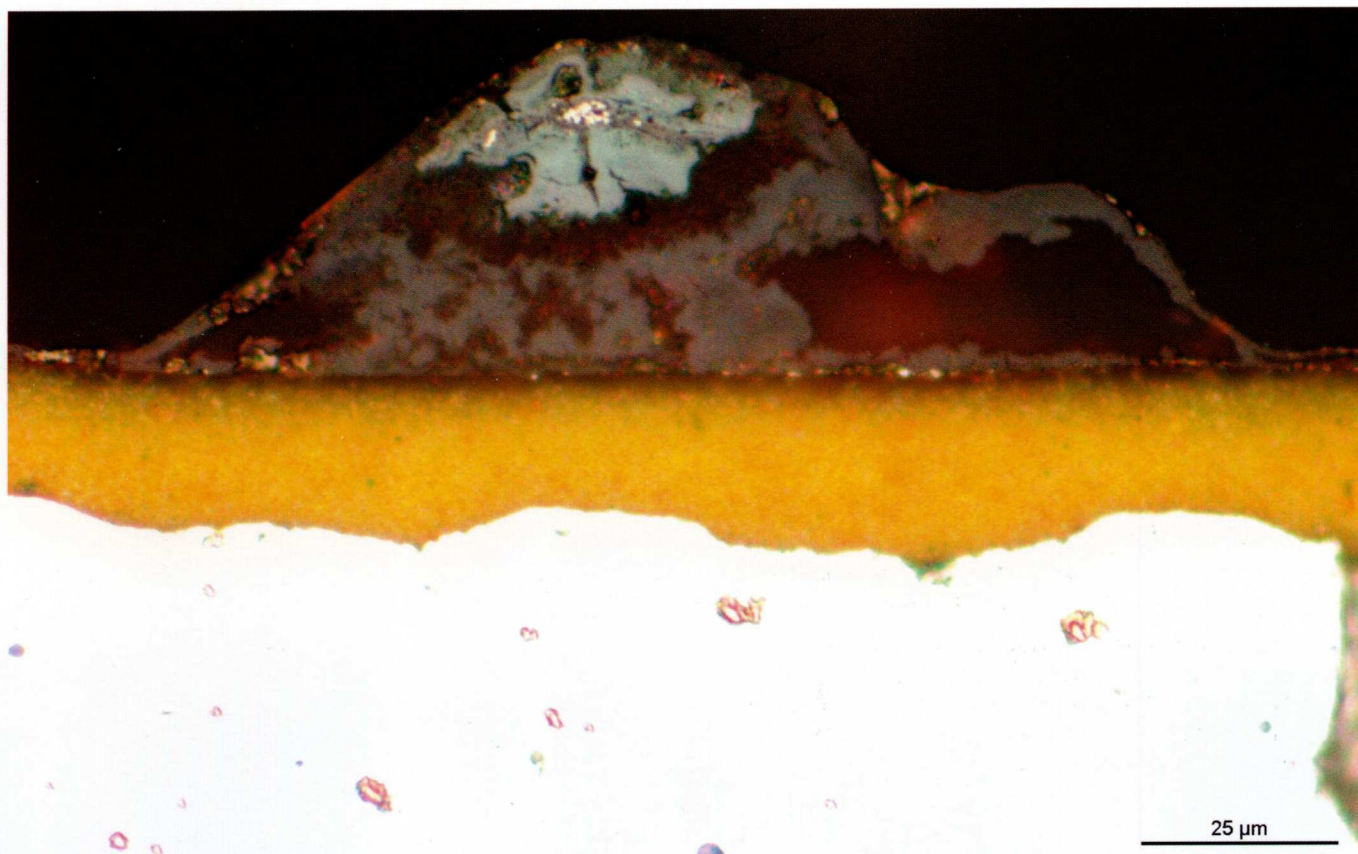
### Предотвращение:

Немедленное устранение частиц металла и регулярный уход за процессом окрашивания способствует предотвращению коррозии. В процессе сварки и шлифования углов обратную сторону покрытий следует закрывать.

### Исправление:

Использовать промышленно доступные удалители металлической пыли и может быть повторно отполировать поверхность. Если металлические частицы залегают глубже, то дефект можно устранить шлифованием наждачной бумагой с последующей повторной полировкой.





Частица металла, вдавленная в лакокрасочное покрытие

## Коррозия субстрата под воздействием внешних факторов

### Подпленочная коррозия

Коррозию металла под пленкой покрытия называют подпленочной коррозией. Размер и частота коррозионных участков описываются в стандарте по коррозии ISO 4628-3 путем их сравнения с разными приводящимися здесь базовыми фотографиями. Если подпленочная коррозия начинается на участках дефектов и краев в виде более или менее равномерного проникновения коррозионной среды через пленку, то всегда измеряется ширина этого участка.

### Причины подпленочной коррозии:

- Дефекты в пленке покрытия, такие как поры, повреждения, острые края, и т.д.
- Наличие коррозионной иницирующей среды или окружающих условий (например, промышленная атмосфера, участки береговых линий, чистящие средства, и т.д.)
- Недостаточная защита от коррозии (предварительная подготовка, состав лакокрасочной пленки) для данного применения или местоположения.

### Предотвращение:

Необходимые предварительная подготовка поверхности и система лакокрасочного покрытия должны быть специально подобраны для конкретного применения и коррозионной защиты.

### Исправление:

Участки, подвергнувшиеся коррозии, необходимо тщательно зачистить, так чтобы на поверхности больше не было заметно никаких продуктов коррозии. Далее участки повторно очищаются и перекрашиваются подходящим материалом (с нанесением грунтовки и последующего конечного покрытия).



*Пример окрашенной трубки кресла-шезлонга в помещении закрытого бассейна*



*Истирание пленки покрытия на участке колена трубы*



*Очень сильная разъедающая коррозия на участке колена трубы. Элементы, инициирующие процесс коррозии: соли, сильные чистящие средства (кислотные), постоянная влажность.*

## Коррозия субстрата под воздействием внешних факторов

### *Нитевидная коррозия*

Нитевидная коррозия уже была описана в 1944 году Шарманном как рост капиллярной коррозии. Он охарактеризовал ее как коррозию под «пленкой» и ее появление было позже обнаружено на других материалах, таких как алюминий и магний.

### *Причины нитевидной коррозии:*

Для развития процесса нитевидной коррозии должны быть выполнены определенные условия:

- В пленке покрытия должны иметься дефекты, такие как царапины, кратеры, поры, микро-трещины, щели, слишком тонко окрашенные края, включения кристаллов солей или частиц пыли.
- Необходимо наличие специфических инициирующих солей, т.н. инициаторов. Такими инициирующими солями в основном являются хлориды, но также могут быть сульфаты и нитраты.
- Процесс формирования и развития нитевидной коррозии происходит только при наличии повышенной влажности.

Под пленкой образуется активная коррозионная ячейка, которая передвигается с низкой скоростью и оставляет за собой след продуктов коррозии. Эта коррозия проявляется не в виде образования обычных просачиваний коррозионной среды под пленку и появления пузырей, а в виде тонких, строго очерченных нитевидных образований.

### *Образование и протекание процесса коррозии:*

Процесс коррозии инициируется солями-инициаторами, главным образом, хлоридами. Распространение коррозии берет начало с дефектных участков покрытия, таких как поры, сколы покрытия, краевые участки, где покрытие тонкое. Соли-инициаторы фиксируются на этих слабых участках. При определенной влажности соль абсорбирует воду до достижения предела расплывания и образуются высококонцентрированные электролиты капелевидной формы. Благодаря кислороду воздуха на этом участке развивается коррозионная ячейка. Верхняя граница кислорода (поврежденный участок) образует катод, в то время как нижняя граница, «вершина нити», образует анод. На анодном участке алюминий, например, растворяется, а на катодном – кислород восстанавливается путем образования продуктов коррозии алюминия. Вершина нити мигрирует от поврежденного участка вглубь покрытия. Разница концентраций кислорода между анодом и катодом является движущей силой протекания процесса коррозии – роста нити.



### *Внешний вид нитевидной коррозии:*

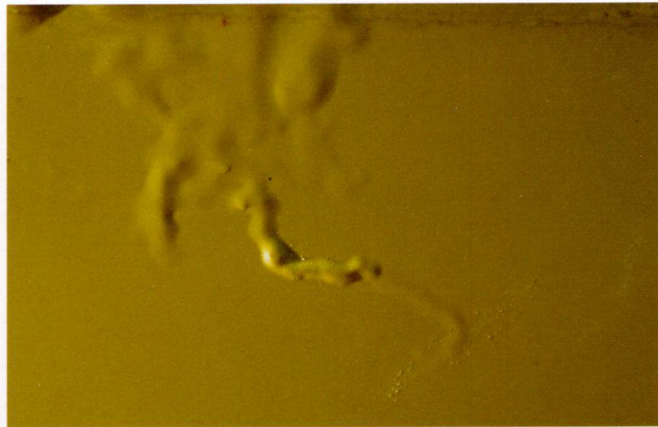
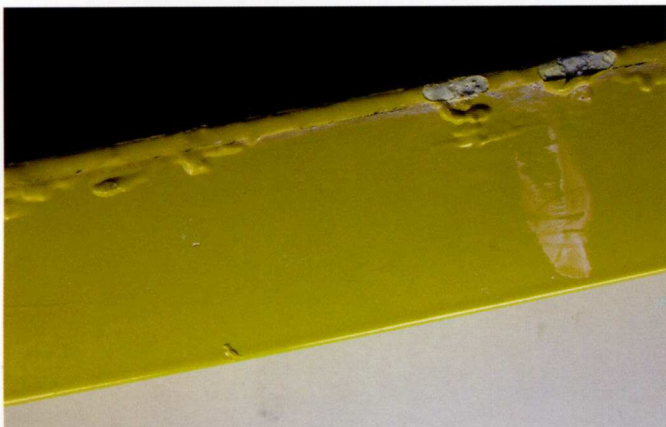
Нитевидная коррозия проявляется в виде капиллярных или нитевидных просачиваний различной толщины. Начиная от поврежденного участка между поверхностью металла и пленкой покрытия они расширяются в виде прямых или извилистых линий и вызывают приподняtie пленки от субстрата. Иницирует это активная коррозионная ячейка в вершине нити, где и происходит действительный процесс коррозии. Остальная часть нити неактивна и заполнена сухими, стабильными продуктами коррозии. Нити могут достигать высокой длины, но по ширине они только относительно узкие.

### *Исправление:*

Если объект подвергается нитевидной коррозии, то обычно единственным способом устранить дефект является полное удаление покрытия и повторное окрашивание. В том случае, если поврежденное изделие изъять невозможно или затраты на его производство слишком велики, изделие следует ремонтировать прямо по месту. Исходя из этого, данный участок необходимо зашпаклевать до самого субстрата и очистить от шлифовочной пыли и прочих загрязнений. Чтобы достичь постоянной защиты от коррозии металлическую поверхность алюминиевых изделий следует готовить щеточным анодированием. При этом формируется слой оксидной пленки толщиной от 3 до 8 мкм, который будет постоянно защищать изделие от коррозии. После всего участок необходимо промыть достаточным количеством воды, высушить и перекрасить подходящей жидкой краской.



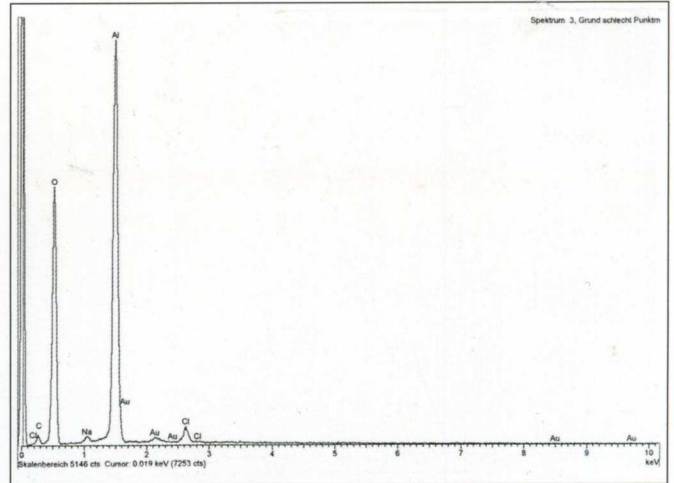
*Пример нитевидной коррозии на угловом стыке оконной рамы. На рисунке внизу показан сегмент стеклянной плаки из крытого купального бассейна. Коррозия начинается на краях. Образец представляет собой сплав  $AlMgSiO_0,5$ , хромированный и покрытый полиэфирной порошковой краской с толщиной пленки на этих участках примерно 60-80 мкм. Солесодержащая влажная атмосфера (пары  $Cl^-$ ) и повышенная температура внутри помещения бассейна выполняют роль инициатора коррозии и способствуют ее дальнейшему протеканию.*







Фотография поверхности алюминия на участке нитевидной коррозии после приподнятия пленки покрытия, выполненная через электронный сканирующий микроскоп.



EDX-анализ продуктов коррозии. Обычно на поверхности можно найти следующие элементы: Al, O – в виде продуктов коррозии субстрата; Cl, (Na) в виде высвобождающихся при коррозии веществ (в случае NaCl).

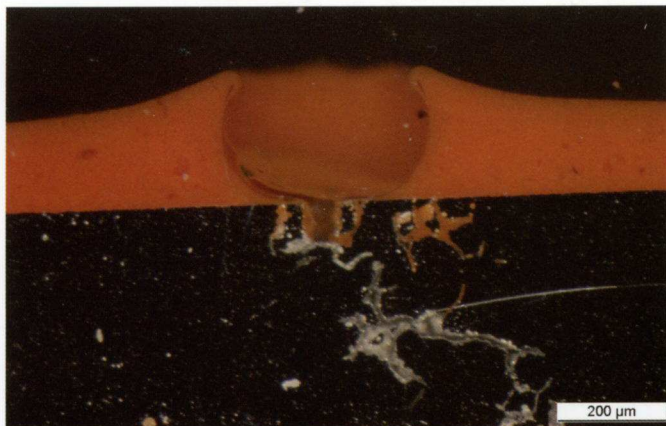
### Коррозия субстрата засчет «внутренних» факторов

Коррозия, активированная предварительной коррозией субстрата

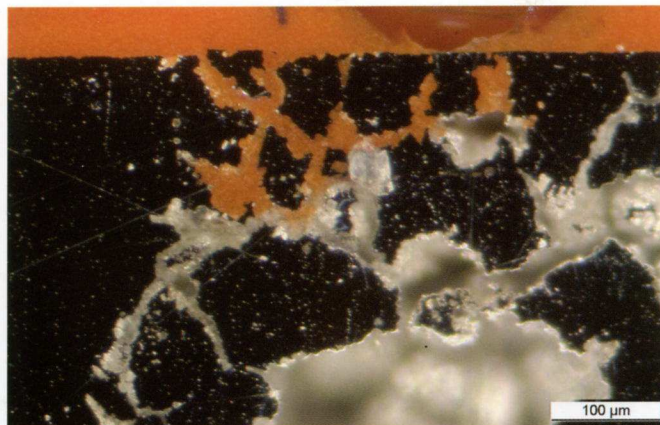


Очевидно различные дефекты (кратеры) на пленке покрытия после завершения отверждения.

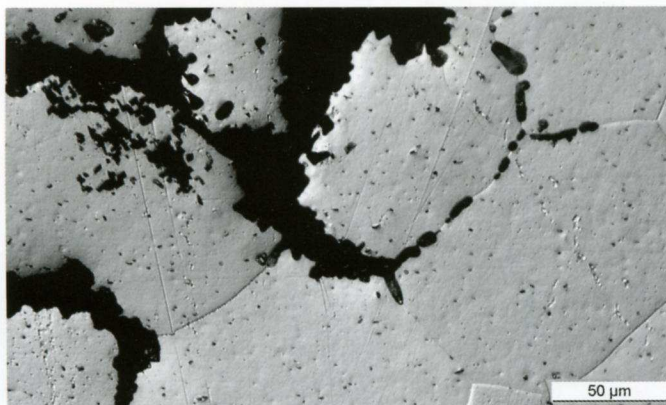




Поперечное сечение дефектного участка. Размер коррозии становится очевидным.

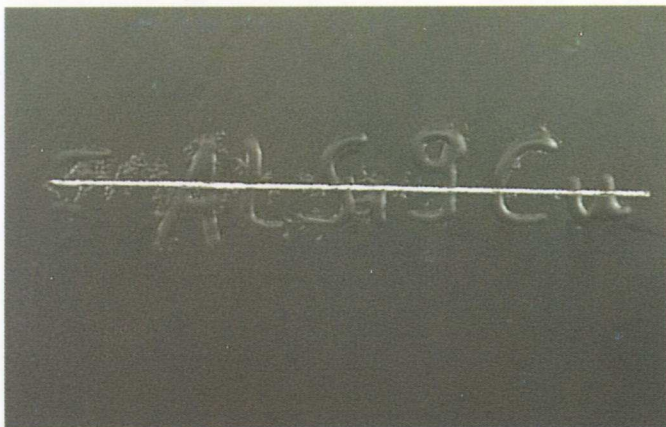


Поверхность дефектного участка после отслаивания от него пленки. Наступление коррозии вдоль границы зерна становится очевидным.



### Коррозия субстрата за счет «внутренних» факторов

Коррозия, вызванная надписями, например отметками маркера



Отметка, сделанная водоустойчивым маркером на поверхности литого металлического материала перед окрашиванием, проявляется после выполнения коррозионного теста в виде коррозии или просачивания под пленку покрытия.



## Потеря цвета – изменения цвета

### Образование пятен под воздействием внешних факторов

Это означает вытравливание или обесцвечивание лакокрасочного покрытия, вызванное различными факторами. Эти дефекты проявляются по-разному, в различных формах, цветах и размерах.

#### Причины:

- фабричный дым, например SO<sub>2</sub>; дефект проявляется обширно, либо в виде матовых пятен или как потеря глянца
- смола, деготь
- выделения насекомых
- птичий помет
- кислотные или щелочные реакционные вещества, например известковый раствор
- влага, поглощение лакокрасочной пленкой паров воды в закрытых упаковках с образованием конденсата; дефект проявляется в виде бледных пятен разных цветов и размеров

- диффузия пластификатора из упаковочной фольги; дефект проявляется в виде матирования лакокрасочной пленки
- растворитель.

#### Предотвращение:

Инородные вещества должны быть удалены с поверхности немедленно. Регулярный осмотр окрасочной поверхности. Для того, чтобы избежать появления матовых пятен, вызванных упаковкой, необходимо использовать подходящие для этого материалы. Упаковка должна обладать хорошей воздухопроницаемостью и не должна оставаться в контакте с окрашенной поверхностью слишком длительное время.

#### Исправление:

Способ исправления дефекта зависит от внешнего вида повреждения. Если дефект небольшой, то можно попробовать местное шлифование дефектного участка с последующей полировкой поверхности покрытия. Если дефект носит обширный характер, то всю поверхность нужно отшлифовать и затем повторно перекрасить. Образующиеся за счет водопоглощения пятна можно частично удалить, нагревая поверхность лакокрасочного покрытия до температуры выше 150 °C. Но это возможно только в случае изделий, которые термически стойки или не слишком большие по размеру для данной печи.

## Примеры потери цвета

### Известковая штукатурка или непригодные чистящие средства

Не подходящий для окрашенной поверхности растворитель или чистящие средства могут приводить к обесцвечиванию покрытия или матированию обрабатываемой поверхности. Растворители или содержащие их чистящие средства вызывают растворение пленки покрытия, что проявляется в изменении его блеска и цвета.

Очень высококислотные или щелочные вещества ведут к разрушению или травлению поверхности, что также проявляется как изменение цвета и блеска. Пигменты порошковых красок металлик, главным образом алюминиевые частицы, атакуются этими веществами, что приводит к их корродированию и потере ими бриллиантового блеска. Если порошковые краски металлик подвергаются воздействию кислотной среды (например, SO<sub>2</sub>-содержащей атмосферы) или известковой штукатурки (щелочная реакция), они могут полностью терять свой металлический эффект (см. также дефекты красок металлик).



Пример порошкового покрытия металлик; после 24-часового контакта с известковой штукатуркой. Изменение поверхности пигментов, дающих спецэффекты – коррозия алюминиевых частиц. Остатки известкового раствора.



### Влажность в упаковке

Если в закрытой упаковке начинает образовываться конденсат или упаковка повреждается и упаковочный материал (бумага, картон) увлажняются, то это, в зависимости от

окружающих условий, может привести к неравномерному поглощению пленкой покрытия водяных паров. Это проявляется в виде образования на поверхности бледных или белых пятен и отпечатков.



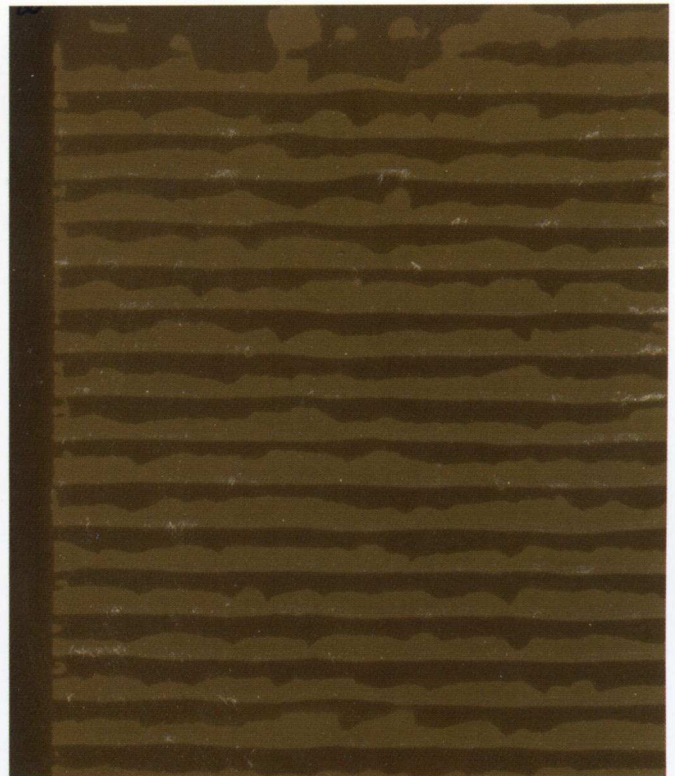
Полый профиль, обернутый в фольгу и хранимый в наружных условиях в течение длительного периода времени.



Пленка покрытия после штабелирования изделий без промежуточного слоя.



Поверхность покрытия после штабелирования изделий, при наличии в упаковке влаги, с изменяющейся температурой, без промежуточного слоя. Рисунок поверхности покрытия вызван различным контактом с упаковочной фольгой.

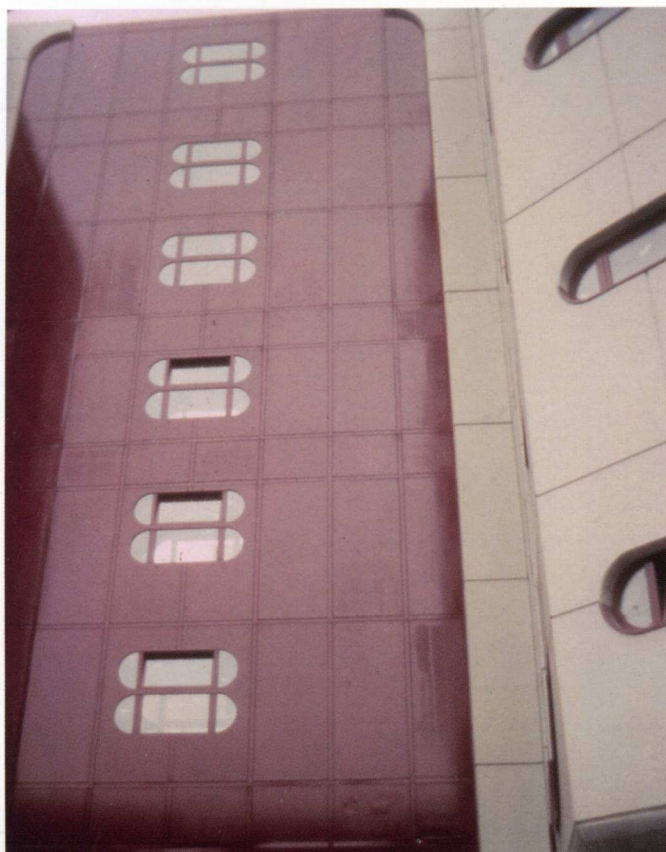


Поверхность покрытия после штабелирования изделий с гофрированным картоном в качестве промежуточного слоя. Кроме отпечатков от промежуточного слоя, в покрытие также впечатались отдельные волокна бумаги (отдельные белые участки).



### *Диффузия пластификатора из упаковочной фольги*

В зависимости от продолжительности хранения и изменений температуры, алюминиевая упаковка окрашенных изделий может начать выделять пластификатор. Это может проявиться в появлении на поверхности покрытия пятен, изменении цвета и блеска, например, появлении матовости. Следующий пример темно-красных фасадных металлических плит хорошо показывает эти изменения. С целью защиты окрашенной поверхности фольга была уплотнена. После короткого периода времени стальные листы были сформованы в так называемые сэндвич-панели. Панели были спрессованы без удаления фольги. Вплоть до завершения фасада фольга оставалась на панелях. После снятия фольги на поверхности частично образовались достаточно большие пятна с измененными блеском и цветом. Только путем полной очистки фасада можно было восстановить приемлемый и однородный внешний вид покрытия.



*Темно-красные сэндвич-панели с большими частичными изменениями внешнего вида: появление матовости.*





Изменения блеска и цвета пленки покрытия после удаления с изделия защитной фольги из ПВХ.

### Изменение цвета при атмосферном воздействии – меление

Под мелением подразумевается «высвобождение» пигментов, которое происходит из-за разрушения связующего на поверхности покрытия.

#### Причины:

- влияние атмосферных факторов, таких как агрессивная нагрузка окружающей среды с сульфидом серы и окисями азота в сочетании с влагой и УФ-излучением.
- Неподходящая для наружного применения система связующих.
- Недостаточная сшивка лакокрасочного слоя. Недоотверждение порошковой краски.
- Плохой уход за покрытием.

#### Предотвращение:

- Необходимо строго помнить и придерживаться условий отверждения, предписанных производителем порошковой краски.
- Для наружного применения использовать только подходящие системы, например полиэфирные, полиуретановые и акриловые системы.

#### Исправление:

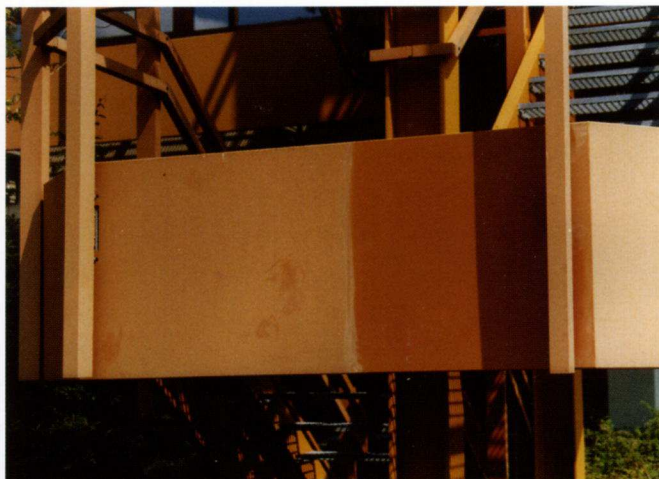
Повторное шлифование и консервация поверхности с помощью подходящих абразиво-активных чистящих средств, которые рекомендованы производителем. Если дефект исправить не удалось, то поврежденную поверхность необходимо отшлифовать и повторно перекрасить. Руководство "Gütegemeinschaft für die Reinigung von Metallfassaden, GRM" содержит подробности по проведению очистки окрашенных поверхностей.



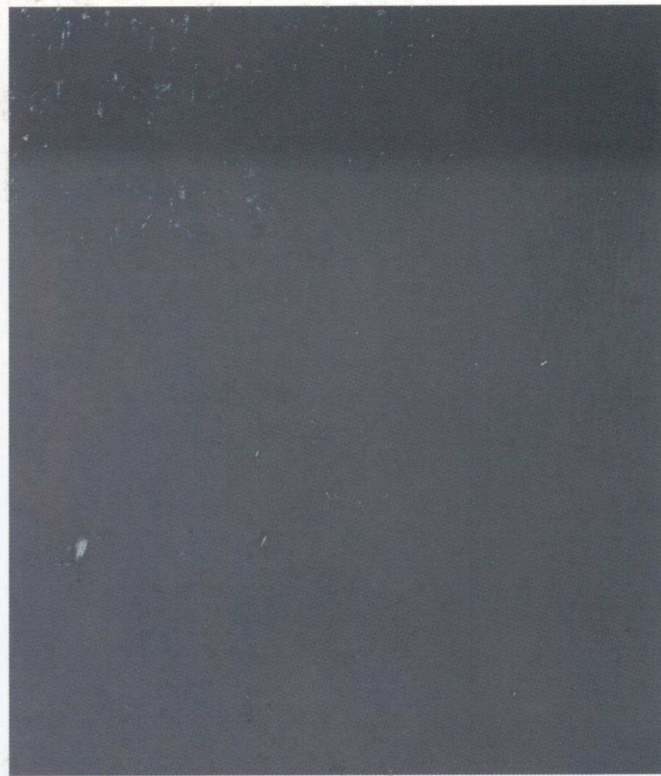
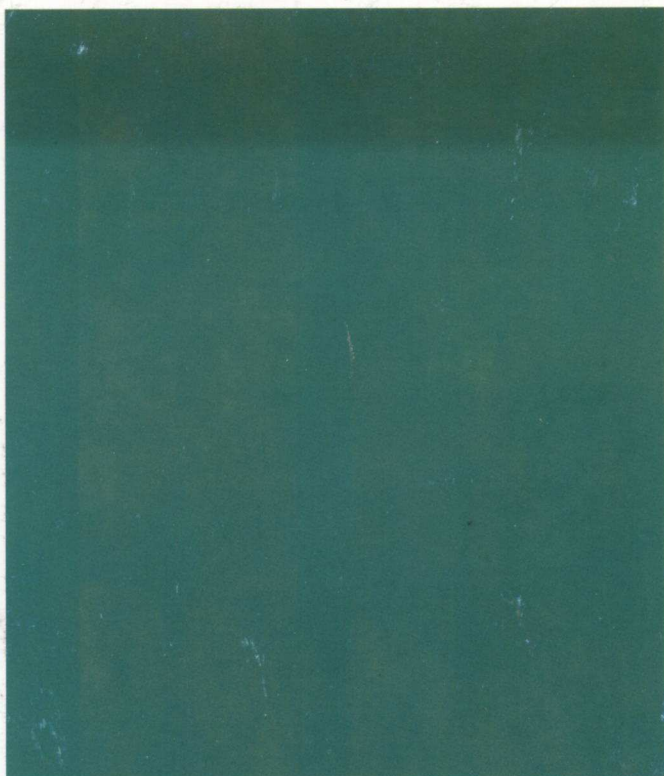
*Изменения цвета и меление под воздействием атмосферных факторов*



*Пример недоотвержденного покрытия. Спустя полгода на покрытии появляются очевидные различия в цвете, происходит его выгорание*



*Пример оставленной без ухода поверхности покрытия. Спустя 9 лет эксплуатации снаружи цвет выгорел, а поверхность стала шершавой и очень грязной. После абразивной очистки изначальный цвет и внешний вид покрытия были почти восстановлены.*



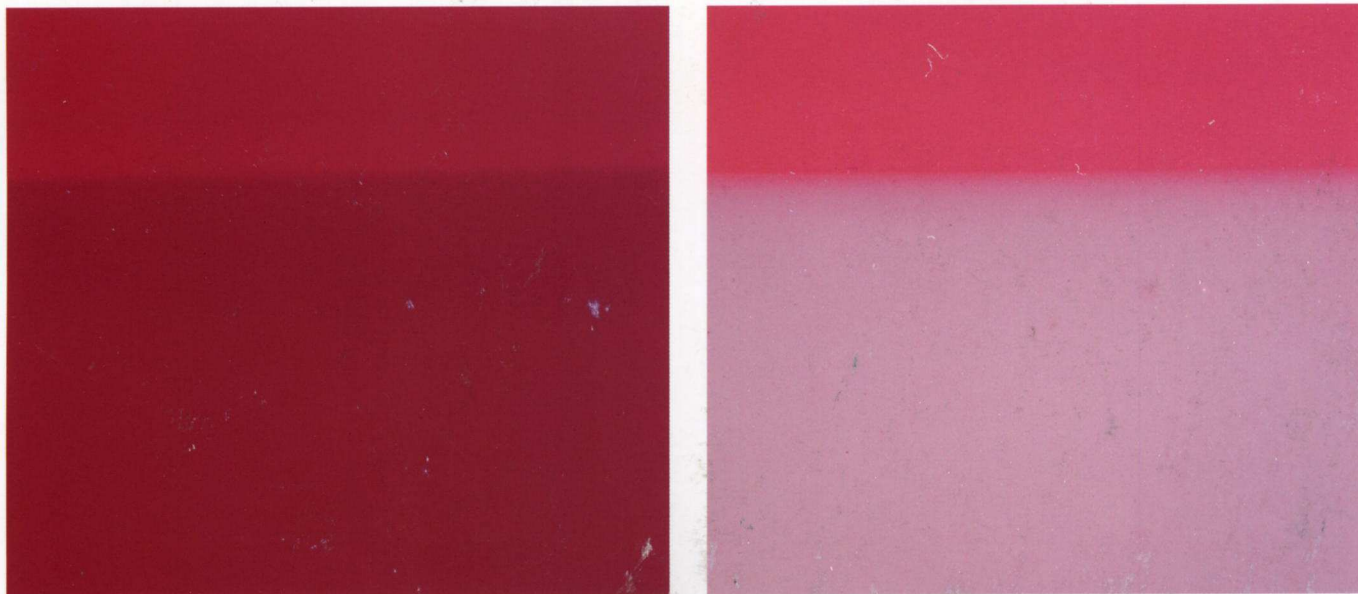
*Пример двух порошковых покрытий после 1 года выдержки в атмосферных условиях Флориды. Под углом 50 к югу, рядом с Эверглейдс. После выдерживания поверхности были очищены от свободных загрязнений поверхностно-активными веществами с водой и мягкой губкой. В верхней части каждого образца сохранен оригинальный цвет. Эти участки во время проведения атмосферных испытаний были укрыты.*



## Изменения цвета во время атмосферных воздействий

### Пример изменения цвета

Не стойкие к УФ-излучению пигменты или пигменты с различной атмосферостойкостью под воздействием солнечного света способны изменять свой цвет.



Пример покрытий, которые после 24 месяцев испытаний в условиях Флориды имеют очевидное изменение цвета. Изначально это был цвет RAL 3016 (сохранен в верхней части образцов).

## Пожелтение

Согласно стандарту DIN 6167:1980-01 пожелтение материала или пленки покрытия означает, что должно быть выявлено заметное "значение желтизны" и причиной тому радиация, температура, влага и/или химические реакции. Значение пожелтения может быть установлено для оценки и характеристики изменения цвета.

### Причины пожелтения:

- Отверждение светлых покрытий в печах с прямым газовым обогревом – реакция между покрытием и окисями азота продуктов сгорания.
- Слишком высокая температура или слишком длительное выдерживание изделий в печи.
- Недостаточно атмосферо- и термически стойкие системы.

### Предотвращение:

- Избегать печей с прямым газовым обогревом, применение для этих печей только специальных термически стабилизированных порошковых красок.

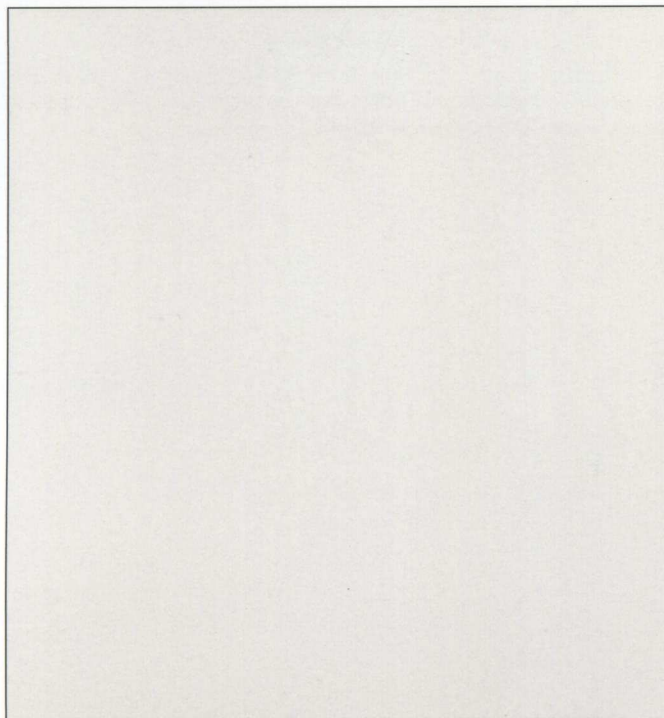
- Придерживаться температуры и времени отверждения, предписанных производителем краски.
- Не использовать для наружного применения эпоксидные или гибридные (эпокси-полиэфирные) системы, поскольку они не обладают необходимой атмосферостойкостью.

### Исправление:

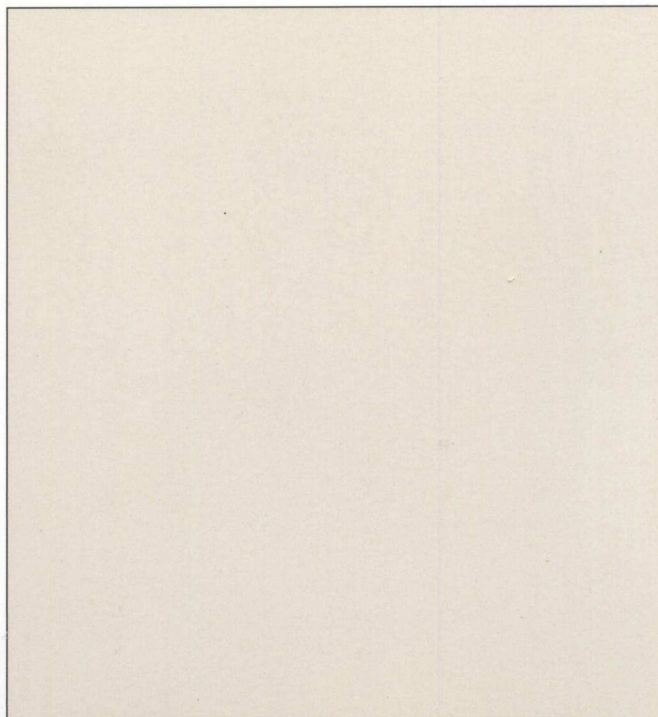
Большинство из поврежденных изделий должны быть полностью переработаны. Это подразумевает удаление покрытия и перекрашивание или легкое шлифование поверхности и перекрашивание подходящим материалом.



### Примеры пожелтения, вызванного высокой температурой



Эпокси-полиэфирная система (50:50),  
температура отверждения  $T = 160$  °C,  
время выдержки  $t = 30$  мин.



Поверхность покрытия после отверждения в конвекционной  
печи при 200 °C, с продолжительностью  
выдержки  $t = 30$  мин.

## Плохая укрывистость

### Отклонения цвета – просвечивание субстрата

Просвечивание субстрата является следствием плохой укрывистости краски. В случае порошковых красок этому может быть, главным образом, две причины.

#### Причины:

- плохая укрывистость данного цвета, например покрытия, не содержащие пигментов тяжелых металлов, особенно для желтых и красных тонов
- большие различия по толщине покрытия или слишком малая толщина
- (цвет поверхности субстрата резко контрастный, например, белый и черный).

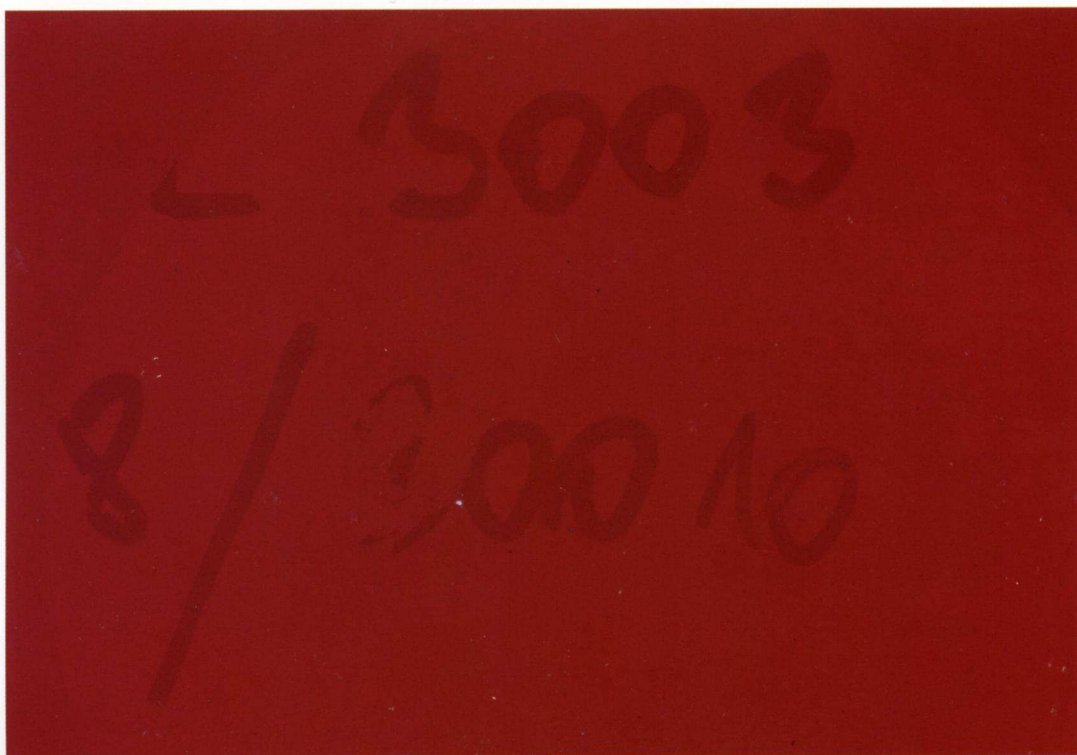
#### Предотвращение:

Нанесение покрытия достаточной толщины, в соответствии с руководством от производителя. Предварительное выполнение тестов по выявлению различия в цвете покрытий, нанесенных на черное и белое поле, или предварительное тестирование покрытий разной толщины с целью выявления необходимой нужной толщины.

#### Исправление:

Слой покрытия необходимо немного загрунтовать и повторно перекрасить с достаточной и однородной толщиной покрытия.





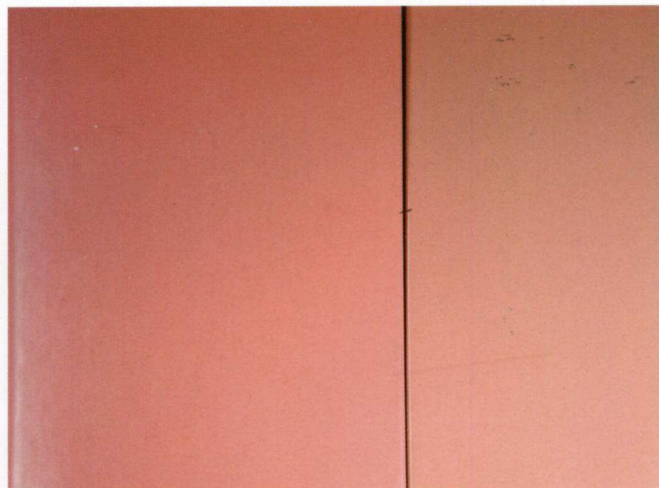
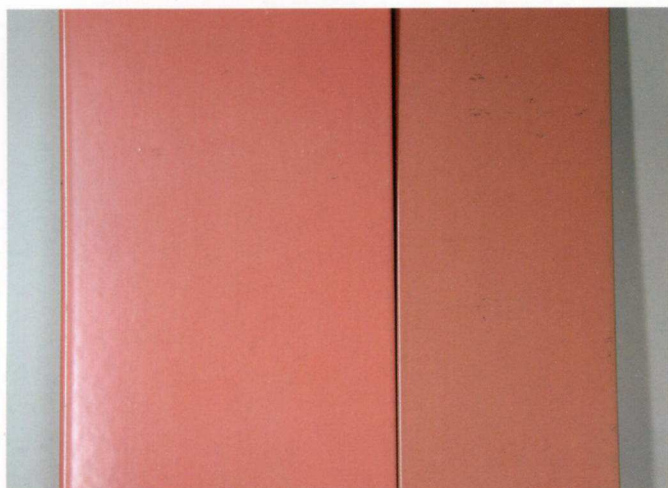
Пример недостаточной укрывистости покрытия. Толщина слоя покрытия = 80 мкм.

**Пример различий цвета, вызванных слишком большой разницей в толщине покрытия**

Порошковое полиэфирное фасадное покрытие цвета Рапелор 1635С, оранжево-розовый, уже спустя 6 месяцев имеет очевидные различия в цвете.

Ощутимая разница в толщине была обнаружена при ее измерении. На более широком профиле слева толщина составила от 110 до 130 мкм; на более узком справа – от 60 до 70 мкм. Разница в 50 мкм отражается на измене-

нии цвета. Профиль с более толстым покрытием имеет большую интенсивность и яркость цвета, в то время как цвет на узком профиле выглядит бледнее. Вдобавок при коротком испытании атмосферостойчивости и стойкости к УФ-излучению - тесте (ISO 11341, DIN EN ISO 105-BO2) можно обнаружить, что используемую пигментацию нельзя классифицировать как УФ-устойчивую, и что после короткого периода во время быстрого атмосферного испытания имело место видимое изменение цвета.





## Различия блеска

### Причины различия блеска покрытий:

- помутнение – эффект «блуминга»
- помутнение покрытия из-за флотирования восков при пониженных температурах отверждения
- недостаточная зашивка покрытия
- эффект апельсиновой корки
- несовместимость с другими порошковыми красками
- недостаточная растекаемость порошковой краски (слишком длительное хранение или в теплых условиях)
- различия в толщине покрытия.

### Помутнение – эффект «блуминга»

При определенных условиях некоторые комбинации смол, которые также находят применение в порошковых красках, дают на поверхности покрытия некоторого рода помутнение, которое получило название эффекта «блуминга». Этот эффект имеет место, если отверждаемый компонент порошка, чья комбинация со смолой приводит к «блумингу», дополнительно «закаливается» в течение достаточно длительного времени выше температуры стеклования после отверждения и сшивки. Этот эффект проявляется как белесое помутнение или патина (налет). Помутнение происходит также в случае, если отдельные порошковые

краски отверждаются при минимальных температуре и времени, предписанных производителем краски.

### Причины / требования:

- сама порошковая краска приводит к образованию помутнения
- непригодные смолы в составе краски
- толсто- и тонкостенные изделия, выдерживаемые при одной и той же температуре → на более толстых стенках покрытие отверждается при более низкой температуре
- медленное охлаждение компонентов
- длительное выдерживание изделий в печи, например, пребывание в печи после ее отключения.

### Предотвращение:

- придерживаться режима отверждения, предписанного производителем краски
- не оставлять отвержденные покрытия на длительное время при температуре выше температуры стеклования
- использовать те порошковые краски, которые не дают эффект «блуминга».

### Ремонт:

Путем очистки поверхности покрытия помутнение можно легко удалить.



Пример образования помутнения на порошковом покрытии. Для отверждения были выбраны самые низкие время и температура отверждения, предписанные производителем краски. На обоих покрытиях имеется белое помутнение, которое с нижних левых частей образцов было удалено ветошью.



## Апельсиновая корка – недостаточная растекаемость

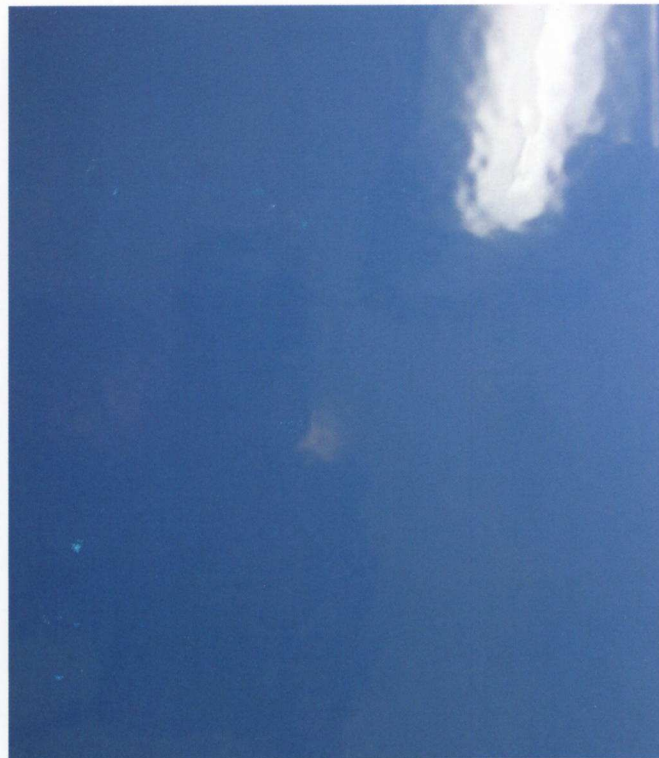
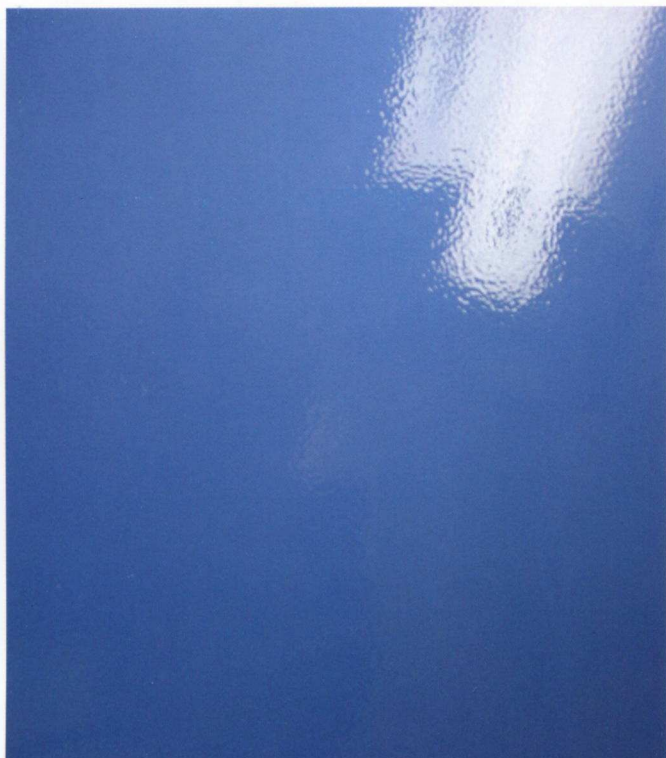
Растекаемость пленки покрытия (выравнивание) является важным оценочным критерием. В зависимости от растекаемости, условий отверждения, толщины покрытия и способа его нанесения, поверхность порошкового покрытия обладает определенной текстурой. Очень отчетливая и тонкая текстура проявляется как матирование покрытия. Грубая текстура называется эффетом апельсиновой корки, поскольку поверхность отвержденного покрытия напоминает поверхность апельсина.

### Причины:

- слишком низкая или слишком высокая толщина пленки
- электростатические эффекты:
  - обратная ионизация / эффект обратного искрения
  - незаряженный порошок

### Предотвращение:

- нанесение покрытия рекомендованной толщины. Обычно в пределах 50-100 мкм.
- Проверка настроек высоковольтного оборудования пистолета и заземления окрашиваемого объекта.
- Проверка скорости потока воздуха в распылительной камере с целью избежания сдутия порошка.
- Эффекты обратной ионизации или обратного искрения вызываются слишком высоким или слишком низким напряжением; наблюдать за настройками! Придерживаться нормального расстояния между пистолетом и изделием и избегать слишком низкой влажности в камере нанесения и плохого заземления.



Поверхность покрытия с эффектом апельсиновой корки. Слева – пример слишком низкой толщины (менее 50 мкм), а справа – слишком высокой (более 150 мкм).



## Обратная ионизация – или эффект обратного искрения

Эффекты обратного искрения в уже отвержденном покрытии выглядят как участки с нарушенным смачиванием и плохим растеканием покрытия. Их можно распознать по участкам, на которых нет покрытия, таким как углы, края, полости и впадины, или по дефектам, и проявляются они как проколы или апельсиновая корка.

### Причины:

- слишком высокие настройки напряжения
- неподходящее расстояние между пистолетом и окрашиваемой деталью. Обычно пистолет располагается слишком близко к объекту.
- плохое заземление
- слишком низкая влажность в камере нанесения
- слишком высокая толщина покрытия

- влажная поверхность
- на поверхности присутствуют слои пассивирующих покрытий или остатков окислов.

### Предотвращение:

- оптимизация и настройка параметров (высокое напряжение, расстояние пистолет – объект) для отдельных орашиваемых деталей
- проверка заземления для оптимального стекания заряда. Регулярная очистка подвесок.
- придерживаться требуемой толщины покрытия; избегать слишком толстых пленок.

### Исправление:

В зависимости от размера и геометрических особенностей дефектов, покрытие необходимо удалить и объект перекрасить. Частичный ремонт не рекомендуется, поскольку это обычно слишком затруднено и нет возможности получения однородного покрытия.

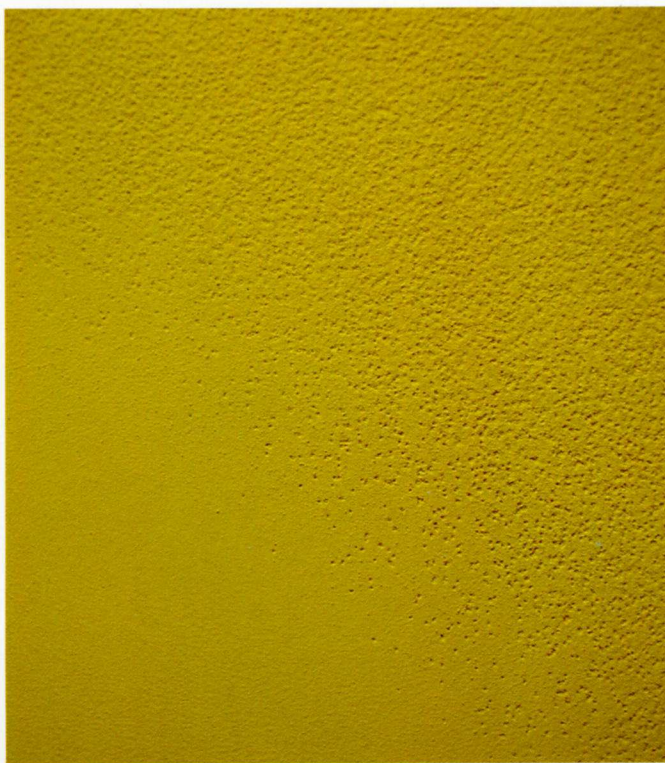


Пример эффекта обратной ионизации, который проявляется в образовании проколов (в основании фигуры) и эффекте «стягивания».

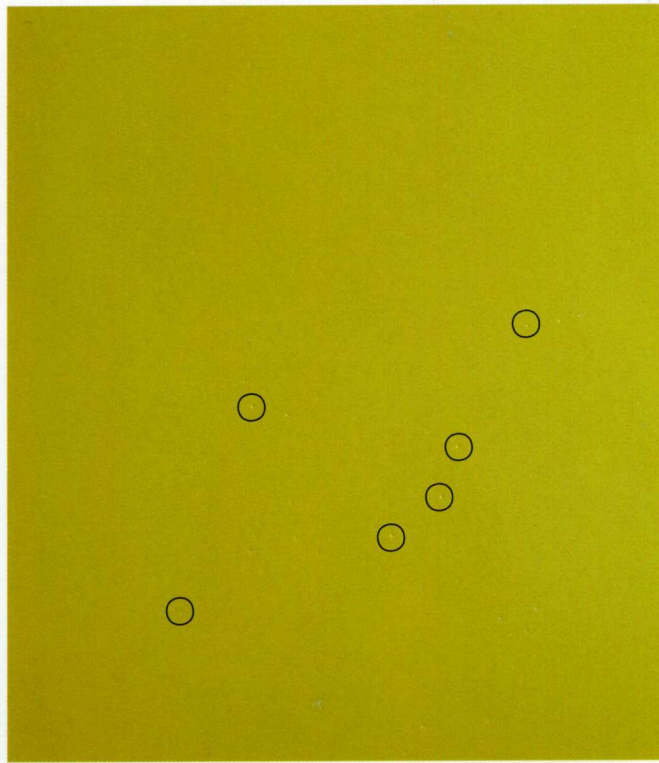


Пример «стягивания» покрытия на алюминиевом профиле.





*Так выглядит поверхность после «отстреливания» отдельных частиц, что вызвано слишком высокой толщиной наносимого слоя и слишком коротким расстоянием между пистолетом и деталью.*



*После отверждения появляются апельсиновая корка (из-за недостаточной растекаемости) и/или проколы, в зависимости от способности краски к растеканию и условий отверждения (температура, динамика повышения температуры).*

## Потеря адгезии

Потеря адгезии проявляется двумя путями. Это зависит от того, касается ли нарушение адгезии всего слоя лакокрасочного покрытия до самого субстрата, или же имеет место нарушение межслойной адгезии между различными единичными слоями.

### Причины:

- На поверхности перед окрашиванием остались препятствующие адгезии вещества, такие как силикон, масло, жиры, воск, различные загрязнения, ржавчина, шлифовочная пыль, пассивирующие слои или оксидные пленки.
- Неподходящая или недостаточная травящая грунтовка или подготовка поверхности (конверсионный слой).
- Недостаточная или дефектная подготовка поверхности субстрата
  - недостаточная очистка.
- Появление дефектов в процессе отверждения покрытия.

### Предотвращение:

Для того, чтобы избежать потери адгезии, различные материалы необходимо тщательно очищать. Очень важно после подготовки поверхности промывать объекты, а последнюю промывку следует выполнять деионизированной водой. Хорошего качества промывки можно достигнуть, если проводимость водопроводной воды будет составлять не более 30 мкС. Использование веществ для нанесения конверсионных слоев, травящих грунтовок, качество промывки конечно зависят от требований, предъявляемых к окрашиваемой детали.

### Исправление:

Все слои с нарушенной адгезией необходимо удалить. Необходимо тщательное шлифование и очистка поверхности субстрата. Затем следует нанести повторное покрытие с применением подходящих промежуточных и отделочных материалов.



## Примеры потери адгезии

### Недостаточная подготовка поверхности субстрата



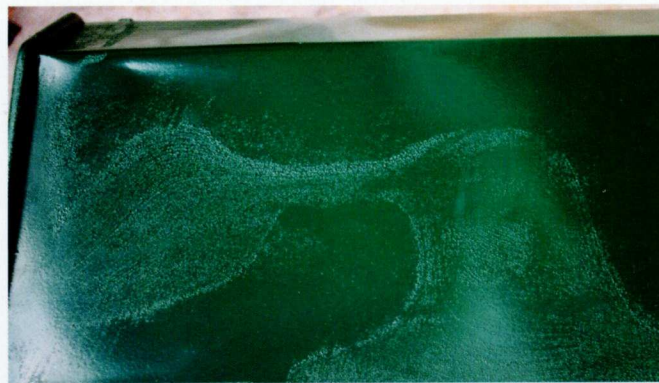
Обод колеса велосипеда из алюминиевого профиля с матовым порошковым покрытием, бесхроматная подготовка поверхности перед окрашиванием (на основе циркония). Исследование дефектов, субстрата и обратной стороны пленки покрытия показало недостаток адгезии к субстрату самого конверсионного слоя. На субстрате смогли остаться только незначительные следы конверсионного покрытия; зато с обратной стороны пленки было обнаружено почти все конверсионное покрытие. Проблемой была недостаточная очистка Al-профилей и нанесение слишком толстого конверсионного слоя.



После короткого периода времени на алюминиевых листах, укрывающих крышу, начинается отслаивание покрытия. Необходимый для хорошей атмосферостойкости промежуточный конверсионный слой отсутствовал, а очистка поверхности была недостаточной.

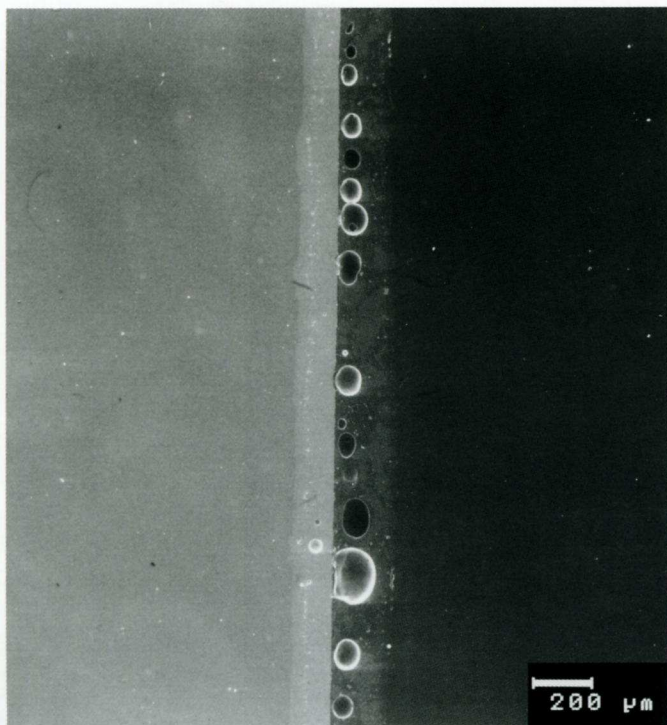
### Окрашивание поверх «белой ржавчины» ' оцинкованной стали

К поверхностям оцинкованных сталей требуется особенно хорошая адгезия, особенно при наружной эксплуатации изделий требуется достаточная очистка и нанесение конверсионных слоев, улучшающих адгезию и защищающих от коррозии.

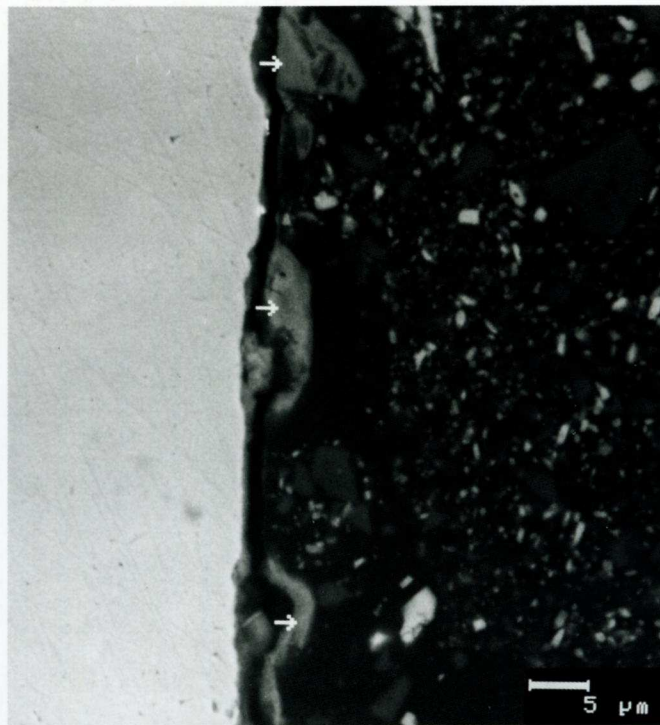


Окрашивание порошковой краской контейнера для отходов, изготовленного из горячеоцинкованной стали. Поверхность не была достаточно очищена и на поверхности обнаружена так называемая белая ржавчина. На покрытии видны достаточно большие участки с дефектами (кратерами) и низкой адгезией после хранения изделия во влажных условиях и выдержки снаружи.



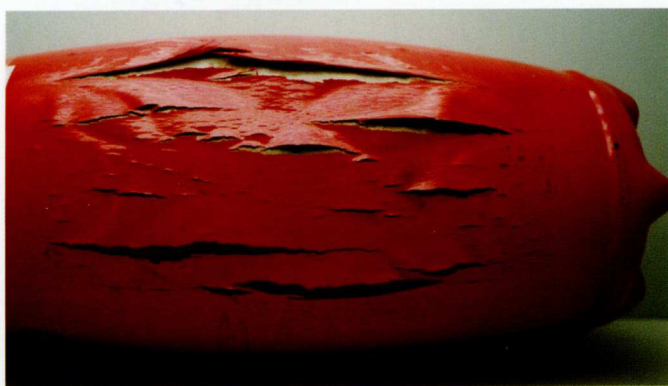


Фотография поперечного разреза участка с образовавшимися вздутиями, выполненная через электронный микроскоп

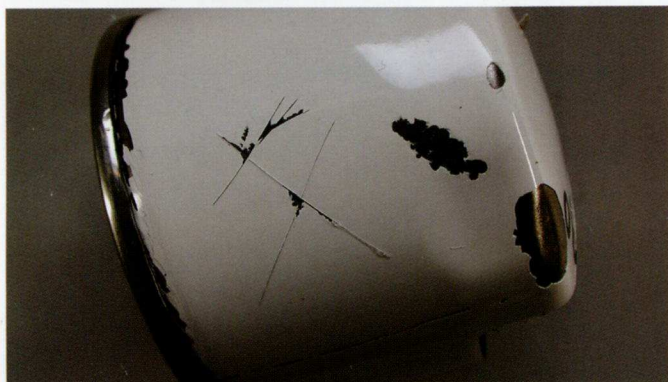


Фотография участка с дефектом, выполненная через электронный микроскоп и сильно увеличенная. Стрелочками показаны участки с белой ржавчиной на поверхности. Очевидно, что смачивание поверхности пленкой покрытия на этих участках недостаточно, что приводит к появлению трещин или свободных неадгезированных пленок.

### Остатки от механической и химической подготовки поверхности

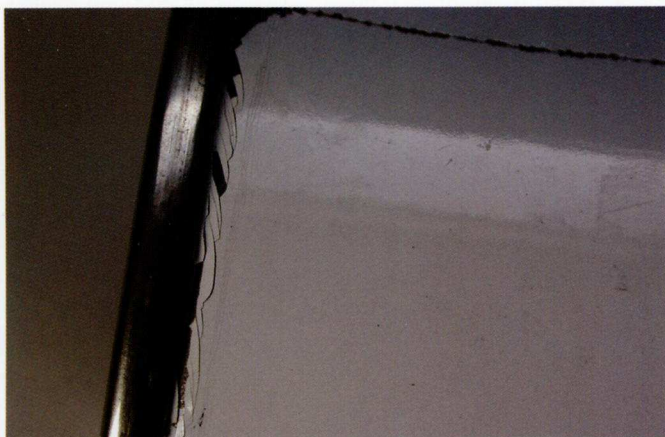


Окрашенный порошковой краской контейнер пожарного огнетушителя. Во время теста на сжатие покрытие частично «оторвалось» от поверхности. В качестве предварительной подготовки поверхности следует использовать фосфатирование. Изучение дефектов участков с относительно хорошей адгезией показывает, что конверсионный фосфатный слой сформировался на поверхности неравномерно и на ней остались остатки от подготовки поверхности.

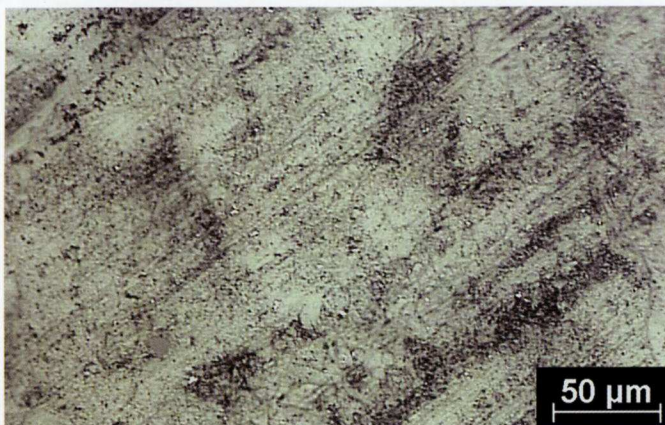


Алюминиевый сплав с порошковым покрытием радиационного отверждения. После механической нагрузки на покрытии появились трещины. Изучение поверхности субстрата и обратной стороны отслоившейся пленки показало наличие остатков, в основном солей Fe, от подготовки поверхности, которые не могли быть полностью удалены.





*Нарушение адгезии покрытия на участках, где прилагалась механическая нагрузка.*



*Обратная сторона отслоенной чешуйки покрытия. На обратной стороне покрытия можно отчетливо увидеть включения металлической пыли (серые пятна).*

## Краевые эффекты

На краях изделия обычно формируется слой покрытия с меньшей, чем на плоской поверхности, толщиной. Поверхностное натяжение вызывает минимизацию поверхности и округление краев. Во время и по окончании плавления порошковой краски жидкий материал переносится, в зависимости от вязкости расплава, от краев субстрата немного в сторону. Поэтому толщина покрытия в стороне от краев всегда выше.

### Причины:

- низкая вязкость расплава краски
- очень большая толщина пленки
- чрезвычайно маленький радиус закругления краев
- неподходящие условия отверждения или слишком высокая температура в печи.

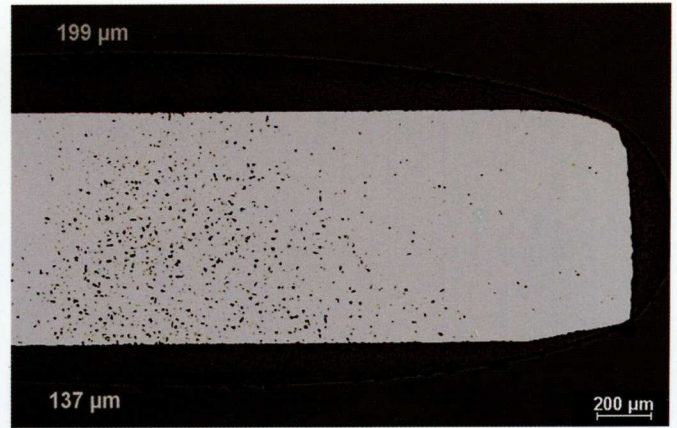
### Предотвращение:

- нужно избегать слишком малых радиусов (менее 1 мм) закругления краев
- избегать слишком больших толщин пленок
- регулировка условий отверждения и температурной нагрузки на изделие
- повышение вязкости расплава порошка изменением температуры в печи или сменой рецептуры краски.

### Исправление:

Исправление, особенно на краевых участках, в основном не рекомендуется, и всегда лучше защищать края заранее. Под защитой краев подразумевается, что края, углы и загибы конструкций покрываются дополнительным покрытием.





Пример распределения толщины порошкового покрытия на краевом участке.

## Образование наплывов /потехов

Наплывы или потеки на порошковых покрытиях в процессе отверждения образуются в случае, если при формировании покрытия на вертикальных изделиях вязкость расплава очень низка и краска способна стекать вниз.

### Причины:

- Слишком большая или неоднородная толщина пленки.
- Условия отверждения используемых порошков не оптимизированы. Слишком быстрый нагрев, слишком высокий объект и слишком большая температура.
- Неблагоприятные геометрические особенности поверхности → «участки преимущественного улавливания порошка».
- Слишком низкая вязкость расплава при формировании покрытия.
- Дефектная порошковая краска.

### Предотвращение:

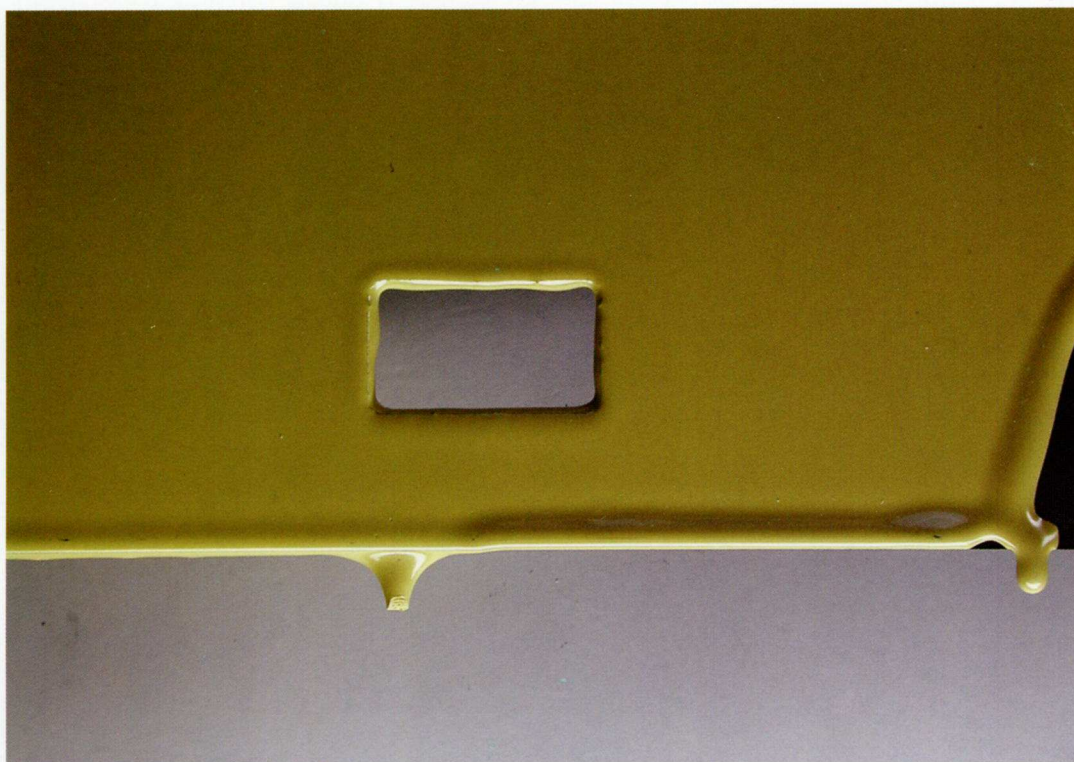
- Оптимизация распределения по толщине покрытия.
- Оптимизация условий отверждения. Необходимо следовать инструкции производителя краски по температуре и времени выдержки в печи.

- Использование специальных покрытий для изделий со сложной геометрической формой и участками, «улавливающими» большее количество краски.

### Исправление:

В зависимости от степени образования наплывов и потеков покрытие следует удалить, а изделие перекрасить, или пораженные участки необходимо слегка зашкурить и затем перекрасить. Исходя из этого, необходимо уделять большое внимание плоским и ровным поверхностям.





Пример образования потеков, вызванных слишком высокой толщиной пленки.

## Выбрасывание порошка («плевки» краски)

Выбрасывание (выплывание) порошковой краски вызвано отложениями и залипаниями порошка в трубах, инжекторах, пистолетах или системах рекуперации. Это проявляется как беспорядочный выход краски с получением неоднородного по внешнему виду и толщине покрытие.

Один из типов эффектов получаемых покрытий получил название эффекта «яичной скорлупы». Это означает агломерирование микрочастиц порошка (размером менее 5 мкм) в пока еще не расплавленном слое краски. Поскольку размер зерен мал, агломераты частиц проявляются как белесоватые частицы и покрытие выглядит как яичная скорлупа.

### Причины:

- слишком высокая скорость воздуха – слишком большой выход краски
- неправильное положение пистолета
- непригодный материал стен каналов пистолета и шлангов, их длина и расположение
- механически поврежденные или изношенные части установки
- неподходящее распределение частиц по размеру – циркуляция в системе слишком тонкодисперсных частиц → образование агломератов происходит главным образом на раскателе насадки пистолета (от «залипания при ударе») или в системе в системе рекуперации и шлангах

- слишком высокая влажность порошковой краски
- флуктуации давления

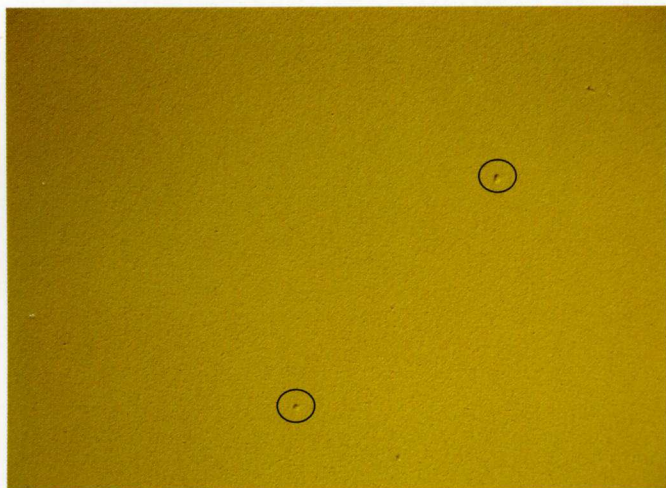
### Предотвращение:

- Тщательная очистка систем распыления порошковой краски (пистолетов, насосов, шлангов) и системы рекуперации. При необходимости нужно проводить специальную очистку установки, под которой подразумевается также очистка краевых участков, загибов, изгибов шлангов системы рекуперации, а также верхней части циклона.
- Постоянное отмеренное добавление к рекуперированному порошку свежего, для того, чтобы достичь постоянного фракционного состава с невысоким содержанием мелкодисперсной фракции.
- Очистка инжекторов, раскателя и форсунок, для того, чтобы избежать огубления и повреждения поверхности.
- Регулировка скорости потока воздуха, избегать колебаний давления нагнетаемого воздуха.

### Исправление:

В зависимости от размеров получаемого эффекта на отвержденной пленке, покрытие необходимо удалить, а изделие перекрасить, или же поврежденные участки нужно слегка загрунтовать и затем повторно перекрасить. В связи с этим, следует уделить внимание получению равной и однородной поверхности покрытия.





Так выглядит «плевков» краски на неотвержденном покрытии.



«Плевков» краски после отверждения покрытия.

## Окрашивание краев – эффект «картины в рамке»

На краях и углах всегда откладывается больше краски. Если поверхность больших изделий большой площади выглядит неравномерно, а граничные участки выглядят отлично, то данный эффект называется эффектом «картины в рамке».

### Причины:

- Слишком большое облако распыленного порошка.
- Слишком большое расстояние между объектами. Экранирование краев не происходит и оседание краски происходит главным образом на них.
- Неправильное распределение частиц по размеру; в этом случае слишком высокая концентрация грубодисперсных частиц.
- Расстояние между объектом и пистолетом слишком небольшое.
- Рецептура порошковой краски (неподходящее связующее → слишком низкая вязкость расплава, краска слишком сильно растекается к краям).

### Предотвращение:

- Регулировка выхода порошка и распыленного облака.
- Следует заэкранировать края, подвесив изделия ближе друг к другу или вставляя в промежуток «ловушку» порошка, которая будет контролировать его распределение.
- Оптимизация фракционного состава порошка (производитель краски).
- Активация / оптимизация расстояния между пистолетом и окрашиваемой деталью.

### Исправление:

Эффект «картины в рамке» является только декоративным эффектом. Нужно просто выснить, приемлемым ли будет такое качество окрашивания. Единственным путем исправления этого «дефекта» является удаление покрытия и перекрашивание изделия. Местное исправление в основном не рекомендуется, поскольку это очень сложно в применении к большим объектам или поверхностям, а исправленный участок всегда будет выглядеть менее однородным.



## Недостаточная адгезия порошка к поверхности до отверждения

Недостаточная адгезия порошка проявляется или как осыпание порошка с еще неподверженного температурному воздействию слоя, главным образом, с плоских ровных поверхностей, или как выдувание краски из угловых и полостных участков. Этот дефект затем выступает в виде разницы в толщине пленки и неравномерной поверхности. Из-за выдувания порошка некоторые участки изделия остаются неокрашенными.

### Причины:

- недостаточное заземление компонентов
- слишком высокое напряжение, слишком высокий выход порошка
- недостаточная зарядка порошка
- слишком высокая скорость потока воздуха
- неблагоприятное навешивание деталей на конвейере
- не оптимизированный фракционный состав порошковой краски.

### Предотвращение:

- Регулировка оптимизированных для окрашивания параметров. Оптимизация напряжения, заземления, скорости потока воздуха и навешивания деталей.
- Из-за высокой скорости потока порошка, неправильного распределению частиц по размеру или поврежденного раскатателя может появиться недостаточная зарядка порошка, главным образом, трибостатическим пистолетом.

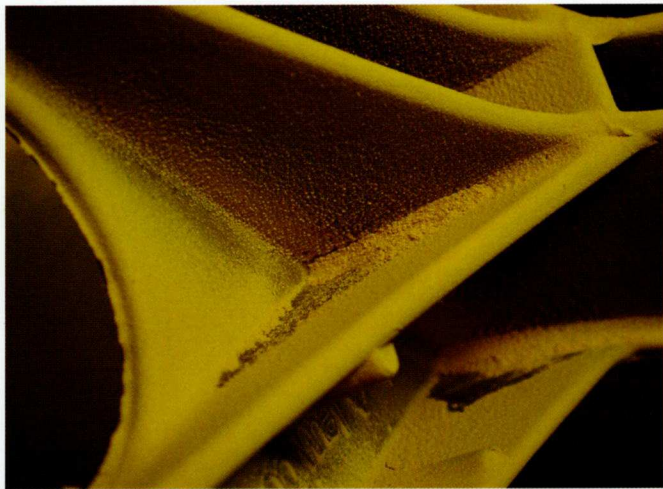
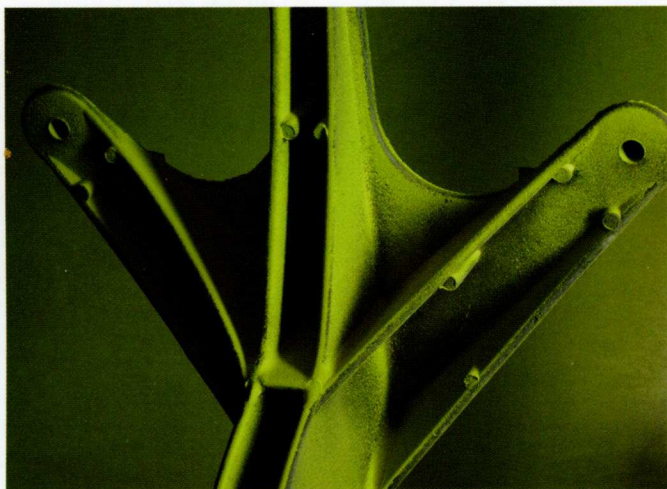
### Исправление:

Если пленка пока не подвержена воздействию высокой температуры, то порошок с окрашиваемого объекта еще можно обдуть воздухом и затем повторно перекрасить. Если проблема появляется после отверждения, то покрытие необходимо удалить, а изделие затем перекрасить.



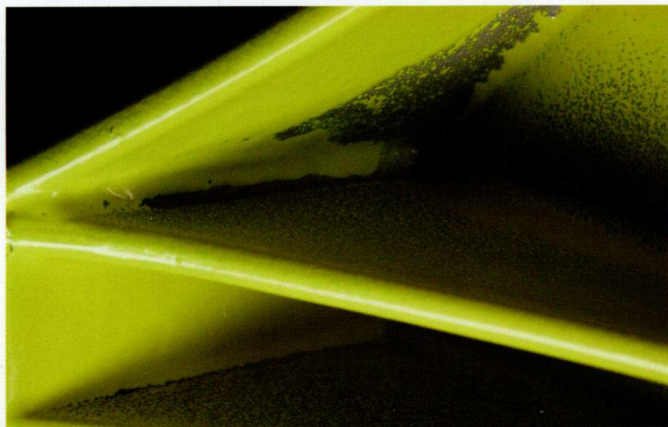
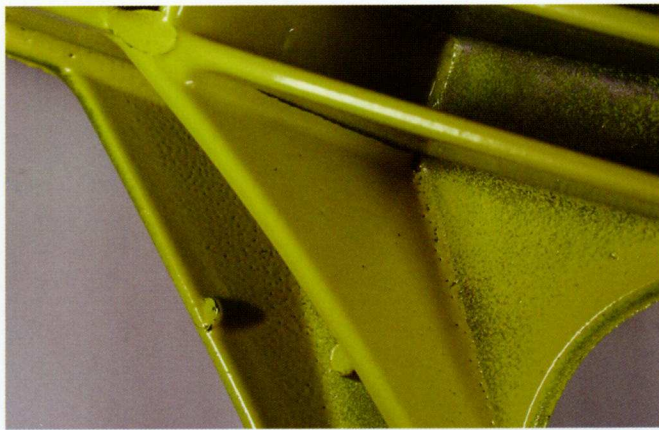
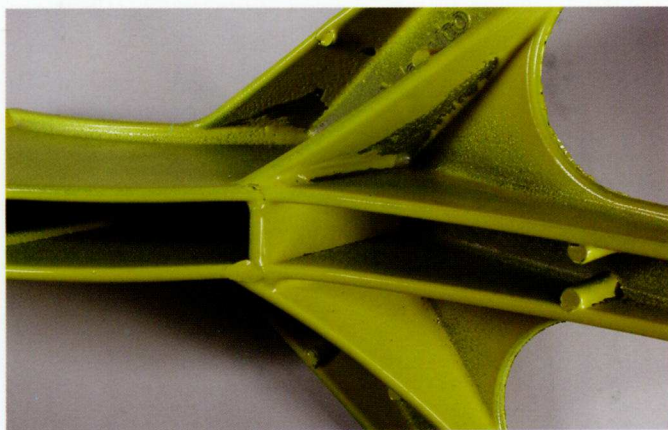
Пример сдувания порошка с краевых участков.





Примеры недостаточной адгезии порошковой краски → осыпание порошка. В этом случае причинами проблем является:

1. Недостаточная зарядка порошка (слишком низкое напряжение на коронирующем электроде пистолета) и слишком высокая подача воздуха (не сбалансированы высокое давление воздуха и низкое напряжение).
2. Недостаточное заземление детали из-за оставшегося не удаленного оксидного слоя.



Внешний вид покрытия после отверждения. Слой покрытия слегка «оттянут» от углов и краев; на участках с более высокой толщиной пленки в покрытии появляются проколы.



## Отпечатки на поверхности покрытия

Различные отпечатки на поверхности покрытия являются следствиями размягчения покрытия или слишком высокого оказываемого на него механического воздействия. Эти дефекты проявляются как деформации, впадины или матовость.

### Причины:

- Повреждение пленки покрытия чистящими средствами, упаковкой или влагой.
- Поверхность слишком мягкая для оказываемого механического воздействия.
- Недостаточная сшивка пленки при слишком низкой температуре или малой выдержке в печи. Пленка покрытия чувствительна к водопоглощению или повреждению от химикатов (набухание или растворение пленки покрытия).

### Предотвращение:

- Придерживаться условий отверждения производителя.
- Изгибаемые, но в то же время твердые, стойкие к царапанью поверхности покрытий технически невозможны.

- Даже по окончании процесса отверждения в порошковом покрытии еще продолжается некоторая полимеризация. На весь процесс отверждения всегда должно отводиться определенное подходящее время. Если окрашенная деталь упаковывается в фольгу в еще теплом виде, то это может привести к появлению на поверхности покрытия отпечатков и матовости.
- Избегать неблагоприятного микроклимата, например, хранения изделий во влажных условиях.

### Исправление:

Матовость и царапины могут быть устранены очисткой поверхности покрытия. Отчетливые и более глубокие отпечатки можно лишь частично устранить путем очистки и полировки покрытия.



Пример отпечатков на поверхности покрытия от упаковки (слоя бумаги), образовавшихся при хранении изделия во влажных условиях.



## Реакция несовместимых компонентов – матирование

Несовместимость компонентов порошковой краски приводит, главным образом, к матовости покрытия. Причиной появления матовости являются крошечные дефекты, такие как проколы. Если порошки несовместимы друг с другом, в частности, по реакционной способности, то их несовместимая реакция приведет к матированию покрытия. Совместимость порошковой краски зависит от вязкости, пигментации, реакционной способности, поверхностного натяжения (присутствия агента розлива) и химической природы связующих.

Широко известное мнение, что «акрилаты не совместимы с полиэфирами», а «полиэфиры все без исключения совместимы друг с другом», не имеет никакого общего основания. Существует определенная градация совместимости между различными химическими компонентами, а также между компонентами одинаковой химической природы.

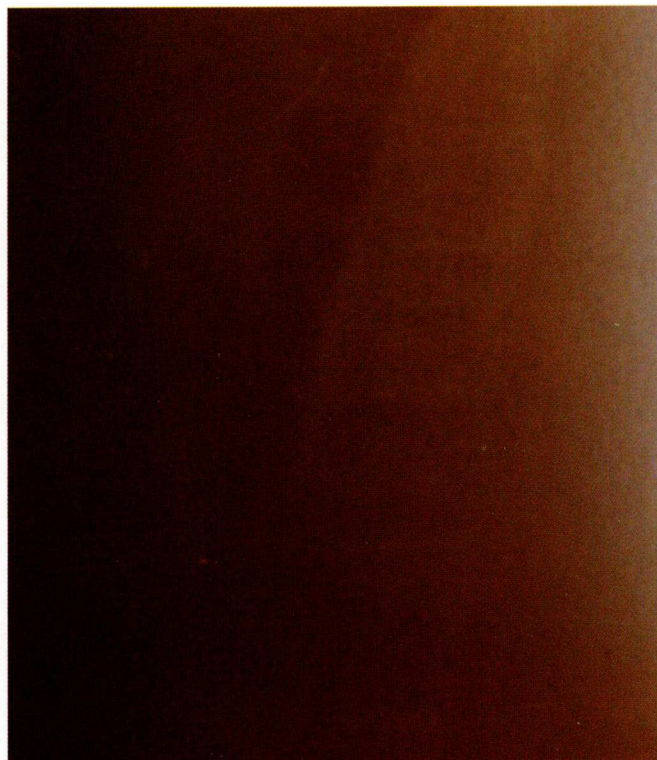
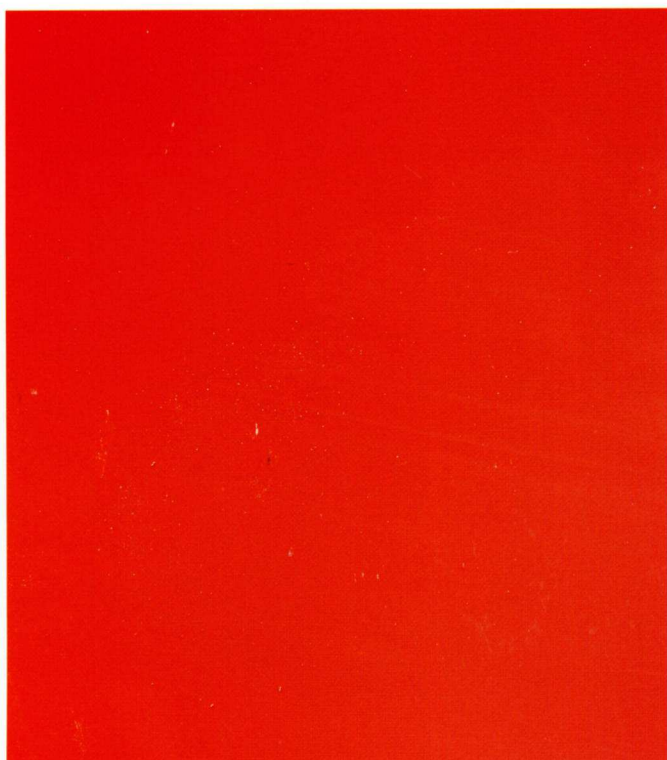
### Предотвращение:

- На проблему совместимости может влиять рецептура порошковой краски.
- Регулировка поверхностного натяжения, реакционной способности и вязкости, которые играют важную роль в совместимости.

- Внимание составным композициям: для смесей различных систем проблема несовместимости всегда существует. [Ir. P. G. de Lange, 19 FATIPEC Congress, Aachen 1988, p. 399, "Das Kontaminierungsphänomen"]
- Подбор подходящей комбинации: на одном и том же уровне не все акриловые смолы совместимы друг с другом. [G. Wim Kerksen, Unverträglichkeiten bei Pulverlacken und ihre Ursachen, 5. DFO Conference, Pulverlack-Praxis, 1999]

### Исправление:

Участки незначительной матовости покрытия зачастую можно удалить подходящими полировочными средствами и мягкой ветошью. Если это невозможно, поверхность необходимо загрунтовать и повторно перекрасить, или же покрытие следует удалить, а изделие потом перекрасить.



Пример реакции несовместимых компонентов. Полиэфирные порошковые краски, RAL 3016 и RAL 8014, были несколько загрязнены чистым лаковым полиэфирным порошком. Причиной стала неполная очистка распылительного пистолета при смене красок. Несовместимость проявляется в виде полос и матовых участков на поверхности покрытия.



## Низкая механическая и химическая стойкость

Следствием недостаточной механической стойкости покрытия является его растрескивание во время деформации или даже при сильных деформациях, резке, распиливании или сверлении – его шелушение на краевых участках. Недостаточная химическая стойкость проявляется в появлении матовости и набухания (сморщивание, более мягкие участки → более высокая чувствительность к царапанию) участков покрытия, которые подвергались воздействию химических реактивов.

### Причины:

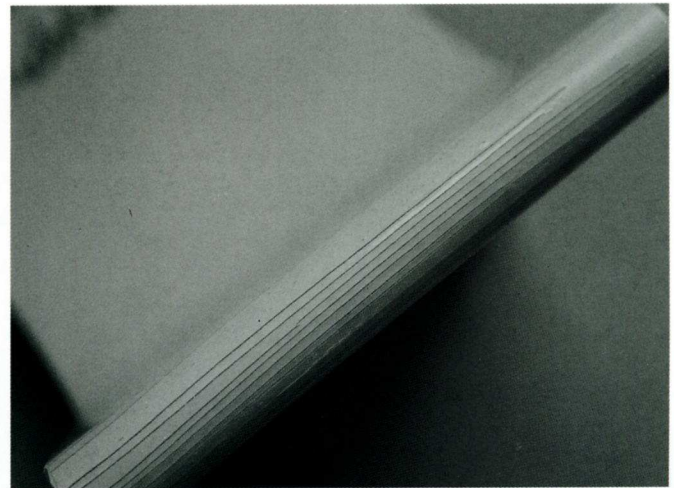
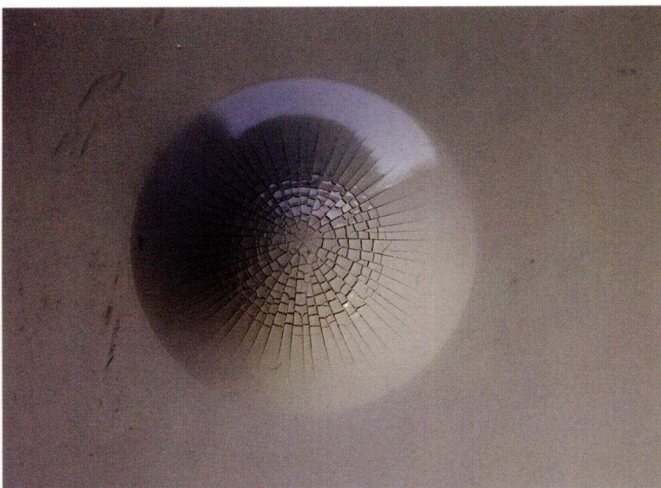
- Недостаточная химическая зашивка пленки.
- Условия отверждения, установочная температура поверхности окрашиваемого металла и продолжительность выдержки не были достигнуты.
- Нет никакой или неправильная подготовка поверхности или нанесение конверсионного слоя (недостаточные механические характеристики).
- Очень высокая толщина пленки (недостаточные механические характеристики).
- Применение для прилагаемой механической деформации неподходящего лакокрасочного материала (например, на краевых участках).
- Ошибочная рецептура порошковой краски.

### Предотвращение:

- Для достаточной сшивки необходимо придерживаться минимальных условий отверждения производителя порошковой краски.
- Избегать очень высокой толщины пленки, особенно в случае изделий, которые подвергаются формовке уже после окрашивания.
- Для достижения необходимой адгезии и избежания шелушения покрытия во время его деформации должна быть осуществлена полноценная подготовка поверхности.
- Не все порошковые покрытия достаточно эластичные, чтобы противостоять изгибу или краевым нагрузкам без повреждения. Нужно использовать пригодные для этого системы. Из-за высоких требований по атмосферостойкости многие покрытия могут быть лишь ограниченно пригодными для последующей краевой деформации и изгиба. Обычно для металлических листов определенной толщины и типа применяемой краски должен быть отрегулирован радиус закругления.

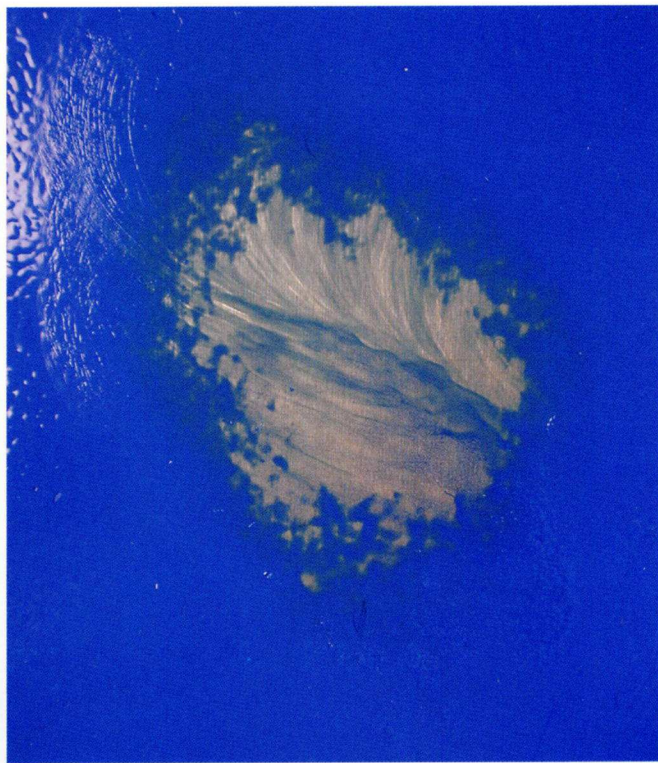
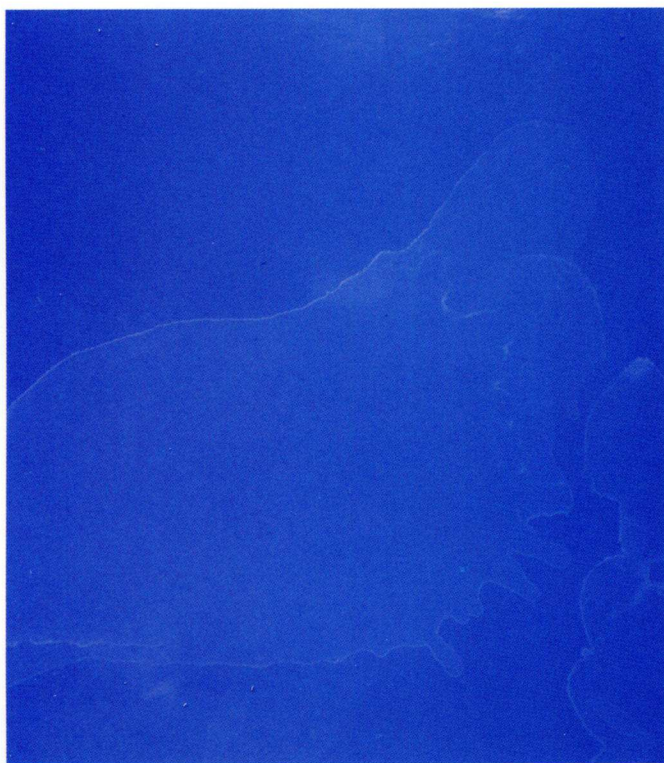
### Исправление:

Незначительная матовость на покрытии зачастую может быть удалена подходящими полировочными средствами и мягкой ветошью. Участки покрытий с подрастворенной, набухшей от растворителя пленкой, с трещинами и шелушениями могут быть исправлены лишь полным переокрашиванием изделия.



Пример недостаточной механической стойкости покрытия. Во время проведения испытания на стойкость при ударе (40 кгсм) и изгиб (5 мм) произошло растрескивание покрытия вплоть до самого субстрата. Причиной стала недостаточная сшивка системы.





*Матирование покрытия (слева) или частичное растворение пленки (справа) вызваны недостаточной сшивкой пленки покрытия.*

## Дефекты покрытий с эффектом "металлик" и другими спецэффектами

Некоторыми специфическими проблемами при окрашивании порошковыми красками металлик и красками, придающими специальные эффекты, являются следующие:

- Дефекты покрытия, начиная от недостаточной растекаемости до образования грубой шершавой поверхности
- отклонения цвета, "посерение" поверхности
- "заоблачивание" рисунка покрытия
- обесцвечивание спецэффектных покрытий, вызванных:
  - коррозией алюминиевых пигментов. Кислотная среда (SO<sub>2</sub>, чистящие средства) или щелочные реактивные вещества (например, известковая штукатурка) могут модифицировать поверхность алюминия и способствовать потере им металлического эффекта, или
  - колебаниями оттенка в процессе окрашивания, в зависимости от способа нанесения.
- Очистка однослойного покрытия (благодаря чистящим средствам и механическому воздействию (вытирание/протирка) Al-пигменты претерпевают коррозию и теряют свой металлический блеск.



## «Заоблачивание» рисунка покрытия

Формирование заоблачивания, главным образом, происходит в случае применения спецэффектных порошковых красок или красок металлик. Образование «облака» проявляется в появлении на поверхности покрытия неоднородных бледно-темных участков, где металлика либо слишком много, либо слишком мало.

### Причины:

- нарушения растекаемости покрытия
- колебания толщины покрытия
- автоматическое окрашивание, за которым следует ручное нанесение
- неподходящее расстояние между пистолетом и окрашиваемой деталью
- неоднородная зарядка порошка
- неточная синусоидальная кривая траектории движения пистолетов
- неоднородный выход порошка из пистолетов
- недостаточное заземление объектов

### Предотвращение:

- оптимизация параметров установки
- минимизация колебаний толщины покрытия
- если необходимо ручное нанесение краски, то его следует проводить сначала, до автоматического.

### Исправление:

Чтобы достигнуть получения поверхности с однородным цветом и спецэффектом, дефектное покрытие следует удалить, а изделие перекрасить, или же слой покрытия нужно хорошо заземлить и перекрасить подходящей порошковой системой.

## Колебания цвета

Колебания цвета порошковых красок металлик проявляются как:

- «Посерение» покрытия из-за частичного недостатка металлического эффекта. «Выпадение» эффектного пигмента «на дно» покрытия.
- Несочетание цветов и эффектов различных поверхностей покрытий → использование различных партий порошковой краски или порошков от разных производителей.

### Причины:

- Ошибочный или различный способ зарядки. Это приводит к различной фокусировке эффектных пигментов.
- Использование неустойчивого для рекуперации порошка; это приводит к разделению основы порошковой краски и эффектных пигментов.
- Использование различных партий порошковой краски в одном заказе.
- Разделение краски в питательной емкости.
- Различные субстраты
- Различия цвета при автоматическом и ручном нанесении.
- Несогласие в оттенке цвета с клиентом.

### Предотвращение:

- Внутри одного заказа всегда следует использовать одни и те же параметры зарядки. Рекомендуется коронная зарядка с электродом, установленным снаружи пистолета.

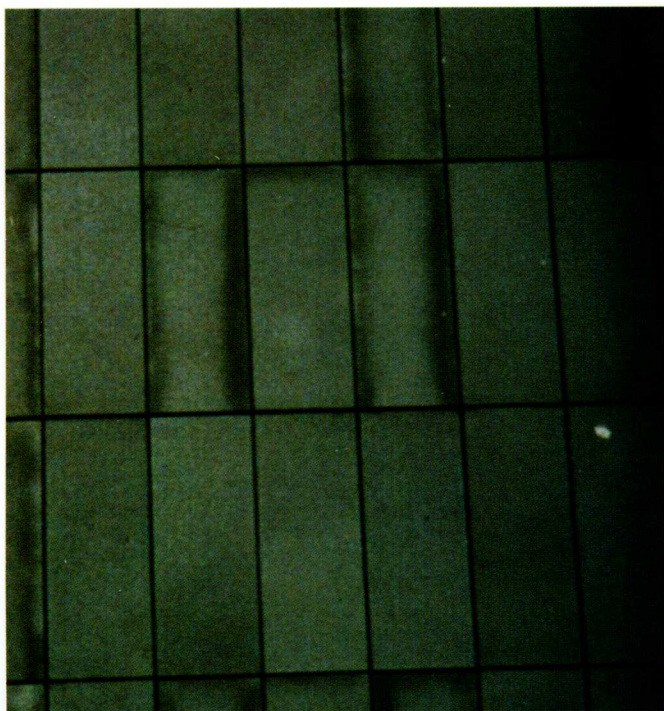
- Использование стабильного рециркулированного порошка (бондированных систем). Как можно меньше порошка должно уходить в систему рекуперации, и к рекуперату следует всегда добавлять свежий порошок.
- Не подвергать рециркуляции небондированные порошковые краски металлик, в этом случае использовать технику безвозвратного распыления ("spray-to-waste").
- Применять для выполнения заказа порошок одной и той же партии.
- Использовать питательную емкость с возможностью псевдооживления порошковой краски, для того, чтобы избежать ее разделения.
- Если в каких-то случаях необходимо ручное окрашивание, то его следует проводить до автоматического.
- Если в выполнении одного проекта используются разные субстраты, то следует предварительно выполнить опытное окрашивание изначального и последнего образцов, чтобы затем согласовать их оттенок с заказчиком.
- До начала процесса следует окрасить пробные образцы.

### Исправление:

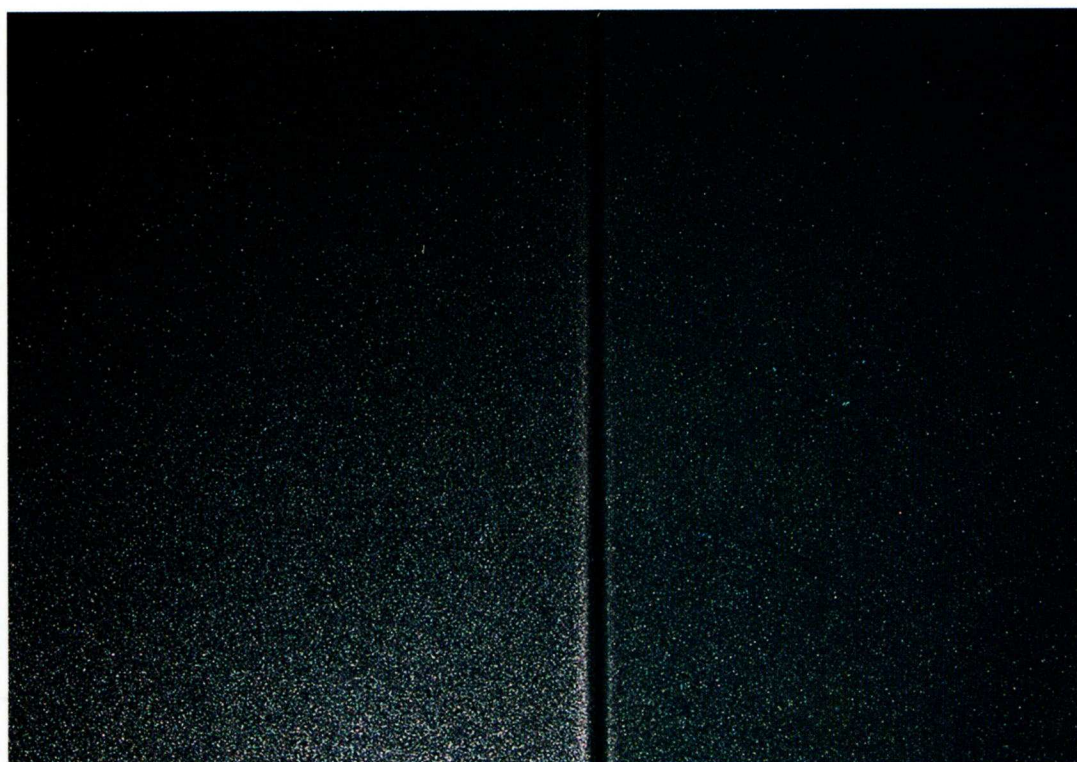
Для того, чтобы достигнуть получения поверхности, однородной по цвету и спецэффекту, дефектное покрытие следует удалить, а изделие затем перекрасить, или же слой покрытия нужно хорошо заземлить и затем перекрасить подходящей порошковой системой.



*Примеры возникающих проблем при  
окрашивании порошковыми красками металл*



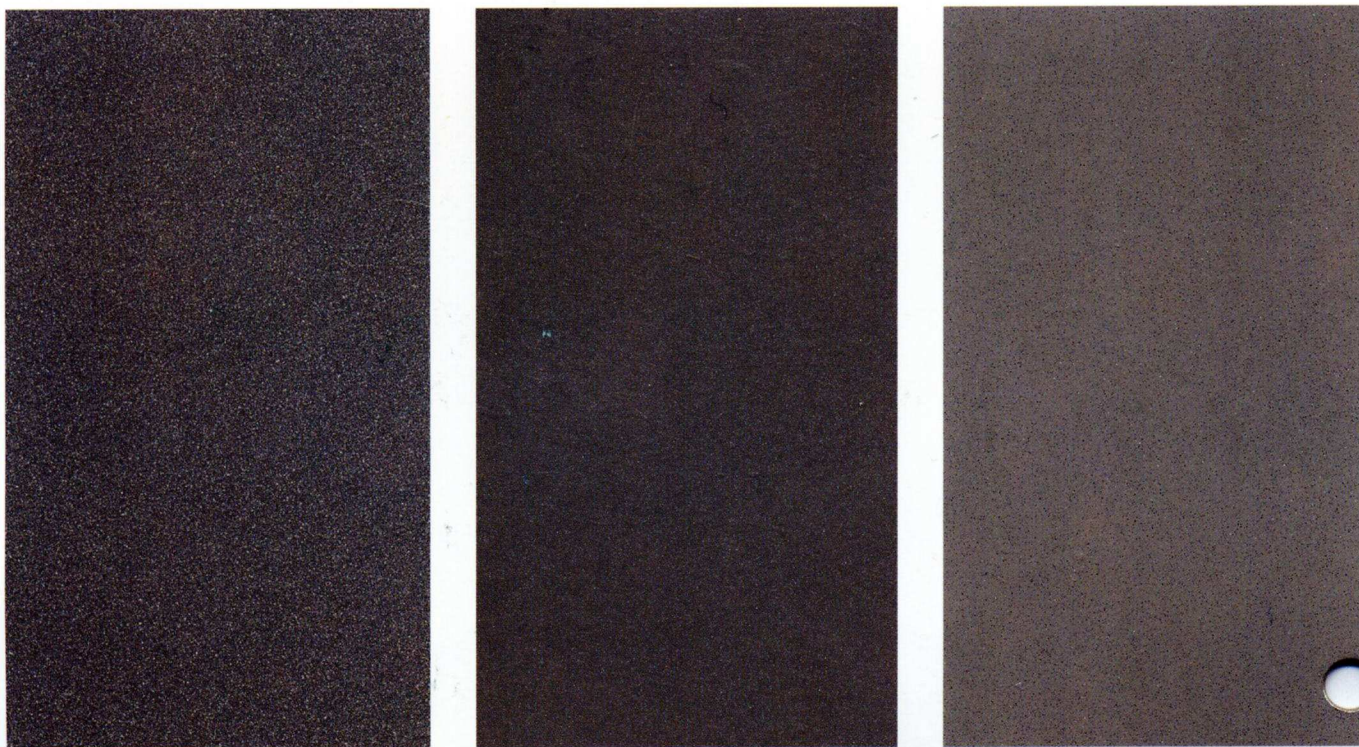
*Фронтальный фасад здания. Чтобы на краевых участках получалась пленка достаточной толщины было необходимо подкрашивать вручную. Из-за большого колебания толщины покрытия, вызванного ручным подкрашиванием после автоматического нанесения, можно обнаружить очевидную разницу во внешнем виде этих разнотолщинных участков.*



*Пример порошковых покрытий металл с различным количеством эффектных частиц, вызванного различным устройством распылительных систем.*



*Пример порошковых покрытий  
металлик RAL 9006*



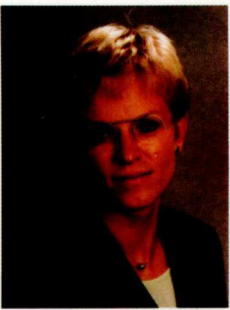
*Пример порошковых покрытий близких к RAL 9006. Огромная разница в оттенке цвета и спецэффекте очевидны и зависят от порошковой системы, производителя краски и способа ее нанесения.*

*Изменения цвета, вызванные коррозией  
алюминиевых пигментов*



*Пример однослойного порошкового покрытия металлик. На листах сверху слева показаны следы потеков, образовавшихся после очистки поверхности щелочными чистящими средствами (справа – более детальное изображение). Это привело к коррозии алюминиевых пигментов, которые расположены на самой поверхности покрытия. На электронной фотографии внизу слева показаны продукты коррозии.*





**Юдит Питцманн - инженер по образованию - родилась в 1961 году. Закончила факультет технологии обработки поверхности и материаловедения специального высшего учебного заведения в Аален/Германия. С 1987 по**

**1989 работала в Научно-исследовательском Институте Драгоценных Металлов и Химии Металлов в качестве проектного инженера в области электрохимии и гальванотехники. В 1989 году перешла в отделение технологии обработки поверхности алюминия, где ей было поручено руководство научно-исследовательской деятельностью. С 1995 она исполняет обязанности заведующего этого отделения.**



**VINCENTZ**  
Providing Professional Information

ISBN 3-87870-796-7

