

塗装ラインの直行率向上における塗装環境について

Painting Environment for Improving
“Direct Run Rate” at Coating Line



SD 研究所
第1研究部 (尼崎)
鎌苅剛敏
Taketoshi
Kamakari



SD 研究所
第1研究部 (尼崎)
岩村達也
Tatsuya
Iwamura



SD 研究所
第1研究部 (平塚)
井村健吾
Kengo
Imura

1. はじめに

『塗料の研究』151号で「樹脂部品塗装ラインのゴミブツ診断」を報告した。当時、樹脂成型塗装ライン (バンパー・スポイラー) などからの診断要求が多くなっていたことから、樹脂部品塗装ラインで起きた問題点に絞って報告した。最近では様々な工業製品の塗装ラインのゴミブツ診断も行うようになってきた。現在も塗装不良の大部分を占めるゴミブツと呼ばれる問題に対して、対策のひとつひとつの積み重ねが重要と考えている。ここでは、塗膜外観品質不良の補修をすることなく出荷される割合を「直行率」と表現し、この直行率向上に影響する塗装環境はどういうものがあるか、被塗物別の直行率やゴミブツによる塗膜欠陥の見え方、弊社で実施している環境調査のアプローチ方法、ゴミブツの発生源や誘発要因、対策事例について説明する。

2. 被塗物別の直行率

調査実績の多い自動車部品塗装ラインにおいて、被塗物や塗装方法の違いによる直行率と修正して出荷される比率を図1に示す。この図から、大型部品を塗装するライン

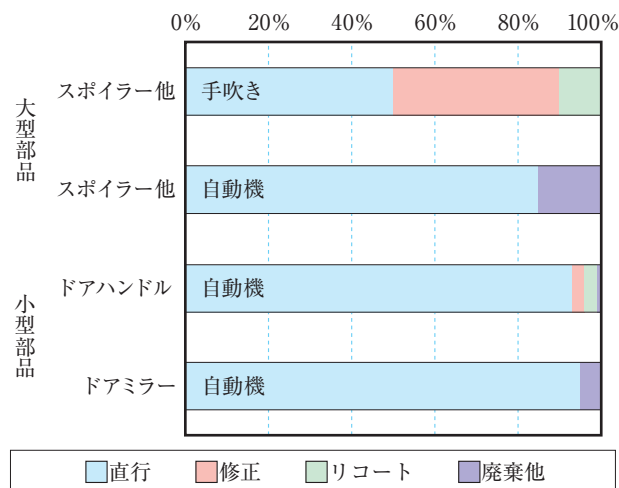


図1 過去に調査した自動車部品塗装ラインの直行率例

では、手吹き工程の直行率が低く、修正率が高い。自動機による塗装の小型部品塗装ラインでは、大型部品に比べ直行率は比較的高い。このことから、無人化が有効であることがわかる。

3. ゴミブツによる塗膜欠陥

3.1 ブツ外観の大きさとブツ核径

塗膜不良となったブツ外観の大きさとブツ核の関係について図2に示す。この図からゴミブツの核の大きさに対し、塗膜不良として観察したゴミブツ外輪の大きさが約3倍から10倍になって見えることがわかる。外観検査の基準が0.3 mmまたは0.5 mm以上に規定しているラインが多いことから、30 μ m以上のゴミブツの原因核となる物質の削減が重要となる。

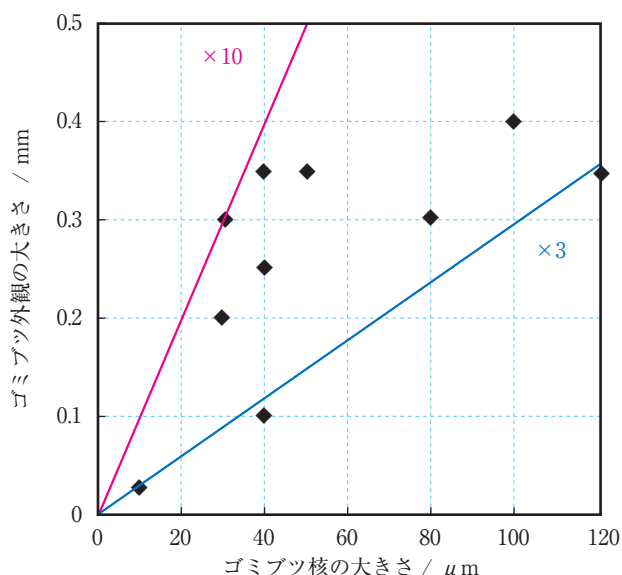


図2 ゴミブツ外観の大きさとブツ核の関係

3.2 塗膜内のゴミブツ位置による修正方法

塗膜不良の位置 (塗膜層) によっても修正方法が変わってくる。トップクリア上に降りかかり下層にまで達していない場合には、研磨等によってそのまま出荷できる場合もある

が、その下層のカラーベースや下塗り部分にゴミブツが存在した場合は、その原因を取り除いた後に部分補修もしくはリコート塗装が必要となる。

リコート塗装しても再度問題があった場合には、ワーク(加工対象物を指す言葉で、今回の場合は被塗物である素材)そのものを廃棄することにもなりかねないため、生産性という観点からもゴミブツは、最も減らしたい不具合である。

4. 環境調査アプローチ方法

弊社が実施している環境調査のアプローチ方法について説明する。まず、塗装ラインの実態を知るために検査基準や不良発生率、ブツの発生特性などからラインの特徴を事前に把握する。また、検査にて不良と分類されたワークのブツを分析し、その組成や塗膜のどの層に存在するかを確認する。これらの情報から塗装不良の傾向と原因を推定し、ライン調査の項目と規模を設定する。

次に実際にラインに入り、帯電電位の測定や素地汚染状態の確認、風向、風速、温度湿度、浮遊粒子数、塗装機から採取した塗料の濾過残渣、工程別ブツ発生件数などのデータ取りを行う。

塗装ワークにどこでゴミが付着するかを各工程ごとに観察することで、どの時点でゴミが増えているか、どの工程に問題があるかを確認する。

また、塗装機やロボットなどの各設備からゴミが降りかかったりしていないかを確認する。浮遊粒子数測定や粘着シートの曝露等の観測場所に関しては、ストックヤードからマスキング等の作業場所や除塵工程、塗装ブースへのワーク投入部などで行う。

これらのデータからブツ原因を素地からの持ち込み、塗料への混入、ウェット膜への混入に分類し、ブツ原因の裏づけとその対策案の提示を行っている。

4.1 浮遊粒子の管理方法

塗装エリアの環境を調べる方法として、空気中にどれくらいの浮遊粒子が存在するかについてパーティクルカウンタという装置を用いて調査する。この装置は、光源に赤外光を使用し、粒子がその前を横切ったときに散乱する光から粒子径とその粒子数を算出する。単位空気量あたりの粒子数を測定することで相対的な比較を行い、対策の効果を確認するために用いる。定期的もしくは定点観測することで、今まで見えなかった傾向をつかむこともできる有効な管理方法と考えている。

4.2 実曝露による管理

実曝露には透明な粘着シート(弊社の「ファンタック」シート)を利用して、塗装エリアの要所に一定時間放置した後に落下した異物を確認する。拡大観察して特定できない場合は、組成分析を行い原因物質を見極める。そこには塗装ダスト主体の有機物や、エアフィルタなどの繊維、グリスや鉄

錆、砂塵(クレー)といった実に様々なものが見られる。これらが塗装されるワークに付着し、完全に除去されないまま塗装されるか、または塗装後に付着することによってゴミブツ不良に繋がると考えている。

4.3 浮遊粒子と曝露で得られた数値との違い

いくつかのラインを調査し、浮遊粒子数と実曝露で得られた数値には違いがあることが判明した。浮遊粒子はパーティクルカウンタで強制的に周辺の空気をポンプで吸引し、単位体積あたりの粒子数をカウントする。比較的浮遊しやすい小粒子(10 μm 程度)をカウントするが、粘着シートによる曝露で観察される大粒子(30 μm 以上)はカウントされにくい傾向がある。

ここで有効なのが、実際に落下した粒子(落下塵)の粒径と個数を測定する落下塵カウンタという装置である。一定時間、サンプル板(鏡面研磨されたシリコンウェハ)を曝露後に回収し、粒子数を分級して測定する。ここで得られた数値は、自然落下で得られたものであり、浮遊粒子数としてパーティクルカウンタで得られた数値より、実際のワークへ付着するゴミ数に近いと考えている。

4.4 浮遊、付着塵の観察方法

ワークに付着したゴミを観察するには、検査工程で使用されている標準光源などでも可能ではあるが、非常に光の直進性の強いHID(高輝度放電)光源などを用いたサーチライトが有効である。塗装前のワーク表面を照らしたときにゴミなどがあると、その影が見えることで確認が容易である(図3)。

実際にストックされているワークや除塵工程後のワークを観察すると、ゴミブツの原因となる様々な物質が付着していることが発見できる。また、空中に向かって照らすことで浮遊粒子の存在と動き(流れ)も確認することができる。

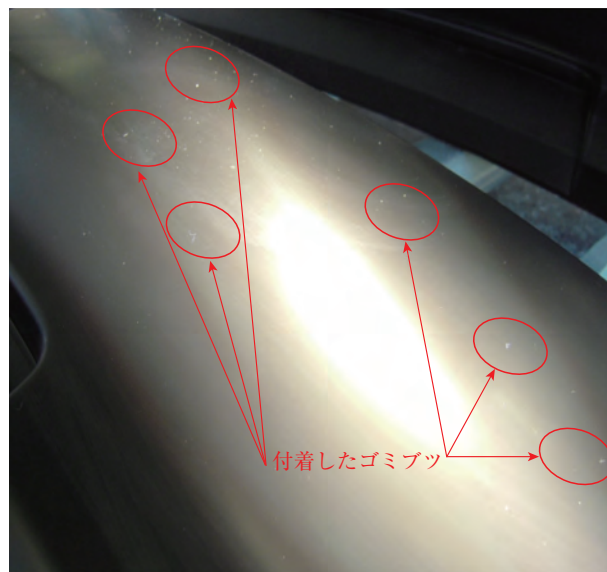


図3 ワーク表面に付着しているゴミブツ

5. ゴミブツの発生源

5.1 人的要因

一般的に言われることだが、人が動くときと無数の粒子が舞う。防塵着、防塵帽といった対策とその管理方法でかなり改善される。被塗物別の直行率の項で述べたが、人が介在しないラインの方がゴミブツは少ない傾向にあることから無人塗装ラインが理想である。

5.2 副資材（マスキングテープ、研磨材、ワイブ材）

塗装ワークは脱脂等の前処理後に全塗装を行うが、素地の不具合があった場合、研磨材などを用いて素地調整を行うことがある、また塗装したくない部位や塗り分けをするためにマスキング材を貼り付ける、素材に付着したゴミを除去する際にワイブ材を用いることもある。これらの副資材がゴミを逆に付けたり、誘引してしまうこともある。

そのようなことを避けるため、副資材の選定と処理前後の除塵作業工程は、ゴミブツを次工程へ持ち込まないよう工夫する必要がある。

5.3 蓄積ダスト

被塗物となるワークに付着しているゴミに着目して、この対策ばかりに目が行きがちになるが、繰り返し使用されるコンベア台車や塗装治具に蓄積したダストも発生源となる。これらを塗装時に舞い上げて付着させている場合や塗装ロボットに付着したダストが降りかかっている場合もある。

これらを管理するには、実際に降りかかったゴミの有無を確認するために、粘着材などを施したダミーワークを用意して、ロボットを試験運転させる。また、生産工程を一周させることも有効である。ここでゴミが付着することのないように、養生の交換、粘着ワニスの塗布や清掃などのメンテナンス頻度を決定することを推奨している。

6. ゴミブツの誘発要因

6.1 帯電電位の変化

樹脂製品では成型後、型枠から剥離される際に極めて高電位に帯電する。数値的には10 kVを越え帯電することもあり、取り出して置いただけでも静電気でゴミが引き寄せられて付着している。

ここで樹脂部品塗装ラインの各工程でのワークの帯電電位の測定事例を示す(図4)。横軸に搬入から塗装されるまでの下地処理工程を表し、縦軸は帯電電位である。最終的に除電工程でワークの帯電はほとんど除電できているが、そこへ至るまでの間に帯電電位は激しく変動して、浮遊しているゴミブツがワークに付着していることが予測される。

一旦付着したゴミを除去するのは困難であり、成型直後からの除電により帯電させないようにすることも必要である。ワークの塗装までの理想的な状態としては、成型品であればワーク成型直後からクリーンな環境の搬送や保管をすることを推奨する。

6.2 塗装ライン環境

塗装ラインの中で浮遊粒子がどのように流れているかは、原因物質を運んでいくルートを見極める重要な手がかりとなる。素材などの搬入口や塗装時のスプレードスト、また下地調整のために研磨工程で発生した研磨粉などが、これから塗装される下地を汚染することがある。これらを検証するにはライン工程内の風向、風速を把握し、工程毎に汚染物質をサンプリングして汚染箇所物質と比較する。この方法は、汚染する原因を突き詰める重要な調査項目である。

7. 対策

7.1 除塵方法

除塵方法にはエアブローにより、付着ゴミを除去する手法が一般的に用いられており、除去したゴミを吸引できる場所でも実施することも必要であるが、被塗面の状態によってはそれだけでは全てを取り除くには不十分である。

エアブロー風速を上げたときに下塗り塗膜表面のように、比較的表面上にゴミが付着しても取れやすいような塗膜表面の場合は良いが、上塗り塗膜ではエアブロー風速を上げただけでは全てを除去できない(図5)。この図は一定量の模擬ゴミを各塗板に降りかけ、初期のゴミ付着量を100%とし、除去率で表したものである。

このような場合の最適な除去方法としては、物理的に表面についたゴミを拭き取ることが有効である。粘着性のあるワニスを浸透させたガーゼなどを用いてワイブすることで

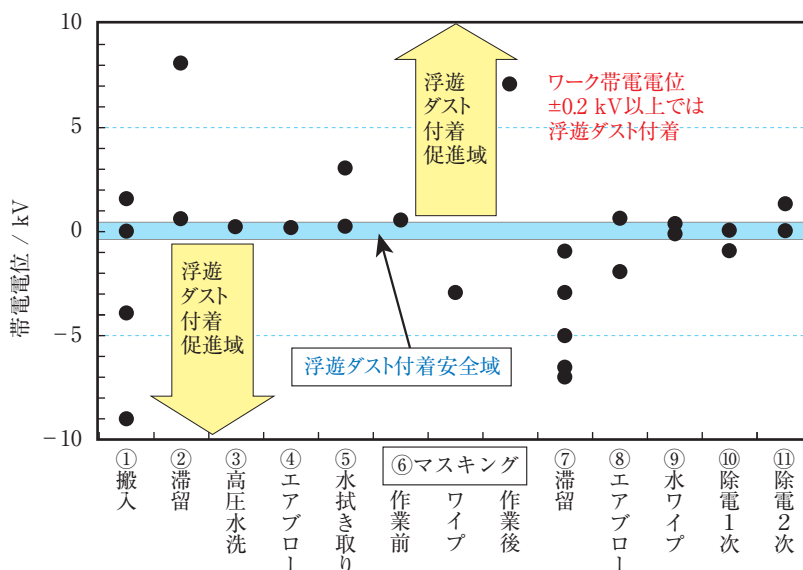


図4 下地処理の各工程での帯電電位測定事例

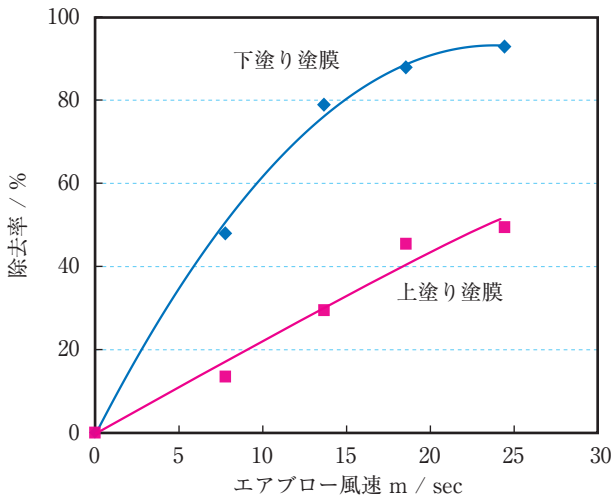


図5 エアブロー風速とゴミの取れ易さ

除去でき、ワイプ材が素材から離れるときにおいても被塗面にゴミが残りにくい。拭き方にテクニック（強く押し付けないことや、拭き止まりを避けるなど）は必要であるが、使いこなすことができれば非常に効果的である。注意点としては、素材・塗面によってはこのワニスガーゼで帯電させゴミブツを誘発させたり、粘着材が下地汚染してしまい次工程塗膜の品質低下に繋がる場合があり、ワイプ材の選定～試行テストを踏まえ導入することを推奨する。

7.2 加湿と浮遊粒子

浮遊粒子の管理に塗装エリアやその周辺において湿度管理を推奨している。湿度が比較的高い環境では、空気中の浮遊粒子が減少することがわかっている。塗装ラインではミストスプレー装置等を導入している場合が多い。理想としてはグレーチングを施して水を張ることだが、床への水撒きも効果的で、人工芝などと併用すると管理しやすい。

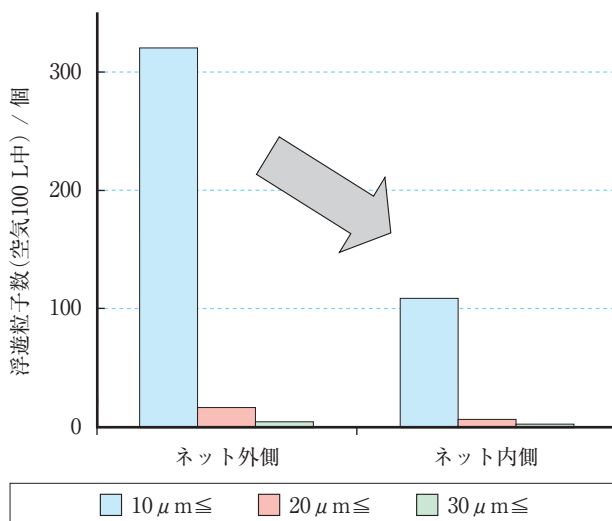


図6 防塵ネットの効果

7.3 防塵ネットによる効果

浮遊粒子を抑える手法のひとつに防塵ネットがあり、その効果を確認した。粘着剤を塗布したネットを設置し、前述のパーティクルカウンタを用いてネットの内側と外側の浮遊粒子数を比較した(図6)。管理方法としては、防塵ネットの粘着性がなくならないように定期的に塗布あるいは交換するといったメンテナンスが必要である。

8. 今後の活動に関して

ラインの塗装品質向上サイクルは、まず基本となる塗装品質データを取ることから始まる。塗装不良内容のデータを取り、品質を見える化する。そして対策項目の実施と管理状況をチェックし、対策後の効果を確認する。このサイクルを回した結果から対策項目と管理の見直しを行う。この品質向上のサイクルを定常化し、都度対策項目の維持や見直しを進めていくことが直行率向上に必ず繋がると考える(図7)。

今後は診断技術を高めて更に精度の良い調査を目指すとともに、塗装品質に有効な工程、塗料について継続して研究を進めていく所存である。

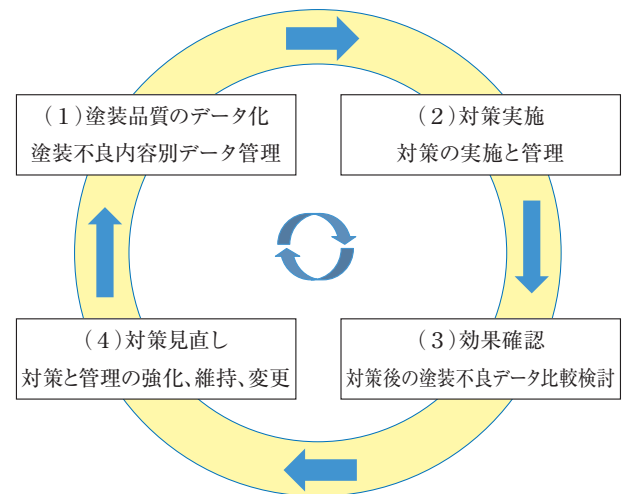


図7 ラインの塗装品質向上サイクル

参考文献

- 1) 津田益二、鏡山真行、岩村達也：塗料の研究、151、54-57(2009)