

粉体塗料の特長と市場動向

Characteristic and Market Trend of the Powder Coating



塗料事業部門 金属焼付塗料事業部
テクニカルサポートグループ
Coating Business Division,
Metal Baking Coatings Department,
Technical Support Group

心光 秀忠
Hidetada SHIMMITSU

1. はじめに

近年、VOC(Volatile Organic Compounds:揮発性有機化合物)排出抑制などによる環境保全や労働安全衛生法施行令労働安全衛生規則などが改正・施行され、GHS(Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals:化学品の分類および表示に関する世界調和システム)の表示など、人への健康を配慮した高品質な塗料提供が当たり前となってきた。このような状況下、特に環境配慮の観点から有機溶剤を含まない粉体塗料は水系塗料とともに、今最も注目されている塗料である。

粉体塗料は文字通り、粉体状の塗料であり、従来の溶剤形塗料にはない数々の特長を持った、人と地球に優しい焼付形塗料である。

本報では、このように注目されている粉体塗料の特長を中心に概論を述べ、今後の粉体塗料市場についての動向について解説する。

2. 粉体塗料の特長

一般的な粉体塗料の長所について下記の通り述べる。

<環境に優しく比較的安全>

- ・有機溶剤を使用しないので、大気汚染(VOC対策)、水質汚濁防止になり、人体への影響が無い。
- ・乾式の塗装ブースが使用できるため、水質汚濁やスラッジなど産業廃棄物の削減が可能。

<安定した高い品質>

- ・溶剤形塗料と比較して塗装機の自動化が容易で、塗装トラブルが少ない。
- ・塗装環境(温度・湿度)の影響を受けにくい。
- ・物理性能、耐食性、耐薬品性などに優れた強靱な塗膜性能を有する。

<経済的>

- ・塗装時、被塗物に付着しなかった塗料は、回収して再利用できるので塗料の有効使用率が高い。
- ・溶剤形塗料とは塗膜形成過程が異なるため、セッティングスペースが不要で高温短時間焼付が可能。そのため、省スペース・コンパクトにした塗装設備を設置できる。
- ・厚膜塗装が容易なため、溶剤形塗料のように何回も塗り重ねる必要がなく、塗装・焼付工程が少ない。
一方で、粉体であるが故、溶剤形塗料とは異なった短所もある。一般的な粉体塗料の短所を下記に示す。
- ・焼付温度が比較的高温で、塗装基材にも制約がある。塗装時の使用エネルギーが比較的高い。

- ・薄膜仕上げに限度がある(30 μ m以上必要)。
- ・ライン塗装での色替えに時間がかかる。
- ・複雑な工程や調色などに工数がかかるため、塗料の生産納期が長い。

これらの短所(課題)を克服していくことで、用途が広がり、さらなる粉体塗料市場の拡大を見込むことができる。

3. 粉体塗料の種類

粉体塗料は表1に示すように、大きく「熱可塑性」と「熱硬化性」の2種類に分けられる。前者は、塗装時に220 $^{\circ}$ C以上の温度で基材に付着している粉体塗料を溶融後、冷却固化して塗膜にするタイプであり、後者は熱により架橋反応させて塗膜にするタイプである。一般的に、前者は樹脂メーカーが、後者は塗料メーカーが提供している。

表1 粉体塗料の種類

粉体塗料の種類	具体例
熱可塑性粉体塗料	塩ビ粉体塗料 ポリエチレン粉体塗料 ナイロン粉体塗料
熱硬化性粉体塗料	エポキシ系粉体塗料 エポキシポリエステル系粉体塗料 ポリエステル系粉体塗料 ふっ素樹脂系粉体塗料

塗料メーカーが提供している熱硬化性粉体塗料について樹脂別に解説する。

3.1 エポキシ系粉体塗料

エポキシ系粉体塗料は、一般的にビスフェノールA型固形エポキシ樹脂を、ジシアンジアミドなどのアミン類や酸無水物およびフェノール樹脂などで反応硬化させるものである。本塗料樹脂系の特長として、優れた防食性、密着性および耐薬品性が挙げられる。しかし、耐候性が劣るため、埋設管の内外面や自動車の足回り部品など、紫外線の影響が少ない金属製品に使用されている。

3.2 エポキシポリエステル系粉体塗料

海外では「ハイブリッド粉体」と称されている粉体塗料で、エポキシ樹脂と酸末端ポリエステル樹脂を触媒下で反応させる。用途として、外観に優れたつや消し塗膜が形成できるため、意匠性を求める分野への使用が多い。しかし、エポキシ樹脂を使用しているため、前述同様耐候性に劣り、屋内用の鋼製家具や家電製品を中心に使用されている。

3.3 ポリエステル系粉体塗料

硬化剤の種類として、①ブロックイソシアネート、②TGIC(トリグリシジルイソシアヌレート)もしくは③HAA(β -ヒドロキシアールキルアミド)を使用している粉体塗料であり、現在、日本国内では①ブロックイソシアネートを硬化剤としたタイプ(ウレタン硬化形)が主流である。しかし、(1)焼付工程で、硬化剤中のブロック剤が炉内に飛散してヤニや煙が発生する(2)硬化剤自体のブロック解離温度(反応開始温度)が170 $^{\circ}$ C前後と比較的高温を要するなどの課題がある。

そのため、160 $^{\circ}$ C前後で硬化し、飛散物質が水蒸気である③HAAへの転換が進んでいる。

硬化剤として②TGICを使用している粉体塗料は、日本国内では約1%であるが、欧州では長年使用されてきた。しかし、TGIC自体に皮膚への刺激(かぶれ)の危険性があるため、③HAAへの転換が進んでいる。

3.4 ふっ素樹脂系粉体塗料

溶剤形ふっ素樹脂塗料と同様に長期耐候性に優れ、建築物のLCC(ライフサイクルコスト)の削減および環境対応形塗料として現在注目の粉体塗料であるが、硬化剤はブロックイソシアネートを使用しており、ポリエステル樹脂系と類似の課題を有している。

その他、塗膜物性(密着性など)を向上した、ふっ素樹脂とポリエステル樹脂の両方を配合した「ふっ素樹脂/ポリエステルハイブリッド形粉体塗料」が開発、実用化され、近年注目されている。

4. 粉体塗料の製造方法

粉体塗料の製造方法は溶剤形塗料とは全く異なる。当然ではあるが、液状ではなく固体(粉体)であるため、溶剤形塗料の製造設備とは全く異なる専用の製造機械が使用されている。

現在、最も一般的な熔融混練法による製造方法の概略を図1に示し、個々の製造工程について解説する。

①原料の仕込み

樹脂・硬化剤・顔料・添加剤などを秤量し仕込む。

②予備混合

固体原料を高速攪拌機で予備混合し、各原料粒子の大きさを揃え、均一に分散する。この時、塗料の発色性がほぼ決定される。

③熔融混練

均一に混合された粉末状の原料を、熔融混練機(エクストルーダー)へ投入し、加熱(100~120°C)・加圧し、熔融状態で混練し、成分を均一に分散させる。

④冷却

熔融状態の半製品を冷却コンベア上(冷却ロール、冷却ベルト)でシート状に冷却固化する。

⑤粗粉碎

シート状に固化した半製品をクラッシャ(粗粉碎機)でペレット状(5~10mm)に粗粉碎する。

⑥微粉碎

ピンミルやハンマーミルなどの粉碎機で、ペレット状の

半製品を最適粒度へ微粉碎化する。

⑦分級

微粉碎された粉体塗料をサイクロンおよび分級機(振動ふるいなど)を用い、一定の粒度範囲(粒度分布)にそろえる。

⑧充填梱包

分級された粉体塗料を定められた梱包資材へ充填梱包し、製品として出荷する。

なお、倉庫内での保管・輸送時も高温・多湿状態では、粉体塗料粉末同士の融着・固着によりブロッキングが生じるため、冷却保管(30°C以下)が必須となる。

また、粉体塗料の調色は、一般的な液状塗料の様に調色原色を用いて混合調色する生産システムとは異なり、①原料の仕込み、②予備混合の時点で調色工程を完了させる必要があるため、前述したように工数がかかる。

5. 粉体塗料の塗装方法

粉体塗装は、工場ラインなどで行われる焼付形の工業塗装であり、屋内での塗装、焼付および成膜が基本である。粉体塗料の代表的な塗装方法は「吹き付け法」と「浸漬法」に分けられる。本報では、その中で最も代表的な2種類の静電吹き付け法(コロナ帯電式塗装法、摩擦帯電式(トリボ)塗装法)および流動浸漬塗装法についてそれぞれ解説する。

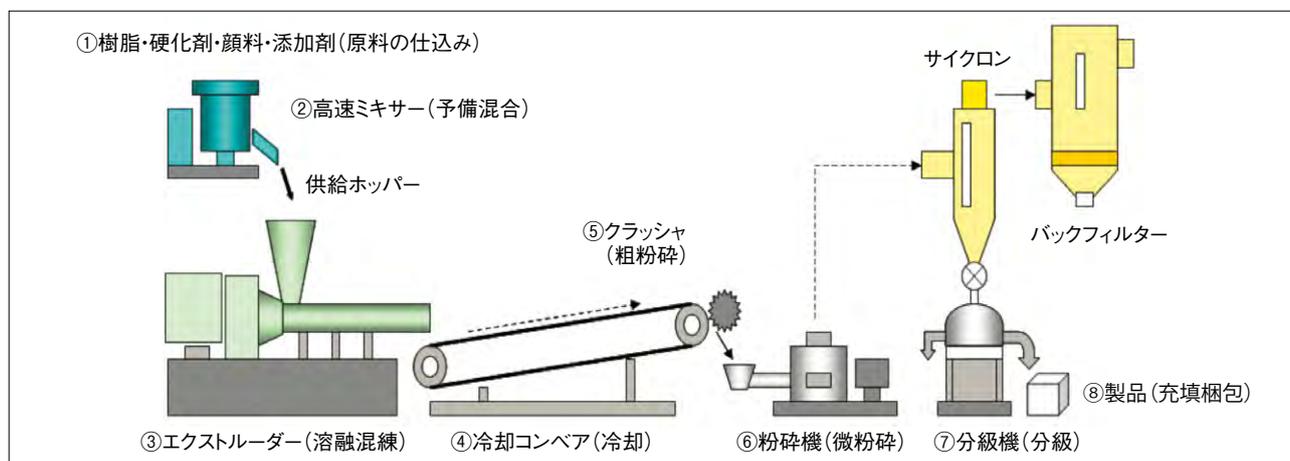


図1 粉体塗料の一般的な製造工程

5.1 コロナ帯電式塗装法

塗装機先端に高電圧(通常-50~-100kV)に印加したコロナピンで、ガン先から吐出する粉体塗料粒子を強制荷電(マイナス荷電)させ、アースされた被塗物へ電氣的に付着させた後、加熱して成膜させる塗装方法である(図2)。

この塗装方法は塗装ガンの構造が簡単で塗着効率がが高く、安定した膜厚も得られることから最も普及している塗装法である。これまで、本塗装方法の欠点として、凹部入り込み不良(ファラデーケージ効果)や静電反発(逆電離現象)があったが、状況に応じて荷電電流制御できる技術や塗装機のノズル形状の検討により、改善されつつある。

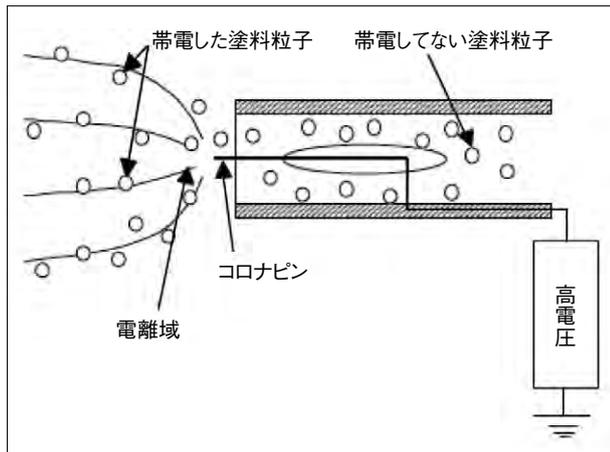


図2 コロナ帯電塗装法の構造

5.2 摩擦帯電式(トリボ)塗装法

本塗装方式は、コロナ帯電式塗装法のように、高電圧発生機やコロナピンを使用せず、塗装機内部の樹脂内壁とそこを通過する塗料粒子の接触摩擦で起こる電荷移動で塗料粒子を帯電させる(図3)。被塗物への塗着後は、コロナ帯電式塗装法と同様に加熱し熔融成膜させる。本塗装方法の特長は、コロナ帯電式塗装法のように静電界やフリーイオンが発生しないため凹部への塗着性が良く、複雑形状品への塗装や薄膜高外観を要求される用途に適している。

一方で、摩擦帯電しにくい塗料には不適である上、高温多湿な日本においては湿度の影響を受けやすいため

汎用性に劣るという欠点がある。

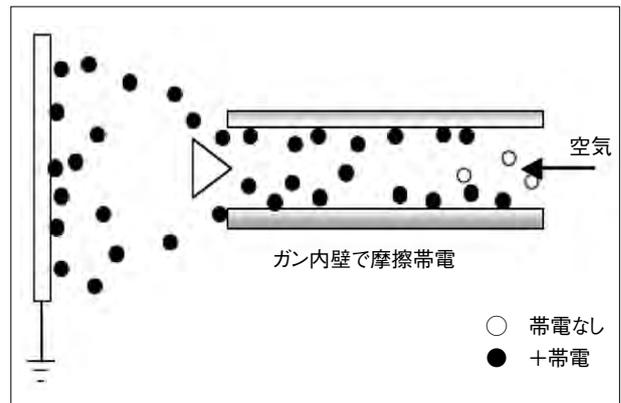


図3 摩擦帯電(トリボ)塗装法の構造

5.3 流動浸漬塗装法

底部に多孔板を持った流動タンク内に粉体塗料を入れ、エアーを下から吹き込み塗料を流動化させる。流動中のタンク内に予熱された被塗物を浸漬することで塗着させ、そのまま成膜させる塗装方法である(図4)。

予熱・流動浸漬塗装のため、被塗物の形状や大きさ・板厚などに制約を受けるが、200~1000 μ m程度の厚膜塗装が容易にできるため、水道用部品などの重防食分野で採用されている。

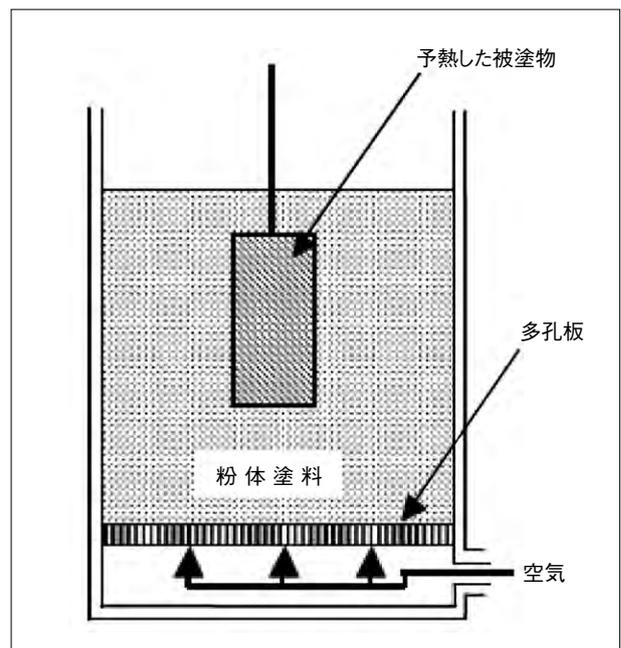


図4 流動浸漬塗装法の構造

6. 機能性粉体塗料

粉体塗料の適用分野の拡大に伴い、優れた機能性を持った粉体塗料も開発されている。主なものについて下記に示す。

6.1 低温硬化粉体塗料(LBシリーズ)

粉体塗料は一般的に溶剤形塗料よりも高温焼付けが必要であるため、より低温硬化を目指した粉体塗料が研究開発されている。

代表例としては、エポキシポリエステル系粉体塗料(140°C×20分(被塗物温度×保持時間))、ポリエステルウレタン系粉体塗料およびポリエステルHAA系粉体塗料(160°C×20分)が挙げられる。

6.2 抑発泡性粉体塗料(GFシリーズ)

どぶ漬亜鉛めっき鋼板やダイキャストおよび溶射板など、焼付塗装では発泡しやすい素材に対して開発されたもので、上記素材分野での適用が行われている。

6.3 エッジカバー性粉体塗料(ECシリーズ)

素材端面やバリ、角部分に対し、塗膜カバー性を飛躍的に向上させた粉体塗料で、1コートでエッジ部の被覆を向上させ防錆性に優れた塗膜を形成する。図5に

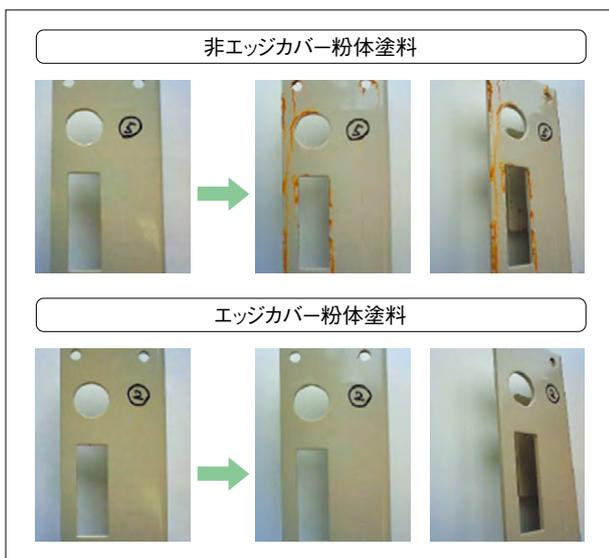


図5 エッジカバー性粉体塗料の発錆試験結果

示すように、耐中性塩水噴霧試験で基材エッジ部からの発錆を抑制することができる。

6.4 ボンディングメタリック粉体塗料

金属調塗膜が得られるメタリック粉体塗料製造方法としては、大きく分けて「ドライブレンド方法」と「ボンディング方法」がある。

前者は、ベース塗料となる粉体塗料と光輝顔料(アルミ顔料など)を単に混ぜ合わせただけであり、後者は、ベース塗料となる粉体塗料に光輝顔料を接着剤や熱により貼り付けた方法である。

ドライブレンド方法は安価であるが、静電塗装時に帯電特性の違いから、ベース塗料と光輝顔料の被塗物への塗着量が異なるため、未塗着の回収粉はベース塗料と光輝顔料の混合比が新粉と異なっている。よって回収粉使用時の仕上がり外観が、新粉使用時と大きく異なってしまうという欠点がある。

一方、ボンディング方法はその欠点をベース塗料に光輝顔料を貼り付ける技術で克服し、回収粉使用時も仕上がり外観に影響しない。

7. 粉体塗料の市場および今後の動向

粉体塗料が日本に紹介され40年以上が経過し、表2に示すように様々な分野にて使用されている。約20年前に耐食性を考慮したエポキシ系粉体塗料が自動車部品や水道管などに採用され、その5年後には屋内美装品を意識した分野(鋼製家具や家電製品など)へ適用が広まった。

そのさらに約5年後には、高耐候性ポリエステル系粉体塗料が開発され、ガードレールや信号機、自動販売機などへ採用された。その後、焼付温度の低温化が検討され、建機・産機などのように耐候性と肉厚部材への焼付けが必要とされる分野への適用が拡大していった。

さらに、より耐候性の必要なビル建材(カーテンウォール)分野への適用が本格化し、その本命として、ふっ素樹脂系粉体塗料が挙がっている。その期待対応年数

表2 粉体塗料の使用分野

使用分野	使用例
建築・建材	フェンス、門扉、手摺り、面格子、住宅鉄骨、シャッター、カーテンウォール、パーテーション、雨樋金具、鉄筋バー
電気・通信	レンジ、レンジフード、エアコン、冷蔵庫、洗濯機、暖房機、ミシン、冷凍ショーケース、照明器具、配電盤、発電機、モーター、電話機
自動車・車輛	ボディ、ワイパー、スプリング、ホイール、ブレーキドラム、ブレーキパッド、オイルフィルター、エンジンブロック、ルーフレール、ドライブシャフト、トラック荷台部分、電車内装ポール類
道路資材	ガードレール、ガードパイプ、橋梁手摺り、欄干、標識用ポール、信号機
水道・ガス資材	鋼管、鋳鉄管、異形管、ニップル、仕切弁、継ぎ手、ガス給湯器、水栓金具
鋼製家具	机、椅子、陳列棚、書架、ロッカー、業務用ワゴン、ベッド
建機・産機	パワーショベル、フォークリフト、FA機器、工作機械、ポンプ、農業機械
その他	医療機器、現像機、精密機器、IT機器、事務機、消火器、ガーデニング用品

は20年以上になり、粉体塗装もLCCを意識した超耐久性塗装仕様の時代がいよいよ始まると思われる。

日本国内での粉体塗料の出荷数量は2005年に3万t/年を超え、2015年は4.4万t/年に至っている。このように粉体塗料は溶剤形塗料の伸びを上回って僅かずつではあるが確実に伸びてきており、全塗料に対する割合は3.5%となっている(経済産業省統計調べ)。

一方、海外に目を向けると、欧州においては多くの国々が隣接しているというその地域性による環境保全意識から、高い成長率で伸び、全塗料に対する粉体塗料の割合は約4%強となっている。特にイタリアでは全塗料中約9%が粉体塗料である。

また、アジアにおいては2000年頃からの中国やインドなどの著しい成長の影響を受け、ここ20年で20倍の数量まで成長し、世界の粉体塗料消費の49%は既にアジアが占めている(2012年、PCI:北米パウダーコー

ティング協会調べ)。一部ではビル建材へのふっ素樹脂系粉体塗料の塗装も実施されており、日本の最新動向と極東地区動向がほぼ同じ動きとなってきた傾向がある。

8. おわりに

また、今後広がり契機となりそうなのが、2020年に開催される東京オリンピック・パラリンピックの関連施設への採用で、大規模施設の外装の塗装仕様に粉体塗料が候補に挙がっている。

この傾向は今後益々強くなると考えられ、粉体塗装もグローバル化がさらに進むものと考えられる。

参考文献

- 1) 塗料報知新聞社:粉体塗装技術要覧
第4版(日本パウダーコーティング協同組合)
- 2) (社)色材協会:第54回塗料入門講座講演集
(粉体塗料のはなし)
- 3) 日本パウダーコーティング協同組合ホームページ