

## 塗料オフライン その1

### 1. 常乾塗料について

今回は、常乾塗料について解説する。

塗装後、放置しておけば、溶剤が蒸発して、硬化し、固まる塗料を常乾塗料と言う。

常乾塗料には、調合ペイント、ラッカー、水性エマルジョンペイント、2液形のウレタン樹脂塗料やエポキシ樹脂塗料などがある。主に、建築や土木工事などの屋外塗装や建設機械などの大型機械や電車、バスなどの大型車両、更には大型の産業機械などに塗られる。

塗り易さ、独特の仕上がり感、素材隠蔽性、厚膜性など、焼付塗料にはない魅力がある。例えば、DIYで一般の人も感じる「塗りの心地よさ感」が何とも言えない。そのため、現在でも油性ペイントやフタル酸樹脂塗料は、屋外塗装中心にまだまだ、多くの需要がある。

ただ、何でも簡単に塗ることができてしまうため、錆部や脱脂不良部、溶接部の未処理部、結露部にそのまま塗ってしまい、後で、点錆やフクレ、ハガレを起こしてしまう例が後を絶たない。どんな塗料でも塗る前に素地を「清浄」にするのが基本である。

一方で、常乾塗料を工業塗装ラインで塗装する場合は、比較的乾燥が速いウレタン樹脂塗料でも、塗装後に触ったり、重ねられたり、加工工程が入ったりするため、放置して乾燥するまで待つてはられない。そのため、強制乾燥の工程を入れることになる。

強制乾燥とは、溶剤をいち早く蒸発させ、酸化重合やイソシアネート反応などを加熱により、促進させることである。

一般に強制乾燥温度は、素材温度で80℃以下である。それ以上では使われる樹脂の特性上、黄変しやすくなる。また、光沢のバラツキも顕著となる。このように80℃を超える付近から、平滑性に寄与する溶剤蒸発や樹脂軟化、また、樹脂、硬化剤の黄変が不均一に発生してしまう。それは、表面の樹脂劣化にも繋がるため、初期段階での塗膜欠陥が起きやすくなる。

次に、工業塗装ラインでは、強制乾燥後の冷却（クーリング）もまた重要である。

ライン脱荷時の素材温度が高い場合、まだ、塗膜は柔らかく、ハンドリングでのキズ、粘着が起りやすい。それを防ぐため、早期に素材温度を35℃以下にする必要がある。冷風にしなくても風量が効果的である。すなわち、部材表面近傍空気の入替えである。

ただし、ハンドリングが改善したからと言って、すぐに段積みにしたり、外に放置すると白化やフクレ、水滴跡が発生してしまう場合がある。塗膜硬化の終了までには、10日以上、中には2～3ヵ月も要するものもある。塗料会社とよく相談すべきである。

現在、工業塗装ラインの常乾塗料と言えば、ウレタン樹脂塗料である。自動車補修分野において、ラッカーの代替として普及したため、平滑で光沢もあり、硬度もある程度ある。また、耐候性も優れている。

欠点としては、2液形であることであり、2液混合機の設置や維持の費用がかかり、また、硬化剤の入れ間違いや混合不足を起こしやすい。

硬化剤の入れる量を間違えて、眠られない夜を過ごした方も多いと思う。遠い異国の地に思いを馳せるのであるが、産業機械関係では後の大きなクレームはあまり聞こえてこない。常乾塗料の強みなのか。しかし、プラスチック関係では密着不良によるハガレや変色などのクレームをよく聞く。

2液形ウレタン樹脂塗料は高性能である。それには、イソシアネート硬化剤を規定どおりに入れて十分に攪拌することが必須条件となる。私たちは工業塗装のプロであるという自覚を忘れてはならない。

次回は焼付塗料について解説したい。

(鈴木 譲)

## 塗料オフライン その2

### 1. 焼付塗料について

今回は、焼付塗料について解説する。

塗装後、焼付乾燥で硬化反応する塗料を焼付塗料と言う。焼付塗料と言えば、焼付メラミンである。それは、アルキドメラミン樹脂塗料が一般的であって、アミノアルキド樹脂塗料ともいう。アルキド樹脂がアクリル樹脂に替わるとアクリルメラミン樹脂塗料、その中間の位置づけとしてポリエステルメラミン樹脂塗料がある。工業塗料分野ではポリエステル樹脂はアルキド樹脂ほどの量ではないが脂肪酸(植物油)で変性されている。まったく、脂肪酸のないものはオイルフリーポリエステル樹脂として、プレコートメタル(PCM)用の200°Cを超える高温短時間焼付条件で使われる。

アルキドメラミン樹脂塗料は、農機具、家電、配電盤、鋼製家具などに塗られている。常乾塗料のアルキド樹脂塗料と同じく、塗装作業性は比較的良く、室内向けのワンコートとしても需要が多い。一方、アクリルメラミン樹脂塗料は、高性能焼付メラミンとして、白物家電や屋外製品に塗られることが多い。ただし、黄変性や耐候性は良いが、たれ易く、膜厚が付きにくく、価格も高くなる。しかも焼付温度が150～160°Cとアルキドメラミン樹脂塗料に比べて20～30°C高くなる。それが乾燥設備への負荷になる。そのため、近年では、性能と作業性、コストのバランスがとれたポリエステルメラミン樹脂塗料が普及し始めた。

下塗りとしては、エポキシメラミン樹脂塗料がある。塗装工程として、エポキシメラミン樹脂塗料の上のアルキドメラミン樹脂塗料が工業分野での標準仕様であった。最近では、エポキシ電着塗料にだいたい置き換わっている。別に、メラミン樹脂が入らない高分子エポキシ樹脂塗料がある。油圧部品向けとして120°C程度の乾燥温度で高防食が得られる。これを強制乾燥タイプのラッカー型エポキシ樹脂塗料と呼ぶこともある。したがって、焼付塗料ではない。

メラミン反応系以外では、メラミン系の欠点である塗膜からのホリマリン放散防止対策として、ブロックイソシアネート反応系がある。常乾2液ウレタンの焼付版で、塗料中において、イソシアネートはアルコールやケトン系の溶剤をブロック剤とし、熱をかけるとそのブロック剤が外れて反応を開始するのである。近年、一液型焼付ウレタン樹脂塗料として上市されている。イソシアネート配合により、価格は高くなるが、高性能である。更には低温解離しやすいブロック剤や特殊触媒を配合することで低温焼付化も図られている。他に自動車分野において、酸性雨対策として酸エポキシ反応系があるが、工業分野では、フッ素樹脂塗料と同様に、塗装される機器の寿命、コストの観点から用途が限定されてしまう。

焼付塗料の課題は、塗装作業性にあったが、最近では、静電塗装や塗装ロボットが導入され、人手は最後の補正ぐらいになっており、複雑な形状の部材でも問題なく塗装できるようになってきた。性能面では、仕上り性、耐久性、特に耐候性が課題となる。勢い余って、自動車外板用塗料を持って来いという客先もあろうが、単品では、工業塗装には向かない。自動車は電着から上塗りクリヤーまでの工程があつての仕上がり、塗膜性能であるからである。

その点、GA材(合金化亜鉛メッキ鋼板)ではあるが、リン酸亜鉛処理被膜の上のアクリルメラミン樹脂塗料のワンコートで10年も屋外で頑張れるのはすごいと思う。しかも、クリヤー塗装や水洗、ワックスなんかしない。

最新動向としては、各社とも低温一液型焼付ウレタン樹脂塗料や高耐候性ポリエステルメラミン樹脂塗料で更なる進化を図っている。

次回は電着塗料について解説したい。

(工塗連事務局 鈴木 譲)

## 塗料オフライン その3

### 3.1 電着塗料の概論

今回は、電着塗料の概論について解説する。

電着塗料とは、塗料の浴槽に電流を流すことによって、被塗物に塗料の固形分を析出させ、焼付けることによって塗膜を形成させる塗料を言う。

カチオン電着塗料は、塗料がプラスに荷電して、マイナス側の被塗物に析出する。また、アニオン電着塗料は、塗料がマイナスに荷電して、プラス側の被塗物に析出する。電着塗料普及の初期段階では、塗料がマイナスとなるアニオン電着方式であったが、電着時、被塗物からの錆の原因となる鉄溶出が起りやすいため、カチオン電着方式に置き換わった。ただし、アルミサッシでは、アルマイト被膜（陽極酸化）がカチオン電着の析出時に破壊されやすいため、現在もアニオン電着塗料が使われている。

カチオン電着塗料には3つの技術が使われている。

一つ目は、塗料の水性エマルジョン化技術である。そこには、高分子エポキシ樹脂と硬化剤としてブロックイソシアネートが配合されている。浴塗料中で安定するエマルジョン粒子の水溶化技術は、各社のノウハウである。白く見えるエマルジョンにはカチオン化や粒子径 $0.15\mu\text{m}$ 以下にするための樹脂合成や製造技術などの多くの技術が詰まっている。

また、これに混合して使う顔料ペーストも着色顔料、防錆顔料、硬化触媒などを分散剤（樹脂）で包んだ状態になっている。工業用電着塗料では、貯蔵期間が長いため、製品沈降防止対策として製品粘度を上げた設計になっている。

二つ目は、UF (ultrafiltration) 濾過装置で作られる口液を洗浄に利用することである。これは、塗料循環中のUF濾過装置に圧力をかけ、UF膜を通して固形分0.5%以下の透明な口液を抽出するもので、それを使って浴槽から出てきた被塗物表面の余分な浴塗料を洗い流すのである。ほぼすべてが浴槽に戻るため、デッピング塗料とは違って、回収率を95%以上とすることができる。

三つめは、隔膜電極である。カチオン電着塗料のエマルジョンは酸で中和され、電解質状態で水溶化している。電流が流れると、プラスにイオン化されたエマルジョンは被塗物に析出し、残った酸はマイナスイオンとして、プラスの電極に移動する。電極は隔膜というイオン交換膜で覆われており、その中の電極液は移動してきた酸によってpHが低下する。しかし、濃度管理によって、水で希釈され排水されるため、浴塗料に高濃度の酸が戻ることなく、常にpHが一定となるのである。

一般的にはカチオン電着塗料と言えば、エポキシ電着塗料で、下塗りや下回り部品に使われる。一方、室内向けの上塗りとしてのアクリル変性エポキシ電着塗料、屋外向けのワンコートアクリル電着塗料もあるが、色替えが頻繁にできないため、配電盤やエアコン室外機などに限られる。電着塗料に限らないが、エポキシ樹脂成分比率が少なくなれば、変色も少なく、耐候性もよくなる。しかし、その分、防食性が劣っていくことになる。

エポキシカチオン電着塗料は、塗れば、自動車並みの高防食が得られるという神話のもとに大型機械や厚板材にも採用されるようになった。また、ドブ漬け溶融亜鉛メッキ鋼板、黒皮鋼板、アルミなどのダイキャスト、果ては焼結金属までもに塗装の範囲を広げている。

確かに、高性能となる高分子エポキシ樹脂のイソシアネート硬化系で、隅々まで塗れる。また、塗膜が固いという点で、溶液型の塗料より優位であるが、上記の素材では、キズが付けば、意外に腐食が進行してしまうことを覚えておく必要がある。また、端面や穴部、板合わせ部のある部材の電着塗装においては、電着塗料・塗装の特徴を十分に理解する必要がある。

次回はその電着塗料・塗装の特徴に由来する不具合とその対策について解説したい。

(工塗連事務局 鈴木 譲)

## 塗料オフライン その4

### 3.2 電着塗料の不具合と対策

電着塗装の仕上がり不良はほとんどが電着時の塗料析出の不良である。水だけの浴槽に電流を流すと被塗物（陰極）で電気分解が起こる。その時に水素ガスが発生する。正常な浴塗料は被塗物表面で、塗料析出によって電流を流す（クーロン収量が目安）。しかし、不良発生時には、塗料析出よりも水の電気分解が優先してしまう。それが、激しくなるとピンホールや異常析出（プレーグ）となる。また、膜厚差が大きく、光沢バラツキも発生する。また、電圧を上げて膜が付かない。水の電気分解だけに電流が使われているのである。

その異常析出を起こすのは、塗料の劣化である。仕上がり不良の原因として、前処理の不良や、設備、水洗不良や乾燥炉が挙げられるが、浴塗料が安定で、しっかり析出すれば、それらによる不良は発生しないか、簡単に解決してしまう。

塗料劣化の原因として挙げられるのは塗料置換率である。よく使われる用語にターンオーバーがある。現在の浴塗料の固形分に対して同じ量の補給をした時、1.0ターンオーバー（1 T.O）という。実際には古い順番で塗料が消費されないため、1 T.Oの置換率は100%ではなく、約65%と言われている。工業塗装ラインの場合、1 T.Oが6か月以内であれば、適正ラインであり、電着不良はあまり発生しない。

T.Oが長い原因は、壮大な夢を持って作った大きな電着浴槽と生産の計画倒れである。対策は塗装量を増やすか、電着槽を小さくすることであるが、ライン設計段階で、T.Oを考慮しながら大きな部材をどれだけ別ラインで塗装するかを考えることである。自社のラインでできなければ、他社にお願いするのも我々協同組合の強みであると思う。

他に塗料劣化の原因として、防錆油、脱脂液、化成液の持ち込みがある。いずれも浴塗料中のエマルジョンを破壊して水に溶けないようにしてしまう。即ち溶剤型塗料の塊になってしまうのである。また、脱脂、化成液のプラスイオンは塗料の析出を妨げ、被塗物表面での水の電気分解を促進させる。こうなってしまうと異常析出が出るやら、循環フィルターが詰まるやら、UFは詰まるやら、沈降、水洗不良とすべての不良が起り出すのである。あげく、素材粗さ、化成被膜不良も捨ってしまうようになる。ライン止めますか。不良の山を作りますかのどちらかの決断に迫られる。

応急処置として、混入物や生成物を除去するためのUF口液の廃棄や清掃、塗料の一部廃棄などをやることになるが、そうなる前に電着浴槽への持ち込みを如何に減らすかを常に考えていなければならない。これがライン担当者の腕の見せ所となる。

日常対策のキーワードはバケツ、毛細管現象、水洗である。

バケツは持ち込みの典型である。とにかく溜まらない、流れ落ちることをすべての部材で確認すること、更にハンガー吊り方を工夫することである。次に毛細管現象。これは電着塗装の最大の欠点である。補強材の隙間、スポット溶接部、そしてねじ穴、すべて液体を吸い込む。しかも抜けにくい。そのエッジ部に電流が流れやすく、前処理液があれば電着時に塞ぐ状態となる。それが凝集物として浴塗料に拡散する。また、乾燥時に吹き出すのである。私たちは部材構造を変えることはできないが、隙間を縦方向に吊るしたり、エアブローを集中させたり、できる限りの対策をすることができる。最後に水洗である。表面を洗う液体の濃度に置換することが電着で言う水洗である。最後に脱イオン水で置換するのがベストである。補助として、水流速度やスプレー圧が有効となる。即ち効率化である。簡単に言えば、水置換できない箇所に不良が発生しやすく、後の工程に災いをもたらすことになる。

電着塗装に関しては、他の塗料に比べて受け身部分が多いが電着槽への持ち込みの防止や水洗強化の工夫が私たちのできる改善である。

今回は粉体塗料について解説したい。

（工塗連事務局 鈴木 譲）

## 塗料オフライン その5

### 4. 粉体塗料について

粉体塗料は粉末状で被塗物に静電気で付着し、熱によって溶けて硬化し、平滑な塗膜を形成する。したがって、溶液型塗料のように有機溶剤や水のような溶媒を必要としない。

特に、VOC（揮発性有機化合物）を含まないため、環境にやさしく、非危険物対応である。しかも、蒸発という厄介な現象を伴わないため、温度、湿度の影響は全く受けない。更には、誰が塗っても、タレ、ワキなどの塗装欠陥がでにくいのである。まさに、理想の塗料である。しかし、理想的な塗膜を粉砕して粉体塗料を作っている訳ではない。塗料原料を熱で混ぜ合わせて、それを細かく粉砕して塗料を作っている。そこから課題も出てくる。

また、客先のメイン色を受注している場合は未塗着粉を回収して再利用が可能であり、95%以上の回収率を誇るが、微粉末の比率が多くなると塗着効率が悪くなるため、一部廃棄も必要となる。一方、色数が多い場合は吹き捨て塗装となる。また、平板物が多い塗装では塗着効率80%以上をキープできるが、小物部品で如何に塗着効率を上げるかは、ガン選定、塗装条件とハンガーリングにかかってくる。

粉体塗料の成分は、溶液型塗料と同じで、エポキシ、ポリエステル、アクリル、最近では建材用としてフッ素樹脂もある。ただ、粉として粘性がある油性アルキド樹脂系やメラミン系は不適である。また、粉体塗料は粉製品として貯蔵される。正常な製品でも40℃以上ではブロッキングと言われる粉同士の癒着が起るため、30℃以下で管理する必要がある。このため、粉体塗料に固さが求められ、塗膜の柔軟性付与や更なる低温化の障害となっている。

また、硬化剤は屋外向け用途として、BNCO（ブロックイソシナネート）が使われる。これは、熱でブロックしていた溶剤が外れてイソシアネートが反応する。したがって厳密にはVOCゼロではない。BNCOは電着や焼付ウレタン塗料にも使われている。近年は、HAA（β-ヒドロキシアルキルアミド）硬化剤が、VOCゼロ、160℃低温硬化性となるため、日本、EUで普及し始めている。また、TGIC（トリグリシジルイソシアヌレート）は、作業者のカブレ問題があるため、日本であまり製造されていないが、耐食性、耐黄変性に優れるため、アメリカ、中国や新興国で未だに多く使われている。

溶液型塗料では、顔料分散という工程が重要であり、着色顔料を一個ずつまでに細かく樹脂に均一に分散することに拘るが、粉体塗料は原料混練固形分を均一に粉砕していく。あまり、細かくすると静電塗装であっても被塗物に付きづらい。大きいと肌荒れや隠ぺいが不足する。そのため、粒子の中心の大きさは30～50μmが一般的である。

次に、我々、ライン担当者として注意すべき点は以下である。

まず、ブツ、ハジキの問題である。原因は凝集粉や異物の混入である。ガン先、装置回りの定期的な除去清掃も重要である。また、他色の混入不具合も多い。とにかく、粉体塗装はガン周り、ブースの清掃が重要となる。

また、素材処理や化成処理の工程管理も塗膜性能を安定にするため、溶液型塗料以上に注意が必要である。

最近では、厚物や大型部材への適用が多くなっている。溶剤型メラミンのように低温硬化で、しかも、焼き甘でもそれなりの性能を持たすが、粉体では、とたん性能が低下する。逆にオーバーバークで黄変や他色上塗り密着不良も起こすことになる。対策として、熱風乾燥炉に近赤外や遠赤外線乾燥装置を追加することで早期の昇温が可能になり、熱風乾燥炉の温度を高く設定する必要がなくなる。ぜひ、検討すべきである。

粉体塗料は、環境配慮、塗装のし易さ、高膜厚など、今後も増えることは間違いないが、耐候性やキズ、エッジ防食や更なる低温化、また、塗料の製造方法からくる調色、納期対応などに対する革新技術が求められる。

溶液型塗料も電着塗料も元は海外技術である。しかし、日本の技術開発によって世界に誇れる塗料となった。粉体塗料はまだまだ、海外技術だと思う。日本の粉体塗料が世界に誇れる塗料になるためにも、また、我々の塗装ラインで溶剤型塗料を使わずに済むためにも、更なる技術開発、革新を製造会社に期待する。

次回は水性塗料について解説したい。

（工塗連事務局 鈴木 譲）

## 塗料オフライン その6

### 5.1 水性塗料の概論

水性塗料は水で希釈できる塗料である。その成分は、固形分以外はほとんど水である。

建築塗料は、僅かに溶剤が入っているものの、消防法上、引火点のない非危険物である。一方、工業ラインで使われる水性塗料は溶剤が5～10%含まれているものも多く、非危険物以外に指定可燃物という分類になる場合もある。しかし、危険物取扱の規制や石油缶100缶程度では貯蔵の規制はない。火を近づけても水があるため、まず燃えない。同じ指定可燃物である潤滑油、固形燃料とはわけが違う。また、溶剤は、吹付後の仕上がり性向上のために入れられているため、揮発性が低く、作業環境への影響が著しく低い。

水性塗料の樹脂は、塗料の中でエマルションや水溶性、その中間のコロイダルデスパーションという形で存在している。エマルションは新型コロナウイルスの形状のように球状で回りに水に溶ける手を持っている。その手は、石鹼（界面活性剤）か、水に溶けることができる樹脂（親水基）である。また、エマルション粒子は光乱反射し、牛乳のような白色となっている。一方、水溶性は、樹脂そのものが伸びきって溶けている状態で透明である。中間に位置するデスパーションは樹脂の水に溶けない部分が絡み合った状態でやや濁っており、ほどけそうな糸こんにゃくのイメージである。

それでは、工業用の水性塗料は、どんな水性形態が使われているか。これは、各社様々であるが、建築塗料で多く使われる界面活性剤を使った乳化エマルションはあまり使用されない。どちらかという親水基を使ったエマルション、デスパーション、水溶性の混合系が多い。これは、スプレー作業性、仕上がり性と塗膜性能への高い要求からくる。

溶剤型塗料は、溶剤の溶解性、蒸発速度の組合せで、塗料貯蔵、希釈、スプレー微粒化、塗着粘度、仕上がりと様々な溶剤で調整しているが、水性塗料は水だけとなる。そのため、エマルション粒子なら融着を助ける溶剤、水溶性なら溶解を助ける親水性溶剤、ワキ防止など仕上がり向上させるためのやや疎水性の溶剤が配合されている。工業用水性塗料は、水だけでは達成できない各段階での最良の状態を5～10%の特殊な溶剤でカバーしているのである。

かつては、水性塗料と言えば、脂肪酸変性アルキド樹脂の水溶化であった。アミンで中和することで水に溶ける状態となった。そのクリヤーや黒色のデッピング塗料は、膜厚確保とタレ切れのバランスがあることから、鋳物や長尺物などの部品塗装として今も使われている。その後、エマルションが普及してきたが、界面活性剤型のエマルション（ラテックス）であったため、上述のアルキド樹脂の初期乾燥の遅さも重なって、水性塗料は水に溶けるので耐水性も悪いという間違った概念が定着してしまった。

しかし、現在は違う。エマルションは樹脂に親水基を持たせた強制乳化型エマルションとなり、その中に色々な機能を詰め込んだり、溶剤型塗料では塗装できない高分子樹脂を入れることができるようになった。また、水溶性樹脂もアルキドからアクリル樹脂、エポキシ樹脂に替わり、更には、各々メラミン樹脂、アミン系硬化剤を適用することで、溶剤型塗料と同等の塗膜性能の水性塗料が出来上がっている。

現状では、焼付塗料であれば、アルキドまたは、アクリルメラミン系が主流であり、実績もあることから家具、建材、家電などに使われている。一方、常乾塗料の場合は、脂肪酸変性アルキドや揮発乾燥型（ラッカータイプ）のアクリル、高分子エポキシなども実績があり、産業機械や自動車部品に使われている。ただ、常乾塗料で工業分野向けに年間2万t使われているとされる2液型ウレタン塗料については、水性化の課題もあり、その普及が今後の水性塗料拡大のカギを握ると考える。

今回は、この2液形のウレタン塗料の水性化と我々塗装する側からの水性塗料の課題を述べたい。

（工塗連事務局 鈴木 譲）

## 塗料オフライン その7

### 5.2 水性2液形ウレタン塗料と水性塗装について

ご存じのとおり、工業塗装ラインでは、水性塗料の普及が滞っている。むしろ、粉体塗料への切替えの方が多くなっている。

水性塗料の現状として、焼付塗料では、鋼製家具や室内設備向けの艶消しが多い。また、屋外でも電着塗料の上に水性メラミン焼付塗料が塗られるケースも増えている。しかし、常乾塗料の場合は、速乾アルキドプライマーやエポキシプライマーは上市されているが、一番よく使われている2液ウレタン塗料の水性の実績がほとんどない。

遡れば、溶剤型2液ウレタン塗料の前は、速乾フタル酸塗料や速乾アクリル塗料があった。その後、自動車補修分野でウレタン塗料が使われ、その耐久性が認められ、そのまま、車両や工業製品に広がった。今や上塗りとして2液ウレタン塗料を使えば、売る側、使う側がWin-Winの関係となる。また、あらかじめベースと硬化剤を混ぜるのではなく、塗装機のガン先や内部で混合させる塗装機設備も大いに普及している。

2液ウレタン塗料の硬化剤はイソシアネート(NCO)である。これがベースのアクリルのOH基と反応することをウレタン反応と言ってウレタン塗料の名前である。建築分野でよく使われるウレタン樹脂を添加したものは、ウレタン変性アクリル樹脂塗料という。

水性2液ウレタン塗料の場合、この硬化剤のNCOが水と反応しやすいことが課題となる。アクリルと反応する前に水と反応して架橋(網目構造)しないで終わってしまうのである。そうするとラッカー型(架橋がなく水が蒸発して乾くだけ)水性アクリル塗料と同じような塗膜となってしまう。

対策として、NCO硬化剤をエマルションのように包んだり、ブロックイソシアネートのようにアルコールやケトンで仮反応させたりする。また、疎水型のNCOが塗装ガンの中でいち早く、アクリルに取り込ませる方法も開発されている。この場合は、塗装機器メーカーとの共同研究が必要である。そんな中で、採用実績も最近、漸く聞くようになってきた。

今後も、塗料を作る側、塗装する側、塗装機器メーカーが一体となって、更なる改良に取り組めば、水性2液ウレタン塗料が大いに普及していくと考える。そのことで自ずと電着や水性下塗りとの水性塗装仕様として普及していくものとする。

次に、水性塗料の塗装作業である。

工業塗装専業ラインでは、自動車のような空調設備がない。冬場に熱風をブースやセッティングゾーンに吹き込む程度である。

水性塗料は、錆や油、前処理に厳しい。洗浄や後始末が面倒くさい。タレやタマリが起きやすいなど、不満をよく聞く。しかし、きびしい、面倒くさいは、水性塗料だからしょうがないと思うべきである。建築外壁塗装やその塗料を使う建材塗装ラインではもうそういう話の段階は終わっている。

最近の水性塗料で進歩しているのは、タレ対策と凝集処理である。

水で、あの粘度でタレない商品は水性塗料だけである。もちろん、塗装機も必須である。

冬場、雰囲気、5℃でも縦吊り1800mmの板はタレないし、下部タマリも少なく、ワキがない。また、水性ブースの塗料処理も凝集沈殿除去のみが多いと思うが、それも、除去しやすくなり、分離水が再利用しやすくなっている。塗料中心でない水処理メーカーもこぞって開発に取り組んでいる。それだけ、需要があると考えていただいていると思う。

私たち、工業塗装業界も、建築分野と同じく、水性塗料を使いこなす時期にきた。粉体塗料は、焼付温度が150℃限界であり、小回りが利かない。建築用水性塗料は専用工場ができ、調色サービスが拡充し、次々新しい製品が市場に投入されている。一方、自動車補修も、自動車業界の動きに合わせて、水性塗料の動きが大きくなってきている。

作業環境、後継者不足、安全対策からも、水性塗料の普及には、塗料開発、塗装機、需要家を巻き込んだ取り組みが最も重要になってくると思う。

今回は塗装工程について、解説したい。

(工塗連事務局 鈴木 譲)

## 塗料オフライン その8

### 6. 塗装工程について

塗装工程とは、前処理後に、下塗り、中塗り、上塗りで塗られる塗膜の工程である。

前処理は、分野によるが無処理、ブラスト、化成処理がある。下塗りはプライマーや錆止め塗料とも言われ、防錆機能が中心である。電着塗料は今やその代表である。中塗りは、サーフェーサーとも呼ばれ、工業分野では、省かれたり、プラサフとして、下塗りに分類される。また、中塗りは上塗りの隠蔽性を考慮して白や薄いグレー色が多い。

上塗りは耐候性が中心で着色顔料が入った色塗料である。自動車分野では、メタリックベース、クリヤー塗装と区別してソリッドと言う。工業分野では、思い切ったデザインでもない限り、コスト、機器耐用年数からクリヤー仕上げはほとんどない。

基本的には、下塗り、上塗りは同じ樹脂系で、ラッカー下地の上はラッカー、アルキドプライマーの上はアルキド上塗り、ウレタンプライマーの上はウレタン上塗りである。

焼付塗料はほぼメラミン樹脂系である。また、焼付プラサフは、プライマーとサーフェーサーの兼用として普及しているが、3コートのがごりである。

サーフェーサーは車両など主に粗い素材や成形上の凹凸を平滑にするパテが使用されているところで今も使われている。また、塗装工程で、上述のようにお互いの密着性の関係から上下同じ樹脂が基本であったため、ウレタン下塗り、ウレタンサーフェーサーが登場した時には、あえて、サンドペーパー処理をしてから、速乾フタル酸樹脂上塗塗料などが塗られた。その後、ノンサンド型ウレタンサーフェーサーが登場した。

現在、一般工業製品は、下塗り、上塗りの2コートでしかも異なる樹脂系が圧倒的に多い。例えば、速乾アルキド樹脂下塗りの上のウレタン上塗り、エポキシ下塗りまたは、エポキシ電着の上のウレタン上塗りである。

以上のような塗装工程は、屋外向けの高防食、高耐候性、高仕上り性の向上のためのウレタン樹脂塗料や電着塗料の導入、更には上下のウエットオンウエット（下塗りが乾燥しない間に上塗りを塗装する。）などの省力化や速乾性要求などの要求から開発された。

また、中塗りは下塗りと上塗りの樹脂を混ぜることによって、上下の密着が保たれるため、理屈的には成り立つ。しかし、そう簡単には混ざらない。その対策として下塗りの樹脂に上塗りの樹脂を反応でくっつける方法がとられる。いわゆる変性樹脂である。同様に、工業分野の2コート仕様も下塗りの樹脂を上塗りの樹脂系で変性することで中塗りレスを可能にしている。また、下塗り自体の仕上りも以前に比べて大幅に改良されている。

現在、工業分野では、焼付塗料と常乾塗料が組み合わさった電着・ウレタン仕様も普及している。また、従来焼付が避けられた大型厚物部材にも電着・粉体仕様が低温化によって適用されるようになってきた。工業分野の塗装仕様は、高性能化、省力化、環境負荷低減の要求に対して、まさに仁義なき挑戦が続けられている。

今回は、正月休み明けなので、華やかに工業ラインでの色について考えてみたい。

(工塗連事務局 鈴木 譲)

## 塗料オフライン その9

### 7.1 塗料の色について

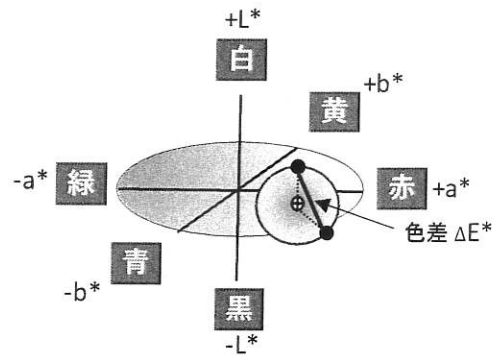
太古の昔、海に最初に生命が生まれた。しかし、生物は強烈な紫外線と熱い赤外線を避けるため、長い間、深海に留まった。やがて、大気ができ、紫外線と赤外線の影響が少なくなった時、神は生物を陸上へと導き、安全な可視光線を認識させることで進化することを許した。

可視光線は、色ごとに波長が決まっているわけではなく、目の網膜にある視細胞が刺激され、脳に色として認識されるという。赤、青、緑の3つの色を感じる視細胞があるが、例えば、赤と緑の両方を感じれば、黄色になる。

塗料などの色材は光を反射する。その光を脳が色として認識する。全ての光が反射されると白と認識される。逆に全ての光が吸収されると黒と認識される。木の葉は光合成に必要な光を吸収して、要らない緑色に認識される光を反射しているだけであり、我々はその要らなくなった光に癒しを感じている。

塗料中の顔料は、酸化チタンの白、カーボンの黒、酸化鉄で結晶構造が異なる赤さび（ベンガラ）と黄土（オキサイドエロー）が中心である。それに、赤と青の有機顔料、最後に黄色が加われば、製品として成り立つ。黄色はかつてはクロム酸鉛という有害物質であった。アイボリーやクリーム色では、白に黄土色を多く入れると色が濁るため、調色最終過程では、こっそりクロム酸鉛（レモンイエロー）で調色するのが匠の技であった。しかし、後で塗膜から鉛、クロムが検出され大騒ぎとなった。

次に色差 ( $\Delta E^*$ ) である。色は図の  $L^*a^*b^*$  の3次元空間の点の位置で表せる。そして、 $\Delta E$  は2つの色の直線距離となる。また、図の中の球で、中心  $\oplus$  が標準色で、 $\Delta E$  1.0 の半径であるとすれば、その球の中にある2つの色はライン管理上、 $\Delta E$  1.0 以内で合格となる。しかし、この2つの色の  $\Delta E$  が1.0 以上になることがある。客先において、ロットの異なる部材を合わせた時によく起こる問題である。確かに、 $\Delta E$  1.0 の半径の球の中にあれば、塗料にとっては合格品である。しかし、私たちにとっては、不合格品とみなされることになる。特に淡彩色となれば、見た目の違いが大きい。対策として前回見本板と今回見本板との  $\Delta E$  が1.0 以内、更には、 $\Delta L^* \Delta a^* \Delta b^*$  の数値が小さいこと（色の方向ブレが少ない）をチェックすることでラインにおける色不具合のリスクが低減される。塗料に対しては、今回ロットは標準見本と前回ロットの間を狙う調色が望まれる。



冬は色不良の季節でもある。炉内温度が上がらないことによる表面温度の不均一化、給排気ダクトの故意の調整、ヤニススの付着やNOXの影響などによる黄変、更には、肌荒れや上下膜厚差による色違いなどが発生しやすくなる。

それぞれに対策はあるが、次回として、まずはこのような不良を十分に認識してライン管理をすることが重要である。

最後に、先輩から聞いた色の面白い話をしてみよう。

今から40年以上前のお阪万博の話である。天才と言われた芸術家がシンボルタワーの白地の赤色を決めるため、ある塗料会社を訪問した。たかが赤ではあるが会社挙げてのプレゼンテーションが行われたが、本人は納得せず、重苦しい雰囲気終了した。帰りがけに塗料づくりに興味を示し、実験室を見学することになった。勉強熱心なのだろうか。いくら気分が晴れたのだろうか。和やかな雰囲気の中で帰ろうとしたその時、その芸術家は実験室の出口に置かれたゴミ箱の中を指差して、建屋全体に響き渡るような大きな声で、「これだー」と叫んだ。そこには赤い塗料の付いた白いウエスが捨てられていた。後日談であるが、その赤はプレゼンテーションで提案されていた赤であった。芸術家にとって色は感覚であり、爆発であった。大阪の万博記念公園に出かけられた時には、この話を思い出してほしい。

次回は黄変について解説したい。

## 塗料オフライン その10

### 7.2 塗膜の黄変について

塗膜の黄変とは何か。

標準色に対して、前回、お話しした色を位置で表す $L^*a^*b^*$ の3次元空間の中で、 $b^*$ 黄色方向に変わることである。即ち、標準色の $b^*$ に対して、その差 $\Delta b^*$ がプラス方向に大きくなるということである。同時に、若干ではあるが $\Delta L^*$ はマイナス、 $\Delta a^*$ はプラス方向にもなる。

黄変は、塗膜の表面が酸化や分解することで、樹脂や添加剤などの構造が変化し、光の反射吸収が変わることで起こる。

私たちが塗装ラインで経験する黄変は、熱や酸化性燃焼ガスによることが多い。

そもそも一般有機樹脂は、180℃ぐらいから黄変し始め、200℃以上では、黄変=劣化の領域となってしまう。

特に油性系塗料は黄変しやすい。配合される油の種類や量によって、黄変しやすさが異なる。したがって、配合量を少なくし、アクリルやメラミン塗料に使う場合は、サフラワー油など黄変しづらい植物油が使用される。

また、エポキシ樹脂塗料も、樹脂構造が発色に影響するため、特に黄変しやすい。

エポキシ電着塗料は、黒では分からないが、グレー色などは黄変が著しい。そのため、工業用エポキシ電着塗料では、本来の防錆、密着性を損なわない程度でアクリルやポリエステルで変性し、また、焼付温度も低温焼付型として、素材温度で160℃以下にしている。

一方、乾燥炉は、燃焼域と区切られている間接炉よりも燃焼雰囲気が入り込む直火炉で、黄変が発生しやすい。その燃焼ガスに含まれる $NO_x$ や $SO_x$ が不均一に表面酸化を引き起こす。また、ヤニススなどの低分子成分の付着によっても黄変する。しかしながら、その直火炉が熱効率の面で工業塗装分野では多いのである。

また、冬場の乾燥炉はバーナーの燃焼回数が増える。また、吸気温度により炉内の温度のバラツキが発生するため、設定温度を上げることになる。それにより、燃焼ガスの停滞やオーバーベーク部分の発生、さらには、塗膜からの低分子成分などヤニスス成分が多くなり、黄変が発生する。

対策として、乾燥炉の設定温度を上げないことが最も有効である。焼付であれば、素材温度の上限で180℃、出来れば170℃、常乾であれば、80℃が適正である。そのためには炉の長さを長くすればいい訳であるがスペースの問題がある。

したがって、どんな条件でも一定時間内に素材表面温度を規定温度にするには、遠赤外ランプや近赤外パネルなどの補助加熱装置を設置して、部材に合わせた対応をとるべきである。

一方、乾燥炉の吸排気の調整、吹き出し口の調整や $NO_x$ ガス対策のための中和薬品設置は永続的な対策にはならない。さらに、予め、納入塗料の $b^*$ 値を下げさせることなどは論外である。

最近では、顧客のニーズへの対応として、板厚の厚いものや長尺ものをラインに投入する機会も多くなっている。結果として、レシプロ速度、距離やガンの吐出量に無理をさせることで、膜厚差や仕上がり肌のバラツキが発生させる。また、前処理の仕上がり不良も起こり、黄サビ(鉄さび)を引き起こす。更に焼付温度の不均一化でオーバーベーク部分も生まれる。このようにラインにおける塗膜の黄変発生は、様々なライン設備のストレスから発生すると言ってよい。

もう一度、昔、塗装ラインが立ち上がったばかりの時のこと(条件)を思い出して、その変化した条件を一つずつ潰していったらはどうだろうか。

(工塗連事務局 鈴木 譲)

## 塗料オフライン その11

### 7.3 塗膜の光沢について

塗膜の光沢とは、光の反射による仕上がり感である。

ISO 2813/JIS K 5600 4.7では、鏡面光沢度として、測定面に対して、垂直方向から60°で光源をあて、正反射する光束を測定する。その場合、屈折率 1.567 のガラスの反射率は10%でそれを光沢度100としている。仮に、完全に正反射すると鏡面光沢度は1000となる。そのため、極めて滑らかな塗膜の光沢度が100を超える場合もある。

60°鏡面光沢度は60°グロスというが、塗面の反射率は、艶ありから艶消しまで、目視的にも相関的な数値を示すため一般的に使われる。一方、20°グロスは高光沢領域で大きく反射率が変化するため、高光沢に厳密な特殊な分野に用いられる。

光沢の領域の名称として、全艶（艶あり、フルグロス）、半艶、全艶消し（マット）があり、その間に7分艶、3分艶がある。建築塗料関係では、7分艶は、60°グロスで65、3分艶は、25などというが、工業製品関係では、業界、顧客の規格を確認する必要がある。

例えば、半艶とは60°グロスで、光沢度は50ではなく、40～50に規定するところが多い。また、光沢度50ぐらいからの目視変化を嫌い、安全を見て35～45にする顧客もある。

一方、全艶、フルグロスの範囲も曖昧である。塗料側からいうと、艶を消していない状態で、フタル酸樹脂塗料なら光沢度85、メラミン焼付で、90前後である。しかも、下塗りのある工程塗膜では、下塗りの吸い込みや粗さで、上塗り本来の光沢を出せない場合がある。

近年は、工程短縮として、中塗りレスやウエットオンウエット（下塗りを簡単に乾燥するか、セッティングだけにする）することが多くなり、さらに上塗りの光沢維持が難しくなっている。その対策として、例えば、焼付プラサフは、一般の下塗りよりも、顔料分を減らした組成にしている。

塗料の艶を落とすには、2つの方法がある。一つは、シリカの微粉末を入れる方法である。細かな状態で塗膜表面に浮き、光を乱反射させる。粉ではなく、それをペースト状にしたものがフラットベースである。

注意点として、過度の攪拌によって樹脂に馴染みすぎたり、希釈放置で容器に付着することで、光沢が上がってしまうこともあるので、手早く、使うべきである。

もう一つの方法が、樹脂のそれぞれの溶解性や反応性の違いにより、濁らせたり、塗膜表面をチリチリにする方法である。これは、アルミ電着塗料などの専用の塗料設計による。

光沢トラブルについては、工業塗装ラインにおいて、塗装不具合としても発生しやすい。

光沢が出すぎるのは、焼き甘と判断しやすいが、光沢低下は、前号で述べた黄変と同じ原因となる。特に、艶消しの場合、大きな盤板や上下に多くの部材を吊り下げたハンガー内での光沢バラツキが目立つ。原因としては、乾燥炉の下吹き出しの熱や前処理においては、上下、中央などの脱脂や化成処理の不均一が挙げられる。また、膜厚のバラツキも微妙に影響する。

最後に、光沢感が目視が重要である。上述したように半艶で60°グロスで55では違和感がある。全艶消しでも、10よりも低くなければ何か光沢感を感じる。また、同じ光沢でも塗膜の肌がオレンジ肌だと光沢度計とは違って光沢が高く感じられる。

塗装ラインにおいて、フルグロスで、フタル酸系などの油性系常乾塗料では、90を超えること、また、常乾ウレタン塗料、焼付アクリル塗料などの高光沢塗料でも95を超えること、特に下塗りがある工程塗膜では、ほんとうに難しい。

一般消費者は、光沢がその商品全体で同じであれば、あまり問題にしない。しかし、製品メーカーは、規格があるゆえに、少しでも光沢値が外れると「商品になっても製品ではない」と言張るのである。これが日本のものづくりの厳しさと言えば、反論の余地はない。

(工塗連事務局 鈴木 譲)

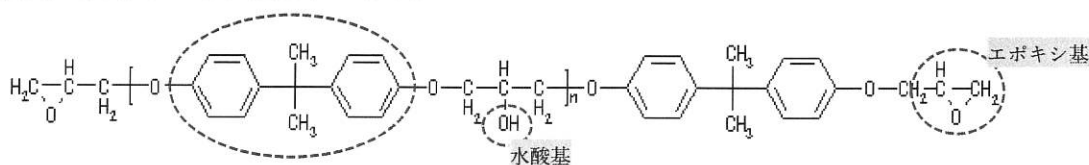
## 塗料オフライン その12

### 8. エポキシ樹脂塗料について

エポキシ樹脂塗料は、下塗塗料として、橋梁、プラント施設、更には自動車をはじめとした防錆性を必要とする産業機械、車両、様々な工業製品に広く塗装されている。

油性系錆止め塗料や速乾アルキド樹脂塗料が使われていた分野でもエポキシ樹脂塗料に切り替わっている。それでは、なぜ、このように普及したのかについて簡単に解説する。

下図がエポキシ樹脂である。ベンゼン環、いわゆる、亀の甲が2つずつセットで両端のエポキシ基というもので、反応して鎖になっていく。また、反応後は密着性に寄与する水酸基(-OH)ができる。さら硬化剤と反応しても水酸基ができる。



亀の甲部分は、強靱で安定である。また、固まっても収縮しづらい。図の真ん中の水酸基が密着性に効果がある。このようにエポキシ樹脂塗膜は、硬くて、空気、水を通しにくく、しかも、他の樹脂に比べても密着性が良い。則ち、トータルで耐久性が良いことになる。

ただし、この亀の甲部分は、太陽光で、あまりにも活性化しやすいため、他の結合がエネルギー的に不安定になり、ついには中心となる鎖自体が切断される。それが更なる切断を引き起こしてしまう。これがエポキシ樹脂塗料の耐候性が悪い理由である。

また、この樹脂は、塗料用シンナーやエナメルシンナーのような一般的な溶剤に溶けにくく、専用シンナーが必要となるため、塗装ラインでも扱いづらい塗料になっている。

塗料としては、常乾型ではアミン系硬化剤を混ぜる2液形エポキシ塗料、焼付型では、エポキシメラミン樹脂塗料、エポキシ電着塗料、エポキシ粉体塗料がある。また、強制乾燥型として、高分子エポキシ塗料がある。塗料名でもエポという名前が多いので分かりやすい。

エポキシ樹脂は、他のアクリルやポリエステル樹脂に混ざらない。そのため、ウエットオンウエット工程では上塗りとの境界での混層(混ざり合う)による仕上がり不良や性能低下も発生しやすい。また、塗料製品としても混ざらないため、貯蔵性不良が起こりやすい。

一方で、電着塗料はエマルションの小さな粒子の中にエポキシとその他の樹脂を混ぜて閉じ込めることができる。また、粉体塗料は粉であり、いずれも高温で溶融するため、仕上がりや貯蔵性に影響は出ないことになる。

水性塗料のエマルションは、溶剤系塗料で難しかった高分子化、他の樹脂との混合や、更には特殊機能付与添加剤を簡単に閉じ込めることができるため、塗料の幅を大きく飛躍させたといっても過言ではない。

最近では、エポキシ樹脂にアクリルやポリエステル樹脂を反応付加させた変性エポキシが普及している。これにより、塗装作業性や溶剤選択性が改良され、更には、塗膜の可とう性(柔軟性)も付与できるようになった。

ただし、上述の構造式(亀の甲)があつての高性能であり、変性されると単純にエポキシ樹脂量が少なくなるため、特に、防食性、密着性は変性量に相関して低下する。則ち、変性はいい方向だけではないということである。

近年は、鉄さび防止として、亜鉛メッキ鋼板やステンレスが、軽量化や剛直性として、アルミダイキャストやマグネダイキャストなどの新しい金属素材が開発されてきた。

しかし、美観が必要であり、そのもの自体の腐食性も激しいため、塗装が欠かせないものとなっている。また、表面が安定なステンレスでも塗装が要求される場合も多い。

エポキシ樹脂塗料は、亜鉛メッキ、銅、ステンレスなどすべての素材に、最も適用する。

ウレタンプライマーもあったが、ウレタン反応による密着よりも亀の甲の方が優れていた。今やどんな新しい素材でも、まずはエポキシ樹脂塗料を塗ってみるから始まる。

(工塗連事務局 鈴木 譲)



## 塗料オフライン その14

### 9.2 イソシアネート反応系塗料

前号では、イソシアネート反応によるポリウレタン樹脂塗料について解説した。

今回は、そのイソシアネート反応を使って硬化するその他の塗料について解説する。

まず、その代表格はブロックイソシアネート硬化剤系である。

イソシアネート硬化剤(-NCO)は、前号で述べたとおり、水酸基(-OH)を持ったポリオールをベース塗料と混合することで、常温で簡単に反応する。したがって、2液形である。そのため、ベースと硬化剤の混合作業でのトラブルが起きやすい。

ブロックイソシアネートというのは、アルコール系の蒸発しやすい溶剤(ブロック剤)で軽く反応させておいて、熱をかけることによって、そのブロック剤が蒸発して、あらためて2液ウレタン塗料のように反応が始まり、硬化するというものである。

簡単に言えば、イソシアネートを反応しないようにブロックしておくということである。

それを使った塗料としては、電着塗料、粉体塗料、更には、焼付型溶剤系ポリウレタン塗料がある。電着塗料では、水中で、エマルジョンのつぶつぶの中でポリオール樹脂と一緒にいる。また、粉体塗料は粉それぞれに分散している。焼付型ポリウレタン塗料は溶剤の中でお互いに溶解している。

しかし、いずれも焼付型であり、ある一定の温度を加えないと、ブロック剤が蒸発しない。そのため、常乾型塗料では、依然として2液形なのである。一方、最近では、電着や溶剤系で低温化が図られ、焼付温度が130℃以下のものも上市されている。しかし、低温化することで、その温度以下でもブロック剤が外れる確率も高まるため、低温化に限界がある。

また、粉体塗料では、塗料貯蔵時のブロック剤(粉がくっついて仕上がり不良を起こす。)の課題もあるため、低温化は更に難しくなっている。

更に、ブロックイソシアネート硬化剤系では、ヤニスス問題も付きまとう。よく、塗装ラインの乾燥炉の出入口付近を中心に、煙、ススが発生し、それが冷却、結露により、ヤニ分として付着する。これは、塗料中の低分子物もあるが、ほとんどがブロック剤である。

ヤニ分は粘性があるため、せっかくきれいに塗装された被塗物にたれて付着してしまう。塗料側の対策としては、低温化も含めて、低分子のブロック剤の適用となるが、塗料の貯蔵性とのバランスが課題となる。

ラインでの対策はということになるが、さすがにこまめに清掃するしかない。

工業用電着塗料では、低温硬化型電着塗料があり、大幅にヤニススが低減される。また、粉体塗料では、イソシアネート系からHAA硬化系に変えることで解決する。一方、溶剤系塗料では、元々、電着、粉体に比較して低温硬化であり、ヤニススは少ない。

その他のイソシアネート反応系塗料として、湿気硬化型塗料がある。これは、塗料の主体樹脂にイソシアネートの反応基が付いているもので、それが、空気中や素材表面の水分と反応して硬化するものである。しかし、残念なことに、イソシアネート反応は副産物のないきれいな反応であるが、水との反応では炭酸ガスを発生させる。また、結果、ウレタン結合ではなく、ウレア結合というメラミン反応に近い結合となる。

また、炭酸ガスの発生が激しく、その泡が閉じ込められる状態がよく建材や家電に使用される断熱材となる発砲ウレタンである。

湿気硬化型ウレタン塗料は、1液形として、重防食分野などで使われ始めているが、仕上がり重視で、泡発生を嫌う工業塗装分野ではまだまだ普及には時間が必要である。

(工塗連事務局 鈴木 譲)

## 塗料オフライン その15

### 10. メラミン樹脂塗料

メラミン樹脂塗料は、焼付によってメラミン樹脂が基体樹脂と反応して固まる塗料をいう。基体樹脂としては、アルキド、アクリル、ポリエステル等の3種類の樹脂があり、其々、アルキドメラミン、アクリルメラミン、ポリエステルメラミン樹脂塗料と言う。

一般的に、焼付メラミンと言えば、アルキドメラミン樹脂塗料の塗装を指すことが多い。また、硬化後の塗膜の呼び名から、アミノアルキド樹脂塗料とも呼ばれる。

一般工業用のアルキドメラミン樹脂塗料(以後、樹脂塗料は省略)は、脂肪酸アルキド樹脂とメラミン樹脂を一定の割合で混合し、顔料ペーストを混ぜ、最後に、泡消剤、仕上がりフロー剤を少し入れることで製造できる。

アルキドメラミンを専門に作る小規模塗料会社はたくさんあり、それなりの収益を上げているのは、作り易く、塗り易く、しかもライン性能が安定している。からである。

アルキドメラミンは、ほんとうに塗り易い。素材がなんであろうが、膜厚が50 $\mu$ 以上であろうが、素材温度が上がらない冬であろうが、何とか対応できてしまう。更に脂肪酸アルキド樹脂特有の肉持ち感(ポテッとして如何にも塗りこまれているように見える。)は車両や産業機械で今でも人気がある。ただし、脂肪酸アルキド樹脂ゆえに、耐候性が弱く、水分にも弱いため、塗装物は室内向けや短期間しか屋外に置かれぬものに限られる。

それに代わるのが、アクリルメラミン(アミノアクリル)である。これは、屋外向け塗料であり、黄変もしにくく、白物家電や鮮やかな色相が求められる場合にも使われる。しかし、脂肪酸アルキド樹脂でないがゆえに、膜が付きづらく、たれ易い。鮮やかな色に使われるがゆえに隠蔽しないということになる。おまけに、焼付温度がアルキドメラミンに比べて20 $^{\circ}$ Cほど高く、価格も高くなる。しかし、アクリルメラミンは、塗膜硬度が高く、亜鉛メッキ鋼板や非鉄金属にもエポキシ樹脂ほどではないが、密着性を保つことができる。かつては、合金化亜鉛メッキ鋼板上のワンコート仕上げとして多く使われていた。

一般工業分野でも最近、ポリエステルメラミンという名称を聞くようになった。

ポリエステルと言っても、その範疇にアルキドがあるが、脂肪酸(植物油)がないもの、オイルフリーポリエステルとして、自動車ボディや屋根用カラー鋼板、粉体塗料で使われている。

一般工業分野におけるポリエステルメラミンは脂肪酸(植物油)を極力減らして、アクリル樹脂の性能に近づけた塗料という位置づけであり、ポリエステル樹脂の反応性や分子量を調整することで、耐候性が良く、硬さと柔軟性のバランスの取れた塗料となっている。

価格も、その中間となっている。また、塗装作業性も、静電ガンやベル塗装、ロボットの導入で、問題なく塗れるようになってきた。

最後に、国交省の改正建築基準法におけるシックハウス対策として、塗膜からのホルムアルデヒドの放散量の規定がある。客先から、建物内装品で規制対象外となる住宅基準の最高値☆☆☆☆(5 $\mu$ g/m<sup>3</sup>h以下、チャンバー法)が求められることがある。例えば、一般家庭や学校などの室内設置品(消火器やスイッチボックスなど)である。

ホルムアルデヒドとは、特にアルキドメラミンの塗装ラインのセッティングゾーンや乾燥機の出入口から発せられる溶剤とは異なる目がチカチカする独特の匂い、あれである。

アルキドメラミンは焼付後であっても、脂肪酸(植物油)やメラミンからじわじわとホルムアルデヒドが放出される。一方、アクリルメラミンは合格になることから、脂肪酸量と焼付温度が要因と推定される。いずれにしても、焼付塗料といえども、シックハウス対策関連の納入には注意が必要である。ただし、日塗工の自主管理規定では、メラミン樹脂系ははじめから適用対象外とされている。その場合は、ウレタン樹脂塗料を選ぶべきである。

(工塗連事務局 鈴木 譲)

## 塗料オフライン その16

### 11. フタル酸樹脂塗料

フタル酸樹脂塗料は、フタル酸とグリセリンなどのアルコールとの反応によって作られる樹脂を使った塗料の総称である。また、アルコールと酸（アシッド）との反応であることからアルキド樹脂塗料ともいう。しかし、フタル酸樹脂だけでは、硬くもろいため、脂肪酸が加えられる。脂肪酸とは、亜麻仁油、ヤシ油、サフラワー油、大豆油など聞きなれた油である。結果として、原料が安価で、自然に固まることから昔から工業分野で多く使われてきた。

たとえば、JR（国鉄）や私鉄の電車、バス、建設機械をはじめとした産業機械は普通にフタル酸樹脂塗料が塗られていた。その当時は常乾塗料と言え、ラッカーかフタル酸樹脂塗料であり、ラッカー並みの速乾性と重金属フリー化（鉛、クロム非含有）が塗料の開発課題であった。

塗料中の脂肪酸の量は、フタル酸樹脂との比率で、多い方から長油性（55%以上）、中油性（50%）、短油性（40%）、超短油性（30%以下）となる。長油性のものは、JIS K 5516 合成樹脂調合ペイントという規格がある。

また、短油性、長短油性になると、フタル酸樹脂の脆さが出てくるため、フタル酸樹脂を他の樹脂で変性していくこととなる。よく、ウレタン変性とかアクリル変性とか聞いたことがあるはずである。下塗りではフェノール樹脂を併用する方法がある。

フタル酸樹脂塗料の乾燥性、硬化性については、この脂肪酸（油）の乾燥による。脂肪酸の中に炭素同士が二重結合という両手で結ばれている部分がある。これが空気中の酸素で、片手の単結合になって、もう一方が他の炭素などと反応していくことで固まるのである。

しかし、工業塗装では、このような自然乾燥を待ってられず、金属ドライヤー（触媒）添加や加熱（強制乾燥）による反応促進が行われるのである。

また、空気で乾燥するという事は、塗装後の塗膜表面が乾燥しやすいこととなり、膜厚が多い場合は、内部の乾燥が遅れるため、中ウミ状態になったり、塗り重ね時に、1層目よりも2層目の表面が乾燥しやすくなり、塗膜がシワシワになるチヂミ現象が起こるのである。この現象は一層目の表面が中途半端に乾燥しているため、1層目と2層目のインターバルを遅くするか、逆に早くするかで解決することがある。

また、フタル酸樹脂塗料では、廃棄物や付着ウエスから自然発火することがある。

特に、脂肪酸量の多い長油性や中油性のフタル酸樹脂塗料で発生しやすい。この現象は、脂肪酸の自然乾燥に由来する。則ち、大量の蓄積カスや塗料の付いたウエスの大量放置では、空気に触れる表面はすぐに乾燥するものの、内部は乾燥しない。それが、時間とともに徐々に乾燥していくと同時に、反応熱を発生させる。その熱は放熱されないため、どんどん蓄熱していくのである。最終的に、250～350℃になってしまい、成分の油の発火温度やウエスへの引火で火災になってしまうのである。因みに、塗装した塗膜は薄く、熱も蓄積しないため発火はしない。自然発火は大量の塗料カス放置による熱の蓄積である。

自然発火は必ず起こるものではなく、ある条件に達した時だけであり、ブースや乾燥炉のこまめな清掃、ウエスは水に浸したり、広げて乾燥するなど、理屈が分かっているれば対策できるし、当たり前作業をしていれば、起こることはない。

最近、フタル酸樹脂塗料は植物由来、自然塗料として見直されている。以上のような注意点さえ守れば、焼付塗料やウレタン塗料よりも安心して使える塗料である。

（工塗連事務局 鈴木 譲）

## 塗料オフライン その17

### 12. 塗料の比較

よく、外壁塗装塗替えの営業訪問があった場合、どんな塗料を選ぶのか。また、値段との兼ね合いに悩んだりする。

建築塗料の場合は、アクリル樹脂、ウレタン樹脂、シリコン樹脂、フッ素樹脂塗料の順に耐久性が高くなり、値段も上がっていく。しかも、いずれもほとんどが水性塗料である。

一方、フタル酸樹脂塗料は、溶剤形塗料と水性塗料があり、主に鉄部に使用される。

耐久性はアクリル7年、ウレタン10年、シリコン15年、フッ素20年と宣伝するのが一般的である。これは、パネルばく露試験での優劣であり、実際には、日照時間、気温、湿度、立地条件（南側、沿岸部など）によってバラツキがでる。したがって、あくまでも比較論である。具体的には、表面がチョーキング（白い粉）したりして、水が浸透しやすくなり、基材を痛めてしまうとされるが、実際にはほとんどが変色などの見た目と建築構造的な水の侵入による劣化である。最近では、塗膜自体に起因する塗膜のワレやハガレなどはほとんど起きない。

それでは、工業塗装分野ではどうか。

耐候性で見れば、確かにアルキド、アクリル、ウレタン、シリコン、フッ素樹脂の順となるが、工業製品では、耐熱性付与としてのシリコン樹脂、AAMA規格（米国建築製造業協会の業界で定めた品質規格）がある外装建材向けのフッ素樹脂があるが、コストや塗装作業性、更には、塗装される機器自体の耐久性からして、ウレタン樹脂塗料までとなっている。また、焼付塗料ではアクリルメラミンまでとなっている。逆に言うと、一般的な製品にはシリコン、フッ素を塗る必要がないとしている。また、顧客製品メーカーの専用ラインならともかく、色々な部品や塗料を扱う塗装業にとっては厄介な塗料でもある。

余談であるが、建築塗料のシリコンやフッ素樹脂塗料はアクリル樹脂の変性タイプである。したがって、純粋なシリコン、フッ素樹脂配合だと総額、屋根なし30坪、200万円レベルでも収まらないし、ローラーでうまく塗装できるものでもない。

工業製品分野での海浜部向けの高耐久性仕様は、常乾塗料では、2液エポキシ樹脂塗料の上のウレタン樹脂塗料であり、膜厚も下塗りで30～50 $\mu$ 、上塗りで50 $\mu$ までの仕様が多い。

また、焼付塗料はエポキシメラミンやエポキシ電着塗料、その上はアクリルメラミン樹脂塗料となるが、最後は端面などの膜厚の影響が大きく、実際のバクロでは、膜厚確保が有利ということで常乾塗料仕様に軍配が上がる。

粉体塗料では、エポキシ電着20 $\mu$ 、その上にポリエステル粉体が80 $\mu$ で、膜厚的には、対抗できそうであるが、キズ、エッジからの防食性、耐水性も含めて実績的にも弱いと言わざるを得ない。なお、粉体塗料は家電などの日常使用品や配電盤などの屋内仕様で、大いに普及している。

最後に、ラッカーである。ラッカーは木材の成分であるニセルロースを溶剤に溶けるようにした塗料で、それだけでは硬すぎ、耐候性も悪いため、アルキド樹脂、尿素樹脂、アクリル樹脂さらには、脆さを改良するために可塑剤が入れられている。最近ではアクリルラッカーが多い。

ラッカーは工業ラインで使われる機会が少なくなっている。しかし、微かなキズなどのタッチアップに使われる。ただし、下の塗膜がしっかりしているという条件はある。

ラッカーは鉄などの金属素材には弱いですが、塗膜上やFRPなどのプラスチックには密着性が非常に良い。また、常乾塗料としては塗膜の硬さもあるため、自動車補修塗料にも使われているし、少し前まで新幹線の上塗りに使われていた。今のウレタン樹脂塗料は汚れやすいように思える。

（工塗連事務局 鈴木 譲）

## 塗料オフライン その18

### 13. シンナー（薄め液）について

シンナーは溶剤形塗料を塗装する時に薄める有機溶剤のことを言う。因みに、水性塗料を薄める水は塗料塗装業界ではシンナーとも溶剤とも言わない。水で希釈すると言う。

また、化学用語で物質を溶かす側を溶媒という呼び方がある。その場合は、溶剤も水も溶媒ということになる。何かクドイ？ 昔、水も溶剤であると指摘されたことがある。

シンナーには、塗料用シンナー、エナメルシンナー、ラッカーシンナー、ウレタンシンナー、焼付用シンナーなどがある。それぞれ、希釈する塗料の種類によって使い分けられる。

また、季節によって、冬、夏用シンナー、乾燥を遅くするリターダーシンナーがある。

シンナーはそれぞれ成分が異なる。塗料用シンナーは、石油の蒸留で分離された成分がほとんどであり、建築塗料では弱溶剤と言われ、油性系フタル酸樹脂塗料に使われる。

また、エナメルシンナーはキシレン主体となり、ラッカー、ウレタンシンナーは溶解性のあるケトン系、エステル系の溶剤成分が加えられていく。また、焼付シンナーはキシレンと石油蒸留成分で溶解性があり、比較的蒸発が遅い溶剤が混合されている。

特に、ラッカーシンナーとエポキシシンナーは溶解性の強い溶剤が主成分である。

ここで、溶剤の役割について簡単に説明する。

一般溶剤形塗料では、40～50%は溶剤である。これは、塗料を製造する時も、石油缶として、貯蔵される時も重要である。特に塗料製品として、6か月や1年、持たせる工夫がされている。次に、塗装時に希釈するシンナーは、塗装作業がしやすいように、より粒子が細かく噴霧されるように工夫されている。そして、塗装物に付着する時には、溶剤成分が蒸発して、垂れない程度の量になっている。しかも、シンナーとは微妙に異なる成分となっている。

塗装欠陥であるタレやワキ、肌荒れは、この溶剤成分がどれだけ残るか、どんな組成かで発生しやすくなる。ただし、膜厚の付けすぎは別である。

例えば、シンナー希釈量が多ければ、スプレー中で溶剤が蒸発しても、付いた塗膜の溶剤量も多いため、ダレやすい。希釈量が少なければ、スプレー中にさらに蒸発して、溶剤量の少ない塗膜になる。当然、粒子も粒が大きく、レベリングも悪くなるため、肌も悪いし、塗膜の粘度が高いため、泡が抜けにくくなり、ワキも出やすい。

このように、溶剤の希釈量、スプレー時の蒸発量、更には、塗着した塗膜の溶剤量の関係性を考えるとタレやワキ、肌荒れの原因と対策を結びつけることができる。

希釈時の溶剤量	スプレー時の蒸発量	塗着膜の溶剤量	塗装欠陥	塗装環境
多い	通常	多い	タレ	—
少ない	通常	少ない	肌荒れワキ	—
標準	蒸発多い	少ない	肌荒れワキ	夏場乾燥時
標準	蒸発少ない	多い	タレ	冬場梅雨時
多い	蒸発多い	通常	○	高温乾燥対策
少ない	蒸発少ない	通常	○	低温高湿対策

もちろん、塗着してからの溶剤の蒸発もあるが、上図が支配的である。

一方、シンナー種を間違えたりして、溶解性が不足した場合は、いくら希釈量を多くしても、スプレーの粒子は細かくなり、塗着時の塗膜はブツブツ状態となり、ワキ状に見える。挙句にタレまで発生してしまう。

また、同じ塗料でも、シンナーの希釈率は、部材、塗装機条件、塗装雰囲気によって異なる。塗料メーカーの標準希釈率や希釈温度粘度曲線グラフを基に、自社の塗装ラインにあった最良の希釈率条件のグラフを作るべきである。更なる塗装不良率の低減に繋がる。

(工塗連事務局 鈴木 譲)

## 塗料オフライン その19

### 14. 水、水性塗料の薄め液について

環境対応型塗料で、徐々にではあるが、工業塗装分野で普及しているのが粉体塗料である。比較的高温焼付ではあるが、導入のしやすさや塗装のしやすさ、更には海外の動向などから採用に踏み切る塗装現場が多いようである。

しかし、粉体塗料の焼付温度は、粉の貯蔵性や仕上り性のバランスから素材温度で150°Cを切ることは難しい。また、大型部材や厚い板の焼付では、熱風乾燥炉の設定温度を更に上げたり、炉長を長くしなければならず、多くの熱エネルギーが必要で、結果として、炭酸ガスを多量に発生させる。

したがって、現時点では粉体塗料が環境対応の切り札とは言えないのである。

それでは、本題の水性塗料はどうであろうか。

水性塗料には、溶剤形塗料と同じく、常乾塗料と焼付塗料があり、特に焼付塗料は、溶剤形と同じく、メラミン硬化であるため、自動車塗装分野などで普及している。

水性塗料は、塗料の半分、希釈としても水である。

水と言えば、地球表面の70%を覆い、私たちの体の60%を満たしている。そして、生きる上で様々な恩恵を受けている。

以下に水の性質を有機溶剤の代表格であるキシレンと比較した。

項目	有機溶剤(キシレン)	水性
表面張力 (10-3N/m)	28~30	72.7
素地に対して	濡れやすい	水玉になりやすい
油・異物に対して	馴染みやすい	ハジキやすい
蒸発潜熱 (cal/g)	94	540
沸点 (°C)	138	100

○表面張力が高いということは、攪拌したり、塗装する時、泡が出やすく、消えにくい。

○油に馴染まないし、ゴミを弾くため、塗装環境を管理しなければならない。

○沸騰しやすいのに、中々、蒸発しない。則ち、ワキやすく、乾燥しにくい。

これが水の性質であり、水性塗料が溶剤形と比較して扱いづらいと言われる根本理由である。以上の課題を念頭に置いて、水性塗料の今を解説しよう。

まずは、表面張力の低下である。その対策として、表面調整剤が挙げられる。かつては、シリコン系が使われたが、今は多くの界面活性剤が使われている。簡単に言えば、塗料中の樹脂と水が馴染む仲立ちをさせるのである。則ち、樹脂を油と見れば、水と一体化すれば、水の単独の性質は抑えられ、液体全体として表面張力が下がるのである。それによって、ワキもハジキも出にくくなるのである。

もう一つ、乾燥が遅ければ、タレも出やすい。その対策として、増粘剤がある。その理屈も上述の表面調整剤と同じで、樹脂と水との仲立ちで、海藻のように水に広がっているものあれば、水の中で粒子になっているものもある。今や、水性だからタレ易いということがなくなっており、むしろ、溶剤形塗料よりタレにくいものもあるくらいである。したがって、塗装ブースの空調設備がない工業塗装ラインでも冬場に水性塗装が出来るようになってきている。

また、排水処理については、簡易型も含めて日進月歩の改良が進められている。一方、コスト低減策として水洗ブースの凝集沈殿回収だけの塗装ラインも多くなっている。

環境対応として、常乾塗料は重要であり、粉体塗料のカバーできない低温焼付領域で、水性塗料を使わざるを得ない状況になるはずである。したがって、様々な部材に対して、水性塗料と粉体塗料の使い分けも今後の理想的な環境対応であると思われる。

水性塗料のメリットは何と言われれば、VOC抑制、非危険物、健康被害低減の3つとなり、溶剤塗料より、性能が良くなるわけでもなく、粉体塗料のように膜厚を多く付けれるということもない。したがって、生産性を重視するなら、VOC排出規制のある大規模な設備でない限り、替えようとは思わないかもしれない。

しかし、現在は、SDGsが謳われ、環境配慮、健康維持にいかに取り組んでいるかが、企業の社会的な価値となりつつあることは誰もが知っていることであり、このまま、溶剤形塗料を使い続けることは、塗装業界の後継者の確保と育成に多大な影響を及ぼすであろうことも誰もが懸念することである。

(工塗連事務局 鈴木 譲)

## 塗料オフライン その20

### 15. 凝集とは

凝集は、化学用語として多く使われる。水洗ブースの凝集剤と言えば、馴染みがある。

簡単に言えば、ある物質がきれいに分散して存在しているものが固まり合うことである。凝集剤という商品を除けば、凝集は内容からもあまりいいことではないと想像がつく。

また、その反対語は分散で、例えば、粒子が物質の中に一個ずつきれいに存在している状態を表す。

塗料を製造する場合、色顔料、防錆顔料や体質顔料と言われるものは、樹脂にきれいにできるだけ一個ずつ分散させることが重要であり、塗料製造の最も重要な工程でもある。

このような分散工程と言われるものは、原料を混ぜ合わせる工程のある製品に必ず存在する。塗料以外でも、インキ、化粧品、食品、化成品などさまざまな分野で分散工程がある。

したがって、きれいに分散された均一な製品、特に、その後、個体にならない液体製品にとって、元に戻ってしまう凝集はその製品に様々な不具合を引き起こすのである。

塗料の場合は、ブルー、赤などの有機顔料、カーボンブラックなどが、その性質上、石油缶の液面に浮きやすくなる。また、希釈済みの塗料は特に浮きやすく、反対にバリタやチタン白、ベンダラ、オキサイドエローなどの重い顔料は沈みやすくなる。その場合、浮いたもの、沈んだものは、条件によっては、顔料同士がくっつき、凝集現象を起こしてしまう。

即ち、塗料を作る時の分散前の原料の状態に戻ってしまうのである。

結果、不具合現象として、色違い、色別れとなる。また、沈んだ顔料は、ブツや仕上がり不良、更には、塗装装置のサーキュレーションの中でのホース、フィルターづまり、ガンづまりの現象となってしまう。

水性塗料でも同じことが言えるが、水性塗料は樹脂の場合も凝集が発生する。例えば、水に溶けている樹脂がアミンなどの中和剤が少なくなったり、エマルジョンの形で水に分散しているものがお互にくっつき始めたりする場合、凝集、即ち、元の水に溶けない樹脂に戻ってしまうことになるのである。

電着塗料でも、塗料が劣化したり、前処理の脱脂液や化成液の電着槽への入り込みで、電着塗料のエマルジョンがくっつき始める状態が凝集である。更に、電着槽や回収水洗槽などでの顔料沈降も顔料凝集の原因となる。

この場合、顔料沈降物でも樹脂を含むため、粘着性を持つこととなり、循環フィルターやその後のUFフィルターのツマリを引き起こすのである。

参考までに、UFフィルターは中から浴塗料の口液が絞りだされるので、膜でも、モジュールでも、外からはツマリが見えない。ただ、口液の透過量が減るだけである。

また、粉体塗料でも、外気温などの影響で、粉体粒子がくっつくことで、ガン詰まりや仕上がり不良を引き起こすことがある。

それでは、溶剤形塗料の樹脂では凝集が発生しないのか。一例として、シンナーを間違えたことはないだろうか。ラッカー塗料やエポキシ塗料に塗料用シンナーを入れた時、どろどろになった経験はないだろうか。則ち、溶解性が低下すると溶剤形塗料では樹脂が凝集する。

このように、溶剤形塗料でも水性塗料、電着塗料、粉体塗料でも、様々な原因で塗料は凝集を引き起こす。それが、塗装作業や塗膜の仕上がりにおいて、様々な不具合を引き起こすのである。また、思いもよらないハジキやアワの根本原因にもなることもある。

凝集という難しい言葉ではあるが、塗装環境の中で、最も多い不具合発生原因である。

(工塗連事務局 鈴木 譲)