

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°C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°C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、粘着が起こりやすい。それを防ぐため、早期に素材温度を35°C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れ替えである。

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。

今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るが、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。

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。

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、化成被膜不良も拾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ロ液の廃棄や清掃、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 謙)

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、理想的な塗膜を粉碎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、それを細かく粉碎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間着が起るため、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（ブロックイソシアネート）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碎していく。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べいが不足する。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。逆にオーバークッ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、海外技術だと思ふ。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。

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、石鹸（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、ワキ防止など仕上りを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、銅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。

週れば、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硬化剤をエマルジ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みば、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、曇囲気、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来た。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、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。

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、プラスト、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コートのなごりである。

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

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。

次回は、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

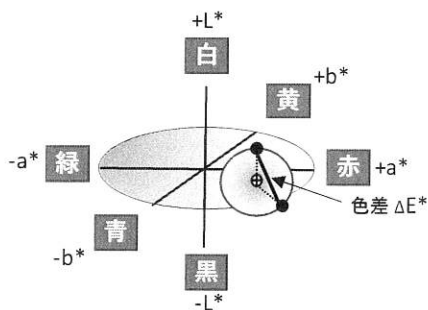
太古の昔、海に最初に生命が生まれた。しかし、生物は強烈な紫外線と熱い赤外線を避けるため、長い間、深海に留まった。やがて、大気ができ、紫外線と赤外線の影響が少なくなった時、神は生物を陸上へと導き、安全な可視光線を認識させることで進化することを許した。

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（オキシイドエロー）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 (ΔE^*) 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、 ΔE 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、 ΔE 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、 ΔE 1.0以内で合格となる。しかし、この2つの色の ΔE 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、 ΔE 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 ΔE 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、重苦しい雰囲気ですべて終了した。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。いくらか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。

今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 Δb^* 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 ΔL^* はマイナス、 Δa^* 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は目立つ。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、光沢感は目視が重要である。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)