

プラスチック塗装

塗料・機器・設備・治具



株式会社 親和

本社 埼玉県川越市古市場761(☎350) ☎0492-35-5511
郡山(営) 福島県郡山市桑野4-1-17(☎963) ☎0429-33-5727
鈴鹿(営) 三重県鈴鹿市住吉町7265-19(☎513) ☎0593-70-7532

目 次

1. まえがき	1
2. プラスチックの塗装目的	1
2.1 装飾を目的とする塗装	1
2.2 表面の性質改善を目的とする塗装	2
2.3 経済上及び特性上の目的で塗装するもの	2
③ 3. <u>プラスチック塗装上の問題点</u>	2
3.1 離 型 剤	2
3.2 塗料の付着性	2
3.3 耐 熱 性	3
3.4 熱可塑性樹脂の耐溶剤性	3
3.5 塗装用シンナーの選定	3
4. プラスチック素材	6
4.1 熱可塑性プラスチックの種類	6
4.2 プラスチック素材の略記号	7
4.3 プラスチック素材に使用される各種添加剤	8
4.4 複合プラスチック	9
5. プラスチック用塗料	10
5.1 塗料の概要	10
5.2 プラスチック用塗料	12
5.3 プラスチック適用塗料の特長	14
⑥ 6. <u>塗装加工</u>	18
6.1 プラスチックの塗装工程	18
6.2 表面処理	18
6.3 塗装方法	19
6.4 塗料の乾燥方法	23
6.5 乾燥設備	24

1. はじめに

金属及び木工品の保護、装飾のための塗料と塗装法の検討は古くから進められているが、プラスチックのための塗料と塗装法についての検討は比較的新しい。

プラスチックが金属の代替としてデビュー以来久しいが、初期には塗装加工を施す必要のない対象物が多かった。しかし近年、自動車内外装部品、弱電部品、日用品雑貨、木工製品の代替えなどへのプラスチックの利用はめざましく、装飾効果及び機能性付与を目的として塗装加工が不可欠となってきた。

熱硬化性プラスチック（例えばフェノール、尿素、メラミン、ポリエステル樹脂等）には従来の熱硬化型塗料がそのまま適用できる場合が多いが、熱可塑性プラスチック（例えばP S、A S、A B S、P M M A、P C、P V C、P P、P E等）にはほとんど適用できない。したがってプラスチックの塗装加工の初期においてはかなりの混乱がみられたが、プラスチックの塗装加工は従来のものとは異なり、プラスチックの種類により相違するものであるとの認識が一般化してきた。

本稿では、プラスチックの塗装加工の概略を記した後、各種熱可塑性プラスチックの塗装加工と適用塗料について記します。

2. プラスチックの塗装目的

プラスチックは一般にそれ自体着色可能なものが多く、金属製品のように錆による商品価値及び、強度の低下がないため、初期の段階においてプラスチックの塗装はほとんど行なわれなかった。

- ① 木材のような腐れや、金属のような錆を生じない。
- ② 研磨を行わずに美しい表面状態が得られる。
- ③ 自由な曲面を持つ一定の製品が大量に得られる。
- ④ 耐久性に優れる。
- ⑤ 金型、機械、成形技術の向上に伴い、木材製品、ガラス及び金属製品に近い外観を得ることができるようになった。
- ⑥ 木材、金属製品と比較して少ない工数で加工でき、工賃の占める比率が少ない。

などの点からプラスチックの利用範囲も拡大され、また品質向上、コスト低減あるいはデザイン面における多様化等の要求から塗装が大幅に取り入れられ、外見的にはプラスチックで作られたものかどうか分からない状態になりつつある。この様な見地から、個々のプラスチックに対して各種の塗装法が開発され、塗料も市販されているが、プラスチックごとに性能が異なり、また同一プラスチックにおいても金型、成形法、成形機械により物性的に差が生じる場合がある。塗装の目的としては、装飾的価値を向上させる場合、プラスチック表面の性質改善を目的とする場合、経済的及びプラスチックの特性上の問題などから塗装が行なわれている。

2.1 装飾を目的とする塗装

- (1) 成形時に生じる欠陥（ウェルド、フローマーク、かじり、つやむら）を塗装によりカバーする。
- (2) 金属光沢、パール光沢など、異なる材質を塗装する。
- (3) 木目、布目、石目などの印刷を行なって、成形品の一部が別の材質であるように表現する場合に塗装する。
- (4) 表面の光沢を調整し、製品に落ち着きと気品を付与する。
- (5) 数種の成形品を組み合わせ、一つの製品としてまとめる場合、個々の部品を塗装により一体化する。
- (6) 一つの成形品に塗装することにより、数部品を組み合わせるように表す場合（ツートンカラーに仕上げる）
- (7) 塗装により塗りわけ、製品に変化と奥行きを与える。
- (8) 目止め、研磨、上塗りなどを行なって木工製品に近づける場合。
- (9) 成形したままの状態では単調で商品価値が劣るものに塗装を行なって価値を向上させる。
- (10) ホットスタンプ、印刷、塗装を組み合わせ、意匠性の向上、デザインの自由度拡大を図る。
- (11) 塗装により、本物に近い外観、触感を得る。（皮革調、スウェード調等）

2.2 表面の性質改善を目的とする塗装

- (1) 硬度の低い材料に塗装をして硬度を高くする。
- (2) 塗装によりプラスチックの耐薬品性、耐候性などの性能低下を防ぐ。
- (3) プラスチックの表面の電気抵抗を下げ、帯電による静電気障害やゴミの付着を防止する。
- (4) 素材と異なる弾性、摩擦係数を有する塗膜を与える。

2.3 経済上及び特性上の目的で塗装するもの

- (1) 同一形状の製品を少ロットで各色作る場合（色替えによるロスの削減）。
- (2) フェノール樹脂のように樹脂自体の色が濃く、着色範囲に制約のあるもの。
- (3) ポリエステル樹脂、ポリウレタン樹脂のように硬化の際の障害となる染料があるため、着色範囲に制約のある場合。
- (4) 同一形状であっても塗装の塗りわけにより別にイメージ（別の金型を用いたように）を与える。即ち、一つの金型で数種類の生産を行なうことが可能。

3. プラスチック塗装上の問題点

プラスチックの塗装に当たっては金属及び木材と異なり、次の事項を考慮した上で塗料あるいは塗装方法を選定する必要がある。

3.1 離 型 剤

プラスチックは通常、金型を利用した成形品が大多数を占めるため、離型剤に関する事柄が重要な問題となる。

成形工程で用いられる離型剤は多くの場合、塗膜の付着力を著しく低下させる。特にシリコン系の離型剤が使用された場合には、どんな塗料を用いても付着性が悪くなるため、塗装面はもとより成形後塗装を行なう成形工場ではシリコン系離型剤を用いてはならない。また塗装可能な離型剤が市販されているが、弊害の少ない種類の選定と同時に、この離型剤についても塗布量は最小限にとどめる必要がある。

3.2 塗料の付着性

プラスチックの性質はそれぞれの樹脂ごとに異なり、また同一樹脂であってもグレードにより差があるため、塗料の選定は慎重に行なう必要がある。特にポリエチレン、ポリプロピレン、ポリアミド、ポリアセタール樹脂等は密着性が悪く、特殊な表面処理を行なうか、専用の塗料を使用しなければ容易に剥離する。またポリウレタン樹脂、塩化ビニール樹脂なども塗料、塗装法を工夫しないと付着性が良くない。

プラスチック塗装上の留意点一覧を表・1に示す。

表・1 プラスチック塗装上の留意点一覧表

樹脂	プラスチック名	前処理	ひび割れクラック	付着性	溶剤による溶解性	問題点
熱可塑性	ポリエチレン樹脂	A	○	△	○	付着性が時に問題
	ポリプロピレン樹脂	A	○	△	○	付着性が時に問題
	ABS、AAS樹脂	C	△	○	△～×	塗装後の衝撃強度低下が問題
	ポリスチレン樹脂	C	×	○	△～×	耐溶剤性が悪い
	ポリ塩化ビニル樹脂	C	○	△	△	可塑剤の移行
	アクリル、AS樹脂	C	×	○	△～×	ひび割れ、クラック
	ポリカーボネート樹脂	C	×	△	△	ひび割れ、クラック
	ポリアミド樹脂	A	○	△	○	付着性が悪い
	ポリアセタール樹脂	A・B	○	△	○	付着性が悪い
	ポリウレタン樹脂	A・B	○	△	○	樹脂自体の黄変
熱硬化	フェノール樹脂	C	○	○	○	—
	メラミン樹脂	C	○	○	○	—
	ポリエステル樹脂	B	○	△	○	付着性に問題あり
	エポキシ樹脂	C	○	○	○	—

○ 問題なし

△ 要検討

× 危険あり

A 化学処理または特殊プライマー処理

B 表面研磨後脱脂

C 脱脂のみ

3.3 耐 熱 性

プラスチックは一般的に熱変形温度が低く、特に熱可塑性を有するポリスチレン、ABS、ポリ塩化ビニル、メタクリル樹脂は50～90℃で変形を生じやすい。一般に乾燥塗膜の方が熱可塑性樹脂よりも耐薬品性、硬度等が優れている。プラスチックでは乾燥温度に制限があるが、条件の許す限り焼付け温度を高めて強制乾燥した方が良い結果が得られる場合が多い。そういう観点から素材となるプラスチックの耐熱性が重要で、特に熱可塑性プラスチックはこの耐熱性を良く理解した上で乾燥温度を設定する必要がある。

通常は成形時の歪、形状等を考慮して安全度をとり、熱変形温度より10～20度低い温度で乾燥は行なわれている。

プラスチックの熱変形温度と塗料の乾燥方法を表・2に示す。

表・2 プラスチックの熱変形温度と塗料の乾燥方法

プラスチック名	熱変形温度 (℃)	塗 料 の 乾 燥 方 式		
		常温乾燥	強制乾燥	焼付乾燥
ポリスチレン樹脂	40～82	○	△	×
ABS樹脂	60～107	○	○	×
ポリ塩化ビニル樹脂	55～75	○	○	×
メタクリル樹脂	70～98	○	○	×
ポリプロピレン樹脂	55～110	○	○	×
ポリアミド樹脂	126～182	○	○	○
ポリカーボネート樹脂	138～143	○	○	○
ポリアセタール樹脂	170	○	○	○
ポリエステル樹脂	60～205	○	○	○
フェノール樹脂	107～200	○	○	○
メラミン樹脂	130～205	○	○	○
尿素樹脂	127～143	○	○	○

注1. 強制乾燥とは40～80℃の温度で短時間に溶剤を揮発させ、乾燥の促進を行ったり、低温での化学反応を行わせる乾燥。

2. 焼付け乾燥とは80℃以上の温度で化学反応を行わせ、塗膜を硬化させる乾燥。

3.4 熱可塑性樹脂の耐溶剤性

ポリスチレン、ポリカーボネート、アクリル、AS、ABS樹脂などの樹脂は成形時の残留歪および成形後の機械的衝撃などにより、歪を生じているため、塗装中の有機溶剤によってひび割れ、白化クラック（ソルベントクラック、クレージング）などを生じやすい。また外観的にひび割れ、クラックを生じなくても衝撃強度の劣化を生じることがある。

衝撃強度の低いポリスチレン、アクリル、AS、ABS樹脂等は溶剤の影響を受けやすいので、透明部品のアニーリング（焼鈍）による歪の除去や、塗料中の溶剤および希釈溶剤の選択を十分考慮する必要がある。また成形条件、形状等によっても耐溶剤性は劣化するので溶剤の選択には慎重を期す必要がある。

3.5 塗装用シンナーの選定

一般に熱可塑性樹脂は、溶剤により強度の低下や外観変化を起こす。素材各に溶解性、アタック性に選択性があるので、溶剤の選択や組合せは慎重に行なう必要がある。

このため、塗装用シンナーの設計は、各種溶剤の中から次の点を考慮して行なわれる。

- ① 塗料に対する溶解性（親溶剤の添加と溶剤バランスをとる）
- ② 素材に対するアタック性（強溶剤と弱溶剤のバランスをとる）
- ③ 揮発速度の調整（沸点／蒸発速度の違う各種溶剤のバランスをとる）

塗装用シンナーや塗料中に含まれる各種溶剤の特性を表・3に、各種プラスチックに対する溶剤の溶解性を表・4に示す。

表・3 各種溶剤の特性

名 称	組 成	分子量	比重 (20°C)	沸点 (°C)	蒸気圧 (mmHg)	引火点 (°C)	発火点 (°C)		屈折率 (20°C)	蒸発 速度
トルエン	$C_6H_5CH_3$	92.06	0.866	110.6	26	4.4	552		1.4962	2.6
キシレン	$C_6H_4(CH_3)_2$	106.08	0.862	144.4	11	34.4	495		1.5.55	0.7
ソルベッソ 100			0.870			46				
ソルベッソ 150			0.896			67				
ソルベントナフサ			0.735			45				
シクロヘキサン	C_6H_{12}	84.16	0.779	80.7	78	-20	268.2		1.4262	0.3
ミネラルスピリット			0.779		60					
n ヘキサン	C_6H_{14}	86.17	0.659	68.7	125	-22	260		1.3749	
n ヘプタン	C_7H_{16}	100.20	0.684	98.4	36	-3.9	233.3		1.3855	
酢酸エチル	$CH_3COOC_2H_5$	88.10	0.902	77.1	72.8	-4	427		1.3719	8.9
n 酢酸ブチル	$CH_3COOC_4H_9$	116.16	0.882	126.3	10	23	421		1.3942	1.0
iso 酢酸ブチル	$(CH_3COOCH_2CH(CH_3)_2)$	116.16	0.871	118.3	12.9	18			1.390	
酢酸アミル	$CH_3COOC_5H_{11}$	130.18	0.879	147.6		25	399		1.4012	0.7
セロソルブアセテート	$CH_3COOC_2H_4OC_2H_5$	132.16	0.975	156.4	1.2	51	379		1.4058	
ブチルセロソルブアセテート	$CH_3COOC_2H_4OC_4H_9$	160.12	0.942	191.5	0.3	88			1.4200	
アセトン	CH_3COCH_3	58.08	0.790	56.2	184.8	-17	650		1.3591	
メチルエチルケトン	$CH_3COOC_2H_5$	72.10	0.805	79.6	71.2	-7	515		1.3785	
メチルイソブチルケトン	$CH_3CO(CH_2CH(CH_3)_2)$	100.16	0.801	115.9	5	15.6	458		1.3958	1.8
ジイソブチルケトン	$((CH_3)_2CHCH_2)_2CO$	142.23	0.806	168.1	1.7	49			1.412	
シクロヘキサノン	$C_6H_{10}O$	98.14	0.946	155.7	4	33	520		1.4507	
イソホロン	$C_6H_5CH_3(CH_3)_2O$	138.20	0.926	215.2	0.3	80<	462		1.4781	
メチルアルコール	CH_3OH	32.04	0.792	64.5	95	12.2	470		1.3285	3.5
エチルアルコール	C_2H_5OH	46.07	0.791	78.3	45	12.2	518		1.3596	2.1
iso プロピルアルコール	$CH_3CH(OH)CH_3$	60.09	0.786	82.3	32.4	11.7	460		1.378	2.1
iso ブチルアルコール	$CH_3CH(CH_3)CH_2OH$	74.12	0.803	107.9	9	27.8	440		1.3959	
sec ブチルアルコール	$CH_3CH(OH)C_2H_5$	74.12	0.808	99.5	13	23.9	413.9		1.3972	1.0
n ブチルアルコール	C_4H_9OH	74.12	0.811	117.7	4.4	37.8	367		1.3992	0.8
アミルアルコール	$C_5H_{11}OH$	88.13	0.814	137.8	2	37.8	371		1.4099	
シクロヘキサノール	$C_6H_{11}OH$	100.16	0.949	161.1	0.8	62.8			1.4656	
ベンジルアルコール	$C_6H_5CH_2OH$	108.13	1.047	205.3		96	435.9		1.540	
ジアセトンアルコール	$CH_3C(CH_3)_2C(CH_3)_2OH$	116.00	0.936	167.9	1	9	603		1.4235	
メチルセロソルブ	$CH_3OC_2H_4OH$	76.09	0.966	124.4	6	43	208		1.4017	
セロソルブ	$C_2H_5OC_2H_4OH$	90.12	0.931	134.8	3.8	45			1.4075	
ブチルセロソルブ	$C_4H_9OC_2H_4OH$	118.17	0.902	171.2	0.7	61			1.4193	0.06
メチルカルビトール	$CH_3O(C_2H_4O)_2H$	120.15	1.021	194.2	0.18	93			1.4263	1>
カルビトール	$C_2H_5OC_2H_4OC_2H_4OH$	134.17	0.990	201.9		94			1.4273	
ブチルカルビトール	$C_4H_9OC_2H_4OC_2H_4OH$	162.2	0.954	230.4	0.01	78	227		1.4316	

。塗料に使用される一般的な溶剤

表・4 各種プラスチックに対する溶剤の溶解性

プラスチック名	溶 剤 系				
	エステル	ケ ト ン	アルコール	芳香族 炭化水素	脂肪族 炭化水素
ポリスチレン樹脂	×	×	○	×	○
A B S 樹脂	×	×	△	×	○
ポリ塩化ビニル樹脂	×	×	○	×	○
メタクリル樹脂	×	×	○	×	○
ポリプロピレン樹脂	○	○	○	○	○
ポリアミド樹脂	○	○	○	○	○
ポリカーボネート樹脂	×	×	○	×	○
ポリアセタール樹脂	○	○	○	○	○
ポリエステル樹脂	○	○	○	○	○
フェノール樹脂	○	○	○	○	○
メラミン樹脂	○	○	○	○	○
尿素樹脂	○	○	○	○	○

注1. 熱可塑性樹脂は樹脂の溶解のみでなく、表面には表れない強度低下があるので注意を要する。

2. 単一溶剤で問題がなくても、混合溶剤では異なる現象を生じるので一応の目安である。

4. プラスチック素材

4.1 熱可塑性プラスチックの種類

表・5 種類と用途

分類	プラスチック材料名	略称	主な用途
熱可塑性	塩化ビニル樹脂	PVC	パイプ、波板、電線、レザー、フィルム、重合材料
	酢酸ビニル樹脂	PVAC	接着剤、塗料バインダ、紙加工剤、繊維仕上げ
	ポリビニルアルコール	PVAL	糊剤、製紙加工、接着剤、バインダ、フィルム
	ポリビニルブチラール	PVB	安全ガラス用、プリント配線用、接着剤
	ポリスチレン	PS	射出成形品、雑貨、弱電機器、共重合用、シート
	ABS樹脂	ABS	電気器具、雑貨、自動車部品、機械部品
	ポリメタクリル酸メチル (メタクリル樹脂)	PMMA	シート、看板用、照明カバー、建材、共重合用機械部品、雑貨
	ポリフェニレンオキサイド (ノリル)	PPO	自動車部品、耐熱性製品、電気電子部品、事務部品、給水部品
	ポリウレタン	PUR	(硬・軟) フォーム、自動車内装、機械部品
	アイオノマー樹脂(サーリンA)	—	射出成形用、容器、パイプ
結晶性	セルロース系プラスチック	—	塗料、フィルム、成形用
	ポリエチレン(高密度)	PE(HD)	射出成形材料、雑貨、工業部品、発泡材、パイプ、ブロー成形品
	ポリエチレン(低密度)	PE(LD)	フィルム、酢ビとの共重合材料、塗料、積層品
	ポリプロピレン	PP	射出成形品、フィルム、袋、容器
	ポリアミド(ナイロン)	PA	機械部品、電気通信部品、輸送機器
	ポリカーボネート	PC	事務機械、スポーツ用品、電気電子部品、医療・食品用部品
	ポリアセタール (ポリオキシメチレン)	POM	射出成形品、機械部品、摺動部材料、パイプ、シート、雑貨
	ポリフェニレンサルファイド	PPS	耐熱・耐薬品材料、摺動部材料
	塩化ビニリデン樹脂	PVDC	繊維、網、フィルム、ラテックス
	ポリエチレンテレフタレート	PET(P)	射出成形品、押出成形品、電線被服、パイプ、発泡材
	フッ素樹脂(四フッ化エチレン)	PTEF	化学装置用部品、電気材料、摺動部品、塗装用シール材

4.2 プラスチック素材の略記号

表・6 プラスチックの種類と略記号

略記号	プラスチック名	略記号	プラスチック名
AAS	AAS樹脂	PBT	ポリブチレンテレフタレート
ABS	ABS樹脂	PET	ポリエチレンテレフタレート
ACS	ACS樹脂	PDAF	ジアリルテレフタレート (アリル樹脂)
AS	AS樹脂	PE	ポリエチレン
CA	酢酸セルロース	PES	ポリエーテルスルホン
CAB	酢酸・酪酸セルロース	PF	フェノール樹脂
EP	エポキシ樹脂	PI	ポリイミド
ETFE	エチレンポリテトラフルオロ エチレン	PMMA	ポリメタクリレート (アクリル樹脂)
EVA	エチレン-酢酸ビニル共重合体	POM	ポリアセタール (ポリオキシメチレン)
IO	アイオノマー	PP	ポリプロピレン
MF	メラミン樹脂	PPO	ポリフェニレンオキサイド
NC	ニトロセルロース	PPS	ポリフェニレンサルファイド
SB	スチレン-ブタジエン樹脂	PS	ポリスチレン
SI	シリコン樹脂	PSF	ポリスルホン
UF	ユリア樹脂	PTFE	ポリテトラフルオロエチレン
UP	不飽和ポリエステル樹脂	PVC	ポリ塩化ビニル
PAR	ポリアリレート (Uポリマー)	PVAc	ポリ酢酸ビニル
PA	ポリアミド (ナイロン)	PVDC	ポリ塩化ビニリデン
PAI	ポリアミドイミド	PVDF	ポリフッ化ビニリデン
PC	ポリカーボネート	PUR	ポリウレタン

4.3 プラスチック素材に使用される各種添加剤

表・7 種類と用途

分類	添加剤の種類	添加効果	適用樹脂	塗装に及ぼす影響
可 塑 剤	・二塩基酸エステル類 フタル酸ジオクチル (DOP) ・アジピン酸ジオクチル (DOA) ・エポキシ化大豆油	成形温度、熔融温度低下などの加工性改良 柔軟性、耐寒性などの付与	塩化ビニル、塩化ビニリデン、ポリビニルアルコール、ポリエチレン、ナイロンなど	揮発性、非相溶性の可塑剤は熱、圧力などによって表面に移行 ハジキ、塗膜の密着不良などを起こす
安 定 剤	・金属石鹼 ステアリン酸亜鉛、ステアリン酸カルシウム ・有機スズ モノブチルスズ トリメチルマレート ・2,5 ジオ-ブチル-4メチルフェニル (BHT) ・ジラウリルチオプロピレート (DLTDP)	熱、紫外線による劣化防止	塩化ビニル、ポリオレフィン、ポリスチレンABS、ポリカーボネートなど	金属石鹼系は非相溶性のもの多く、塗料の濡れ不良、密着不良の原因となる
紫 外 線 吸 収 剤	・ベンゾフェノン系 2,4 ジハイドロキソベンゾフェノン ・ベンゾトリアゾール系 2(2' ハイドロキソ-5-メチルフェニル)-ベンゾトリアゾール ・サリチル酸エステル系 フェニルサルチレート	紫外線による分解、劣化防止	塩化ビニル、ポリオレフィン、ポリスチレン ポリエステル、ポリウレタンなど	
帯 電 防 止 剤	・アニオン系活性剤 アルキルベンゼンスルホン酸塩 ・カチオン系活性剤 第1級アミン塩 ・非イオン活性剤 脂肪族アルコールのエチレンオキサイド付加物	表面固有抵抗値の低下による帯電防止 無滴性の付与	塩化ビニル、ポリオレフィン、ポリスチレン ポリエステル	塗料の濡れ性が向上し 付着性増加につながる場合がある
難 燃 剤	・ハロゲン系 塩化パラフィン ジブromジクロロパリン ・リン系 トリスクロロエチルフェニル ・酸化アンチモン	難燃性付与	塩化ビニル、ポリオレフィン、ポリスチレン ポリエステル、ポリウレタン、ABS	相溶性の悪いものは表面に移行 塗料のなじみ不良や付着性を阻害
補 強 剤	・石綿 ・ガラス繊維 ・カーボン繊維 ・合成繊維	剛性、機械的強度向上 耐熱性、寸法安定性などの向上	塩化ビニル、ポリオレフィン、ポリエステル フェノール、メラミン エポキシ、ウレタン	プラスチックとのなじみが悪いと補強剤の界面でクラックやボイドが発生し、塗膜のワキやピンホールの原因となる

4.4 複合プラスチック

表・8 複合材の特長及び用途

配 合 剤		特 長	マトリックス	主 な 用 途
ガ ラ ス 織 維	FRP	引張強さ	UP、PF	ボート、浴室ユニット、ヘルメット、自動車
	F RTP	曲げ強さ 耐熱性	AS、ABS、PBT PET、PA、PC、PP	自動車部品、電気、電子部品
炭 素 織 維 (CFRP)		軽比重、耐熱性 電気伝導性	エポキシ ポリスルホン	航空機、釣竿、ゴルフシャフト 義手、義足、スポーツ用品
芳香族ポリアミド繊維 (ケブラー)		軽量化 延性が金属に近い	エポキシ、ビニルエ ステル、UP、PF	ボート、自動車 テニスラケット等スポーツ用品
無 機 充 填 剤 (炭酸、タルク、マイカ)		剛性、硬度、耐熱性 寸法安定性	PP、ナイロン	音響部品、自動車部品 日用雑貨
木 粉、古 紙 モミガラ		剛性、風合い、 省資源	PP	漆器、音響製品、 自動車用ボード
三酸化アンチモン 水酸化アルミニウム		難燃化	PUR、エポキシ PE、PP	電気、電子製品、建材 自動車部品、容器
カーボン、金属粉 グラファイト		導電化	PP、PA、PC PF、UP	コンピューターハウジング 電子機器（電磁シールド）
二硫化モリブテン グラファイト		耐摩耗性	PBT、PA ポリアセタール	歯車、ファスナー、キャスター
発 泡	SF	軽量、吸音	ABS、PS、PP、PE	合成木材（家具、建材）、雑貨
	ESF	軽量、剛性、省資源	PBT、PPO、PC	OAハウジング、自動車
	高発泡	断熱、遮音	PUR、PS	クッション、断熱材

注) SF：ストラクチャル・フォーム ESP：エンブラ・ストラクチャル・フォーム

5. プラスチック用塗料

5.1 塗料の概要

(1) 塗料の構成および分類

塗料の構成を大別すると次のものから成っている。

塗料の主成分	塗料主要素（樹脂等）	
	固形分（塗膜形成要素）	塗膜副要素（可塑剤、添加剤等）
	揮発分（溶剤）	顔料（着色顔料、体質顔料等）

塗膜主要素、塗膜副要素および溶剤から成るものを展色剤（Vehicle）といい、一般に顔料を含まない透明塗料をワニスまたはクリヤ、顔料を分散した着色塗料をペイントまたはエナメルという。

塗料の分類は、原料による分類、塗膜の状態による分類、塗膜の物性による分類、乾燥機構による分類などがあるが、原料の種類と塗料の状態を含めた一般的な分け方によると次のとおりである。

油性ペイント、酒精塗料、水性塗料、エマルジョン塗料、繊維素塗料、合成樹脂塗料。

塗料に使用する展色剤の一覧を表・9に示す。

(2) 塗料の乾燥機構

塗料は塗装後、液体から固体（ゾル→ゲル）に変化するが、その塗膜の形成過程が乾燥である。塗料の乾燥過程は大別して次の二つに分けられる。

1) 物理的乾燥 …… 揮発型乾燥

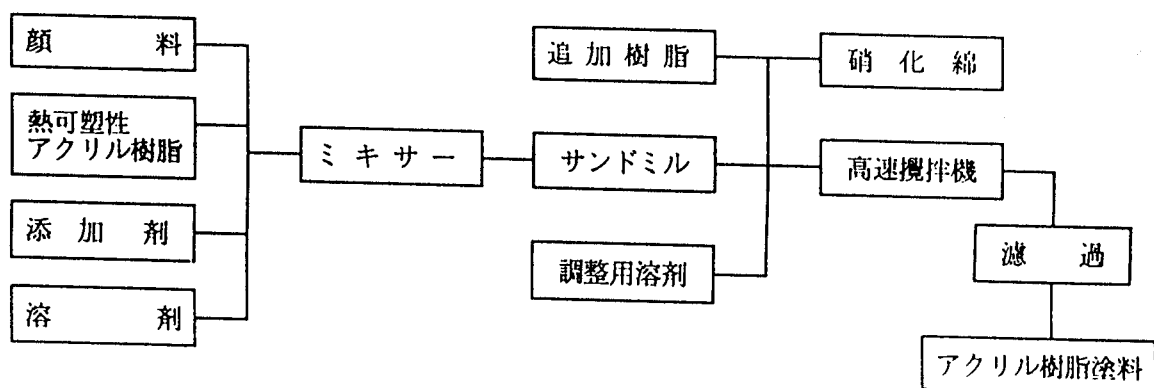
2) 化学的乾燥 …… 重合および縮合型乾燥

揮発型乾燥は単に溶剤の蒸発によって塗膜を形成するもので、繊維素塗料、ビニル系樹脂塗料、アクリル樹脂塗料などがこれにあたる。重合および縮合型塗料は、空気中の酸素、加熱、紫外線、放射線などによって塗膜が化学反応を起こし、分子量を増大して塗膜を形成するもので、油性塗料、アミノアルキド樹脂塗料、ポリウレタン樹脂塗料などがこれに属する。

重合および縮合型乾燥は、油性塗料、油変性アルキド樹脂塗料などの酸化重合型、アミノアルキド樹脂塗料、熱硬化アクリル樹脂塗料などの縮合型、ポリウレタン樹脂塗料などの付加重合型、不飽和ポリエステル樹脂塗料のような重合型などに分かれる。

(3) 塗料の製造法

着色塗料（エナメルペイント）の製造は、顔料を展色剤中に分散させることが主要な工程である。製造機械には、3本ロールミル、ボールミル、高速攪拌機、ニーダー、アトライターなどに用いられているが、最近では製造時間を短縮し、連続的に操業できて量産に適するものとしてサンドグラインドミルが広く使用されている。これは顔料および展色剤をあらかじめ攪拌機で予備混合し、特殊な硬質ガラスビーズ（通常1.0～2.0mmφ）やジルコニアビーズの高速回転層中に送り込み、粒子相互間のせん（剪）断力によって分散を行なう。この機械は、据え付け面積当りの生産量が大きいこと、流れ作業に適していることである。



図・1 熱可塑性アクリル樹脂塗料製造工程

表・9 塗料の展色剤一覧

塗料の種類	展色材の種類	展色材の内容	乾燥方法	特長
油性ペイント	乾性油		常乾	耐水性 安価
油性エナメル	油性ワニス	油性と天然樹脂の反応物	常乾	耐薬品性 高価
フタル酸塗料	アルキド樹脂 (変性アルキド)	多塩基酸(ex; 無水フタル酸)と多価アルコール(ex; グリセリン)の縮合反応物を油(脂肪酸)で変性する。更にロジン、	常乾	作業性 乾燥性 安価
アミノアルキド 樹脂塗料 メラミン樹脂塗料	アルキド樹脂(変性アルキド樹脂)、 +アミノ樹脂	ビニルモノマー、フェノール、エポキシ、シリコンなどで変性し、変性アルキド樹脂にする。	焼付	硬度・光沢 耐候性 耐薬品性
アミノ樹脂塗料	アミノ樹脂+アルキド樹脂	尿素やメラミン及びその誘導体をホルマリンでメチロール化し、更にアルコールで変性したもの。(ex; ブタノール→ブトキシ化メラミン樹脂)	常乾 焼付	
エポキシ樹脂塗料	エポキシ(変性エポキシ樹脂)+アミン(ポリアミド樹脂、フェノール樹脂、アミノ樹脂)	①アミンまたはポリアミド樹脂による自然硬化 ②架橋剤(フェノール樹脂、アミノ樹脂)による加熱硬化 ③油(脂肪酸で変性、アミノ樹脂との架橋)	常乾 焼付	耐薬品性 付着性 耐蝕性
ビニル樹脂塗料	塩化ビニル樹脂 酢酸ビニル樹脂	塩ビ-酢ビ共重合体、アクリル共重合体、合成ゴム系、ブチラールなどを溶解したもの。可塑剤に分散したゾル型もある。	常乾 焼付	耐薬品性
④ アクリル樹脂塗料 一液 二液	アクリル樹脂 アクリル樹脂+アミノ樹脂(アミン)	アクリル(メタクリル)酸及びそのエステルなどの共重合体	常乾 焼付	硬度 耐汚染性 耐候性
ラッカーエナメル	硝化綿(+合成樹脂、天然加工樹脂)	硝化綿(+合成樹脂、天然加工樹脂)を溶剤に溶かしたもの	常乾	速乾性 耐久性
ポリエステル樹脂塗料	不飽和ポリエステル樹脂(+スチレン)	不飽和二塩基酸(ex; 無水マレイン酸)とグリコール(ex; プロピレングリコール)の縮合反応物をスチレンに溶解したもの。触媒で架橋。	常乾	無溶剤 ワニス 耐水性
ポリウレタン樹脂塗料	ポリウレタン樹脂	ポリイソシアネートを水酸基を持つポリエステルアルキド、アクリル樹脂などで架橋	常乾	耐薬品性 付着性
水性塗料 フッ素系 シリコン系 シリコン系	水溶性樹脂 エマルジョン	①ポリエステル、アルキド、アクリル、エポキシ等の合成樹脂に親水性を与えて、水溶性樹脂にしたもの。水溶性アミノ樹脂、ブロックイソシアネート等で架橋。 ②合成樹脂をエマルジョン化したもの	焼付 常乾	環境対策 耐蝕性 環境対策

5.2 プラスチック用塗料

プラスチックは一般的に熱や溶剤に弱く、プラスチック用塗料は乾燥条件や溶剤選択において従来の焼付け型塗料と異なる点がある。プラスチックは熱に対する挙動により熱硬化性（Thermosetting）と熱可塑性（Thermoplastics）の2種に大別される。プラスチック材料の一般的な特性を表・10に示す。

表・10 プラスチック素材の一般的な特性

項目	種 類	熱 可 塑 性	熱 硬 化 性
耐 熱 性		ポリカーボネートを除き弱い。	強 い
耐 溶 剤 性		ポリエチレン、ポリプロピレンを除き弱い。	強 い
密 着 性		比較的悪い。 ポリエチレン、ポリプロピレン、 ポリアセタール等は特に悪い。	比較的良い
透 明 性		透明なものが多い。	不透明、または半透明のものがほとんど。
表 面 状 態		比較的良好。	成形時の水分、ホルマリン等の揮発性ガスのため素孔、気泡が発生し、比較的悪い。

(1) 熱硬化性プラスチック用塗料

熱硬化性プラスチック成形品は、耐熱性、耐溶剤性ともに強いので低温焼付け乾燥が可能であり、溶剤選択も容易である。

また、表面の極性が大きい付着性も良く、従来の金属用塗料に多少検討を加えた程度で使用されている。

(a) フェノール樹脂用塗料：フェノール樹脂成形品は金属用塗料がそのまま使用できる。アミノアルキド樹脂塗料、エポキシ樹脂塗料を120℃×30分、熱硬化アクリル樹脂塗料を120～140℃×30分焼き付けると付着性の良い塗膜が得られる。また、アクリル-ウレタン系塗料を100℃以上の温度で乾燥しても付着性の良い塗膜が得られる。

(b) 尿素及びメラミン樹脂用塗料：尿素及びメラミン樹脂成形品は日用品、電気器具部品、食器、漆器類に多量に使用されており、ウレタン樹脂塗料、エポキシ樹脂塗料が80～100℃×30分で、また酸触媒を添加したアミノアルキド樹脂が110℃×30分位の焼付けで使用されている。特に外観、耐水性、硬度、耐摩耗性が要求される食器には油を含まない純粋アルキド樹脂（飽和ポリエステル）とエーテル化度の低いメラミン樹脂が好結果を与える。

(c) 不飽和ポリエステル樹脂用塗料：不飽和ポリエステル樹脂は、通常、ガラス繊維で強化したFRP（Fiber Reinforced Plastics）の形で使用されており、不飽和ポリエステル樹脂下地塗料、アミノアルキド樹脂塗料などが使用されている。

(2) 熱可塑性プラスチック用塗料

熱可塑性プラスチック成形品は射出成形法により大量生産され、量的には最も多い。しかし、ポリカーボネート、ポリアセタールなどを除き耐熱性が弱く、ポリオレフィン系、ポリアセタールなどを除いては耐溶剤性も弱い。塗料中の溶剤によって成形品を溶解したり、ヒビ、クラック、チヂミなどを発生することが多い。したがって常温ないし熱変形温度より10～20℃低い温度で十分硬化し、使用溶剤の種類及び配合量に十分留意しなければならない。

(a) ポリスチレン用塗料 : ポリスチレン成形品は、熱及び有機溶剤に弱く、耐衝撃性にも劣る。成形時の残留歪のためクラックが発生しやすく、付着性も良くない。特に発泡スチロールの場合は斑点状に剥離しやすい。したがって使用する溶剤の種類、配合量は慎重に検討しなければならない。一般にアルコール可溶性の硝化綿またはセルロースアセートブチレート(CAB)及び熱可塑性アクリル樹脂を主成分とする塗料を使用し、アルコール系溶剤を主成分とするシンナーを使用する。

(b) AS用塗料 : AS成形品はアクリロニトリルとスチレンの共重合プラスチックであり、透明性、加工性、耐熱性(ポリスチレンより良い)が優れている。有機溶剤に弱く、ソルベントクラックを起こしやすい。塗料はポリスチレン用と同様なものが使用されるが、溶剤組成は特に考慮が必要である。主として弱電部品のハウジングなどの透明部品に用いられ、70℃までの強制乾燥が可能である。

(c) ABS用塗料 : ポリスチレン成形品の耐衝撃性を改善するために開発されたもので、アクリロニトリル・ブタジエン・スチレンの共重合プラスチックである。耐衝撃性、塗料の付着性、耐熱性に優れるが、透明なものが得られず、ブタジエンを含有しているため耐候性が劣る。3種のモノマーの配合割合に応じ、種々のグレードの成形品が得られる。

ABS成形品用の塗料は、使用される環境の点から一般にポリスチレン成形品用塗料より高性能のものが要求され、ポリウレタン樹脂塗料、熱可塑性アクリル樹脂塗料が常温または60～80℃×30分乾燥で使用されている。

ポリウレタン樹脂塗料は耐水性、耐薬品性、硬度、耐摩耗性の優れた塗膜が得られる。しかし二液混合型のため、作業性、可使時間などの制限があり、ポリイソシアネートを使用しているため、アミン、水、アルコール系溶剤に敏感であり、取扱上の管理を十分に行わなければならない。ABS用ポリウレタン樹脂塗料にはアクリル樹脂系のポリオールが主に使用され、アクリル樹脂特有の耐水性、耐薬品性、耐候性の優れた塗膜を与える。またポリイソシアネートも従来の芳香族系のものと異なり、脂肪族系のものが使用されているため、アクリルポリオールの使用と相まって、耐候性、耐黄変性は格段に向上した。実用的には初期硬度、耐ガソリン性を向上させるため繊維素誘導体を併用する場合もある。溶剤は-OH(水酸基)を有するアルコール系、グリコール系などは使用できないため、芳香族系、ケトン系、エステル系などの混合溶剤を使用している。ABS成形品の表面はこれらの溶剤に多少溶解されるが、ポリスチレン成形品に見られるような実際的な欠陥は発生しにくい。

(d) アクリル用塗料 : アクリル成形品は透明性に優れ、有機ガラスとして使用されている。塗料としては、熱可塑性アクリル樹脂系塗料やポリウレタン樹脂塗料が適用できるが、ソルベントクラックを起こしやすいので溶剤組成には特に考慮が必要である。アニーリングした成形品は、ポリスチレン成形品より耐溶剤性は良い。

(e) ポリカーボネート用塗料 : ポリスチレン、ASおよびABS成形品に比較して耐熱性は抜群に良く、120℃の加熱に耐え、耐溶剤性、機械的性質はABS成形品に類似している。

エンジニアリングプラスチックとして最近使用量も増加してきた。塗料としては、熱可塑性アクリル樹脂系塗料は特殊ポリウレタン樹脂系塗料が適用できる。

(f) 塩化ビニル用塗料 : ポリ塩化ビニルは可塑剤の含有量により硬質と軟質に分けられる。塩化ビニル樹脂塗料、熱可塑性アクリル樹脂塗料、ポリウレタン樹脂塗料が常温ないし50～70℃の低温乾燥で使用される。

可塑剤の多い軟質塩化ビニル樹脂は、塗膜への可塑剤移行のため、塗膜の軟化や粘着、外観変化の問題がある。適用塗料としては、熱可塑性アクリル樹脂系塗料、塩化ビニル変性アクリル樹脂塗料、軟質塩化ビニルポリウレタン樹脂塗料がある。

(g) ポリプロピレン用塗料 : ポリプロピレン成形品は安価で、耐溶剤性、耐薬品性、耐衝撃性に優れ、軽量であるため、日用雑貨品、家電部品、容器、自動車内装部品等に使用されている。熱可塑性プラスチックの中では耐熱性が比較的良く、結晶性、無極性のためポリエチレンと同様、耐溶剤性が強く、塗料の付着性はきわめて悪い。

適用塗料としては、日用雑貨品、家電部品や自動車内装部品用には、変性ポリオレフィン系塗料が常乾または50～70℃の低温乾燥で使用される。自動車外装部品等には表面処理した上にポリオレフィン系のプライマーを使用したり、直接ポリウレタン系塗料等を塗装する。

5.3 プラスチック適用塗料の特長

(a) 熱可塑アクリル系

家電部品、日用雑貨品、自動車内装用に使用されるABSやポリスチレン成形品用として主に使用され、樹脂中のモノマー組成や分子量分布により種々の特長を持つ。又、この系には硝化綿やCAB（セルロースアセテートブチレート）を含むものが多く、常温乾燥または50～60℃の低温乾燥で使用される。

特長

- ・作業性
- ・付着性
- ・耐光性
- ・比較的安価

(b) アクリルウレタン系

二液型の塗料であり、組み合わせるアクリルポリオールとポリイソシアネートの種類により種々の特長を持つ。熱可塑性アクリル樹脂の主鎖に-OH基を導入し、ポリイソシアネート（OCN-R-CNO）と反応させる。

自動車外装部品、家電、OA部品、カメラ部品等に使用されるABS、ポリカーボネート、めっき、金属素材等に広く使用され、一般には60～100℃で強制乾燥させる。

特長

- ・付着性
- ・耐久性、耐候性
- ・光沢、硬度
- ・耐薬品性
- ・耐溶剤性
- ・設計の自由度大

(c) ポリエステルウレタン系

二液型の塗料であり、組み合わせるポリエステルポリオールとポリイソシアネートの種類により種々の特長を持つ。ポリエステル樹脂中の-OH基とポリイソシアネート（OCN-R-CNO）と反応させる。

自動車内装部品、家電部品、OA部品等に使用されるソフトコート塗料は、この系のものが多い。

特長

- ・耐溶剤性
- ・耐薬品性
- ・耐久性

(d) 弗素樹脂系

従来は熱溶融型であり、200℃以上の高温を要し、素材との付着付与のために多くの工程を必要とした。用途も金属素材に限られ、非粘着性、耐薬品性コーティングが主体であった。

最近では弗素樹脂主鎖に-OH基を導入し、-NCO基と反応させ、常温硬化可能な弗素樹脂が出来るようになってきた。また建材用として一液型のものも市販されている。

特長

- ・耐久性（超耐久性、メンテナンスフリー）
- ・耐薬品性

欠点

- ・高価格

用途としては、超耐久性の特長を生かしてメンテナンスフリー塗装の対象物が考えられ、

- ・橋梁、船舶、プラント、海洋構造物
- ・車両、建材部品
- ・一般建築外装用

等が適当と思われる。

(e) シリコン系

—Si—O—結合の特性を生かした用途に使用される。

耐熱塗料

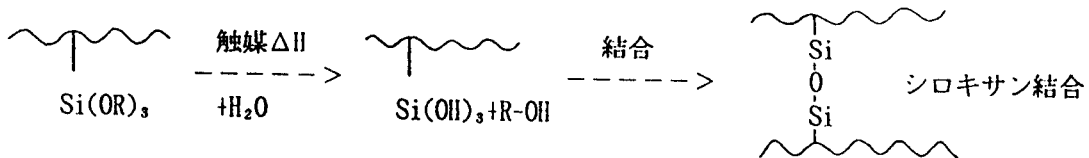
電気絶縁塗料

ハードコーティング用

etc

(f) アクリルシリコン系

アクリル樹脂とシリコン樹脂の特長を持った常温硬化型の塗料で、官能基を持った主剤と少量の硬化触媒（反応促進剤）による反応架橋型塗料である。また主剤（アクリル樹脂）と硬化剤（シリコン樹脂）を混合使用する二液型もある。



特長

- ・長期耐久性（非黄変性、光沢保持性、耐クラック）
- ・非イソシアネート系 ・付着性（金属、プラスチック）
- ・耐水性、耐薬品性 ・作業性（常温硬化）

(g) オレフィン系

塗装対象物として複合PPが本格的に採用されたのは、1977年頃の自動車メーターハウジングが初めてであり、その後他の内装部品及びTV、レコードプレーヤー、スピーカーボックス等の家電用へと拡大した。

PPは無極性及び高結晶性のため、塗膜の付着性は極めて悪く、表面改質処理が不可欠とされていたが、複合PPの用途拡大に伴い、無処理でも付着性の優れた塩素化ポリオレフィン系塗料が開発された。ラッカー型と二液型があり、それぞれの特長を生かして使用されている。

一液型は、塩素化ポリオレフィン樹脂に重合系樹脂をブレンドして付着性以外の機能を付与している。

シンナーによるクラックやクレージングの危険はないがラッカー型の塗装に際しては

- ① 強制乾燥が望ましい。 (60～70℃×20分)
- ② 薄膜を避ける。 (10μm以上)
- ③ 適正シンナーを使用する。(付着性)
- ④ 導電処理剤の過剰使用を避ける。(静電塗装)

等の注意が必要である。

(h) 一液反応型塗料

アミノアルキド樹脂やブロックイソシアネートを含むエポキシ樹脂など加熱により反応するタイプの塗料とアルキド樹脂塗料の用に空気酸化により架橋するタイプは以前からあり、金属用として使用されていた。しかしプラスチック用にも適用できる反応機構が開発され、現在では常温または低温乾燥でプラスチック（PS、ABS、PC等）に密着するような高性能塗料も市販されている。

(i) UV硬化型塗料

この種の塗料は、塗膜形成主要素である樹脂が紫外線を吸収して分子が励起し、硬化反応を起こすもので、主として重合か、付加反応のものが多く、加熱硬化型のような縮合反応はほとんどない。そして塗料用にはラジカル重合型か、ラジカル付加型の樹脂が主であり、モノマー、増感剤（反応開始剤）などの組合せにより各種の性能が得られる。

UV硬化樹脂の種類を表・10に、照射に使用される電磁波の分類を図・2に示す。

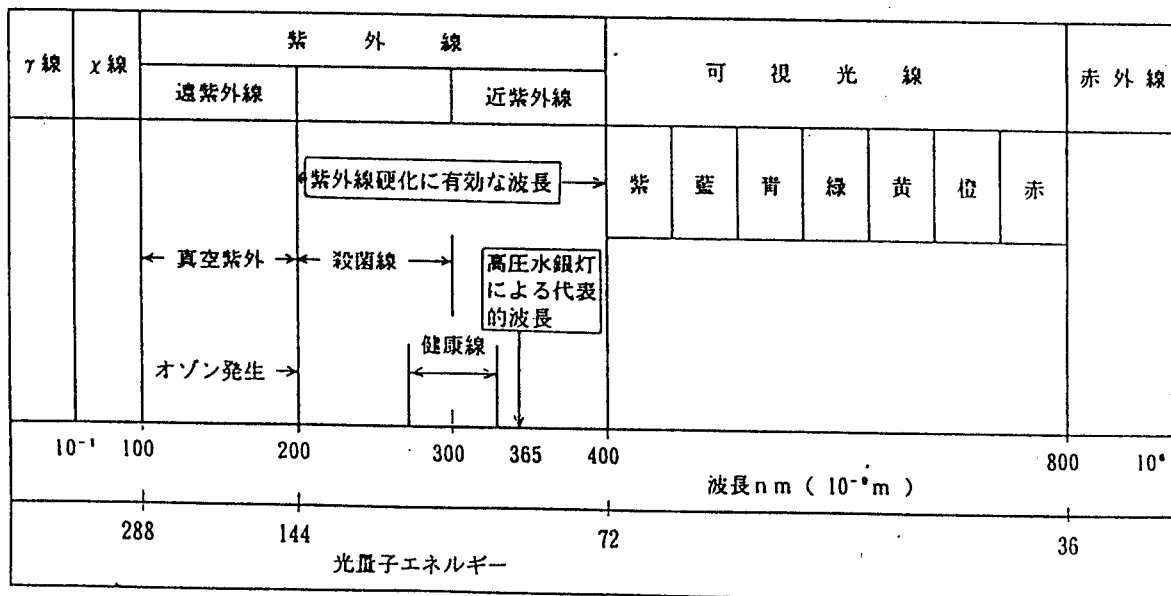
① 塗料の構成成分

- (a) 重合可能な二重結合を有する樹脂
- (b) 反応性希釈剤
- (c) 増感剤
- (d) その他添加剤、顔料 etc

表・10 UV硬化樹脂の種類

重 合 形 態	樹 脂 の 種 類		特 徴
ラジカル重合	不 飽 和 ポ リ エ ス テ ル		酸素による重合阻害を受けやすい。木工用中心
	ア ク リ レ ー ト 系	ポリエステルアクリレート	原料の組合せの幅が広く、物性のコントロールが可能。安価
		ポリオールアクリレート	希釈剤；プラスチックの付着性付与剤として
		ウレタンアクリレート	可撓性あり、耐候性よい。高粘度タイプが多い
		エポキシアクリレート	高硬度、耐熱、耐薬品性よい。 高粘度タイプが多い
		シリコンアクリレート	耐熱、耐薬品性よい。電気特性に優れる。高価
		ポリブタジエンアクリレート	電気特性に優れる。
		メラミンアクリレート	硬質タイプ。
ラジカル付加	ポレエン／ポリチオール系		酸素による重合阻害が少なく、硬質から軟質まで幅広いタイプがある。
	スピラン樹脂		耐候性よい。
カチオン重合	エポキシ／ルイス酸		二液タイプ。窒素ガスが発生するため厚膜硬化不適 保存安定性悪い
酸硬化型	アミノアルキド		木工用UV塗料

図・2 電磁波の分類



通常増感剤は樹脂に対して1～10%配合されるが、その増感の吸収波長帯と吸収強度によって塗料の特性が異なる。塗膜の表面しか作用しないものと塗膜内部まで作用するものがあり、一般に吸収帯が250nm付近の増感剤は塗膜の表面にのみ作用し、入射光の90%以上が膜厚2μm以内で吸収されてしまうが、吸収帯が350nmの増感剤は塗膜内部まで作用する。したがって増感剤としては250nm付近と350～400nmとの二つの吸収帯を持っているものがより有効である。

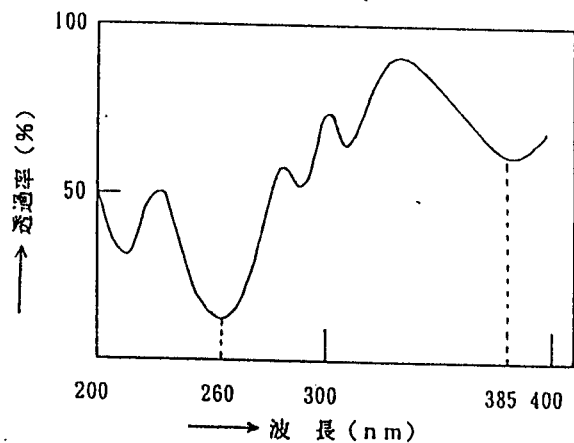
② UV硬化エナメル

顔料が光を吸収したり反射したりするため、塗膜の硬化を阻害するので従来はUV硬化エナメル塗料は見られず、透明塗料（クリア塗装）が大部分であったが、増感剤の開発によりエナメルの塗料も実用化されている。

参加チタンは340nm以下の光は吸収してしまうが350～400nmの領域に光の吸収から反射への転換点がある。各顔料の種類によりこの転換領域は異なっているが、エナメルをUV硬化させるには250nm付近とこの転換領域に吸収極大を持つ増感剤が有効である。

表・11 顔料のUV吸収率（%）

	波 長		
	302nm	334nm	405nm
カーボンブラック	100	100	100
酸化亜鉛	100	100	62
リトボン	92	89	56.5
硫化亜鉛	100	89.5	72
酸化チタン(アナーゼ)	100	94	68
酸化チタン(ルチル)	-	-	-
酸化アンチモン	100	76	53
酸化鉄	85	86	87
陶 土	46	43	39
バライト	36.5	35.5	33
炭酸カルシウム	34.5	33	31
シリカ	21	18	12
タルク	18	11	10



図・3 2-クロロチオキサントンのUV吸収スペクトル

2-クロロチオキサントンは260nmと385nmに吸収極大があり、顔料に酸化チタンを用いたエナメルの増感剤として優れているといわれている。

(j) 水系塗料

水系塗料は大きく分けると水溶性型とエマルジョン型に分かれる。水溶性型は樹脂に極性基を導入し、中和剤を混合することにより水溶化している。このタイプの樹脂は主に金属用として120℃以上の乾燥条件で使われている。一例をあげると電着塗装用塗料、金属用塗料、中塗り用塗料などがある。樹脂の分子量は比較的小さく、架橋により高分子化する。

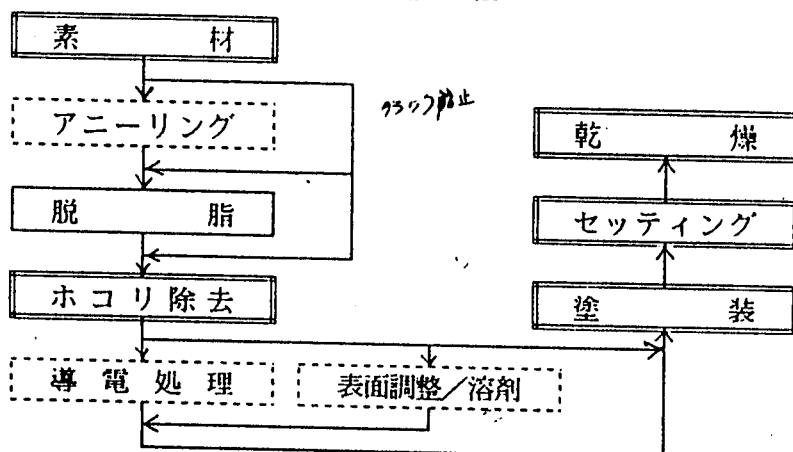
エマルジョン型の塗料は、そのままでは水分散できない高分子樹脂を分散剤、その他の助けにより水中に分散したもので水が蒸発することにより増膜して性能を発揮する。このタイプはハウスペイントとして大量に使用されているが、近年、有機溶剤規制の厳しい欧米ではプラスチック用にも適用されるようになってきた。日本国内では現在のところ、環境（有機溶剤）規制よりコストや性能面を重視した使われ方がされているので使用実績は少ないが、架橋反応系も含めて実用化に向けて研究が進められている。但し、希釈溶剤として使用される水は、蒸発潜熱が有機溶剤に比べて大きく、湿度の高い場所での使用には注意を要す。

6、塗装加工

6.1 プラスチックの塗装工程

プラスチックの塗装工程は金属のように錆を生じないことや平滑な表面状態が得られるなどの点から、ほとんどのプラスチックは一回塗り仕上が可能である。しかしながらプラスチックの種類によっては塗膜の付着性の低下するもの、プラスチックの成形表面が平滑でないもの、成形状態が悪いものや、成形時の離型剤の問題、帯電によるゴミ付着の問題から表面処理工程は塗装の前処理として重要な位置を占める。

図・4 プラスチック標準塗装工程



6.2 表面処理

プラスチックの表面処理の目的としては、表面粗化、酸化による極性付与、表面の緻密化導電性の付与、ストレス除去などがある。

表・11 プラスチックの表面処理方法

目 的	方 法	処 理
付着力の増与	表 面 研 磨	ペーパー等で表面に付着しているものを除去する。
	拭き取り法	アルコール系溶剤、水性クリーナーなどで表面の離型剤等汚れを拭き取る。
	化 学 処 理	薬液処理により、表面のエッチング処理を行なう。
	物 理 処 理	火炎、UV等による表面酸化処理。
成形歪の除去	アニール処理	熱変形温度より10～15℃低い温度で4～8時間熱処理する。 (成形品の内部ストレス除去目的)
	溶剤の塗付	成形品のストレス除去のため溶剤を塗付する。
導電性の付与	導電剤の塗付	プラスチックの静電塗装に際して塗装用導電剤を塗付する。
表面調整	溶剤の塗付	溶剤塗付により発泡成形品表面やガラス入り成形品表面を溶解して密着を良くする。
ホコリの除去と再付着防止	機器の利用	除電装置を用いて被塗物の帯電電位を中和する。

6.3 塗装方法

塗料の塗装法は塗装作業の合理化を基盤に数多く開発されているが、各々特徴があり、塗料の品種、被塗物の形状、目的によって適否があります。塗装方法の決定は、総合的な判断の基に各々の特徴を考えにいれて行なう必要がある。

表・12 塗装方法と特徴

塗 装 方 法	原 理	特 徴	用 途
エアースプレー 塗 装	塗料を圧縮空気 の力で霧化して塗 装する	ほとんどの塗料に適用できる 比較的安価で取り扱いが簡単 きれいな仕上がり面が得られる	汎用性が高く、あらゆる 塗装分野で使用され 特に、小型被塗物に適 している
エアレス スプレー塗装	塗料に高圧を加え て小さな穴から吹 き出させ、霧化し て塗装する	作業能率が良い 高粘度塗料の塗装が可能であり、厚塗 りができる 塗料のハネ返りが少ない	船、橋梁など大型被塗 物の塗装に多く用いら れる
ローラー塗装	ロールの間に被塗 物を通過させて塗 装する	塗料ロスが少ない 連続塗装ができ、作業能率が良い	カラートタンなど平ら なものに適している
流し塗り（シャワ ーコーティング）	被塗物に塗料を流 しかけて塗装する	複雑な形状の被塗物でも塗り残しがな い 一度に全面塗装ができる 連続塗装ができ、自動化しやすい 塗料ロスが少ない タレ跡が残るため高度な仕上がりは無 理	鋳造部品、自動車、農 機具の下回り部品など の塗装に適している
ディッピング塗装	塗料槽に被塗物を 浸け、引き上げる	複雑な形状の被塗物でも塗り残しがな い 一度に全面塗装ができる 連続塗装ができ、自動化しやすい 塗料ロスが少ない タレ跡が残るため高度な仕上がりは無 理	鋳造部品、自動車、農 機具の下回り部品など の塗装に適している
電 着 塗 装 (水系)	塗料槽内に被塗物 を浸け、直流電氣 を通電して塗装す る（電氣めっきと 同原理）	複雑な形状の被塗物でも塗り残しがな い 一度に全面塗装ができる 連続塗装ができ、自動化しやすい 塗料ロスが少ない 膜厚の均一性に優れ、仕上がり面も美 しい	自動車ボデー、電氣器 具その他金属製品一般 の量産塗装
静 電 塗 装	霧化した塗料に高 電圧を与えて負に 帯電させ、正極で ある被塗物に吸引 付着させて塗装	塗料の塗着効率に優れ、塗料ロスが比 較的に少ない 作業能率が良く、連続塗装に適してい る 自動化しやすい 塗料ロスが少 ない	自動車ボデー、自動車 部品、家電部品等金属 、プラスチックを含め た量産塗装
静電粉体塗装	粉体塗料に高電圧 を与えて負に帯電 させ、正極である 被塗物に吸引付着 させて塗装	シンナーがいらない 厚膜塗装が可能 塗料ロスが少ない 連続塗装ができ、自動化しやすい	金属製品一般の量産塗 装

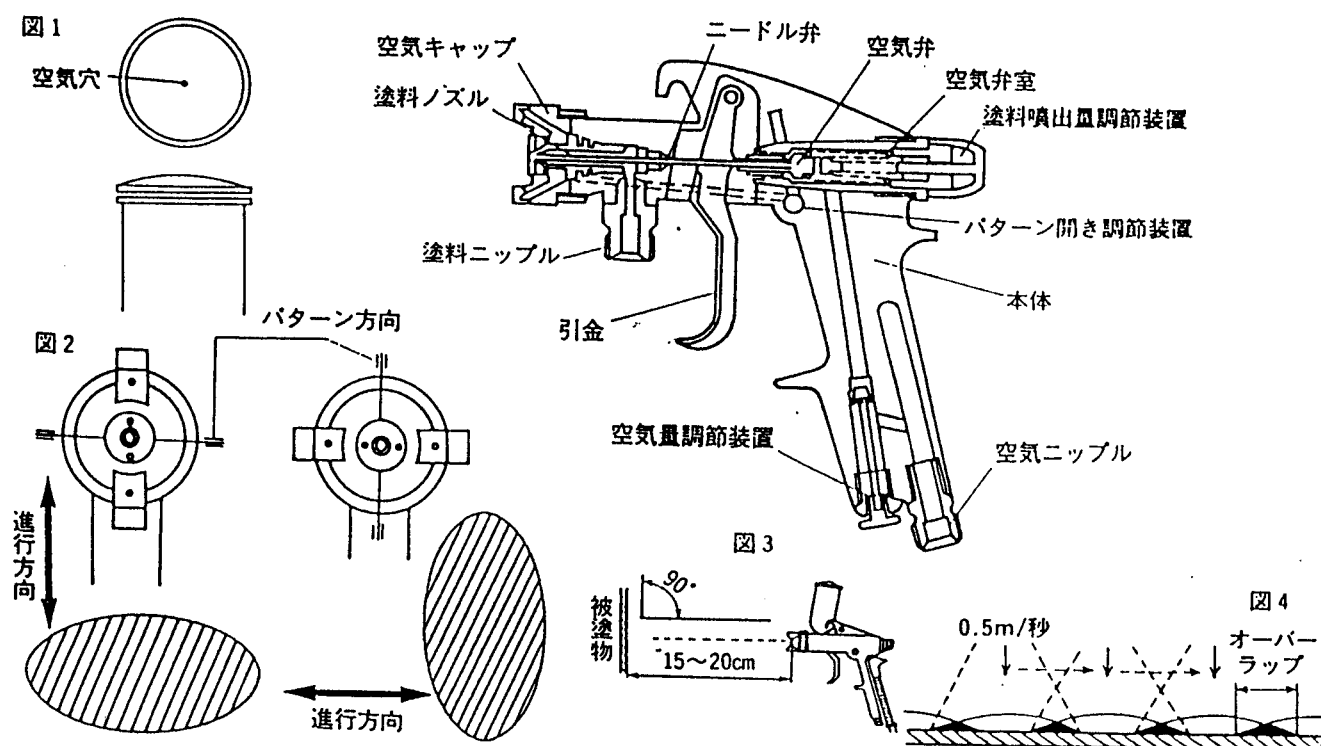
(1) エアースプレー塗装

塗料を圧縮空気によって微粒化して塗装する方法です。スプレーガンはラッカー塗料の開発と共に、わが国では昭和の初期に開発され、以後いろいろな種類が製作されました。作業能率が良く、平滑な美しい塗装ができる最も手軽な塗装機として工業塗装において最も広く利用されています。

エアースプレー塗装は、作業能率が良く均一な塗装ができるが、シンナーを多量に使用することとオーバースプレーによる塗料損失が多く、塗料の霧が作業場に立ちこめるので排気装置を必要とする。

最近では塗装ロボットを導入して省力化と共に、膜厚安定とゴミ付着等の不良低減を図っている場合が多い。

(a) スプレーガンの構造



(b) ノズル口径

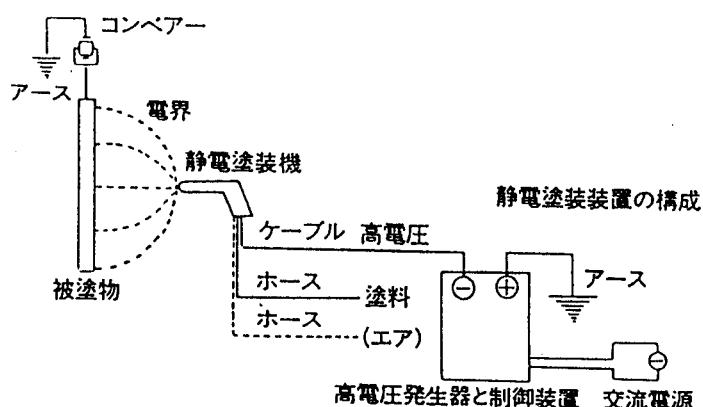
ノズル口径の大小によって塗料噴出量が変わり、これに応じて使用空気量も変わってくる。このことは直接作業能率や仕上りに影響するので適切な選定が必要である。

スプレーガンのノズル口径と噴出量および空気量

大きさ	塗料供給	ノズル口径	塗料噴出量	使用空気量	一般的には、下塗り（比較的粘度の高い塗料）には、塗料のでやすいノズル口径の大きなものを、上塗り（粘度の低い塗料）には、ノズル口径の中以下を選ぶのがよい。
小型	吸上式 重力式	1.0mm	95cc/min	75L/min	
		1.3	135	85	
		1.5	180	165	
大型	吸上式	1.5	240	175	
		2.0	330	240	
		2.5	420	340	

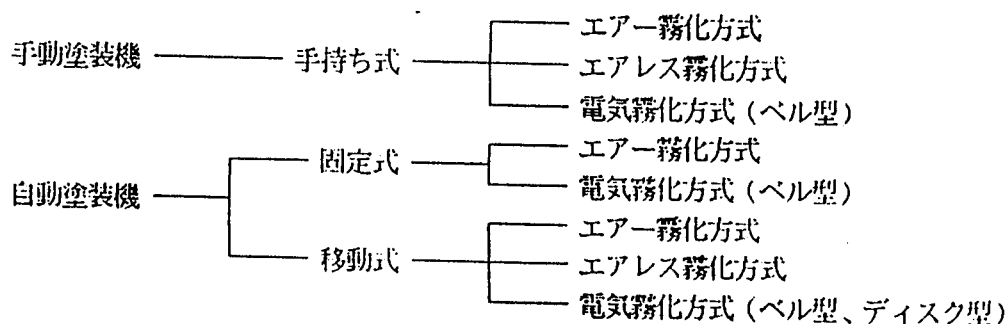
(2) 静電塗装

従来の塗装法では塗料を被塗物に塗装するのに空気圧力、塗料の加圧などによっていたが、静電塗装では微粒化した塗料に負の高電圧をかけ、接地した被塗装物に静電引力によって付着させることを特徴とする。したがって塗料のロスが少なく（条件が良ければ90%以上の塗着率を示す）、従来の塗装では塗りにくい突起部分にかえて厚く塗装でき、コンベヤシステムとの組合せで大量生産自動塗装が可能となる。



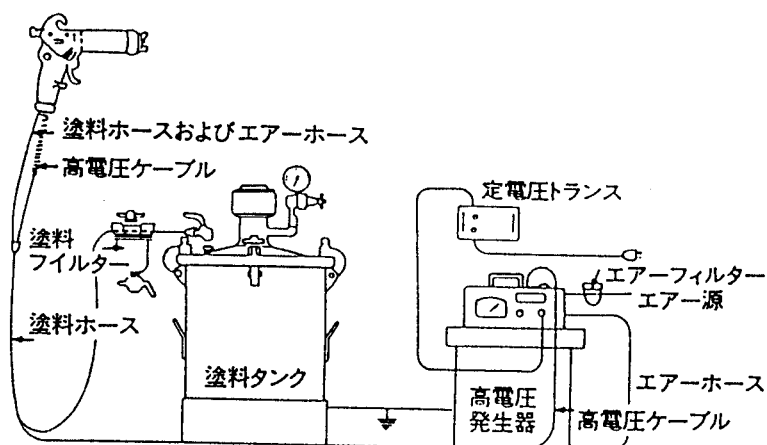
(a) 静電塗装機の種類

静電塗装機には手動塗装用と自動塗装用があり、更に自動塗装用の塗装機には、固定式と移動式（レシプロ式）とがあります。



(b) エア霧化式静電塗装機

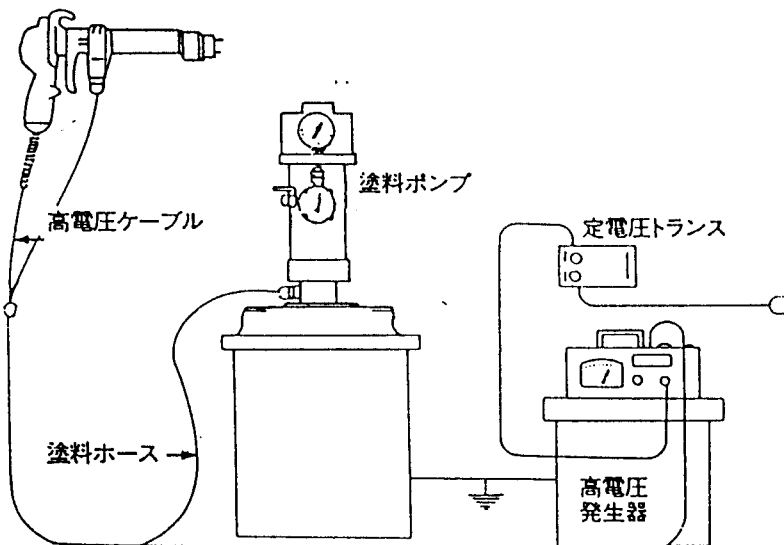
この方法の静電塗装機は、塗料の微粒化をほとんど圧縮エアの噴射力によって行ない（高電圧による微粒化促進も働く）、ガン先の放電電極で起こるコロナ放電によって霧化粒子は帯電し、放電極と被塗物の間に形成される電界にしたがって被塗物の方へ向かいますが、微粒化時の加速力と霧化エアの風力により直進力がつくので、必ずしも電界に沿って被塗物に吸着されません。したがって、一般に電気霧化式よりも塗着効率は劣りますが、深い凹部や奥行きのある箇所などへの貫入性は勝っています。



なお、エア霧化式の静電塗装機は種類が多く、各塗装機メーカーは塗着効率の改善を狙って、霧化粒子直進力を抑制する方策として低圧霧化の適用、さらに、ラセンノズル・スパイラルノズル・回転噴射ノズルなど、エアの噴射方向の転換を図って種々の工夫をした塗装機を開発しています。

(c) エアレス霧化式静電塗装機

この方式は、普通のエアレススプレー塗装機と同じ霧化機構をしており、霧化粒子の帯電は塗装機先端のコロナピンによって行なわれ、帯電粒子は、ピンと被塗物との間に形成される電界にしたがって、被塗物に吸着される仕組みになっています。一般に、エアレス霧化方式は静電霧化式やエア一霧化式に比べて霧化粒子が粗く、加速による直進力が強いいため静電効果はエア一霧化式より劣りますが、エア一の吹き付けがないのでミストの飛散やハネ返りが少なく、塗着効率や貫入性はエア一霧化式よりも優れています。

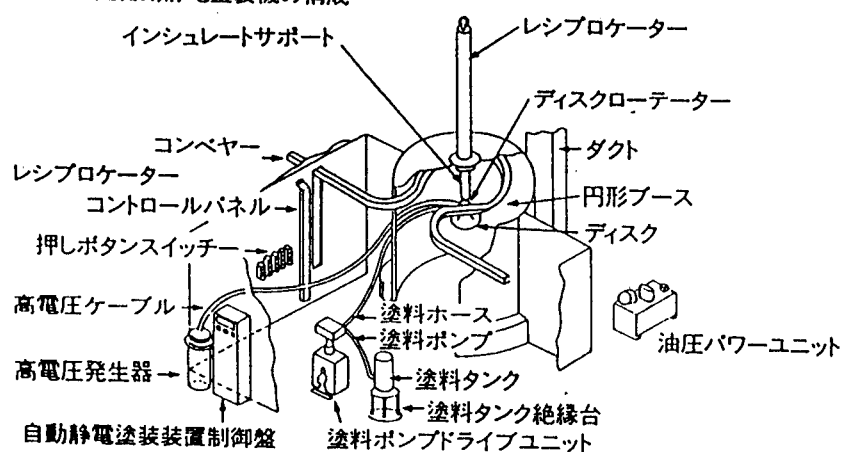


(d) 電気霧化塗装機

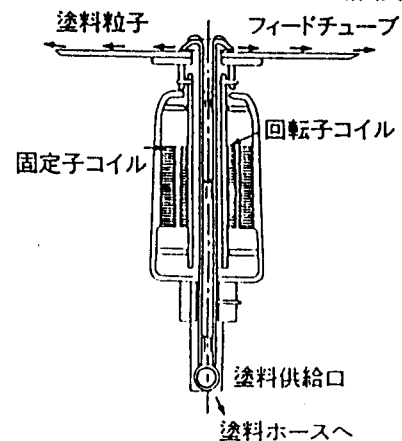
この方式は、ベルまたはディスク型の霧化頭放電極を高速回転させ、その中央部に供給してやると、遠心力の作用により塗料がベルまたはディスクの表面で薄いフィルム状に広がり、全周のエッジから液糸となって振り出されます。この時、塗料は高電圧によってさらに微粒化され、荷電されて、エッジと被塗物との間に形成される電界にしたがって被塗物に吸着します。

この方式の塗装機はランズバーク社（米）によって開発され、No.2プロセス静電塗装機とも呼ばれています。この方式の特長は他の方式に比べて塗着効率が優れていることで、実ラインにおいてもほとんどの場合、80%以上の塗着効率が得られます。

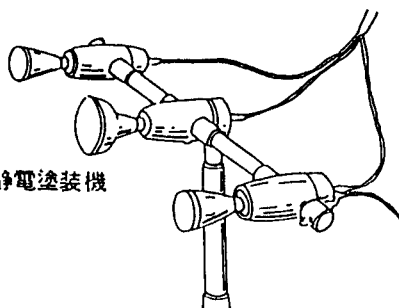
ディスク型自動静電塗装機の構成



Na2プロセス—上向きディスクの断面図



ベル型固定式 静電塗装機



6.4 塗料の乾燥方法

塗料の乾燥方法は自然乾燥法と加熱乾燥法の2つに大別できます。乾燥方式による塗料の分類と乾燥機構は表・13に示しますが、自然乾燥法、加熱乾燥法のいずれについても基本的な条件は次のようになります。

- ① 空気を清浄にしておくこと。
- ② 湿度は高くないようにする。
- ③ 空気の流通を良くすること。加熱乾燥の場合でも塗料より発する溶剤蒸気その他が炉内に充満すると、光沢低下の原因となったり引火の危険があります。
- ④ 温度が5℃以下になると乾燥は急激に遅くなります。

表・13 乾燥方式による塗料の分類

種類	乾燥方式	乾燥機構	塗料
常温乾燥	揮発乾燥型	溶剤の蒸発による。	熱可塑アクリル樹脂塗料 ラッカー 塩化ビニル塗料
	酸化重合型	酸素の存在で酸化重合を起こし固化する。	油性系塗料 アルキド樹脂塗料
	反応型	通常、触媒または硬化剤を加えて、重合、縮合、重縮合を行ない固化する。	ポリエステル塗料 ポリウレタン塗料 2液性エポキシ塗料
加熱乾燥	縮合型	常温ではほとんど反応性はなく、加熱すれば反応を起こして固化する。	アミノアルキド塗料 焼付けエポキシ塗料 焼付けアクリル塗料

所定の性能を持つためには、乾燥機構に適合する条件を与えることが必要である。とくに加熱乾燥型の塗料では、その塗料が固化するための化学反応の条件に適合した温度・時間で加熱しなければ完全な反応が起らず、所定の性能を発揮するような塗膜は得られない。塗装目的と選択した塗料について最も良く適合し、その塗料の性能を十分に発揮できるような条件で乾燥することが大切である。

(1) 常温乾燥法

自然条件下で乾燥させる方法で、ラッカーや建築の内外装に多く使われているエマルジョンとりょうのような揮発乾燥型の塗料に適しています。

揮発乾燥型の塗料を乾燥するには、塗料中の溶剤（シンナーを含む）の蒸発速度を調節すれば良い。乾燥速度は、空気の温度および湿度、溶剤蒸気による飽和度、換気の程度により異なる。たいていの場合、蒸発に必要な熱量は塗膜周囲から供給されるので空気中の湿度が高かったり、溶剤が親水性の場合には塗面に水分が露結し、白化など塗膜に悪影響を与える。

揮発乾燥を行なうには、湿度の低い、室温より若干高い（40～60℃）の空気を送って、緩やかに換気するのが最も良い。

(2) 強制乾燥法

塗料の乾燥速度を速めるために用いられる方法で、一般的には80℃以下の温度で乾燥させる方法です。ABS成形品等のように、80℃以上になると素材の変形が起きるものには、この強制乾燥法が用いられます。

二液反応型塗料（ウレタン系など）用に適しており、プラスチック成形品用塗料の乾燥方法として適用されることが多い。

(3) 焼付け乾燥法

塗料の乾燥を短時間で行なうために用いられる方法です。

乾燥温度は100℃以上ですが、一般には120～150℃×20分程度であり、工業用塗装ラインに多く採用されています。

6.5 乾燥設備

(1) 赤外線乾燥設備

赤外線乾燥設備は、熱源として赤外線電球や赤外線ヒーター等を用い、そのエネルギーにより塗膜を乾燥させるもので、近赤外線と遠赤外線乾燥設備があります。

赤外線は太陽から発せられる光源の一種で、この赤外線の波長（0.75～400μm）は近赤外線、中赤外線、遠赤外線に分けられます。しかし、一般には中赤外線を近赤外線に含め、遠赤外線と2種類に分類されます。

(a) 近赤外線乾燥設備

近赤外線乾燥設備は、赤外線電球を熱源とするもので、取り扱いが簡単、放射角度が自由に変えられる、構造が簡単で組立が容易などの理由から幅広く利用されています。

プラスチック成形品用には、ラッカー系の塗料を使用する際に主に適用されていますが、光の当たる部分と当たらない部分の温度差が大きく、光が集中して当たる部分では表面温度の上昇によりクラックやクレージング等の不良を発生する場合があります。

(b) 遠赤外線乾燥設備

遠赤外線乾燥設備は、ガス、電気などにより加熱した管状またはプレート状ヒーターを熱源とするもので、その輻射熱により乾燥させる方法です。

この方式は直接素材を加熱できるため熱効率が良く、二液反応型の塗料の乾燥ラインに多く使用されています。欠点としては、正確な温度コントロールが困難で、場所によって温度差が出やすい。

(2) 熱風乾燥炉

熱風乾燥炉は、加熱した空気を媒体として塗膜を加熱するもので、熱源として重油、灯油、ガス、スチーム、電気などを利用します。熱風乾燥炉には、直接加熱式と間接加熱式があります。

これらの乾燥炉は被塗装物内の温度差が比較的少なく、複雑な形状の被塗物の乾燥に効果的です。

(a) 直接加熱式熱風乾燥炉

バーナーで加熱した空気を直接炉内にファンで送り込み、循環させる方式で、次のような特徴があります。

- ① 熱効率がよい。
- ② 設備がコンパクトで設備費が安い。
- ③ 昇温時間が短い。
- ④ 燃焼によるガス成分により塗面に悪影響を及ぼす恐れがある。

(b) 間接加熱式熱風乾燥炉

バーナーで熱交換器を加熱し、熱交換器に空気を通し循環させる方式で次のような特徴があります。

- ① 燃焼の炎が直接引火性成分に触れることがなく、爆発を起こす危険性がない。
- ② 不完全燃焼による煤煙が炉内へ入らない。
- ③ 熱効率が低い。
- ④ 昇温に時間がかかる。
- ⑤ 設備が大型で設備費が高価。

