有機感光体の生産技術

松橋　幸雄（まつはし　ゆきお）

1　まえがき

富士電機は，業界トップレベルの有機感光体（OPC：Organic Photoconductor）の生産技術を有し，電子写真技術の進歩や顧客の要求に合致した製造技術開発と改良を続けている。2006年には，感光体生産機能のすべてを中国の工場に集約し，感光体用素管と感光材料の製造から感光体の塗布，検査，組立に至るすべての工程を1か所に集結した工場を立ち上げつつある。感光体生産工場のたたずまいとして，ここまで広範な工程を網羅した工場は，世界に類を見ない。

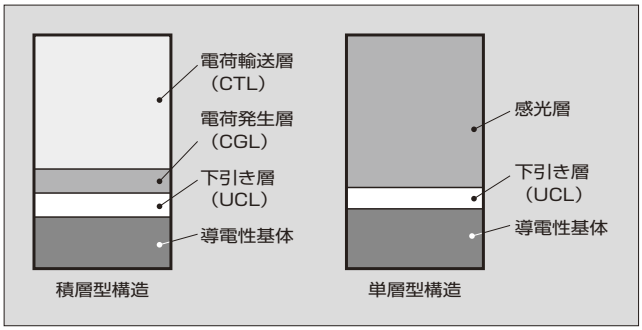
本稿では，個々の要素工程における最新の製造技術動向概要を紹介する。

2　OPC生産工程の概要

OPCは**図1**に示すように，導電性基体上に下引き層（UCL：Under Coat Layer），電荷発生層（CGL：Charge Generation Layer）と電荷輸送層（CTL：Charge Transport Layer）を積層塗布する積層型構造と，UCL上に電荷発生機能と電荷輸送機能を重ねた感光層を塗布して成る単層型構造の2種に大別される。

両者とも，欠陥のない均一な塗布膜を，早く，継続して安定的に形成することが非常に重要である。また，基板や感光材料の設計内容に応じて，適切な製造条件を設定することにより，材料設計開発に対する自由度を拡大させ，ひいては高品質・高信頼性を有する製品を安価に製造することができる。**図2**に，OPCの生産工程の概略フロー図を示す。

図1　OPCの層構成



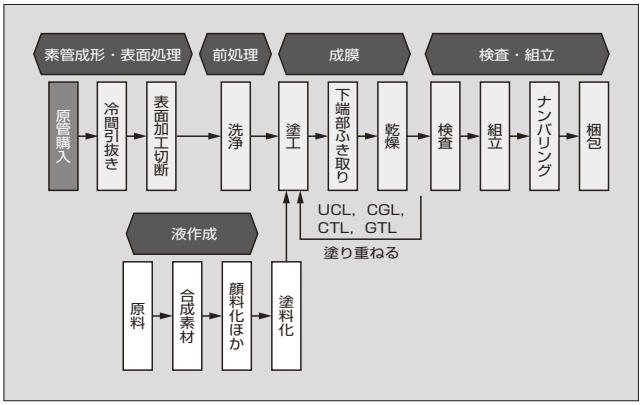
3　高品質・高信頼性を実現するOPCの生産技術

3.1　素管の成形，表面処理工程

OPC用の基板素材には，アルミ合金や電鋳金属素材，導電性有機材料を用いた例がある。感光体メーカーが多用しているのはアルミ合金であり，基板としての要求仕様に応じて，3000系，5000系，6000系材料を使い分けている。これらの素材は，熱間押出し・冷間引抜きを経て所定の長さに切断し，表面の精密加工に供されるのが一般的である。冷間引抜き工程の後に熱処理工程が加えられる場合もあるが，引抜き時の断面積収縮率を適切に設定することによってアルミ合金の加工硬化具合を調節し，次の精密加工工程の加工負荷を適切に設定することができれば，熱処理工程は割愛できる余地がある。

一方，冷間引抜管そのものを，表面の精密加工を行わずにOPC塗布に供する例もある。この場合は，冷間引抜き加工での寸法精度と表面形状を厳密に制御する必要があるが，精密加工を省略することによるコスト低減効果が大き

図2　OPC生産工程



松橋　幸雄

有機感光体の生産設備の設計に従事。現在，富士電機デバイステクノロジー株式会社情報デバイス事業本部事業統括部生産技術部課長補佐。

いため，一部の感光体メーカーでは主流の素材として採用している。

冷間引抜管の品質は，引抜き工程はもとより，引抜き工程に供する押出し管の品質に大きく依存する。押出し管に存在するきずや介在物は，引抜き工程の中では場所を移動するだけで残存し，引抜き製品に出現する。このため，押出し管の引抜き前処理と，引抜き工程に用いるダイス・プラグ選択が，引抜管の出来栄えを決めると言っても過言ではない。

引抜管に対して施す精密加工は，切削加工と研磨加工に大別される。切削加工は，旋盤を用いた加工である。**図 3** に富士電機における切削加工工程を示す。

超精密加工旋盤は，生産効率向上の趨勢（すうせい）の中で，主軸回転数を高め，刃物台駆動方法にも幾多の改善が加えられてきている。しかし，旋盤に装着された材料に高速回転が与えられれば与えられるほど，回転運動中の素材変形量が拡大し，円筒度などの寸法精度確保に障害が発生しやすい。その防止策として，材料の見掛け密度増加策が種々，工夫されている。

研磨加工には，円筒研削盤や無心研磨盤が多用されている。今後一層の物量増加が見込まれるカラープリンタ用感光体基板加工方法として，適用範囲の拡大が期待されている。

3.2　前処理工程

OPC 用素管の前処理工程は，水系洗浄が現在の主流になっている。前節で述べた素管の多様化に伴い，洗浄工程に持ち込まれる素管の表面状態は多岐にわたっている。特に引抜管をそのまま感光体塗布に持ち込む場合，引抜き潤滑油の特性から，残存潤滑油量が多いため，前処理工程への負荷を増大させる場合が多い。また，無心研磨工程を経た素管の場合は，残留砥粒が洗浄工程に持ち込まれる可能性が高くなる。富士電機では，水系洗浄工程に，圧水噴射による物理的な洗浄工程を設けている。この圧水は，過剰な残存油分や砥粒の除去に奏功するのみならず，切削加工で掘り起こされた素管表面の微細な突起を除去する効果もある。そのため，比較的薄い膜厚に設計されて被覆効果の少ない下引き層との組合せにおいて，印字障害防止に大きな効果を表す。

3.3　成膜工程

感光層の成膜工程は，クリーン度，温度，湿度，気流が精密に管理されたクリーンブースの中で行われ，塗布液が循環している塗工タンク内に素管を浸漬・引き上げることで塗膜が形成される。

塗布液は，電荷発生材料（CGM：Charge Generation Material），電荷輸送材料（CTM：Charge Transport Material）などの有機機能材料とバインダ樹脂を有機溶剤に溶解，または分散して作製される。均質な塗膜を形成するための塗布液への要求特性は，基板へのぬれ性，乾燥性，分散安定性，異物混入などがないクリーン度が挙げられ，組成配合，溶剤の種類，分散技術，フィルタリング技術にて均質で欠陥のない薄膜コーティングが実現されている。特に分散系の電荷発生層（CGL：Charge Generation Layer）用塗布液は，1 μm 以下の薄膜であり，また印字品質に直接影響を及ぼすため，数百ナノメートルの顔料粒子を凝集しないように，かつ安定的に分散させる技術が必要である。富士電機では，顔料化工程から分散処理工程まで，独自の組成配合とミリング式分散技術を採用し，また塗布液の物性トレンド管理を実施しており，社内一貫管理の下で高品質の塗布液作製を実現している。

塗布工程では，均質な塗膜を形成するために，前述の塗布液管理と合わせて，各種塗布パラメータを高精度に制御する設備技術が重要になる。塗膜の膜厚は，基本的に液粘度，乾燥性，引上げ速度（表面張力）で決められる。液粘度管理については，測定器からの信号を受けて，溶剤自動希釈と液温調整システムによってリアルタイムでフィードバックされている。乾燥性については，塗工タンクのフード形状を工夫して溶剤蒸気濃度を均一化しており，合わせてクリーンブース内の温湿度を細かく制御することで，塗膜から溶剤が揮発するときに発生する乾きむらやゆず肌不良を対策している。さらに塗工用ハンドには，低振動の剛性昇降装置を採用し成膜品質を高めている。塗布環境のクリーン度低下を防止するために，生産設備や搬送系装置か

図 3　切削加工工程

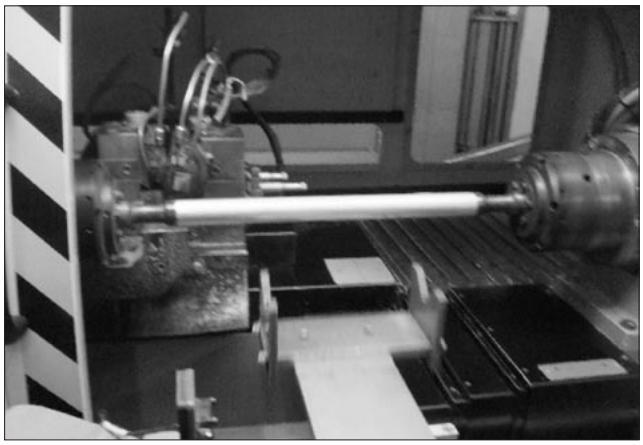


図 4　塗布搬送ライン

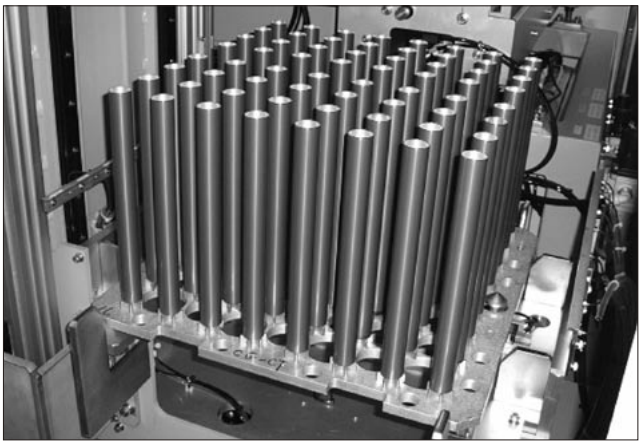


図5　全自動検査組立装置

らの発塵（はつじん）を極力抑制する必要がある。

富士電機では，特に，搬送用パレットとコンベヤの摩耗粉などを次工程に持ち込まないように，各塗布工程ごとに循環式の独立搬送機構を採用しており，コンベヤ間のパレット移動は，Walking Beam 方式（乗せ替え方式）を取り入れている。**図4**にその一例を示す。生産性の観点では，少量多機種生産に対応するために，塗工タンクと循環系装置のユニット化や搬送パレット・塗工ハンドの無段取り化を適用しており，より高い稼動率を実現している。

3.4　検査・組立工程

富士電機は数百種類に及ぶ感光体製品を有し，それらの仕様に応じて，全自動検査組立装置と，手動による検査・組立工程を使い分けている。このうち手動検査組立工程は，人間の目による官能検査と，手動による組立装置運転から構成され，少量多品種生産に対応している。工程はセル方式を基本とした配置とし，作業者の立ち間隔は製品を手渡しできる距離に設定して製品のむだな動きを排除している。また，セルそのものの構造も，製品の仕様に合わせて作業者数を柔軟に変えることができる。

全自動検査組立装置は，CCD（Charge Coupled Device）カメラによる外観検査装置を起点に，ギヤ装着，遮光紙巻き付け，梱包（こんぽう）までをすべて自動で行う装置である。**図5**は富士電機の全自動検査組立装置である。

基本的に大量生産機種の処理に用いる装置であるが，機種変更に伴う条件変更を迅速に行えるように設備側からの配慮がなされているため，高い稼動率を維持した運転が可能である。

4　一貫生産

富士電機では，感光体製造にかかわるすべての工程を一つの工場に集約した結果を受けて，中間滞留在庫を抑制した一貫生産ラインの構築を行っている。この一貫ラインとは，ワークの動きの整備のみならず，最上流工程のアルミ管引抜き工程内容が最下流工程の梱包出荷計画に基づいて設定される，いわゆるジャストインタイム方式の生産工程となっている。また，設備能力の制約から，1本の生産ラインの中で最も多くの生産設備を装備しなくてはならない素管表面切削工程は，感光体生産ラインごとにグループ化を行い，製品のトレーサビリティ確保にも万全の配慮を行っている。

5　あとがき

現在の感光体生産技術は，浸漬塗布法の観点からは，応分の進歩を果たし，いったん，踊り場にあるがごとき様相を呈している。

しかし，今後の感光体性能のさらなる向上や，感光体を取り巻くアプリケーションの変化からすると，大きな生産技術革新の要請が近い将来に迫っていることは間違いない。

富士電機は，常に将来の製品開発動向を見つめ，製品開発に先んじた製造技術の確立を行っていく所存である。

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。