

有機感光体の生産技術

松橋 幸雄 (まつはし ゆきお)

郷原 達善 (ごうばら たつよし)

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）の生産技術を持ち、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、OPC生産機能のすべてを中国にある富士電機（深圳）社の工場に集約し、OPC用素管や感光材料の生産から感光体の塗布、検査、組立てにいたるすべての生産工程を1か所に集結させた。OPC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製造技術の最新の動向について概要を紹介する。

2 OPC生産工程の概要

OPCは、図1に示すように、導電性基板上に下引き層（UCL：Under Coat Layer）、電荷発生層（CGL：Charge Generation Layer）および電荷輸送層（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持った感光層を塗布する単層型構造の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・高信頼性を備えた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。

3 高品質・高信頼性を実現するOPCの生産技術

3.1 基板材料技術および超精密加工技術

OPC用の基板材料には、アルミニウムや電鍍金属素材、導電性樹脂を用いた例があるが、価格と成形の自由度などから、OPCメーカーが多用しているのはアルミニウムであり、基板としての要求仕様に応じて、Al-Mn系、Al-Mg系、Al-Mg-Si系材料を使い分けている。また、使用するアルミニウムは切削加工後、感光層を直接塗布するので、表面は無欠陥でなくてはならず、数μmの欠陥があったとしても黒点や白点のような印字障害の原因となる。このため、一般構造物などに使用される建材などのアルミニウムよりもはるかに高い清浄度のアルミニウム材料を使用しなければならない。これは純度を意味するのではなく、有害な表面欠陥となるMgO、TiO₂、Al₂O₃、SiO₂などの酸化物や溶解鋳造時の吸蔵H₂ガスによる気泡をほぼ完全に除去したものでなければならない。

したがって、一般用途のアルミニウムよりも溶融のろ過

図1 OPCの層構成

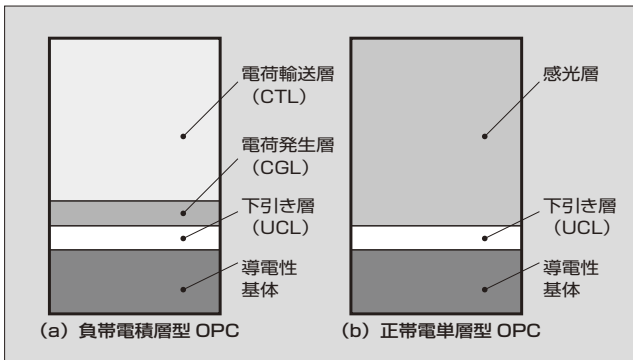
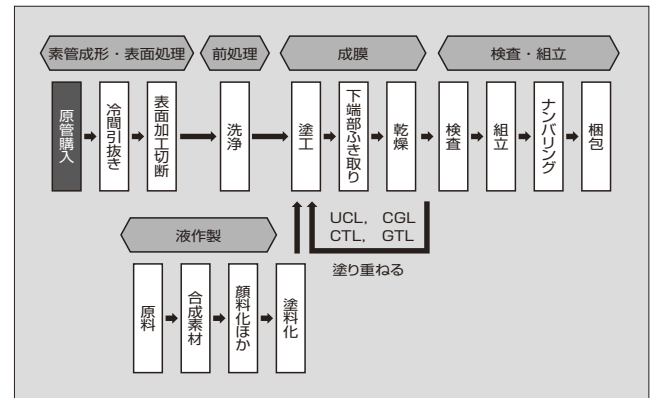


図2 OPCの生産工程



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半導体生産本部生産統括部生産技術部。



郷原 達善

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半導体生産本部生産統括部生産技術部課長補佐。

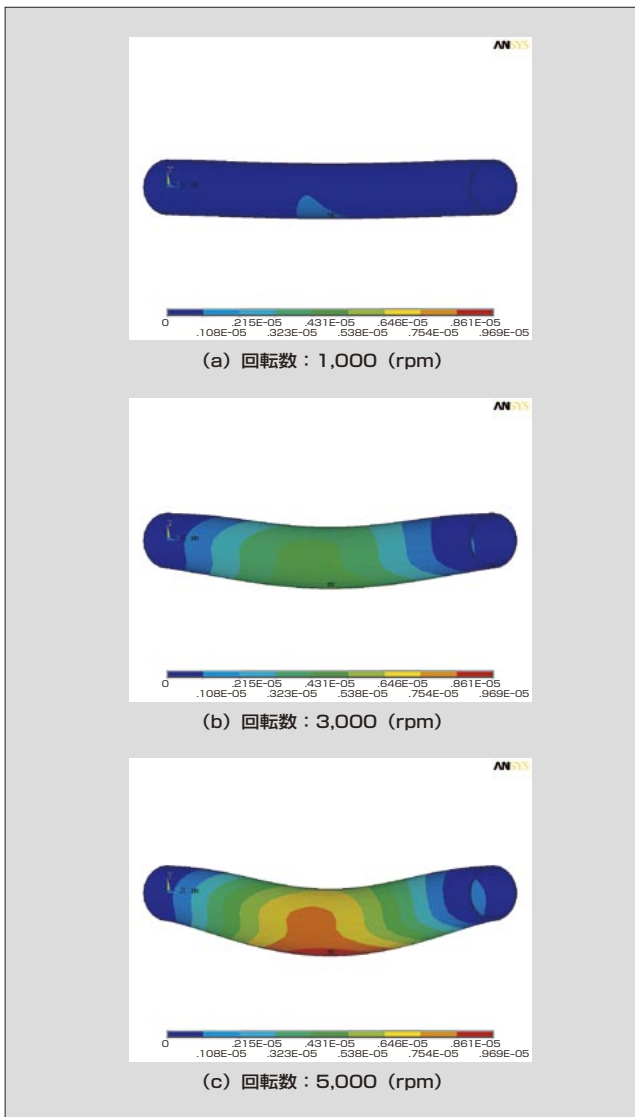
特集2

工程において高精度のろ過を行うので、一般材よりも高価なものとなっている。鋳造工程の後工程である熱間押出工程においても同様であり、窒化処理、セラミックコーティングなどの表面処理を行った金型を使用するなど、金型表面の錆（さび）や数 μm オーダの破片がアルミニウム内に混入するのを防ぐ処置が必要である。

熱間押出加工されたアルミニウムを、次に冷間引抜加工する。引抜加工では使用する金型の精度や引抜ベンチの機械精度、引抜条件などにより形状精度が大きく左右される。また、冷間引抜工程ののち切削加工を行うが、引抜加工時に蓄積された応力による変形を防止するため、熱処理を行う場合もある。表面の精密加工では、焼結ダイヤモンドバイトまたは単結晶ダイヤモンドバイトと超精密旋盤による切削加工を行う。

超精密加工旋盤は、生産効率向上の趨勢（すうせい）の中で、切削速度を高め、刃先の制御方法も改善されてきている。しかし、図3(a)~(c)のように旋盤に装着したアルミニウム基板を高速回転させるほど、弾性変形量が大きくなり加工後の回転精度（円筒度など）が悪化しないように、

図3 アルミニウム基板の弾性変形量



切削加工中の回転バランスを調整する工夫をしている。さらに複写機やプリンタの光源として主にレーザが使用されることから、寸法精度のみならず加工表面の光学的反射特性も考慮しなければならず、独自形状の焼結ダイヤモンドバイトを内製している。

3.2 前処理工程

OPC用素管の前処理工程は、環境負荷を低減するために有機溶剤による洗浄に替わり、水系洗浄剤による洗浄が現在の主流になっている。このため、有機溶剤洗浄では生じなかったアルミニウム表面の腐食ピットや残留洗浄剤などの問題に対処するため、水系洗浄工程に、摩擦接触、高圧水噴射による物理的な洗浄工程を設けている。この高圧水は、過剰な残存油分の除去に効果があるだけでなく、切削工程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、UCLに基板被覆効果の少ない薄膜を適用しても、印字障害を防止することができる。

3.3 成膜工程

感光層の成膜方法としては、スプレー法、リングコート法、浸漬塗布法などがある。量産性に優れ均一な膜厚が得られる浸漬塗布法が一般的に採用されている。浸漬塗布法による塗布装置では、従来、基板1本ごとに塗布槽が分かれていることが理想とされてきた。富士電機では基板外径の多様化や、生産性・スペース効率の向上に対応するため、一つの塗布槽に多数本の基板を同時に浸漬塗布できる工夫を行っている。図4に富士電機における成膜工程を示す。

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る。組成配合、溶剤の種類、分散技術およびフィルタリング技術により均質で欠陥のない薄膜コーティングを実現している。特にCGLは $1\mu\text{m}$ 以下の薄膜であり、また印字品

図4 OPC成膜工程



質に直接影響を及ぼす。分散系のCGL用塗布液は、数百nm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ている。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となる。塗膜の膜厚は、基本的に液粘度、乾燥性および引上げ速度（表面張力）で決められる。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度調整システムによってリアルタイムに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。さらに基板を保持する塗布ハンドには、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らの発塵（はつじん）を極力抑制するようにしている。

生産性の観点では、少量多機種生産に対応するために、塗布タンクと循環系装置のユニット化や搬送パレット・塗布ハンドの無段取り化を行っており、より高い稼働率を実現している。

3.4 検査・組立工程

富士電機では多品種の感光体製品を製作している。製品の仕様または生産計画に応じて、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から構成され、少量多機種生産に対応している。セル方式を基本とし、作業者の立ち間隔は製品が手渡してきける距離に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員数を柔軟に変えることができる。

全自動検査組立装置ではCCD（Charge Coupled Device）カメラによる外観検査装置を起点に、遮光紙巻き付け、ギア装着、梱包（こんぼう）までをすべて自動で行う。

図5は富士電機的全自動検査組立工程の全景を示す。

図5 全自動検査組立工程



基本的に大量に生産する機種の処理に用いる装置である。機種変更に伴う条件変更を迅速に行えるように設備の配慮をしているため、高い稼働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、OPC製造にかかわるすべての工程を一つの工場に集約し、中間滞在在庫を抑制した一貫生産ラインを構築した。この一貫ラインでは、生産品の導線整備のみならず、最上流工程のアルミ管引抜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用いている素管表面切削工程は、OPC生産ラインごとグルーブ化を行い、製品のトレーサビリティ確保にも万全を期している。

5 あとがき

現在の浸漬塗布法によるOPCの生産技術は、完成の域に達しているかのような様相を呈している。

しかし、今後のOPC性能のさらなる向上や、OPCを取り巻くアプリケーションの変化を考えると、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に取り組んでいく所存である。



*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。