

超高耐久感光体(メガOPC)の開発

Development of High Durable Organic Photoreceptor

伊丹明彦*
Itami, Akihiko

崎村友男*
Sakimura, Tomoo

大柴武雄*
Oshiba, Takeo

渡辺一雅*
Watanabe, Kazumasa

An important factor in determining the maintenance cycle and copy/print costs of electrophotographic devices such as copiers or printers is the durability of the photoreceptors used, in particular the organic photoreceptors (OPCs). For this reason, we have developed the MEGA OPC, a highly durable organic photoreceptor incorporating a newly developed silsesquioxane based protective layer. MEGA OPC, found in the high speed digital Sitios 7075, provides improved electrostatic properties and excellent wear resistance to achieve a OPC life of over one million copies/prints. The technology that makes this performance possible is reported here.

1 はじめに

情報技術(IT)の発達による情報化社会の進展により、電子写真技術をとるオフィス環境も大きく変わりつつある。アナログからデジタルへ、モノクロからカラーへ、そして高速化、小型化、低価格化が着実に進行し、従来以上に市場ニーズの把握と開発のスピードが求められる時代になってきた。電子写真感光体について見ると酸化亜鉛や硫化カドミウム、セレンなどの無機感光体が主流であった時代から安全性やコスト面で優れる有機感光体(OPC)の時代へと変化し、OPCの適用範囲も従来の低速機分野にとどまらず中高速機、更にはPOD(Print on Demand)市場へと急速に広がっている。1999年のデータ・サプライ社の調査では感光体全体でOPCが占める割合は、本数ベースで実に98%以上に達する。¹⁾

開発初期のOPCは無機感光体に比べて電子写真感度や耐久性の面で大幅に劣っていた。そのため感度面では高感度化、高速化をキーワードに電荷発生材料(CGM)や電荷輸送材料(CTM)の素材探索を中心とした研究開発が盛んに行われ、急速に特性が改善されていった。特に我々が開発したチタニルフタロシアニンのY型結晶を用いた感光体は高電界領域での量子効率 0.9 を超え、アモルファスシリコン感光体にも劣らない光感度を達成した。²⁾

一方、90年以降は新たな流れとしてOPCの耐久性向上、特に有機物の本質的問題である機械的強度の向上を目的とした研究開発が数多く報告されるようになった。

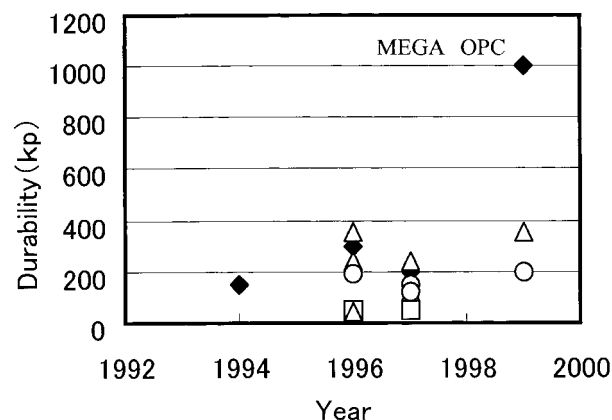


Fig. 1 Trends in OPC durability

OPCの表面層に用いられるバインダー樹脂やCTMの構造及び分子量の最適化による耐摩耗性の向上、³⁾同時に複写機のデジタル化に伴う画像補正技術の進歩によりFig. 1に示すようにOPCの耐久性は急速な伸びを見せている。耐久性の向上はプリントコスト及びサービスコストの低減につながるため、特にプリントボリュームの大きい中高速機分野やPOD分野ではOPCにも100万プリントクラスの耐久性を求める要望が高まっている。更に廃棄物削減による環境保護の観点から感光体の無交換化、リサイクル化への取り組みが今後ますます重要となってくることが予想される。そこで我々は市場ニーズに応えるべく新たに開発した表面保護層を搭載した超高耐久感光体(メガOPC)を開発し、デジタル複写機Sitios7075に採用した。Sitios7075機の市場実績からメガOPCは100万耐久をクリアできる実力を有していることが明らかとなった。本報ではこのメガOPC設計と実用特性について紹介する。

*ODカンパニー サプライ開発統括部 第1開発センター

2 メガOPCの設計

2.1 設計コンセプト

まず OPC の耐久を阻害する劣化要因について考える。通常の電子写真プロセスにおける OPC の使用環境は Fig. 2 に示すような種々の画像形成プロセス要素と関係している。

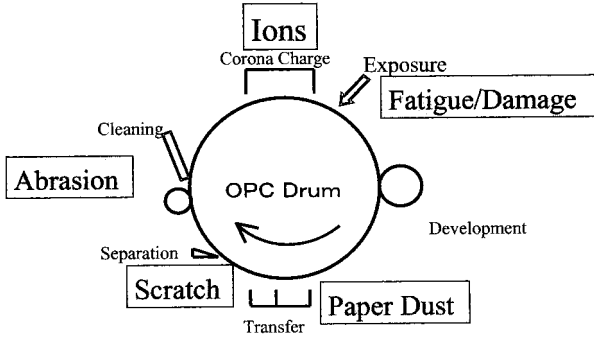


Fig. 2 Causes of OPC degradation

このような電子写真プロセスにおける OPC の耐久阻害因子としては次のような要因が挙げられる。

- ・現像剤やクリーニングブレードからの機械的なストレスによる摩耗や傷
- ・放電生成物や付着物による表面の汚染や化学劣化
- ・帯電露光の繰り返しによる静電劣化
- ・温湿度に関係した保存劣化

このような劣化要因に強い感光体の設計コンセプトとして、Fig. 3 に示すように表面保護層に強度付与と機能と汚染物質からの感光層の保護機能を持たせ、感光層は繰り返し使用による静電劣化や保存劣化に強い設計因子を盛り込んだ機能分離型の層構成とした。

また表面保護層に液寿命の短い反応性の硬化型樹脂を用いることから浸漬塗布のように液の長期保存を必要とせず、1 回の調液で使い切りが可能な円型量規制型の CSH (Circular Slide Hopper) 塗布方式を採用した。

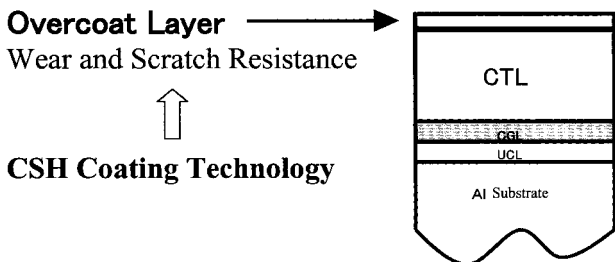


Fig. 3 Structure of highly durable organic photoreceptor (MEGA OPC)

2.2 表面保護層の設計

OPC の表面保護層には次のような機能が求められる。

- ・耐摩耗性 (機械的強度)
- ・クリーニング性
- ・電荷輸送機能

このような視点から表面保護層のベース素材と電荷輸送機能の付与手段の検討を行った。

表面保護層のベース素材には CTL バインダーに用いられるポリカーボネートのような熱可塑性樹脂より高い機械強度が期待できる三次元架橋樹脂の中からアルコール溶媒等の極性溶媒中で下記反応式によって得られるシロキサン樹脂 (silsesquioxane)⁴⁾ を選択した。

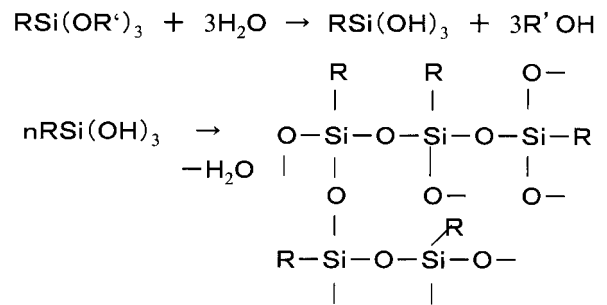


Fig. 4 Preparation of silsesquioxane resin

シロキサン樹脂からなる保護層と従来の CTL の膜物性の差異について、押し込み試験⁵⁾での膜の変形挙動から考察した。Fig. 5 は三角錐のダイヤモンド圧子を膜表面に接触させて負荷 (押し込み) - 荷重保持 (クリープ) - 除荷の履歴を与えた場合の膜の変形過程を表している。CTL 膜の変形はまず圧子の負荷開始直後は弾性変形挙動を示すが、次第に膜の引き裂きの過程が加わってくる。次いで保持領域でも変形が見られるが、これは圧子押し込みに対する膜の応答の遅れに起因するクリープに相当する。そして除荷後には原点に復帰せず、原点からのズレ分の永久変形が残る。一般に硬くて脆い膜は全変形量における永久変形の割合が大きくなる傾向にあり、ポリスチレンなど極端に永久変形率の大きな膜は耐摩耗性が不利な場合が多い。その点、高次に三次元架橋したシロキサン樹脂は永久変形率が小さく、CTL 膜と比較して破壊に強い性質を有しているものと考えられる。しかしながら実際の感光体の表面層として用いる場合には永久変形は小さくてもトータルの変形量が大い、いわゆるゴムの挙動はクリーニングブレードとの摩擦力の増加を招くため、耐摩耗性とのバランスを考えた膜物性のコントロールが重要となる。

またシロキサン樹脂は表面自由エネルギーが比較的小さいことが知られており、未反応基が過剰に残存することがなければ紙粉等の異物の付着や汚染には有利と考え、シロキサン樹脂を採用することとした。

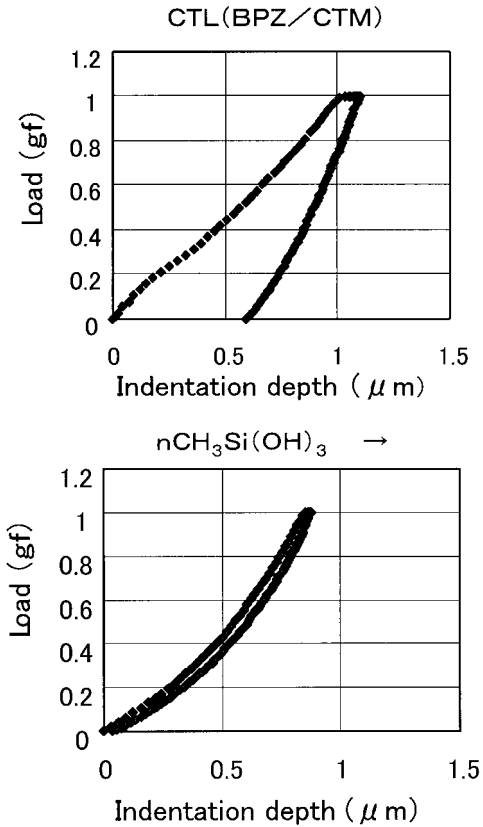


Fig. 5 Indentation curves: silsesquioxane resin vs. conventional charge transport layer

次に電荷輸送機能について考える。シロキサン樹脂は絶縁膜であるため、新たな電荷輸送能の付与が必要となる。表面抵抗の調整では高湿環境下での画像流れが懸念されるため高抵抗の有機電荷輸送材料(carrier transport layer: CTM)の使用が好ましいが、通常用いられるCTMではアルコール溶媒への溶解性や均一製膜の課題がある。そこでCTMの見直しを行った結果、適正な置換基の選択とCTM母核の分子構造、分子サイズの適正化によりFig. 6のPIDC(photo-induced discharge curve)に見られるように必要な電荷輸送機能を付与することに成功した。

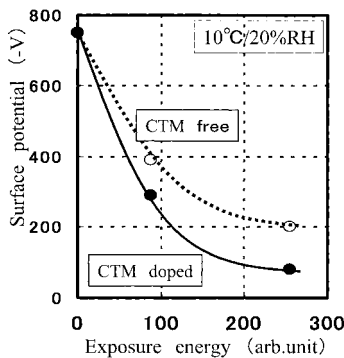


Fig. 6 Effect of CTM doping on silsesquioxane based protective layer

2.3 電位安定化設計

次に繰り返し使用による静電劣化や保存劣化を抑制するための感光体設計について説明する。100万プリント耐久を実現するには、単純に帯電・露光の繰り返しによる通電の効果に加えて、長期間機内で発生するオゾンやNOXなどの活性ガス雰囲気や種々の温湿度環境に放置されることになる。そこで100万プリント相当の負荷を上回る過酷な強制劣化試験法を新たに開発し、劣化後も帯電・光減衰の基本機能の変動を抑えられる因子を積極的に組み合わせる感光体設計を行うこととした。強制劣化は次に示す3つの劣化要因を選択し、通常の使用条件にとらわれることなく短時間で効率的に劣化させることのできる条件を選択した。

- () 高温高湿劣化
- () 常時帯電同時露光状態での通電
- () 強露光による光劣化

これらの劣化要因はほぼ独立に感光体の機能を低下させており、厳しい劣化条件下でも基本機能の変化が小さい感光体は実機での繰り返し使用後の電位変動も抑えられていることが確認された。(Fig. 9)

3 メガ OPCの特性

3.1 耐摩耗性

Fig. 7は従来製品とメガ OPCのSitios7075での実写による膜厚減耗の比較であるが、メガ OPCでは摩耗量が従来 OPCの1/2以下に低減された。懸念された低減である故の顕著なトナーや紙粉等の異物付着の発生もなく、繰り返し使用後も良好な画像が得られている。

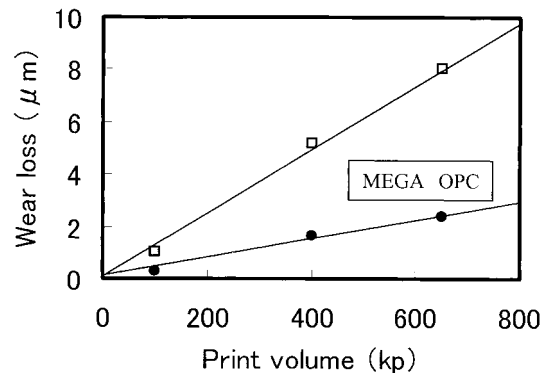


Fig. 7 Wear loss: conventional OPC vs. MEGA OPC

次にこれらの感光体を接触帯電方式に改造したデジタル複写機(Konica7040)を用いて同様に減耗の比較を行ったところ、Fig. 8に示すようにメガ OPCと従来 OPCの減耗差は更に拡大し、より顕著な耐摩耗効果が認められた。

Table 1 Chemical resistance: conventional OPC vs. MEGA OPC

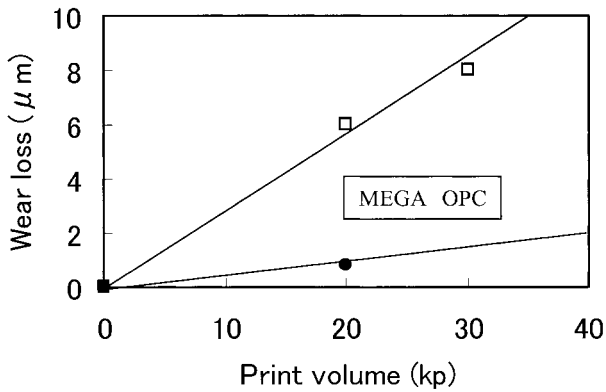


Fig. 8 Wear loss in the charging roller system: conventional OPC vs. MEGA OPC

通常の OPC は AC 成分を重畳させた接触帯電方式では非接触のコロナ帯電方式より感光層の摩耗が大幅に増大し、耐久性が低下する。これは機械的な劣化に加えて AC 成分の重畳で表面層のバインダー樹脂や CTM の化学結合が電気的な破壊を受けるためと推定しており、このような摩耗に厳しい系では表面保護層の効果がより顕著に現れた結果と考えられる。

3.2 電位安定性

次に Sitios7075 機におけるメガ OPC100 万プリントの耐久評価での電位特性の推移を Fig. 9 に示す。

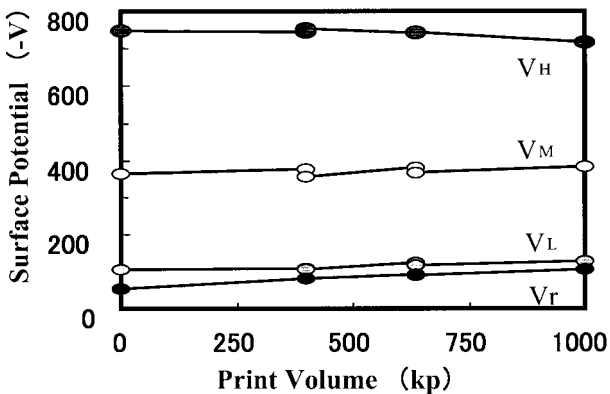


Fig. 9 Cyclic stability curve of MEGA OPC

評価の後半ではやや電位の変化が認められるものの、100 万プリントの実写試験後でも良好な画像品質が得られており、実用上の 100 万プリント耐用が可能であることが確認された。

3.3 耐クラック性

OPC は指触や周辺部材からの汚染によりひび割れ(クラック)や CTM の結晶化が起こり、画像不良問題を引き起こす場合がある。表面保護層の採用によりメガ OPC では大幅に耐クラック性が向上した。

	OPC	MEGA OPC
hand cream	×	○
poriol	△	○
2-methoxyethanol	×	○
mineral spirits	×	○
1-butanol	○	○
cyclohexane	○	○
finger print	○	○

Table 1 は表面保護層と通常の OPC の耐薬品性を比較したものである。実験は表の薬品類を OPC 表面に付着させて 24 時間放置した後のクラックの発生状況を目視で観察した。三次元架橋樹脂の耐薬品性の高さがクラックに対する優位性という形で現れている。

4 おわりに

OPC の耐久性はこの十年で飛躍的に向上したが、同時に市場環境も確実に変化しており、感光体の適用範囲も複写機からネットワークを中心としたあらゆる出力装置へと広がってきている。20 世紀が高感度、高耐久を中心とした技術開発を競ってきた時代であったとすれば、21 世紀は環境問題や多様化する市場ニーズに迅速に対応し、いかに魅力的な商品を開発して新たなビジネスチャンスにつなげていくかがますます重要となる。今後も OPC の開発で培った技術をベースに多方面から魅力ある商品づくりを続けていきたいと考えている。

5 参考文献

- 1) 株式会社データ・サプライ
「1999 年版感光体マーケット総覧」
1999 年 6 月、(1999)
- 2) 木下昭、渡辺一雅、広瀬尚弘、伊丹明彦、池内覚、
Japan Hardcopy '89, 103 (1989)
- 3) R.E.Caris、臨護、村上修、川井通生、
Japan Hardcopy '92 論文集、213 (1992)
川井通生、鳥海明子、臨護、村上修、藤岡清利、
R.E.Caris、Japan Hardcopy '94 論文集、233 (1994)
田村裕之、高橋佐江子、森下浩延、坂元秀治、
志熊治雄、第 80 回電子写真学会研究討論会予稿集、
25 (1997)
- 4) D.S.Weiss, W.T.Ferrar, J.R.Corvan,
L.G.Parton, G.Miller, J.imag.Sci.Tec. (43),
280 (1999)
- 5) 石田一、矢野宏
計量研究所報告、(39), 525 (1990)