
PCU高耐久・高信頼化技術

Techonologies for High Durability and Reliability of the Photoconductor Unit

中井 洋志*
Hiroshi NAKAI

長谷川 邦雄*
Kunio HASEGAWA

田中 真也*
Shinya TANAKA

二宮 弘道*
Hiromichi NINOMIYA

鷹島 秋彦**
Akihiko TAKASHIMA

要 旨

リコーの中高速カラー機においては、感光体ユニット(PCU : PhotoConductor Unit)の高耐久化を目的として、作像部にステアリン酸亜鉛を主成分とする潤滑剤を採用してきた。今回、この潤滑剤に新規成分を加え機能分離型とすることで、PCUの耐久性及び信頼性を大幅に向上させた。また、本技術を2010年11月発売のimagio MP C5001以降の機種に順次搭載し、市場で従来の課題となっていた異常画像に対して、非常に大きな効果が得られていることを確認した。本論文では、上記の新規潤滑剤を主としたPCU高耐久・高信頼化技術について報告する。

ABSTRACT

For obtaining high durability of the photoconductor unit (PCU), we have used a lubricant composed mainly of zinc stearate in classes of midrange to high-end full-color MFPs of Ricoh.

This time we developed a new functional separation type lubricant consisted of several materials.

By using this lubricant, we could improve the durability and reliability of the PCU significantly.

And also we confirmed that it had a great effect against an undesirable image, which was a conventional problem in the field.

* 画像エンジン開発本部 モジュール開発センター

Module Development Center, Imaging Engine Development Division

** 生産事業本部 生産技術センター

Production Engineering Center, Production Business Group

1. 背景と目的

1-1 はじめに

複写機・プリンタの心臓部を担う感光体ユニット(PhotoConductor Unit: PCU)は、繰り返し使用時にも常に良好な画像を提供できるよう、高度な耐久性及び信頼性(異常の発生しにくさ)が求められる。例えばPCUの各部品である感光体やクリーニングブレードの摩耗、帯電ローラの汚れ等はいずれも異常画像の原因となるため、PCUを長寿命化するためにはこれら部品の全てに対して耐久性・信頼性の向上が必要となる。

Fig. 1にimaggio MP C4500のPCU断面図を示す。

リコーでは上記目的に対する達成手段の一つとして、主にカラー中高速機において感光体への潤滑剤塗布技術を採用しており、imaggio MP C4500シリーズをはじめとした多くの機種に、ステアリン酸亜鉛をバー状に成形した潤滑剤を搭載している¹⁾。

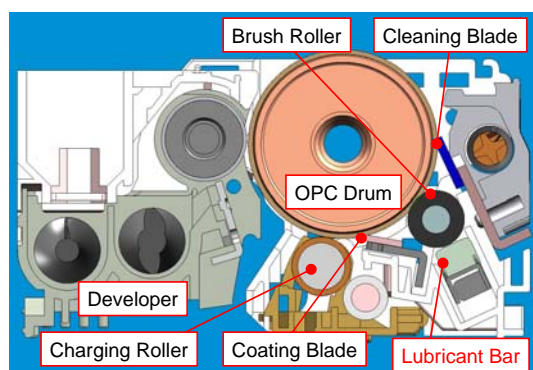


Fig. 1 Overview of the photoconductor unit (imaggio MP C4500)

1-2 潤滑剤の役割と課題

上記潤滑剤は、塗布部材であるブラシに掻き取られ感光体上に塗布される。主な役割は感光体とクリーニングブレードとの間に潤滑性を付与することにより、感光体及びクリーニングブレードの摩耗を抑制したり、トナー清掃性を向上させたりすることであるが、他に

も感光体とトナーとの付着力を低減して転写率を向上させる、或いは感光体表面に成膜した潤滑剤層が保護層の役割を果たし、摩耗やフィルミングといった感光体表面の変化を抑制する、等の効果もある。

ステアリン酸亜鉛は材料自身が優れた成膜性を有し、特に感光体表面保護に対して顕著な効果を示すことから、これまでに自社のみならず他社でも多くの使用例がある。従来、多くの場合で感光体摩耗及びフィルミングがPCU寿命の決定要因となっていたが、ステアリン酸亜鉛塗布の効果によりこれらに対する余裕度が大きく向上し、昨今のPCU長寿命化につながっている。

一方で、ステアリン酸亜鉛を潤滑剤として用いた場合、冬季の黒スジ画像が新たな課題として認識されるようになった。解析の結果、この現象は本来クリーニング部で清掃されるべきトナーがブレードを微量にすり抜け、帯電部に侵入することによる、帯電ローラ汚れが主原因であると判った。

帯電部に侵入したトナーが帯電ローラ表面に付着・蓄積され、その部分の抵抗を局所的に低下させることで帯電不良が生じ、画像上に黒スジとなって現れる。また、帯電ローラ自体の抵抗が上昇する低温時には、正常部とトナー付着部の抵抗差が特に顕著となるため、冬季に問題となりやすい。以上が黒スジ画像発生 の推定メカニズムである。

上記現象を引き起こす帯電ローラ汚れは、潤滑剤塗布技術を採用した場合の新たなPCU寿命決定要因となり、より一層のPCU長寿命化を目指すうえでの妨げとなっている。また、市場での調査結果からも、上記現象がPCU異常発生要因の多くを占めていることが判明している。しかしながら、帯電ローラ汚れが何故ステアリン酸亜鉛を塗布した場合に発生しやすいのかは明確となっておらず、課題の本質に踏み込んだ改善策は得られていないのが実状であった。従って、PCUの更なる耐久性・信頼性向上に対しては、帯電ローラ汚れの発生メカニズムに基づいた、根本的な解決手段の創出が強く望まれていた。

1-3 目的

我々は、ステアリン酸亜鉛が帯電ローラ汚れを発生させるメカニズムを明確にしたうえで、これに起因する黒スジ画像を低減し、かつ感光体摩耗やフィルミング、ブレード摩耗等に副作用を及ぼすことなく、PCUの耐久性及び信頼性を大幅に向上させることを目的として本技術の開発を行った。

2. 技術

2-1 帯電ローラ汚れ発生メカニズムの把握

まず我々は、ステアリン酸亜鉛塗布による帯電ローラ汚れの発生メカニズムを明確にするため、現象を整理することから検討を開始した。

帯電部にトナーが侵入するということは、クリーニング部でのトナー清掃性が不足しているということである。原因としてはステアリン酸亜鉛の潤滑効果が十分に得られていない、或いは逆に潤滑性が高すぎることで、トナー清掃性が悪化する（クリーニングブレードを粉体がすり抜けやすい）方向に動いている可能性が考えられる。

そこで、まず我々は潤滑剤塗布時のクリーニングブレードの挙動に着目し、潤滑剤であるステアリン酸亜鉛を塗布した場合としない場合、及び実際の作像プロセスを想定し、それぞれに対して帯電バイアスを印加した場合としない場合とで、クリーニングブレードの挙動を観察、比較した。特にブレードエッジの変形（めくれ）具合を観察することで、感光体表面の潤滑性についての情報を得ることができ、ブレードエッジの変形が大きいほど感光体表面の潤滑性が低いと考えられる。

本観察はFig. 2に示すような装置を使用し、ガラス板上に樹脂層を塗布した疑似感光体上に、微量のトナーを介在させた状態でブレードを当接して移動させ、その際の挙動を疑似感光体の裏側から撮影した。

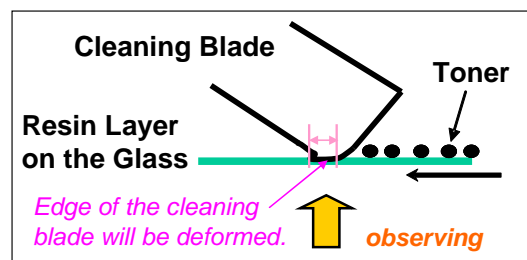


Fig. 2 Observing method of the cleaning blade edge.

Fig. 3はそれぞれの場合の観察結果である。この結果から、ステアリン酸亜鉛を塗布し、かつ帯電バイアスを印加したDの場合には、ブレードエッジの変形が非常に大きくなっていることが判る。

Dは実際の作像プロセスに最も近い状態であるため、実機においてトナー清掃性が不足している原因としては、潤滑性が高すぎるためではなく、潤滑効果が十分に得られていないためであると推測できる。

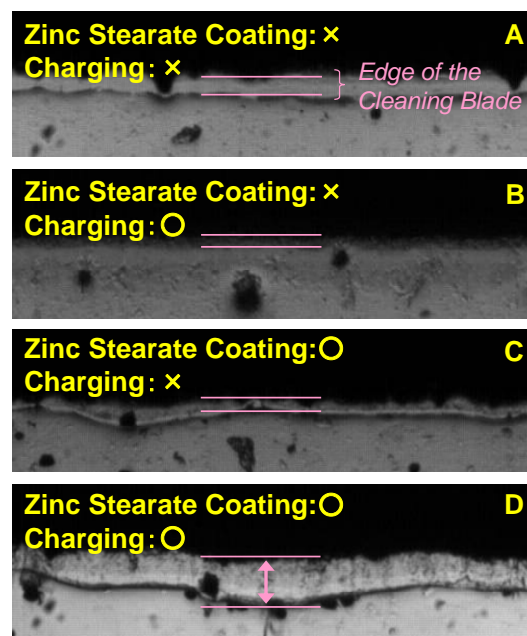


Fig. 3 Result of observing.

次に、我々はこの現象を定量化しようと考え、クリーニングブレードを当接した状態で感光体ドラムを駆動する際の動トルク測定を試みた。ブレードエッジの変形が大きい場合、感光体とブレードとの間の摩擦

係数が増加していると考えられるため、動トルクも高く検出されるはずである。

先の実験と同様に、感光体表面にステアリン酸亜鉛を塗布した場合と塗布しなかった場合、及びそれぞれに対して帯電バイアスを印加した場合としなかった場合とで、動トルクを比較した結果をFig. 4に示す。なお、この測定時にも、感光体とブレードとの間に微量のトナーを介在させている。

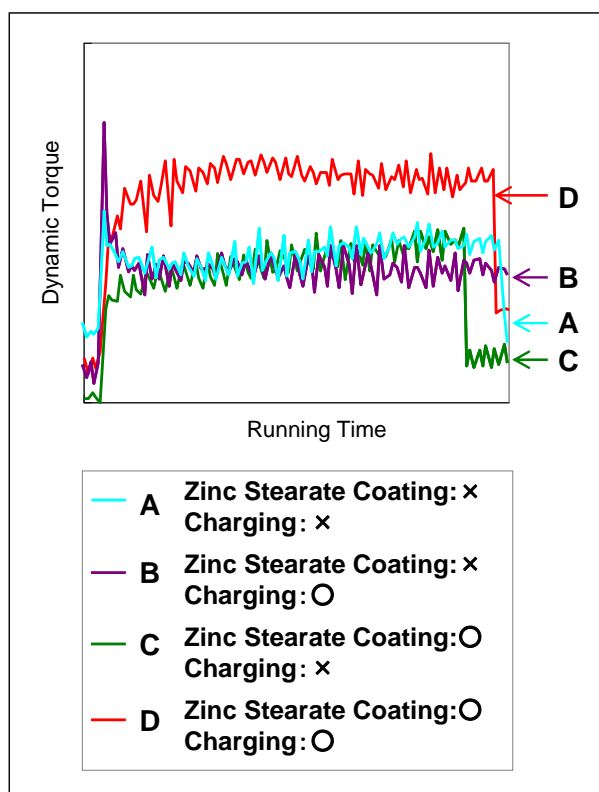


Fig. 4 Dynamic torque of each case.

この結果から、予想通りDの場合のみ感光体とブレード間の動トルクが高くなっていることが確認できた。

これらより、ステアリン酸亜鉛は潤滑剤として使用されているものの、実機内で帯電バイアスが印加された場合には潤滑性が低下し、感光体とブレード間の摩擦係数が増加することで、トナー清掃性に対して不利な方向となっていることが明らかとなった。

以上の結果をまとめると、ステアリン酸亜鉛塗布時の帯電ローラ汚れは、次のようなステップを経て進行すると考えられる。

- (1) ステアリン酸亜鉛塗布に帯電バイアスが印加されると、ステアリン酸亜鉛の潤滑性が低下し、感光体とクリーニングブレードとの間の摩擦係数が増加する
- (2) ブレードエッジの変形（めくれ）が増加し、ブレード挙動が不安定となる
- (3) トナーがすり抜けやすい状態となり、帯電部に侵入するトナー量が増加する
- (4) トナーが帯電ローラ表面に付着し、黒スジ画像の原因となる

我々は上記(1)～(4)のステップを帯電ローラ汚れの発生メカニズムとして把握し、これに基づいて現象の改善に当たることとした。

2-2 新規潤滑剤成分の探索

帯電ローラ汚れを低減するには、上記ステップのいずれかを断ち切ることが必要である。この中で我々は(1)のステップに着目し、帯電バイアス印加時の感光体－ブレード間の動トルクを指標として、新しい潤滑剤を探索することとした。

しかしながら、感光体表面保護の観点ではステアリン酸亜鉛は非常に優れた材料であることから、潤滑剤成分の全てを新規とするのではなく、ステアリン酸亜鉛の長所を生かしながら、上記のような短所を補う物質を添加する、所謂機能分離型の潤滑剤を目指して検討を進めた。

我々は上市されている種々の潤滑剤について、帯電バイアス印加時の動トルク測定を行った。その結果、材料種によってそれぞれ一定の傾向があることを把握した。この中で、窒化ホウ素、二硫化モリブデン、グラファイト等、所謂固体潤滑剤と呼ばれる類の材料は、帯電バイアスを印加した場合にも動トルクが上昇せず、良好な潤滑性を有することが判った。

Fig. 5はこれらの固体潤滑剤の動トルクを、従来のステアリン酸亜鉛と比較したものである。この評価は感光体上に各潤滑剤を十分に塗布した後、まず帯電バイアスを印加しない状態で感光体とブレード間の動トルクを測定し、次に帯電バイアスを印加してそのまま測定を継続している。

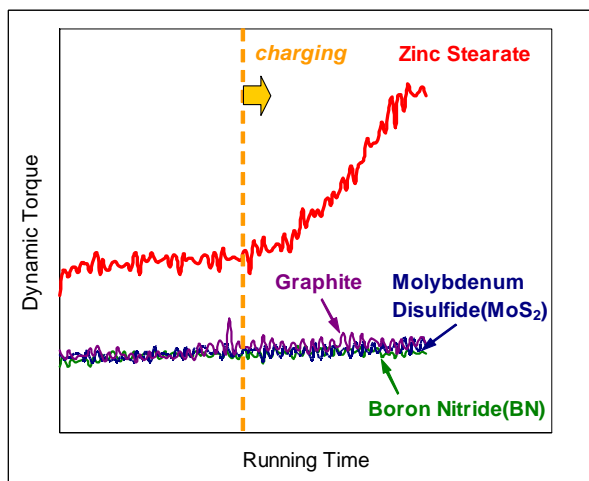


Fig. 5 Dynamic torque of some lubricants.

ステアリン酸亜鉛では、帯電バイアス印加と共に潤滑性が低下し、トルクが上昇するのに対して、固体潤滑剤はトルク変化がほとんどないことが判る。

中でも窒化ホウ素は白色かつ絶縁性であり、また成膜性にも優れる等、感光体上に塗布する潤滑剤として好ましい特性を兼ね備えていることから、我々は窒化ホウ素をステアリン酸亜鉛に添加する潤滑剤成分として選定した。

また、窒化ホウ素はステアリン酸亜鉛と比較すると感光体上に過剰に堆積しやすい材料であり、使用条件によっては感光体上にフィルミングが発生する場合があったため、研磨成分としてアルミナを併用することで使いこなしを実現した。

最終的に決定した新規潤滑剤材料、及び各材料の機能をTable 1に示す。

Table 1 Component of the new lubricant.

材料名	機能
ステアリン酸亜鉛	感光体表面保護
窒化ホウ素	潤滑性維持
アルミナ	感光体表面研磨

2-3 新規PCU構成

このような過程を経て開発した新規潤滑剤に加えて、我々は以下の2つの技術を新規PCUに搭載した。

- (a) 塗布ブレードエッジの鈍角化技術
- (b) 帯電ローラ高耐久化技術

新規PCUの構成図をFig. 6に示す。上記技術を反映し、塗布ブレード及び帯電ローラも新規部材となっている。

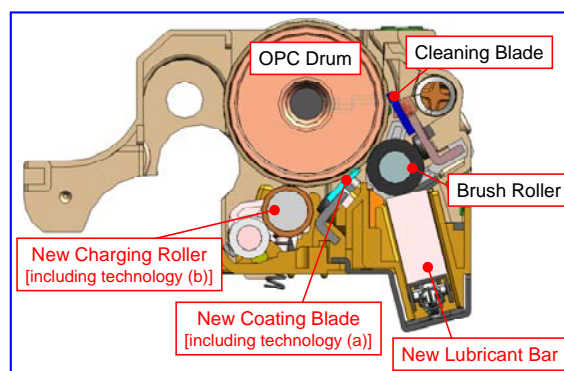


Fig. 6 Overview of the new PCU.

(a)はFig. 7に示すように、塗布ブレードの感光体当接部を鈍角形状とすることによりエッジ挙動を安定させ、経時でのブレード摩耗を抑制する効果を狙ったものである。この新規鈍角塗布ブレードと、上述の新規潤滑剤とを組み合わせることにより、経時での塗布ブレードエッジ摩耗をほぼ0とすることができた。

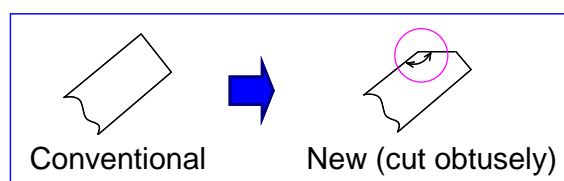


Fig. 7 Edge shape of the new coating blade.

また、(b)は帯電ローラ基材、及び表層処方を改良し、耐クラック性を向上させたものである。リコーで採用している硬質樹脂ローラは、長期通電時のクラック発生が耐久性に影響するが、新規帯電ローラでは従来品と比べて、耐クラック性が約3倍に向上している。

3. 成果

3-1 課題に対する効果

我々はこの新規PCUを用い、従来の課題であった黒スジ画像に対する効果を検証した。具体的には、Fig. 6で示した構成のPCUをimagio MP C5000に組み込み、冬場のオフィス環境を想定した加速試験を実施して、帯電ローラ汚れに起因する黒スジ画像評価を行った。評価はハーフトーン画像を目視にて観察し、発生した黒スジを5段階(5が最良)でランク評価した。また、従来PCUに対しても同様の評価を行い、比較した。結果をFig. 8に示す。

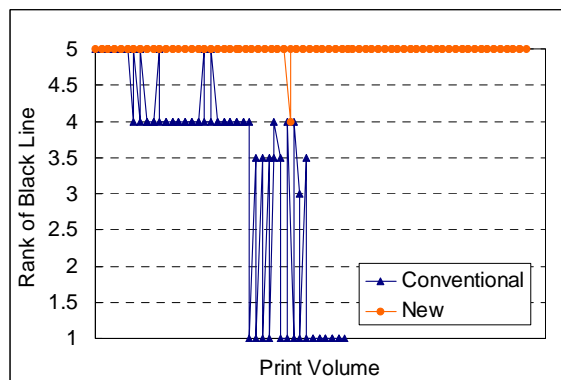


Fig. 8 Effect of the new PCU for black lines.

新規PCUでは従来PCUと比較して、黒スジの発生が大幅に抑制されていることが判る。

この結果を受け、本技術はimagio MP C5001シリーズのBkステーションPCUに搭載され、2010年11月に上市された。

3-2 市場での実績

本技術の成果は、市場での実績にも現れている。

新規PCUを搭載したimagio MP C5001が上市されてから15ヶ月間の市場でのPCU異常発生率(Bkのみ)を、従来機であるimagio MP C5000の場合を1として正規化し、比較した結果をFig.9に示す。

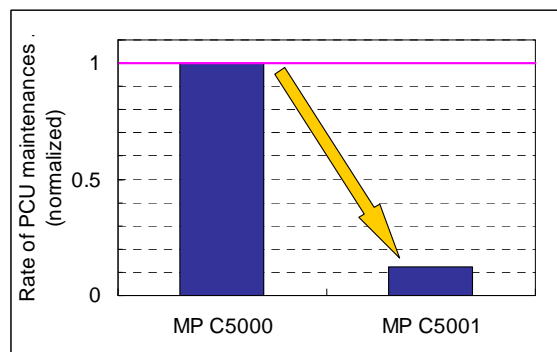


Fig. 9 Comparison of the rate of Bk-PCU maintenances in the 15 months after its release.

imagio MP C5001の発売後早期における市場でのPCU異常発生率は、従来機と比べて約1/10に減少していることが判る。

また、発売以降2年目の冬季(12～1月)におけるPCU異常発生件数、及びそれに含まれる黒スジ発生件数を同様に比較した。結果をFig. 10に示す。

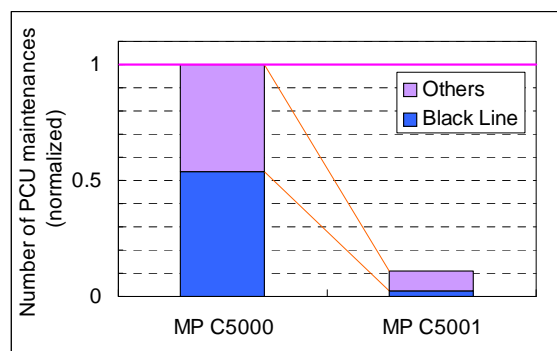


Fig. 10 Comparison of the number of Bk-PCU maintenances in 2nd winter after its release. (Total and due to Black Line)

冬季のPCU異常発生数も約1/10に減少しており、中でも従来の課題であった冬季の黒スジ画像発生数は、約1/20に激減していることが確認できた。

以上のように、本技術によって市場でのPCU耐久性及び信頼性が大きく向上し、特に従来の課題であった冬季の黒スジ画像を大幅に低減できた。

4. 今後の展開

本技術はimagio MP C5001/C4001シリーズへの搭載を皮切りとして, imagio MP C5002/C4002シリーズ, 及びRICOH Pro C751EX/C651EXシリーズに順次搭載された. 今後もリコーの中速機～超高速機におけるPCU技術のスタンダードとして, 広く搭載を行っていく予定である.

参考文献

- 1) 石垣好司ほか: 中高速カラー複合機 imagio MP C4500/C3000 シリーズ, *Ricoh Technical Report*, No.32, pp.127-132 (2006).