

第 章 プレスリリースに見る OA 機器の技術動向

-3-5 誘導加熱を用いたカラー IH 定着技術

(採用機種：Panasonic WORKiO KX-CL500/510 シリーズ)

醒井 雅裕、野口 智之、立松 英樹、今井 勝
 パナソニックコミュニケーションズ(株) デジタルイメージング開発センター
 志水 忠文、松尾 和徳
 パナソニックコミュニケーションズ(株) デジタルイメージングカンパニー

1. はじめに

オフィスドキュメントの急速なカラー化が進む中、高速性を追求した電子写真方式のカラープリンタが普及しはじめた。電子写真方式は、インクジェット方式と比較して高速プリントへの適応性に優れるが、トナー定着に伴う電力消費が大きいという欠点がある。1993年米国環境保護局の Energy Star Program 政策が開始されて以来、プリンタの消費電力を削減する動きが活発になってきており、国内においても国際エネルギースタープログラムが1995年より実施されている。



図 1. WORKiO KX-CL500/510 シリーズ

表 1. KX-CL500/510 シリーズの製品仕様

印刷速度	カラー:16ppm (A4) モノクロ:20ppm (A4)
解像度	最大:1200×1200dpi 標準:600×600dpi
ファーストプリント	カラー:15.5秒 モノクロ:13.5秒
消費電力	最大:1200W 待機時:9W
外形寸法(幅×奥行×高さ)	419×536×395mm
本体質量	29.8kg

このような背景のもと、当社ではプリンタの省エネルギー化を目指し、ウォームアップ時間の短い定着技術の開発に取り組んできた。2003年3月に発売したデスクトップ型タンデムカラーレーザープリンタ WORKiO KX-CL500/510 シリーズ(図1)には、プリント待機時の予備加熱を不要にした新開発のベルト IH(誘導加熱)定着器を搭載し、従来比90%のエネルギー削減が可能となった。表1に KX-CL500/510 シリーズの主な製品仕様を示す。

本稿では KX-CL500/510 シリーズのキーテクノロジーであるカラー IH 定着技術について解説する。

2. カラー定着の技術課題

カラー電子写真プリンタでは、従来からヒートローラの内部に熱源であるハロゲンランプを配置したヒートローラ定着器が採用されてきた。カラー定着においては、紙面上の多層トナーを十分に溶融させ高品質の画像を得るために、広いニップ部が必要であるため、ヒートローラ定着器では、厚いゴム層を有したヒートローラが用いられた。このような構成では、厚いゴム層によってヒートローラ自体の熱容量が大きくなる。さらに、厚い断熱層のため温度が伝達しにくく、内部から急速に加熱すると、ヒートローラ素管とゴム層との界面が高温となりゴム層の熱破壊が発生する。このために、結果的にウォームアップ時間を長くせざるを得なかった。これでは、プリント毎に待ち時間が必要となるため、実際の使用では、プリント待機時に予備加熱を行ってウォームアップ時間を短くしていたが、この予備加熱によって多大な電力を浪費していた。

3 . ベルト IH 定着器の概要

新開発のベルト IH 定着器の構成を図 2 に示す。定着器は主にベルトと3つのローラと IH コイルから構成される。定着器を構成する主要部品の仕様を表 1、動作仕様を表 2 に示す。ベルト IH 定着器では、熱容量が大きいヒートローラの役割を定着ベルト、発熱ローラ、定着ローラで分担した構成であるため、誘導加熱によって発熱する定着ベルトと発熱ローラを容易に低熱容量化できる。

定着ベルトは、内径 45mm で厚さ 260 μ m と薄い耐熱性ポリイミドフィルムを基材としたベルトで構成される。定着ベルトの熱容量は、ヒートローラに比べておよそ 1 / 20 と小さくなっている。発熱ローラは外径

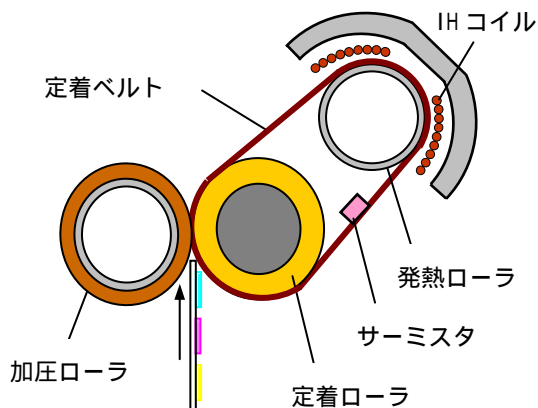


図 2 . ベルト IH 定着器の構成

表 1. ベルト IH 定着器の部品仕様

部品	外径 [mm]	厚さ [mm]	材料
定着ベルト	45	0.26	PTFE + シリコンゴム + ポリイミド
発熱ローラ	20	0.4	鉄
定着ローラ	30	5.0	シリコンスポンジ
加圧ローラ	30	2.0	シリコンゴム

表 2. ベルト IH 定着器の動作仕様

プロセス速度	モノクロ : 125 mm/s カラー : 100 mm/s
投入電力	900 W 以下
ウォームアップ時間	20 秒以下

20mm で厚さ 0.4mm の薄い鉄パイプで構成される。発熱ローラはトナーに圧力をかけて定着する必要がないのでこのように小さく薄く構成できる。定着ローラは厚さ 5mm のシリコンスポンジで構成される。ローラ内部に熱源を設置しないので、断熱性の高いスポンジローラにできる。加圧ローラは、定着ローラよりも硬くかつ断熱性が望まれるため、厚さ 2mm のシリコンゴムで構成している。

IH コイルは発熱ローラの外周に設置される。図 3 に誘導加熱によるベルト IH 定着器の加熱原理を示す。IH コイルに高周波交流電流が供給されると、交番磁界が誘起され、その磁場により定着ベルト内部の薄い金属発熱層(後述)と鉄製の発熱ローラに渦電流が発生し、定着ベルトと発熱ローラがともに発熱する。生じた熱はベルト内部に蓄熱され、回転に伴い定着ローラと加圧ローラにより形成されるニップ部に搬送される。

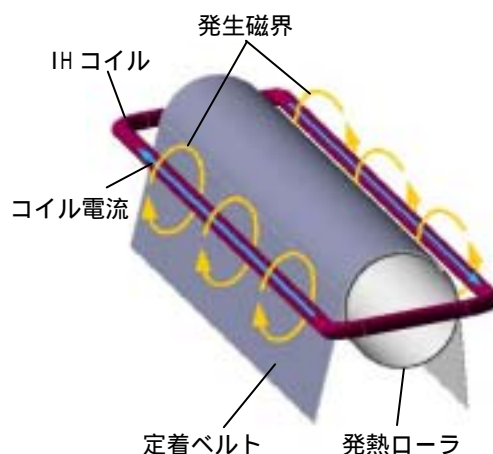


図 3 . 誘導加熱による加熱原理

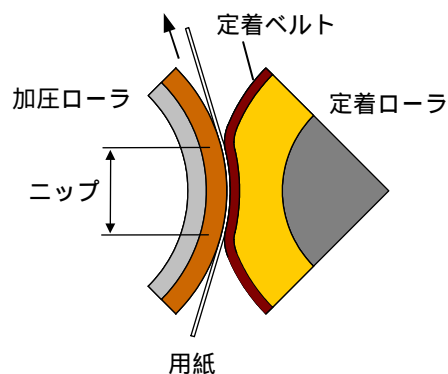


図 4 . ニップ部でのローラの接触状態

ニップ部では、このベルト内部の蓄熱が紙との間で分配され同時に圧力をかけることにより定着される。このとき定着ベルトの温度は、通紙域中央のニップ部の入り口付近で定着ベルト内面に当接して配置されるサーミスタで検知される。サーミスタをベルト内面に配置したことで、サーミスタによりベルト表面のトナー定着面が摩耗するのを防止できた。

ニップ部での 2 つのローラの接触状態を模式的に図 4 に示す。定着ローラをスポンジで、加圧ローラをソリッドゴムで構成したことにより、定着ローラ側に凹み形状ができる。この凹み形状によって、紙がニップ部を通過する際に、紙の腰による定着ベルト側からの自己分離性が高まり、紙のベルトへの巻き付きを防止できる。これにより、定着ベルト表面を傷つけるおそれのある分離爪や、メンテナンス性に課題のある定着オイルをなくすことができた。

4 . 主要構成部品

4 . 1 定着ベルト

定着ベルトの構成図を図 5 に示す。定着ベルトは、金属粒子を含有する厚さ 120 μm の耐熱性ポリイミドフィルムを基材とし、その上に厚さ 120 μm のシリコンゴム層、さらに厚さ 20 μm の PTFE の表面離型層

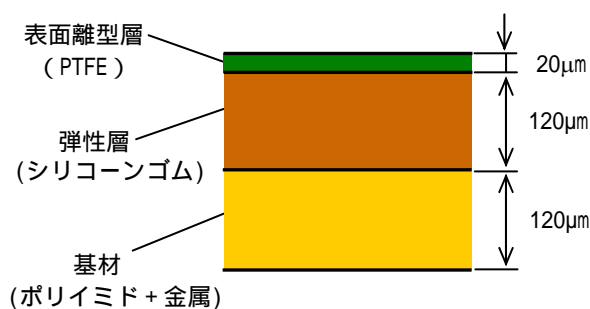


図 5 . 定着ベルトの層構成

表 3 . 導電性ポリイミドの加熱特性

基材材料	ポリイミド	ポリイミド + 金属
発熱効率 [%]	84	90
ウォームアップ時間 [s]	22	18

よりなる。このように薄くて熱容量が小さい定着ベルトを採用しているが、シリコンゴム層を 120 μm にしたことで、紙上の多層トナーを十分に溶融しうる熱量を蓄積できると同時に、その柔軟な表面性によって光沢ムラのない高画質のカラー画像が得られた。また、ニッケルなどの金属基材ベルトは、比較的短期間の使用で屈曲疲労による破壊が発生するが、ポリイミド基材ベルトを開発することにより長寿命の定着ベルトが実現できた。さらに、ポリイミド基材を 120 μm としたことでベルトの曲げ剛性が高くなり、ベルト回転時に発生するスラスト方向の荷重に対しても強い構成にできた。

新開発の定着ベルトでは、このポリイミド基材に金属材料を含有させ導電性にした。これにより、ポリイミド基材の定着ベルトを誘導加熱によって発熱させることができた。ポリイミド基材を導電性にするすることで、IH コイル部と対向させたときの磁気結合は強くなり、熱負荷となる渦電流抵抗が大きくなる。その結果、表 3 に示すように発熱効率が高くなって、定着器のウォームアップ時間を 22 秒から 18 秒に短縮することができた。

4 . 2 IH コイル部

図 2 に示すように、IH コイルを発熱ローラの周面に沿わせて定着ベルトの外側に配置し、さらに IH コイルの背面側にフェライトコアを配置することで磁路を最適化し、誘導加熱による高い発熱効率を実現した。コイルとコアの形状により磁気回路と電磁誘導の電気特性が大きく変化する。コイルの巻きつけ構成により、熱エネルギーへの変換効率が変わる。

図 6 に示すように、E 型コアにコイルを巻きつけた構成 (a) では、最大 900W の出力を得るためには、コイルに大電流 (約 100A) を供給する必要がある。汎用の大電力トランジスタ IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) では駆動できない。一方、ローラの外周面に沿ってコイルを巻きつける構成 (b) では、構成 (a) と比較して約 3 倍の負荷抵抗値が得られ、コイル電流を最大 50A 以下にできる。その結果、汎用 IGBT を用い

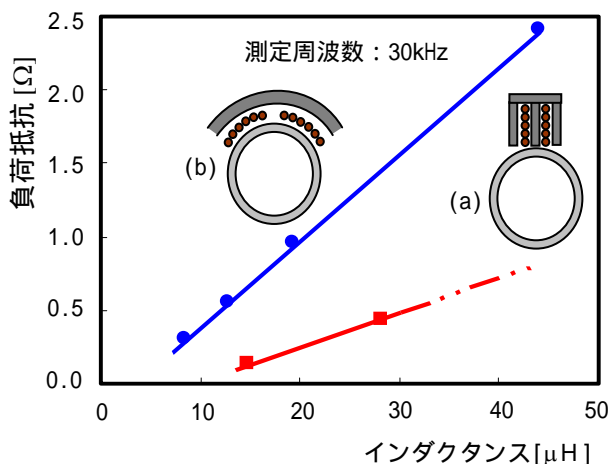


図 6. コイル・コア形状と LR 特性

表 4. IH コイルの仕様概要

素線	耐熱グレード	H 種 (180)
	線径	0.19 mm
	撚り数	40
動作周波数	20~50 kHz	
コイル電流	50 A 以下	
インダクタンス	42 μH at 20 kHz	
負荷抵抗	1.45 Ω at 20 kHz	

た電力供給が可能となり、90%以上の高い発熱効率が実現できた。表 4 に IH コイルの仕様概要を示す。

5. 外部加熱技術

5.1 内部加熱型との比較

表 5 に、誘導加熱により発熱する回転体（ローラやベルトなど）の外側に IH コイルを配置した外部加熱型 IH 定着器構成と、回転体の内部に IH コイルを配置した内部加熱型 IH 定着器構成とを比較する。

内部加熱型構成では、IH コイルが回転体の内部に配置されるため、高温に加熱された回転体の輻射熱を受けやすい。そのため、高耐熱性のリッツ線で構成することが必要となる。高耐熱リッツ線はポリイミド被覆などの端子加工が難しく、また高価なワイヤーである。一方、外部加熱型構成では、IH コイルが回転体の外側に配置されるため、コイルの温度上昇が少なくまたコイルの冷却も容易である。そのため、低コストの汎用グレードのリッツ線が使用できる。

表 5. 外部加熱型と内部加熱型の比較

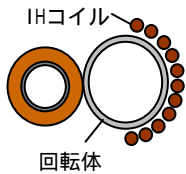
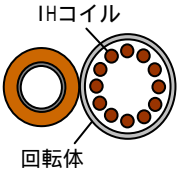
	外部加熱型	内部加熱型
構成		
コイルの温度上昇	< 150°C (回転体: 170°C 時)	> 200°C (回転体: 170°C 時)
定着器交換	定着部のみ交換 コイルは本体固定	定着部と IH コイル を一緒に交換
回転体の小径化	可能	難しい
電波漏洩	遮蔽部材が別途必要	回転体による遮蔽が可能



図 7. 外部加熱型構成での定着器交換

また、内部加熱型では、IH コイルが回転体の内部に配置されるため、回転体の寿命交換に伴って IH コイル部も同時に交換する構成となる。外部加熱型では、図 7 に示すように、寿命による交換の必要がない IH コイル部はプリンタ本体に残して定着ユニット部のみを交換できるため、メンテナンスコストを低く抑えられる。

さらに、IH コイルを回転体の外側に配置したことで、回転体の小径化が可能となり、回転体の低熱容量化が容易である。そのため、ウォームアップ時間を短くすることができる。

一方で、外部加熱型構成では、IH コイルが回転体（金属部材）で覆われない構成のため、コイルからの発生磁界の一部がプリンタ外部に漏れやすく、この漏れ磁界を抑えるための構成が必要となる。

5.2 EMC(Electro Magnetic Compatibility)制御技術

KX-CL500 の IH 定着器では、IH コイルが発熱ローラの外側に配置する外部加熱型構成であるため、非磁性のアルミ製シールド板(図 8)をコイル外周に配置してショートリングを構成することで、漏れ磁界の発生

を防止した。IH コイル部より漏れでた磁界がシールド板を貫通する際に、シールド板の内部にコイル電流とは逆方向に渦電流が流れ、この渦電流により誘起される逆方向の磁界の作用によって、漏れ磁束が打ち消される。この原理を用いることで、シールド板がない場合に比べて漏洩電波レベルを 20dB 以上低減できた。

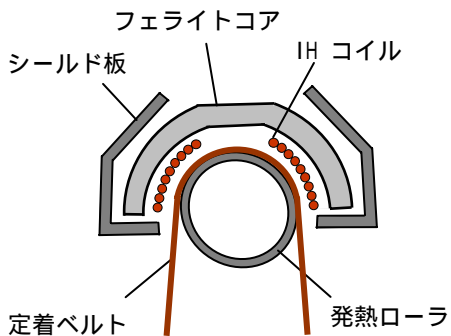


図 8. シールド構成

5.3 発熱分布制御技術

図9は IH コイル近傍の磁場のシミュレーション結果である。フェライトコア近傍では磁束が集中し、磁束分布ムラが発生しているのがわかる。このような状態では、定着ベルトに温度ムラが現れる。この温度ムラは、フェライトコアの形状や定着ベルトおよび発熱ローラに対するフェライトコアの配置位置に強く影響を受けるため、コアの形状および配置を考慮した最適化

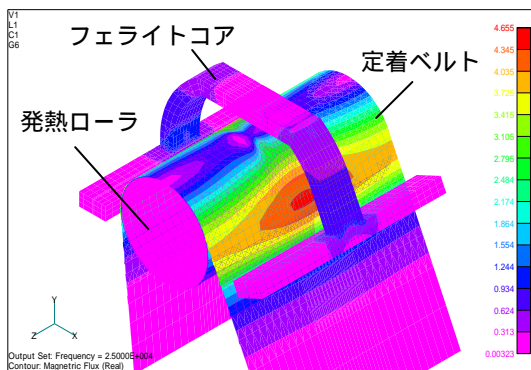


図 9. 磁束密度分布

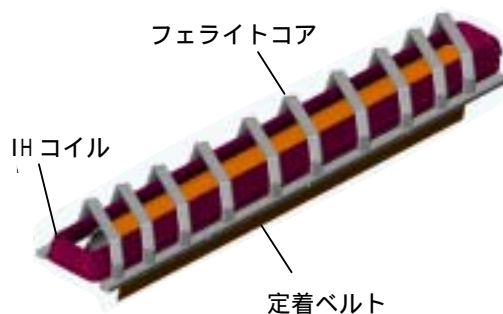


図 11. フェライトコアの構成

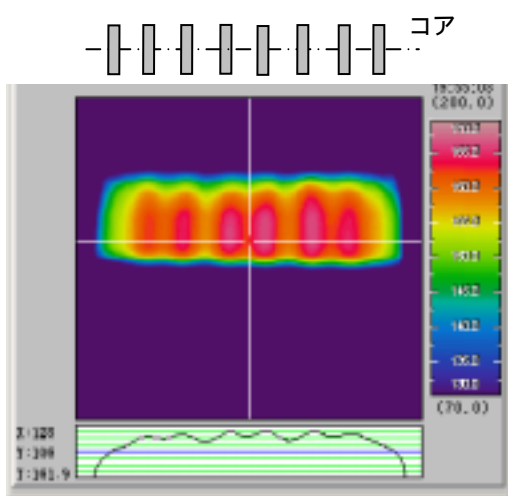


図 10. コア垂直配置でのベルト温度分布

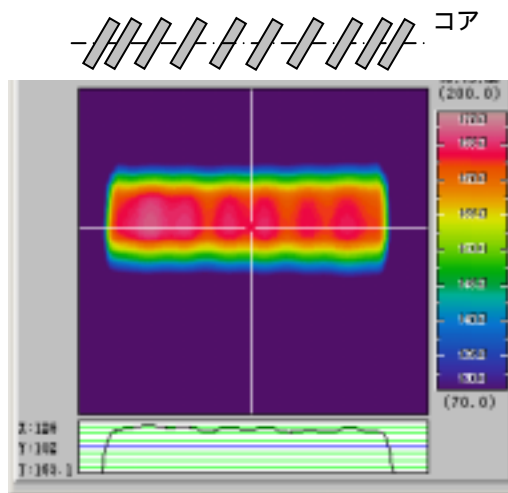


図 12. コア傾斜配置でのベルト温度分布

設計を行った。図 10, 12 はウォームアップ直後のベルト表面温度分布を測定した実験結果である。温度測定は赤外線放射温度計を用いた。図 10 は 8 個のフェライトコアを真直かつ均等に配置したときの温度分布である。フェライトコアを配置した位置に対応して定着ベルトに 15 程度の温度ムラが生じた。また発熱ベルトの両端部では、中央部と比較して約 20 の温度低下が発生した。一方、図 11 に示す構成では、10 個のフェライトコアをローラ軸方向に対して斜めに配置し、またベルト両端部での間隔が狭くなるように配置している。この構成では、図 12 に示すように、フェライトコアの配置に起因した温度ムラがなく、ローラ軸方向のベルト表面温度ムラを 5 以内に抑えられた。さらにベルト両端部では、コア間隔を狭くしたことにより、中央部と変わらない均一な昇温特性が得られた。

6 . まとめ

外部加熱型のベルト IH 定着器を開発し、プリント待機時からのウォームアップ時間を 20 秒と短縮して、プリンタの省エネルギー化を実現した。新開発の導電性ポリイミドベルトによって、ベルトの長寿命化と発熱の効率化が実現できた。またコイルおよびコア形状の最適化によって磁束分布の均一化が実現できた。さらに EMC に関しては、アルミのシールド板をコイルの外周に配置することで、漏れ磁界を効果的に抑えることができた。今後、さらに熱効率の高い IH 定着技術を開発し、さらなる省エネ化、高速化、A3 機対応等を推進して、環境にやさしいドキュメント機器を開発したいと考えている。

禁無断転載

2003 年度
事務機器関連技術調査報告書(" -3-5" 部)

発行 社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会
技術委員会 技術調査小委員会

〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目21番19号
秀和第2虎ノ門ビル
電話 03-3503-9821
FAX 03-3591-3646