

デジタル複合機の省エネ技術 - IH 定着装置

Energy-Saving Technology in Multifunctional Peripherals: Fusing System Using Induction Heating

高木 修 木野内 聡

TAKAGI Osamu

KINOUCHI Satoshi

デジタル複合機はオフィスを中心として複写機、プリンタ、ファクシミリ、スキャナ、ファイリング装置として広く利用されている。近年、各種の環境基準への対応とともに、省エネルギー(以下、省エネと略記)化の要求が高まっている。

東芝テック(株)は、このようなニーズに応えるために、装置全体の約70%のエネルギーを消費している定着装置に着目し、この定着装置の加熱源として業界で初の電磁誘導加熱(IH)技術を採用して、ウォーミングアップタイムの大幅な短縮と、待機時の消費エネルギーを削減することによる大幅な省エネ化を実現している。

Multifunctional peripherals, combining the functions of a copier, printer, facsimile, scanner, and filing machine, are widely used in offices. Recently, the need has arisen for greater energy saving to conform with various environmental standards.

Toshiba TEC Corp. has responded to the expectations of users by concentrating its attention on the fusing system, which consumes 70% of the overall system energy of such peripherals. We have applied induction heating (IH) technology to this system for the first time in the world. As a result, we have improved the machine by achieving a shorter warming-up time and significantly reducing energy consumption in standby mode.

1 まえがき

昨今、複写機などの電子写真装置に対して、国内の省エネ法をはじめとして国際エネルギースタートプログラム、ブルーエンジェルマークに代表される国際規格を含めた各種の環境基準が制定されてきている。また、ユーザーの環境に対する意識の高まりにも後押しされ、省エネ型のMFP(MultiFunctional Peripherals: デジタル複合機)の開発が急務となっている。

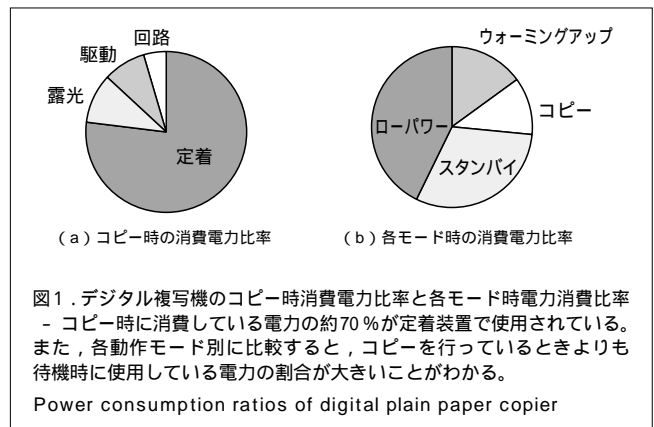
電子写真装置では、大部分のエネルギーを定着プロセス(トナーを紙に固定するプロセス)で消費しており、定着装置の省エネ化を行うことが、電子写真装置全体の省エネ化に大きく貢献する。

東芝テック(株)は、このような背景において省エネ定着技術を実現するため、定着器用加熱源として業界で初めて電磁誘導加熱(IH)を応用した定着装置を開発し、2000年にこれを搭載した中速MFPのPREMAGE 455を製品化した。更に、このIH定着技術を高速機やカラー機に対応可能な加熱源として改良を加え、複数のIHコイルを用いた定着装置を開発し、2002年に高速MFPのe-STUDIO 810へ適用した。更に2003年に、業界で初めてカラーMFPに搭載した製品e-STUDIO 4511を発表し、IHを使用することによる高効率化とともに、必要な部分だけに必要な熱量を与える複数IHコイル方式を採用することで更なる省エネ化を可能とした。

以下に、IH定着装置の概要と特長について述べる。

2 電子写真装置の省エネ化

電子写真装置における消費電力の状況の一例として、デジタル複写機のコピー時消費電力を図1(a)に示す。図からわかるように、定着部分で約70%以上の電力を消費しており、定着部分の省エネ化が装置全体の省エネに大きく影響することが明らかである。



また、図1(b)には省エネ法で規定される各モードにおける消費電力の割合を示す。これより、ローパワーモードやスタンバイモードと呼ばれる待機時間の消費エネルギーが全体に対して非常に大きな比率を占めていることがわかる。しかし、ローパワーモード時に定着装置の待機温度を下げると、

そのつど復帰に時間を要することとなり、使い勝手を悪くすることとなる。電子写真装置の省エネ化技術は、この定着装置のヒータの加熱時間を短縮することが重要となる。環境基準もこれらの状況にかんがみて作成されており、最小限のウォーミングアップに掛かる時間(復帰時間)を許容するという基準になっている。

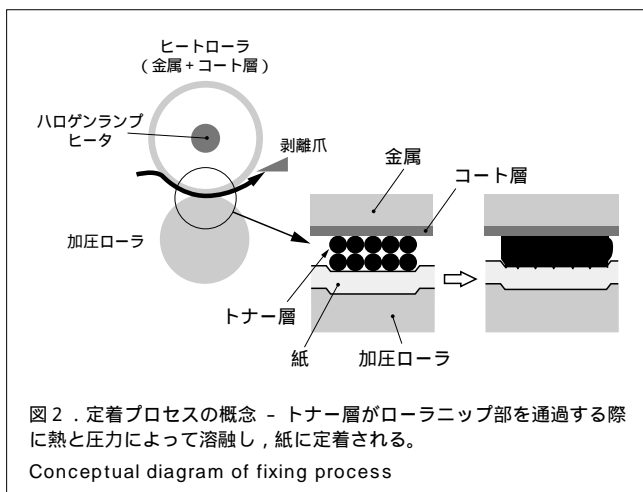
3 定着装置と省エネ化

定着装置は電子写真装置の最後の工程として、用紙上に転写されたトナー像が外力によって乱されることを防ぐために、このトナー像を加熱、溶融し、用紙へ浸透、固着させ、接着強度を持たせる機能を持つ部分と言う。

一般的な定着装置は、内部にハロゲンランプヒータを持ち、表面を一定温度に加熱された回転するヒートローラと、このヒートローラに一定圧力で加圧された、表面に弾性層を持つ加圧ローラで構成される。これらのローラで形成された接触幅(ニップ)部分にトナー画像を乗せた用紙を挟み込み、一気に加熱する(図2)。

カラー機では、シアン、マゼンタ、イエロー、ブラックの4色のトナーの重ね合わせで画像が形成されるため、トナー画像が厚くなることと色再現性を向上する目的で、ヒートローラ側も弾性体にし、トナーとヒートローラの接触面積を広げてトナーを加熱しやすくしている。

定着装置の省エネ化は、溶融すべきトナーの低融点化技術、定着装置の熱容量の低減、加熱源の効率向上が大きな技術課題となる。しかし、トナーの低融点化を進めると保存性(高温放置でのトナーの軟化)などに影響するため大きな変更は難しい。そこで当社では、ヒートローラ、加圧ローラの低熱容量化、及び定着装置の加熱源の効率向上を目指して開発を進め、定着装置の加熱源としてIHを採用することとした。



4 IH 定着装置

IHは、高周波インバータにより加熱コイルに高周波電流を供給し、コイル周辺に高周波磁界を発生させる。この磁界によりヒートローラに渦電流が流れ、ジュール熱による加熱が行われる。また磁性体では、高周波磁界によるヒステリシス損失が発生し、これも発熱に寄与する。渦電流は、励磁コイルの磁束分布に応じて被加熱物に流れる。

以下にIHの特長を挙げる。

- (1) 熱変換効率が低い。
- (2) 出力を可変できる。
- (3) 加熱源と非加熱物が非接触で加熱可能である。
- (4) コイル形状の工夫で、局部加熱ができる。
- (5) 急速に昇温するため、加熱途中での放熱が少ない。
- (6) 被加熱物の磁氣的性質を利用し、自己温度調節が可能である。

そして、このIHを搭載した定着装置では次のような特長が期待できる。

- (1) ウォーミングアップ時は最大電力で使用するなど、定着器で使える電力を各動作モードに応じて可変できる。
- (2) 熱エネルギーが直接加熱物に投入できるため昇温が速く、またそのため加熱途中での放熱が少ない。
- (3) ヒートローラを直接加熱するため温度制御に対するタイムラグが少なく、温度リップルを小さくできる。
- (4) デジタル複合機特有の様々なオプション構成に対して、定着装置に許可される電力が変化しても、これに対応して出力を任意に設定することが可能である。

これらの特長を生かすため、当社で最初に製品化したIH定着装置のIHコイルの概観を図3に示す。ヒートローラなどの基本構成は、従来方式と同様である。一つのコイルでヒートローラ全体を発熱させている。

図4は900Wのハロゲンランプヒータと900W、1,200Wに設定したIH定着装置における昇温の比較である(ヒート



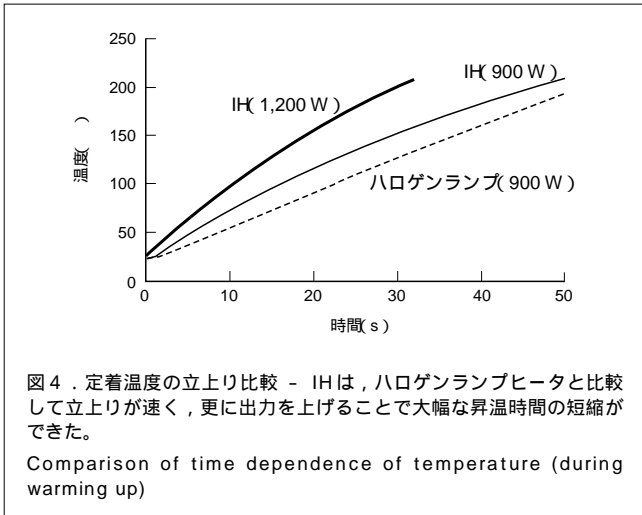


図4．定着温度の立上り比較 - IHは、ハロゲンランプヒータと比較して立上りが速く、更に出力を上げることで大幅な昇温時間の短縮ができた。
Comparison of time dependence of temperature (during warming up)

ローラを回転させて測定)

図4からわかるように、ハロゲンランプヒータに対して、IH加熱では同じ出力で昇温時間が15%程度短縮され、また出力を可変することで、更に大幅な昇温時間短縮が可能である。

前述の構成のIH定着装置を搭載した製品(PREPAGE 455 : A4, 45枚/min)では、ウォーミングアップ時間約30s(当社従来比86%削減)、エネルギー消費効率127Wh(当社従来比40%削減)を達成している(図5)。

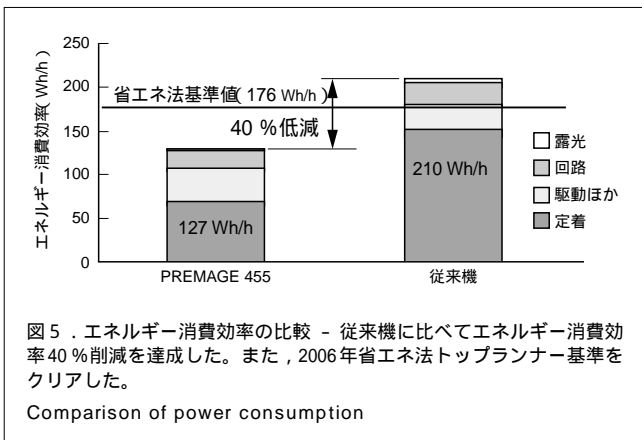


図5．エネルギー消費効率の比較 - 従来機に比べてエネルギー消費効率40%削減を達成した。また、2006年省エネ法トップランナー基準をクリアした。
Comparison of power consumption

5 高速機，カラー機への応用

IH定着装置を高速機やカラー機など広範囲の機種に適用するには、ヒートローラ軸方向の温度ムラを防止する技術が必要となる。高速機においては、ウォーミングアップ時間短縮及び省エネ化を目的としてヒートローラの低熱容量化(ローラ薄肉化)を行うと、ローラ軸方向の温度分布が不均一になりやすい。特に幅の狭い用紙を連続通紙させた場合、通紙領域においては熱が用紙に奪われるが、非通紙領域では熱が奪われずローラ端部が温度上昇する。非通紙領域の温度上昇により、ローラを支持しているベアリングが耐熱限

界を超えたり、前記状態でサイズの大きい用紙を急に通紙すると定着むらが発生する恐れがあった。

カラー機の場合は、定着性能だけでなく、色再現性や光沢性能も重要である。このためモノクロに比べて、ヒートローラの温度変動を更に小さく抑える必要がある。

以上の課題を解決するため、ヒートローラへ最適な熱エネルギーを与えローラ軸方向の温度分布を均一化させる手段として、コイルを複数用いたIH定着装置を検討し実用化した。

高速機で用いたIHコイル、インバータ回路の模式図と制御ブロック図を図6に示す。

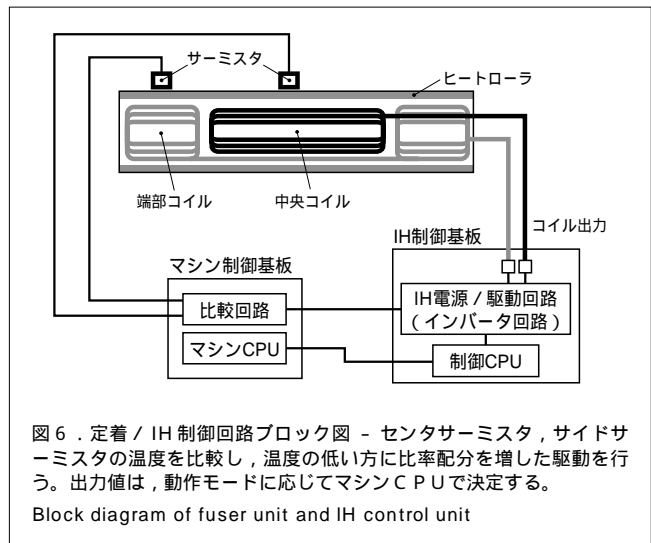


図6．定着/IH制御回路ブロック図 - センタサーミスタ、サイドサーミスタの温度を比較し、温度の低い方に比率配分を増した駆動を行う。出力値は、動作モードに応じてマシンCPUで決定する。
Block diagram of fuser unit and IH control unit

コイルは、ヒートローラ中央部分を加熱する中央コイル×1、ローラ端部を加熱する端部コイル×2という3個の構成である。ローラ端部を加熱するコイルは直列に接続し、一つのインバータ回路で駆動している。したがってインバータ回路は2個となる。

インバータ回路は、IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)を1素子で駆動する準E級回路を用いている。この回路はIH炊飯器で使用されている回路を応用し、2回路を一つの基板に配置している。

図6に示すように、ヒートローラ中央部と端部の温度をサーミスタで検知して、温度の低い側のコイルを駆動して、常にヒートローラ中央部と端部の温度が均一になるよう制御している。コイルの駆動は常にどちらか一方を駆動しており、同時にONされることはないようになっている。また、コイルの駆動を切り替えるタイミングは、切り替えた際の電圧変動が発生しないよう交流電源の0V時に切り替えている(ゼロクロス)。これにより、フリッカ規制などの問題をクリアしている。また、それぞれのコイルの条件は、許容する用紙すべてにおいてヒートローラ温度が最適化できるよう検討し、長さ、

配置を決定した。

この結果、小サイズ紙を通した場合でも複数コイルを用いることで、ヒートローラ軸方向の温度分布を一定にすることができるようになった(図7)。

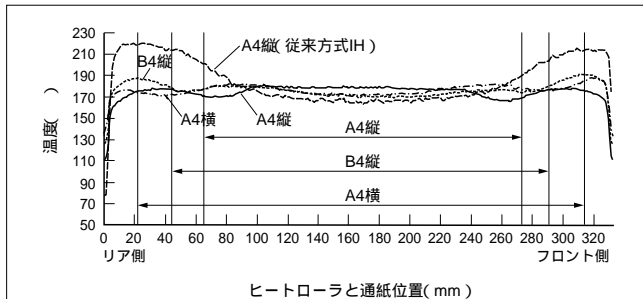


図7. ヒートローラ長手方向の温度分布 - 各コイルの発熱を最適化することで、紙の大きさに依存せず、ヒートローラ長手方向の温度分布を均一化することが可能となった。

Temperature distribution of fuser roller

以上の検討により、複数コイルを用いた定着システムを実用化した。

このシステムを採用することにより、高速機e-STUDIO 810 (A4 : 81枚/min) (図8)ではヒートローラの肉厚を従来の10mm(アルミニウム製)から1.5mm(鉄製)と薄くすることが可能となり、ウォーミングアップ時間を従来の約420sから約160sに短縮することができた。

同様に、e-STUDIO 550(A4 : 55枚/min)では従来(PREMAGE 555)に対して、ウォーミングアップ時間で約69%削減、エネルギー消費効率において約32%削減を達成した。エネルギー消費効率の比較を図9に示す。

更に、この複数のコイルを用いたIH定着装置技術を小型化して業界で初めてカラーMFPに搭載したe-STUDIO 4511(モノクロ45枚/min, カラー11枚/min) (図10)では、ウォーミングアップタイム約40sを達成した。



図8. e-STUDIO 550, 650, 810の外観 - 世界初の複数コイル定着システムを搭載した機種である。
Digital copier (e-STUDIO 550, 650, 810)

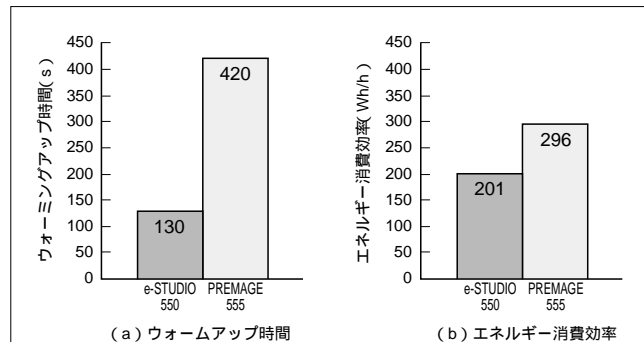


図9. ウォーミングアップ時間とエネルギー消費効率の比較 - e-STUDIO 550(A4 : 55枚/min)では従来比(PREMAGE 555)に対して、ウォーミングアップ時間で約69%削減、エネルギー消費効率において、約32%削減を達成した。
Comparison of warming-up time and power consumption (e-STUDIO 550)



図10. e-STUDIO 4511の外観 - カラー機でウォーミングアップ時間約40sを達成した。
e-STUDIO 4511 digital color copier

6 あとがき

IH定着装置の開発とこれを導入したMFPの製品化により、当社は業界でもトップレベルの省エネ化を実現することができた。特にウォーミングアップタイムの大幅な短縮は、多くのユーザーニーズに応えていけるものと期待している。今後、更に環境を考慮した省エネマシンの開発に向けて努力していきたい。



高木 修 TAKAGI Osamu

東芝テック(株)画像情報通信カンパニー デジタルソリューション研究所グループ長。MFP要素技術の研究、開発に従事。日本機械学会会員。

Toshiba TEC Corp.



木野内 聡 KINOUCHI Satoshi

東芝テック(株)画像情報通信カンパニー デジタルソリューション研究所主務。MFP要素技術の研究、開発に従事。

Toshiba TEC Corp.