

IV-4 省エネ性と利便性を両立した IH 定着技術

(採用機種：ApeosPort-IV/DocuCentre-IV C2270/C3370/C4470/C5570 シリーズ)

上原 康博*、岩井 清*、内藤 康隆*、馬場 基文**、為政 博史***

*富士ゼロックス（株）デバイス開発本部

**富士ゼロックス（株）商品開発本部

***富士ゼロックス（株）画形材開発本部

1. 背景

IH（Induction heating）を活用した定着技術は、従来のハロゲンランプを用いた定着技術より熱効率がよく、立ち上げが速いという特徴を有しており、2000年にはじめて市場導入されて以来、これまで多くのIH定着搭載機が商品化されてきた。^{1) 2) 3)}

我々は“真の省エネ”の実現に向け、これまでにない急速な立ち上げを実現する新しい IH 定着技術を長年にわたり研究し開発してきた。本定着技術は、急速な立ち上げを実現するための技術だけでなく、高品質、高信頼な定着を実現するためのプレイクスルーを繰り返さないながら技術を進化させ、商品化することに成功した。本論ではその技術について述べる。

2. IH 定着器の基本構成と特徴

2.1 急速立上 IH 定着器構成

図1に今回我々が開発した急速立上 IH 定着器の概略断面構成を示す。我々は二つのタイプの IH 定着器（急速立上 IH と高生産 IH）を同時開発したが、最初に急速立上 IH について述べ、次に高生産 IH の特有部分について説明する。1はφ30mmの張架しない IH ベルトであり、その内部に発熱層を有している。2は加圧ロール、3はベルトの外側に配置された IH コイルユニット、4はFrame 支持体に固定保持された加圧パッドである。ベルト内面は加圧パッドとの摺動抵抗を低減するための潤滑剤が塗布されている。コイルユニットに対向するベルトの内側にはベルトとは非接触で感温磁性合金とアルミ磁場遮蔽板が Frame に支持されている。ボビンに固定されているコイルとソフトフェライトとアル

ミ磁場遮蔽板からなる IH コイルユニットは、定着ニップとは反対側のベルト外側に設けられている。本定着器は加圧ロールが接離するラッチ機構を有している。定着時には加圧ロールが IH ベルトに圧接して（ラッチ ON）ニップを形成し、IH ベルトは駆動用モーターから伝達された加圧ロールの回転により従動駆動される。一方立ち上げ時には加圧ロールとは離間する（ラッチ OFF）ようになっているが、回転しながら加熱できるようにベルトの両端部にギアが設けられており、加圧ロールの駆動とは別の伝達経路で直接駆動できるようになっている。

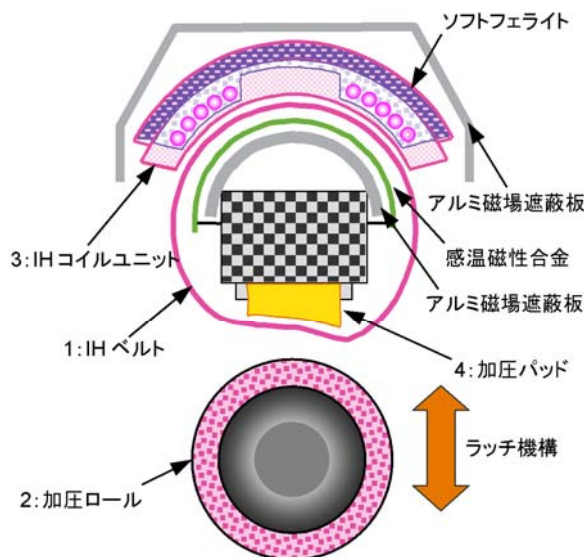


図 1. 急速立上 IH 定着器構成
Configuration of Instant on IH Fusing Unit

2.2 高生産 IH 定着器構成

図2に高生産 IH 定着器の概略構成を示す。急速立上 IH 定着器との違いは、コイルに対向した位置にベルト内面に軽く摺動しながら熱補給する蓄熱体を設けたと

ころである。この部材は急速立上 IH と同種の感温磁性合金とその内側にアルミ磁場遮蔽板を重ねた二層構造の蓄熱体である。蓄熱体からの熱補給により、高生産であっても IH ベルトの温度を安定維持することを可能としている。

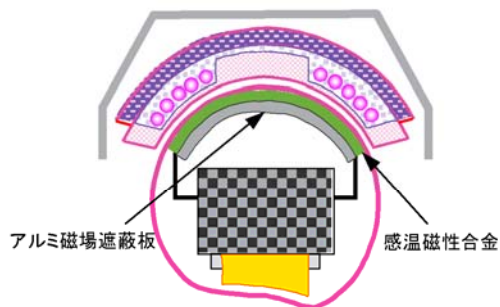


図2 高生産 IH 定着器構成
Configuration of high speed IH fusing unit

二種類の定着器は上記感温磁性合金やアルミ磁場遮蔽板およびそれら保持部材等を除く約九割の部材が共通化されており、フルカラー生産性 25~50ppm の商品群の定着器を同一筐体で実現している。

3. IH ベルト

3.1 IH ベルト構成

図3にIHベルトの断面構成図を示す。ベルトは内側からベース層、発熱層、複合機能層、弾性層、離型層の五つの層から構成されている。

ベース層はシームレスポリイミドベルトである。発熱層は薄膜非磁性金属の銅、その上は複合機能層のニッケル、さらに弾性層のSi ゴム、そして最外層は離型層の PFA 樹脂で、全体の厚みは約 300 μm のフレキシブルベルトである。

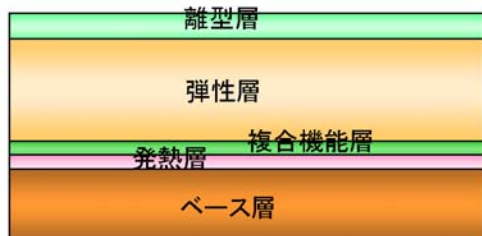


図3 IH ベルト断面構成図
Structure of IH Belt

3.2 発熱層の特徴

図4に渦電流によるジュール発熱量を三種類の発熱材料について、ピーク発熱に対する比率を発熱層厚さを

変えて示している。発熱層が銅の場合、ピーク発熱厚さは磁性金属（鉄とニッケル）に比較して 1/3~1/5 である。つまり、銅は薄膜化することで磁性金属と同等レベルまで IH 加熱することができ、同時にベルト熱容量の低減効果により、Ni 電鍍ベルトやスチールベルトより急速加熱が可能となる。

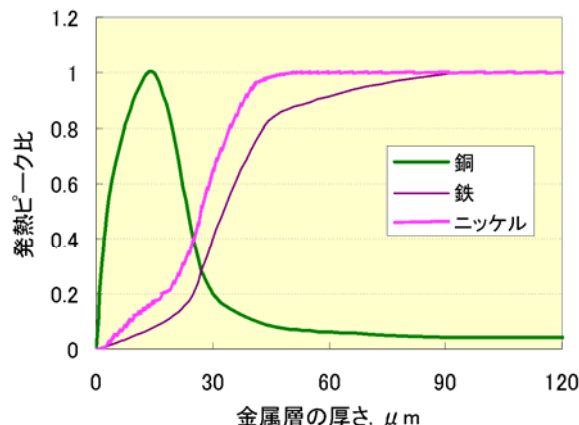


図4 誘導加熱比率
Induction Heating Ratio by Heater

4. 世界最速3秒立上技術

4.1 小熱容量ベルト

3秒の立上時間を実現するために、定着部材として従来のロールではなく小熱容量の薄肉ベルトを採用した。フレキシブルな薄肉ベルトを使用することで、後述のようにロールよりも薄い弾性層で用紙剥離が可能となり、更なる小熱容量化を実現した。

これらにより図5に示すように、熱容量を従来定着器の1/4~1/6まで低減することができた。

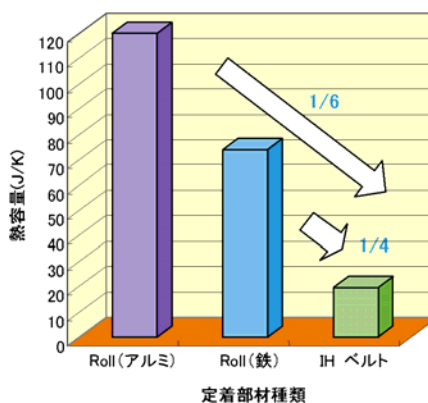


図5 定着部材の熱容量比較
Compare the heat capacity of fixing member

4.2 ラッチ機構

投入した電力を効率よく定着動作に使用するためには、他の部材に奪われる熱量を極限まで減らす必要がある。従来の定着器に採用されていた常時ニップ構成では、定着器の立ち上げ時に加圧ロールに約 50%の熱が奪われてしまう（図 6）ため、定着部材として小熱容量のベルトを用いても立上時間は目標と大きな乖離があった。そこで我々は加圧ロールを IH ベルトから接離させるラッチ機構を導入した。

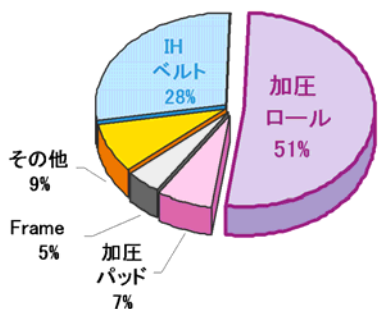


図 6 常時ニップ構成での立ち上げ時熱分析
Thermal analysis during warm-up

4.3 ベルトギア直接駆動

本 IH 定着器は IH ベルトの IH コイルに対向した部分を加熱するいわゆる局部加熱方式である。それ故定着器の立ち上げ時には IH ベルトを回転させる必要がある。そこで、立ち上げ時には IH ベルト自体が回転運動するように IH ベルトを直接駆動する方式を採用した。剛性の低いフレキシブルな IH ベルトは駆動伝達時にベルトの一部に応力が集中すると破損してしまう課題があった。

そこで、駆動力がかかっても応力が一部に集中しないように、ベルトとギア部材を周方向全域で固定する方式を採用した。これによって、破損することなく安定したベルト直接駆動が可能となった。

4.4 急速立上の実現

上記の三つの技術を導入することで、目標である世界最速 3 秒立上を達成した。

図 7 は急速立上 IH 定着器の IH ベルトの温度推移を表した図である。室温の状態からお客様が複写機にアクセスした時点で加熱を開始し、スタートボタンを押すまでの 3 秒間で、IH ベルト温度は画像形成開始可能な

温度にまで到達する。その結果、定着器の予熱無しでもお客様には待ち時間無く使用していただくことが可能となった。

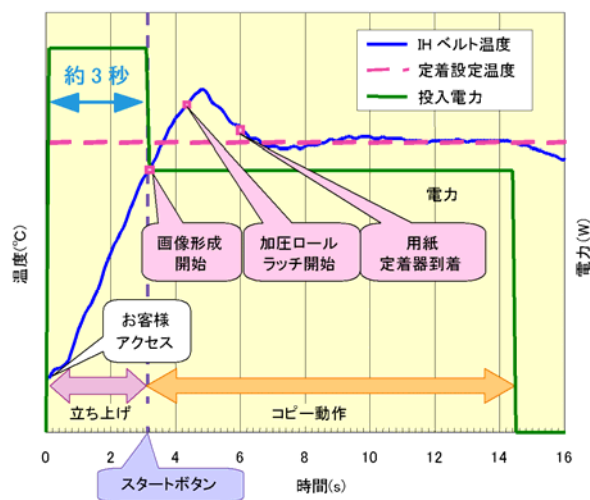


図 7 急速立上 IH 定着器の温度推移
Temperature Change of Instant on IH Fusing Unit

5. IH コイルと加熱システム

本定着器の加熱システムの特徴は、図 8 に示すように数 μm からなる銅の極薄発熱層の採用による独自磁路形成にある。IH ベルトと IH コイルを内部と外部の二つの強磁性部材（外部：ソフトフェライト、内部：感温磁性合金）で挟みこむ誘導加熱技術である。これにより磁気結合度が向上し、電磁誘導による加熱効率を高めている。図 8 に示すように、IH コイルで発生した磁束はソフトフェライトから IH ベルトの発熱層を透過しベルト内部の感温磁性合金に導かれ、再び発熱層を貫通しソフトフェライトに戻る磁路を形成する。磁束が発熱層を透過するとき、磁束を打ち消す方向に渦電流が発生し、この渦電流のジュール発熱により IH ベルトが加熱される。

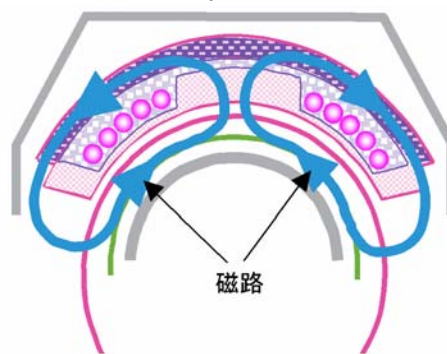


図 8 磁路形成
Flux loop of magnetic circuit

表 1 にコイル仕様と IH 加熱システムの電気特性を示す。

表 1. コイル仕様と IH 加熱システムの電気特性
IH coil and Electrical characteristics of heating systems

コイル仕様	素線径	Φ0.17mm
	リッツ線素線数	90 本
	ターン数	10 ターン
システム電気特性 (急速立上 IH)	動作周波数	25~70kHz
	投入電力	1100W
	システムインダクタンス	29.4 μH (@25kHz)
	システム負荷抵抗	1.8 Ω (@25kHz)

コイルはφ0.17mmの細い素線90本を束ねて撚ったリッツ線を高密度に10ターンさせて形成しており、表皮効果による抵抗増加を考慮しながら小型コンパクト化する思想で設計している。コイルのベルト反対側には、ベルト軸方向に複数個のソフトフェライトをベルト径方向にコイルと数ミリの間隙を持たせて配置しており、感温磁性合金とのバランス取りで磁束密度の最適化を行ない、均一な温度分布が得られるように設計している。

また IH 加熱システムの電気特性は、急速立上 IH と高生産 IH とではソフトフェライトと感温磁性合金の仕様異なるため違いがあるが、同一の IH 電源で対応している。

6. 加熱幅制御技術

本 IH 定着器は内部磁性部材に感温磁性合金を採用することで、連続定着動作時における IH ベルトの非通紙部昇温を自己抑制する加熱幅制御技術を用いている。従来必須であった非通紙部昇温抑制の冷却手段や、磁束遮蔽手段、消磁コイルや複数コイルなどの磁界制御手段が不要となり、装置の小型軽量化や立上時間の短縮化を実現している。⁴⁾ 非通紙部のベルト温度が上昇すると、ベルト内側に近接（高生産 IH では接触）している感温磁性合金の温度も同様に上昇して C.P 付近まで達する。この温度変化により、感温磁性合金の透磁率が急激に低下して強磁性体から非磁性体（常磁性体）に変化し、実質的にベルトを透過する磁束密度が低下してベルト発熱量が減少する。また磁束は、非磁性体に変化した感温磁性合金を透過してアルミ磁場遮蔽板に渦電流を発生させる。この渦電流はコイルから

の磁束を打ち消す方向であるため、さらに磁束密度が低下して IH ベルトの非通紙部の発熱量を抑制できる。このように二つのメカニズムにより非通紙部昇温が自己抑制される。

図 9 に小サイズ用紙（A4 たて送り）を連続定着した場合の温度分布を示している。ベルトの最高温度は C.P 付近に制御される。

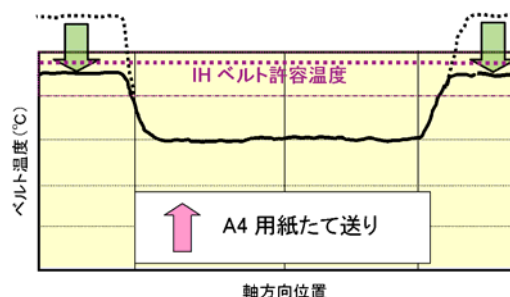


図 9 IH ベルト温度プロファイル(小サイズ用紙)
Temperature profile of IH belt (short edge paper feed)

7. 剥離システム

7.1 用紙剥離方式：曲率剥離方式

本 IH 定着器では、IH ベルトのフレキシブル性を活かした曲率剥離方式を採用した。

曲率剥離方式とは図 10 に示すように、定着ニップ出口部でのベルトの曲率を大きくし、さらに用紙の排出方向とベルトの進行方向との成す角度（剥離角）を大きくして、用紙のコシによりベルトから用紙を剥がす方式である。

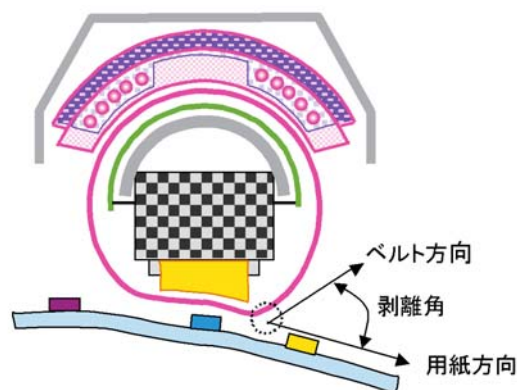


図 10 曲率剥離方式概要
Curvature separation technology

7.2 ベルト曲率と表面歪

曲率剥離方式においては、定着ニップ内から出口部にかけてのベルトの形状が重要である。我々は剥離に必要な定着ニップ部でのベルトの曲率をベルト表面の歪み(変形度合い)を測定することで定量化した。定着ニップの入口から出口にかけてベルトは凹む方向に変形し、ベルト表面には圧縮歪みが発生する。また定着ニップの出口近傍ではベルトは凸になる方向に変形し、ベルト表面には引っ張り歪みが発生する(図11)。用紙をベルトから剥離させるためには、ベルト表面に所望の変形(曲率)つまり歪みを与える必要がある。

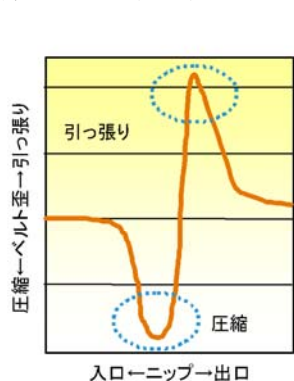


図11 剥離に必要なベルト歪 Belt strain

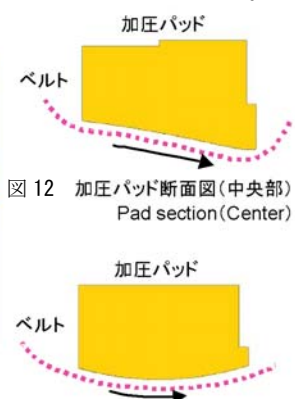


図12 加圧パッド断面図(中央部) Pad section (Center)

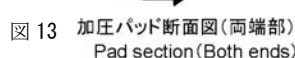


図13 加圧パッド断面図(両端部) Pad section (Both ends)

本定着器のIHベルトはギアを固定している。両端部以外は無張架であるため、定着ニップ部でのベルトの曲率と剥離角は加圧パッドの形状によって決められる。IHベルトに所望の曲率と剥離角を与えるために、長手方向通紙領域において加圧パッドのベルトと接触する面の形状を図12に示す。

一方ベルト両端部にはギアが固定されているため、両端部のベルトの断面形状は円形である。そのため、ギア固定部に隣接する加圧パッドの長手方向両端部の形状を図13に示すようにベルト内径にほぼ等しい円弧形状にしている。

8. 高生産 IH 定着と高速適性

8.1 高生産化設計

急速立上 IH 定着器は極限まで小熱容量化して立上時間3秒を実現したが、高生産領域まで適用しようとした場合、連続通紙によるベルト温度の急激な低下(ド

ループ)により定着性を確保できず生産性に限界があった。この限界を打ち破るために、急速立上 IH をベースに改良したのが高生産 IH 定着器である。

IH ベルトに熱補給する蓄熱体の熱容量をベルトの約1.5倍とし、蓄熱体温度がベルト温度より常に30℃高い温度を維持する加熱設計により、フルカラー50/白黒55ppmの生産性を達成している。蓄熱体が30℃プラスの温度を保つためには、IHベルトと感温磁性合金をある最適比率で誘導加熱する必要がある。急速立上 IH の感温磁性合金は誘導加熱を抑制する設計であるが、高生産 IH は積極的に加熱するように設計している。

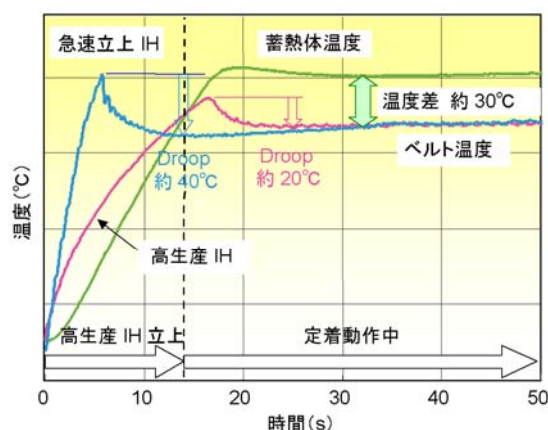


図14 連続通紙時ベルト温度低下比較 Continuous Operating Temperature Comparison

8.2 高生産 IH と急速立上 IH との比較

IHベルトの温度ドループは、急速立上 IH が約40℃であるのに対して、高生産 IH では約20℃であり、温度ドループを約20℃改善することで高生産を達成している。

また、高生産 IH の立上時間は、IHベルトと蓄熱体の両方を加熱するので、13秒になるが、従来機(Apeos Port-III C5500)と比較して1/8を達成している。

9. まとめ

今回新たに開発したIH定着器は世界最速の3秒の急速立上を可能とし、富士ゼロックスが目指す「RealGreen」を実現した。^{5) 6)} これは薄膜の非磁性発熱層を有した小熱容量IHベルトを他の構成部品に熱伝導させることなく集中して加熱する構成をとることにより実現でき

たものである。また本定着器をベースに、温度ドレーブ制御技術として蓄熱体をベルト内部に設けた高生産IH定着器は立上時間が13秒であり、フルカラー50/白黒55ppmの高生産性を実現した。これら二つのIH定着技術は、カラー複合機ApeosPort-IV/DocuCentre-IV C2270/C3370/C4470/C5570シリーズに導入されている。ApeosPort-IV/DocuCentre-IVシリーズは、平成21年度省エネ大賞（機器・システム部門）において、独自のIH定着技術がきわめて独創的であり、利便性に配慮しながら省エネ性能を向上させた点が評価され、経済産業大臣賞を受賞している。さらに本技術は、地球環境保全への貢献が高く評価され、2010年、日経地球環境技術賞の最優秀賞を受賞している。⁷⁾

10. 商標について

RealGreenは、富士ゼロックス株式会社の登録商標です。

15. 参考文献

- 1) 高木 修：“複数のコイルによる電磁誘導加熱を搭載したカラー機用定着技術”
- 2) 醒井 雅裕、野口 智之他：“誘導加熱を用いたカラーIH定着技術”
- 3) 陣在 誠、神谷 裕二他：“新規定着システム〈TBF〉搭載IRC-5180series” 日本画像学会誌 第45巻 第6号
- 4) 木野内 聡、高木 修他：“IH定着技術” 日本画像学会誌 第48巻 第5号
- 5) 上原 康博、馬場 基文他：“RealGreenを実現したIH定着技術” 日本画像学会 “Imaging Conference JAPAN 2010” 論文集
- 6) 上原 康博、馬場 基文他：“省エネと利便性を両立したRealGreenなIH定着技術” 富士ゼロックステクニカルレポート2011
- 7) 富士ゼロックス（株）ニュースリリース
2010年11月11日「IH定着技術が2010年日経地球環境技術賞最優秀賞を受賞」

禁 無 断 転 載

2010年度「ビジネス機器関連技術調査報告書」“IV—4”部

発行 2011年5月

社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会 (JBMIA)

技術委員会 技術調査小委員会

〒105-0003 東京都港区西新橋三丁目 25 番 33 号 NP 御成門ビル

電話 03-5472-1101(代表) / FAX 03-5472-2511