

モノクロ中速機用省エネ・即熱定着システムの開発

Development of Monochromatic Middle-Speed , Low-Energy and Shortening of Warm-up Time Fusing System

前田 智弘*¹ 山地 博之*¹ 香川 敏章*¹ 塚本 公秀*² 中村 博一*²

Tomohiro Maeda Hiroyuki Yamaji Toshiaki Kagawa Kimihide Tsukamoto Hirokazu Nakamura

複合機の省エネ化及び利便性の向上を実現するには、複合機全体の消費電力のうち大半を占める定着システムの消費電力削減と、ウォームアップ時間短縮が課題となる。

今回新規開発したモノクロ中速機用定着システムは、低温定着が可能で熔融時間の短い「Mycros トナーCAP」の特性を活かした狭ニップ化技術により、通紙中の電力削減と短ウォームアップ化を図ると同時に、トナーの低温定着に伴う課題を、定着部材の改良や定着制御の最適化により克服した。その結果、ウォームアップ時における昇温速度を従来定着システムに対して2.3倍に向上するとともに通紙中の消費電力を削減することで、定着システム全体の消費電力量を従来比44%削減することができた。

Development of Low-Energy and Short Warm-up Time Fusing System for Middle-Speed Monochrome Printers Reducing power consumption of the fusing system which generally consumes most part of the total power consumption in multifunction printers (MFP) and shortening warm-up time are the key factors to realize the MFP with both energy-saving performance and high-level convenience.

The newly developed fusing system for monochrome middle-speed MFPs employs the narrow nip, the optimized parts and the fusing conditions for making use of the low-temperature and short-time melting capabilities of "Mycros Toner CAP".

As a result, a 44% reduction of power consumption in fusing system compared to the earlier MFPs has been achieved by the 230% faster heating speed during warm-up and the reduction of power consumption during paper feeding.

1. まえがき

複合機の省エネ化及び利便性向上を目的として、定着システムにおける消費電力削減及び短ウォームアップ化がなされてきている。

図1は、当社現行モノクロ中速機における定着システム全体の消費電力の比率を示したものである。元々、非常に大きな割合（50%以上）を占めていた待機時電力については、ジョブ後、直ぐに定着システムの電源をOFFしスリープ状態に移行することで大幅な削減（9%）が図られてきている。しかしながら、短ウォームアップ化が十分ではないため、スリープ状態からの復帰時間が長く、利便性を阻害している。また、ウォームアップ時の電力割合も大きい（約40%）ことから、更なる短ウォームアップ化が必要である。

一方で、通紙中の消費電力割合も全体の51%と最も大きく、通紙中の消費電力削減に着目した取り組みが必要

不可欠である。

今回、我々は短ウォームアップ化と通紙中の消費電力削減を行うために、「Mycros トナーCAP」の持つ融点が低いという特性だけではなく、熔融時間が短いという特性も活用した新規省エネ・即熱定着システムを開発した。

本稿では、本定着システムにおける通紙時電力削減による省エネ化と短ウォームアップ化への取り組み内容について報告する。

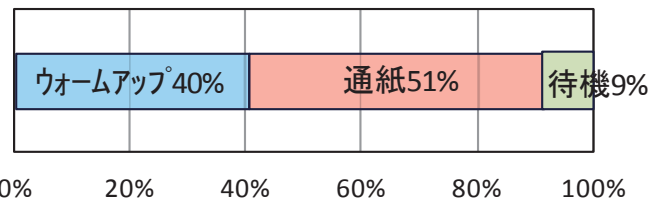


図1 定着システムにおける消費電力の割合

Fig.1 The rate of power consumption in fusing system.

*¹ ビジネスソリューション開発本部 要素技術開発センター

*² ドキュメントソリューション事業本部 ドキュメントシステム事業部

2. 新規省エネ・即熱定着システム

2.1 狭ニップ化による通紙時電力削減技術

通紙中の消費電力削減手段として、定着ローラと加圧ローラとの圧接部で形成されるニップ部の幅(ニップ幅)を極力狭くすることで、用紙への熱損失を少なくし、省エネ化を図る技術が提案されている¹⁾。その概要を図2を用いて説明する。

図2はニップ幅が広い場合(ワイドニップ)と狭い場合(狭ニップ)での定着ニップ出口におけるトナー及び紙の厚み方向の温度分布を伝熱シミュレーションにより計算した結果である。尚、定着性はトナーと紙の界面温度で決まるので、この界面温度が同じになる条件での温度分布を示している。

これよりニップ幅が狭いほど用紙の厚み方向の温度が低くなり、用紙への熱損失を抑えることができることがわかる。トナーに比べて用紙の方が非常に厚い(約10倍)ため、通紙中の電力削減には非常に効果的である。

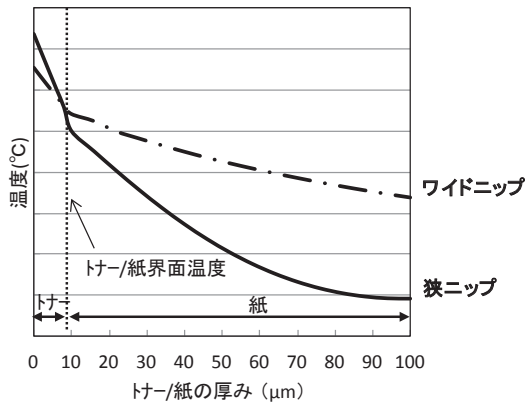


図2 トナー/紙 厚み方向における温度分布
Fig.2 Temperature of a toner/paper in thickness direction.

今回我々は、この狭ニップ化技術をベースに、トナーの溶融特性とのマッチングを図ることで、更なる省エネ化を実現した。この技術について図3を用いて詳細に説明する。

図3はトナーの溶融時間とニップ通過時間の関係に着目した時の省エネ化効果を示した図である。

ここでトナーの溶融時間とは、トナーを常温状態から定着温度で瞬時に加熱したときにトナーが溶融して濡れ広がるまでに要する時間のことであり、定着温度に加熱したホットプレート上にトナーを落下させ、高速度カメラでトナーの溶融状態を観測することで溶融時間を測定した。またニップ通過時間とは、トナーがニップ部を通過するのに要する時間であり、ニップ幅を用紙の搬送速度で割ることで求まる。

図3に示すように、従来のトナーでは溶融時間が長い

ため、狭ニップ化によりニップ通過時間がトナー溶融時間よりも短くなると、ニップ内でトナーが十分溶融されなくなる。その結果、狭ニップ化による省エネ効果としては-9%に留まることがわかった。

一方、今回開発した「Mycros トナーCAP」では従来のトナーに比べて溶融時間が約1/5と非常に短いため、狭ニップ化による省エネ効果を最大限に引き出せる(-18%)ことがわかった。

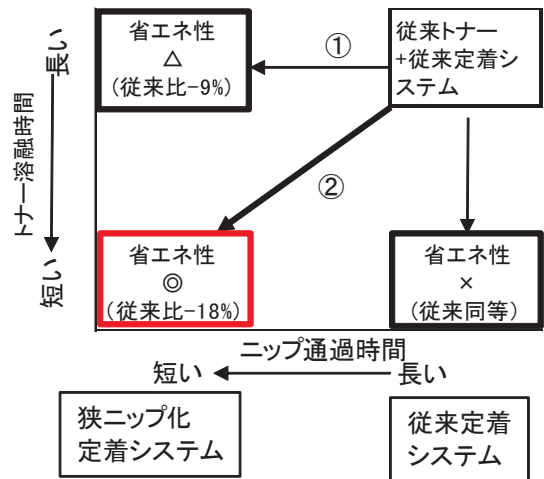


図3 トナーの溶融時間短縮化と狭ニップ化による省エネ効果を示した図
Fig.3 The figure of the energy-saving effect by the toner which melts in short time and the formation of narrowed nip.

2.2 定着システム構成

そこで、「Mycros トナーCAP」とのマッチングにより狭ニップ化を実現した新規定着システムを開発した。従来定着システムと新規定着システムの断面図を図4及び図5に示す。

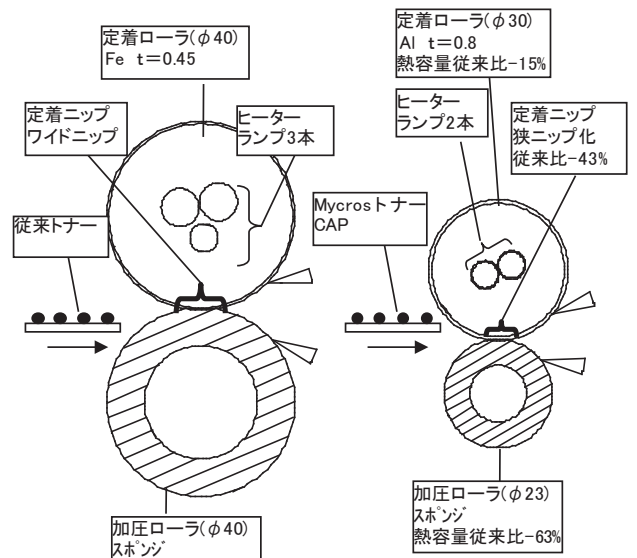


図4 従来定着システムの断面図
Fig.4 Construction of conventional fusing system.
図5 新規定着システムの断面図
Fig.5 Construction of new fusing system.

今回、定着ローラ外径を40mmから30mmに、加圧ローラ外径を40mmから23mmにすることで狭ニップ化(43%削減)と、定着ローラ及び加圧ローラの小径化を実現した。従来、狭ニップ化するとその分、定着温度を上げる必要があり、放熱量が大きくなるが、小径化により定着システム自身を小型化することで、放熱量の抑制を図った。また小径化により、定着ローラの熱容量を15%削減し、加圧ローラの熱容量を63%削減している。

更にヒーターランプの本数を3本から2へ削減し熱容量を下げている。具体的には、従来、ウォームアップ時間を短縮するため、ウォームアップ時のみ使用していたアシストランプを廃止し、位相制御によりウォームアップ時と通紙時の電力を切り替えることで、短ウォームアップ化を図っている。

3. 「Mycros トナーCAP」とのマッチング技術

次に「Mycros トナーCAP」とのマッチング技術について説明する。

3.1 定着ローラ表面の最適化

トナーを低温定着化した際の課題のひとつとして、高温域で熔融粘度が低くなるため、ホットオフセットが発生しやすくなる。そこで、高温域での離型性を確保するため、定着ローラ表面の材質だけでなく、表面平滑性を最適化することでこの課題を克服した。

図6は、従来トナー及び「Mycros トナーCAP」において、定着ローラ表面に対する熔融トナーの濡れ性及び表面粗さをパラメーターとした時の定着可能温度領域を確保する条件を調べた図である。尚、熔融トナーの濡れ性とは、加熱した表層材にトナーを付着させて熔融させたときの濡れ広がる面積を数値化したものであり、濡れ性が小さい程、トナーに対する離型性が高いことを示している。

従来のトナーでは、濡れ性の小さい(離型性の高い)

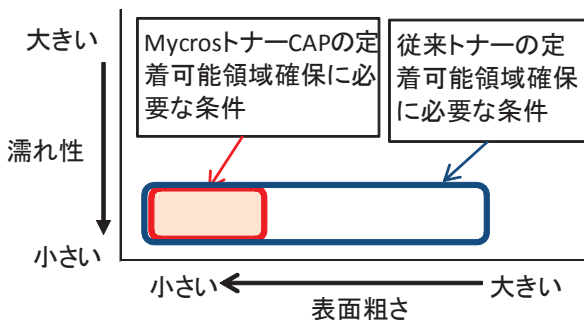


図6 定着ローラ表面と定着可能領域との関係
Fig.6 Relationship between the surface of a fusing roller and a fusing feasible region.

材料を定着ローラ表層に用いるだけで、定着可能領域が確保できていた(図6 青枠)が、「Mycros トナーCAP」では、離型性の高い表層材料を用いてもホットオフセットが発生し、十分な定着可能領域が確保できない場合があることがわかった。そこで、定着ローラ表層の表面粗さをパラメーターとして検討した結果、表面粗さを小さく(平滑性を向上)することで、ホットオフセットを防ぎ十分な定着可能領域が確保できることが分かった(図6 赤枠)。

定着ローラの表面粗さについては、定着ローラへ表層材をコートした際に平滑化処理を施すことで低減することができた。

これら定着ローラ側の改良とトナー側での改良により、十分な定着可能領域を確保した。

3.2 ウォームアップ時の制御最適化

短ウォームアップ化を図るためには、定着ローラ及び加圧ローラを静止した状態で昇温させることで、加圧ローラへの熱損失を極力抑制することが効果的である。ところが静止状態でウォームアップさせると、ウォームアップ直後の画像において、定着ローラ周期で光沢むらが発生する課題が発生した。

この原因について、図7を用いて説明する。図7は、定着ローラとヒーターランプの配置を示した断面図である。定着ローラ内には、定着ローラ中央部を加熱するランプ(HL1)と定着ローラ両端部を加熱するランプ(HL2)がそれぞれ1本ずつ配置されている。ここでHL1ランプに着目すると、ヒーターランプが定着ローラの中心ではなくオフセットして配置しているため、回転させずにウォームアップさせると、ランプに近い側の定着ローラ温度が高く、遠い側の温度が低くなる。しかも定着ローラは薄くて周方向への熱移動が悪いため、温度ムラが解消されにくい。

「Mycros トナーCAP」はシャープメルトで温度に対する熔融状態の変化が大きいいため、この温度ムラにより

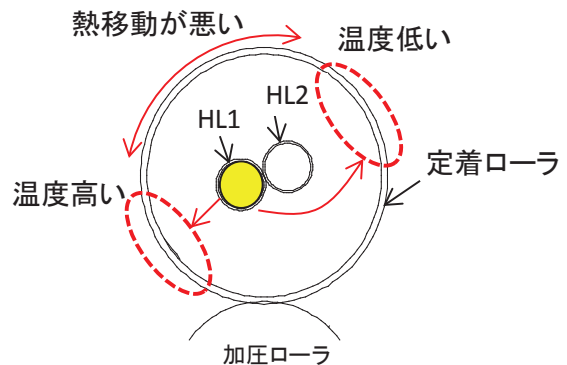


図7 定着ローラとヒーターランプの断面図
Fig.7 The sectional view of a fusing roller and a heater lamp.

光沢ムラが生じる。そこで、ウォームアップ動作時の回転制御を最適化することでこの光沢むらの問題を解消した。具体的には、静止立上げ途中で定着ローラを1度、半回転させる対策を行うことで、定着ローラ周方向の温度ムラを解消した。

図8、図9に対策前後でのウォームアップ直後の定着ローラの温度ムラを示す。対策前では、15°Cの温度ムラが生じていたのに対して、ウォームアップ動作時の半回転制御を行うことで、温度ムラが5°Cに改善し、光沢ムラを解消することができた。

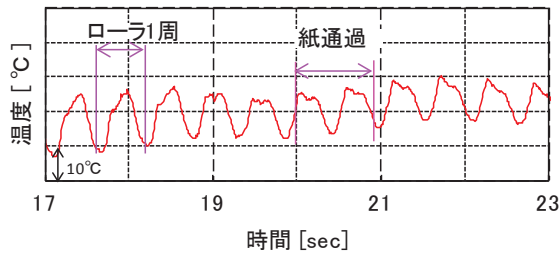


図8 ウォームアップ直後1枚目紙通過時の定着ローラの温度分布 (従来制御)
Fig.8 Temperature of the fusing roller when passing the first paper after completion the warm-up. (conventional control)

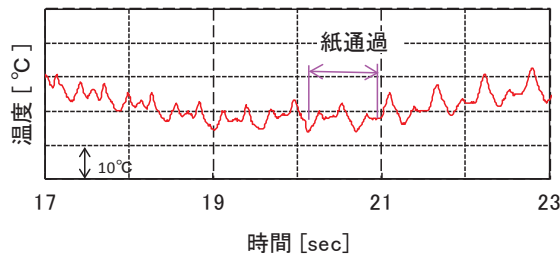


図9 ウォームアップ直後1枚目紙通過時の定着ローラ温度分布 (半回転制御)
Fig.9 Temperature of the fusing roller when passing the first paper after completion the warm-up. (Half-rotation control)

3.3 通紙中の温度制御

シャープメルト特性を有する「Mycros トナーCAP」

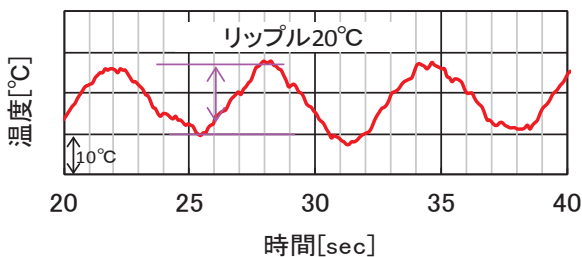


図10 連続通紙中の定着ローラ温度リップル (従来制御)
Fig.10 Temperature ripple of a fusing roller during paper feed. (conventional control)

とのマッチングを図るために、通紙中の温度リップルについても極力、低減を図った。

従来の定着システムでは、ヒーターランプの出力を目標温度を下回っている時はON、上回っているときはOFFする制御 (ON-OFF制御) を行っているが、この制御方法では、特に定着ローラの熱容量を小さくすると、温度リップルが大きくなる課題があった (図10)。

そこで、今回の定着システムでは温度リップルを抑制するため、新たな制御アルゴリズムを開発した。

具体的には、表1に示すように第一温度偏差 $\Delta T1$ (= 現在温度 - 目標温度) と第二温度偏差 $\Delta T2$ (= 現在温度 - 所定時間前の温度) を組み合わせた二次元テーブルを作成し、テーブルから算出した電力を出力する。第一温度偏差 $\Delta T1$ は、現在の温度が目標温度に対してどれだけずれているかの値であり、目標温度より低いほど出力が大きい。また第二温度偏差 $\Delta T2$ は、一定時間内に温度上昇しているか温度降下しているかの値であり温度降下しているほど出力は大きい。

このように制御することで通紙中でも定着温度を維持するのに必要最低限な電力を常に供給することができるとの結果、図11に示すように、温度リップルを3°Cにまで抑制することができた。

これにより、画質の均一化だけでなく、通紙中の消費電力削減にも寄与することができた。

表1 温度リップル抑制制御アルゴリズム
Table 1 Algorithm to suppress a temperature ripple.

		第1温度偏差 $\Delta T1$ (= 現在温度 - 目標温度)				
		$\Delta T1 < -3$	$-3 \leq \Delta T1 < -1$	$-1 \leq \Delta T1 < 1$	$1 \leq \Delta T1 < 3$	$\Delta T1 \geq 3$
第2温度偏差 $\Delta T2$ (= 現在温度 - 所定時間前温度)	$\Delta T2 < -3$	100%	100%	80%	50%	0%
	$-3 \leq \Delta T2 < -1$	100%	100%	70%	40%	0%
	$-1 \leq \Delta T2 < 1$	100%	80%	60%	30%	0%
	$1 \leq \Delta T2 < 3$	100%	70%	50%	0%	0%
	$\Delta T2 \geq 3$	100%	60%	40%	0%	0%

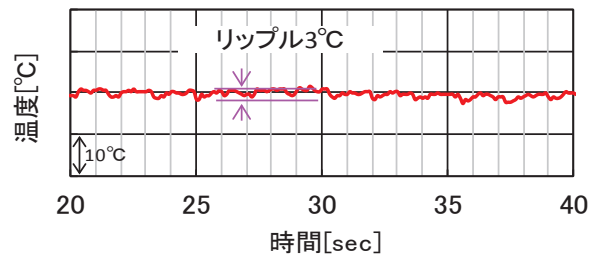


図11 連続通紙中の定着ローラ温度リップル (対策後)
Fig.11 Temperature ripple of a fusing roller during paper feed. (new control)

4. 性能評価

4.1 昇温速度の比較

図12に従来定着システムおよび本定着システムの昇温速度を比較した結果を示す。

従来の定着システムは加圧ローラの熱容量が大きいため、ウォームアップ時での加圧ローラの昇温が遅い。更に、通紙中での加圧ローラへの熱逃げも大きいため、ウォームアップ直後に定着ローラ温度が低下する、いわゆるアンダーシュートが発生しやすい。この2つの課題を防止するために、従来の定着システムではウォームアップ時に最初からローラを回転させながら昇温させることで、加圧ローラを十分な温度まで昇温させ且つ蓄熱させる必要があった。その結果、定着ローラの昇温速度としては平均5.3℃/秒要していた。

これに対して、本定着システムでは、加圧ローラの熱容量が従来比63%減と非常に小さいため、ウォームアップ時の加圧ローラの昇温が早く、また、通紙中の加圧ローラへの熱損失も小さい。これにより、図12に示すように、ローラを回転させずにウォームアップすることが可能となった。この効果と定着ローラの低熱容量化（従来比15%減）により、定着ローラの昇温速度は12℃/秒となり、従来に比べて2.3倍に向上することができた。

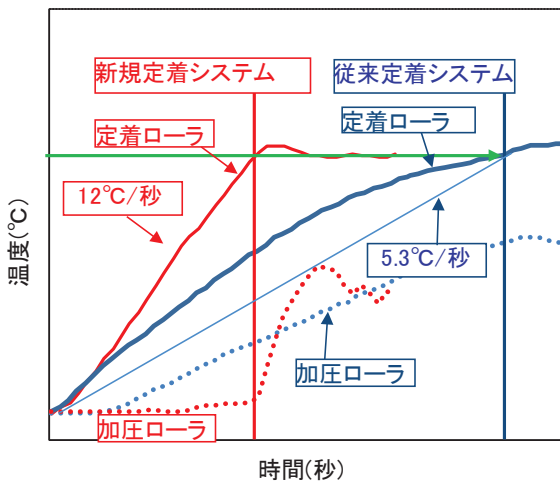


図12 昇温速度の比較
Fig.12 Comparison of warm-up speed.

4.2 省エネ性能の比較

図13に、「従来定着システム+従来トナー」と「新規定着システム+Mycros トナーCAP」での消費電力を比較した結果を示す。短ウォームアップ化により、ウォームアップ時電力と待機時電力を削減し、トナーの低温定着化と定着システムの狭ニップ化により、通紙中の電力

を削減した結果、従来に比べ、定着システム全体で44%の電力削減が図れていることがわかる。

図14は通紙中の消費電力削減効果の内訳を示している。通紙中電力としては、トータル33%削減できており、この内訳としては、トナーの低温定着化が15%、定着システムの狭ニップ化が18%である。

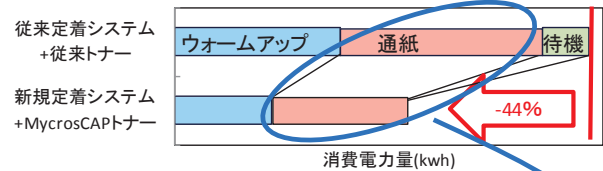


図13 定着システムにおける消費電力量比較
Fig.13 Comparison of power consumption in fusing system.

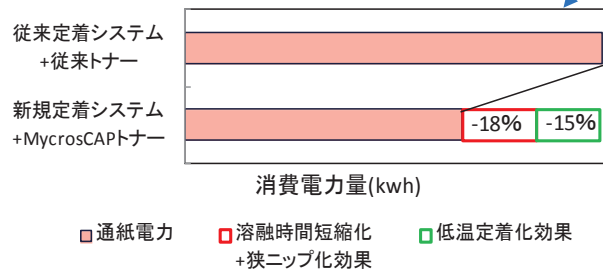


図14 通紙中の消費電力削減内訳
Fig.14 Contents of power consumption reduced in continuous printing.

5. むすび

溶融時間の短い低温定着可能な「Mycros トナーCAP」の特性を活かした定着システムの低熱容量化、狭ニップ化の技術開発を行った。

これによりウォームアップ時における昇温速度を従来比2.3倍に向上させ、通紙中の消費電力を従来比33%削減した結果、定着システム全体の消費電力量を従来比44%削減することができた。

本定着システムはMX-M365FN/M465FN/M565FNシリーズに搭載され、本体の待機電力削減と合わせて、MX-M365FNにおける消費電力が従来機比約52%減、ウォームアップ時間約40%低減することで省エネ性能と利便性向上を図ることができた。

参考文献

- 1) 片山 真 電子写真プロセスにおける省エネ定着化技術.技術情報協会セミナー.2003, P12