

オフィス向けカラー MFPを支える省エネ/長寿命定着技術

Save Energy and Long-life Fusing Technologies in Color MFP for General Office

米田 哲* 小室 昭宏* 田淵 健二*
Satoru YONEDA Akihiro KOMURO Kenji TABUCHI

要旨

地球温暖化対策の一環として、オフィス向けカラーMFPの定着システムに対して、省エネ化と長寿命化（省資源）に取り組んできた。

定着システムとしての省エネ化のポイントは、定着器の昇温する部分の低熱容量化と、放熱を抑制（高断熱化）することが考えられる。省エネ化を目指し、小径のベルトを、ベルトの外側に配置したIH（Induction Heating：電磁誘導発熱）コイルにより加熱する方式を採用した。IH方式を搭載したbizhub C650シリーズでは、大幅な消費エネルギー削減を達成し、2007年度の省エネ大賞を受賞するに至った。

長寿命化としては、各定着機能部材への機械的/熱的ストレスを抑制することがポイントである。放熱抑制に効果があるスポンジ材に対して構造面での工夫により機械強度を向上し、従来比にて1桁高い長寿命化を達成している。

以上より、省エネと長寿命という点において、現状最も優れた定着システムが開発できたと考えている。

Abstract

To contribute to countermeasures against global warming, we have been working on resource saving, i.e. saving energy with and extending the lifetime of the fusing system of a color MFP for office use.

To save energy with the fusing system, we focused on lowering the thermal capacity of those parts of the fusing apparatus where temperature rises and restraining heat radiation i.e. providing high-heat insulation. Aiming at energy saving, a heating method using an IH (induction heating) coil was adopted in which a small-size belt was provided outside the fusing belt. The bizhub C650 series, incorporating the IH system, achieved a great reduction in energy consumption, resulting in the awarding of First Prize of the 2007 National Energy Conservation Award.

To extend lifetime we aimed to restrain the mechanical and thermal stresses on each of the fusing function parts. By improving mechanical strength through innovation in sponge structure exhibiting effective heat radiation restraint, we achieved long life that was an order higher than conventional fusing systems.

With the above technologies, we developed a fusing system superior to others in terms of energy saving and long life.

* コニカミノルタビジネステクノロジーズ(株)
開発本部 オフィス製品開発センター オフィスFUM 開発部

1 はじめに

近年、製品を開発する上で地球環境問題は避けて通ることができない重要な課題となっている。特に、地球温暖化問題は異常気象による災害を引き起こすなど、我々の生活にも身近に感じられる現象となって現れてきている。

地球温暖化は、主に我々人間がエネルギーを使用することにより生成される二酸化炭素を主とする気体が地球大気に放出され、それによる温室効果が主因と考えられており、国連において温室効果ガスを1990年比で2020年までに25%削減することを目指すことが表明されている。従って、使用するエネルギーを削減することが温暖化抑制に繋がることから、省エネは勿論のこと各種資源を削減することやリサイクル/リユースなどにより製造エネルギーを抑制することも緊急の課題となっている。

オフィス機器であるMFP（Multifunction Peripheral：複合機）では、熱と圧力により画像を定着する方式を採用しており、オフィス機器の中でもエネルギー使用量が比較的大きい定着技術がエネルギー削減に対し重要課題となっている。コニカミノルタでは、省エネ/長寿命をコンセプトとした定着技術の開発に長年取り組んできた。ここでは、1997年以降のオフィス向け機器に搭載してきた上ベルト定着方式の省エネ/長寿命化に向けた技術的な取り組みを始め、上ベルト方式とIH技術を融合させ2007年度に省エネ大賞を受賞したカラー MFP bizhub C650に搭載した定着システムの技術的な内容を紹介する。

2 カラー用定着器の基本構成

初期（1990年代）のカラー MFP用定着器の基本構成例をFig.1に示す。

上下加熱ローラは、芯金表面に耐熱性のシリコンゴム層を数mm設け、互いにバネなどで圧接しニップを形成している。芯金内部にハロゲンヒータを設置し、ローラ内面から熱を伝え、ローラ表面を一定の温度に加熱制御しながらニップ部に未定着画像を通紙し定着する形態を採用していた。

Fig.1の例での主な仕様をTable 1に示す。

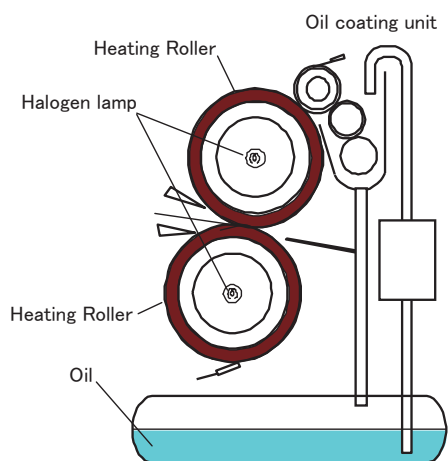


Fig.1 Schematic diagram of roller fuser for color MFP (CF80)

Table 1 Typical specifications of the roller fuser for CF80. fuser for color MFP (CF80)

System rate	168 mm/sec
Printing speed	4 ppm color/16 ppm B/W
Diameter of heating roller	60mm φ
Thickness of rubber layer	2mm
Load	460 N
Nip width	8.5 mm
Power of halogen heater	650 W upper heating roller 400 W lower heating roller
Set temperature	160 °C
Warm-up time	540 sec or less
Lifetime	60K prints

ローラ表面にゴム弾性層を設けるのは、カラー画像の場合、均一な光沢と色再現性が求められるためである。カラーMFPでは、色材となる4種類のトナー（10μm弱の微小な着色樹脂粉末）を重ね合わせて色を再現している。カラー画像はモノクロ画像に比べてトナー量が多いが、ゴム弾性層が用紙やトナーの凹凸に沿ってほぼ均一な圧力を掛けることを担い、均一で滑らかな画像を再現することができる。

また、トナーを用紙に定着させるための熱量をトナーと紙に与えるには、ニップ幅を一定以上確保する必要がある。このような構成で連続プリントを行った場合、熱量はローラ内面に配置された熱源から熱伝導性の悪いシリコンゴムを介して定着ローラ表面に伝わる。熱量は熱源からの供給に対しローラ表面の消費が多くなるため、芯金とシリコンゴム層界面の温度を高く設定する必要が生じる。プリント速度を更に上げる場合は、ローラ径を更に大径にして芯金とシリコンゴム層界面の温度上昇を抑制するか、定着ローラを外部から加熱する等

が考えられる。但し、更に熱容量が増すことになる。

以上より、ローラ定着方式では大型で熱容量が大きく、初期の立ち上げ時間（ゴム表面が所定の温度まで到達するまでの時間=Warm-Up Time：略してWUT）が長くなることや、またゴム層への機械的/熱的ストレスも大きいなど、省エネ化/長寿命化には不利な構成となっている。しかし、初期のカラーMFPの主たる顧客は、デザインや印刷分野のいわゆるカラーのプロであり、省エネ/長寿命以上に高画質を必要とするユーザーであったということから、それら顧客のニーズには応えられていた。

3 定着システムにおける省エネ化技術

カラーMFPがカラーのプロ市場から次第に一般オフィスに導入が始まると、モノクロMFPの場合と同様にプリント速度やプリントコストと共にWUTの短縮化や省エネ化の必要性が高まってきたといえる。ここではまず、省エネ化技術について、その基本的な方向性とコニカミノルタの定着システムの変遷を説明する。

3.1 省エネ化の方向性

定着システムでのエネルギーの使われ方(使用モード)には、大まかに以下のものがある。

- ①初期の立ち上げ
- ②プリント
- ③次のプリントまでの待機
- ④ローパワーでの待機
- ⑤ローパワー後のプリントまでの立ち上げ
- ⑥スリープ

それぞれのモードでの省エネ化の方向は以下のようになる。

①の初期の立ち上げでは、ゴム表面を所定の温度になるまで、熱源にフルパワーを投入している。この立ち上げ時間（WUT）をできるだけ短くすることが、省エネ化の方向である。そのためには、定着システムで昇温する部分の熱容量をできるだけ小さくすることと、放熱を抑制するため昇温部を小さくし断熱性を良くすることが必要である。

②のプリント時では殆どのエネルギーがトナーの溶融と用紙の昇温によって消費されるため、ゴム表面温度を下げる方向となるが、それはほぼトナーの物性で決まることから、定着システムとしては課題としない。

③の次のプリントまでの待機時間は一定ではない。従って、待ち時間に消費される単位時間当たりの消費エネルギーをできるだけ小さくする必要がある。①でWUTを短くできれば、③での設定温度が低く設定でき、消費エネルギーを低く設定できることになる。

④のローパワーでの待機時間は③と同じ方向である

が、③よりさらに投入電力を下げるために、理想的にはゼロにしたいところである。

⑤のローパワー後のプリントまでの立ち上げは①と同じ方向である。

⑥のスリーブでは、定着への電力投入はしない。

以上をまとめると、WUTを短くすること＝昇温部の熱容量を小さくすることと放熱をできるだけ抑制すること、が定着システムの省エネ化のポイントということになる。

3.2 第1～3世代の省エネ化技術

昇温部の熱容量を小さくするという観点から、我々はベルトを用いた定着システムを導入した。Japan Hardcopy '97 Fall Meetingで発表したベルト定着技術は、ローラ定着と比較し、定着ニップ構成に工夫を加え、小径のローラ対にて定着ニップを構成できるという特徴がある。第1世代から第3世代に至るまで常にコンパクト化や高速化に対応している。

- ・第1世代：スポンジローラと加圧ローラで形成され、Color Page Proにて製品化された（1997年）。
- ・第2世代：厚肉化されたスポンジローラと加圧ローラで形成され、bizhub C350など数多くのプリンタやMFPにて製品化された（1999年）。
- ・第3世代：定着パッドと加圧ローラで形成され、コンシューマ向けプリンタであるmagicolor 5400シリーズにて製品化された（2004年）。¹⁾

一例として第2世代の定着システムの概略構造をFig.2に示す。

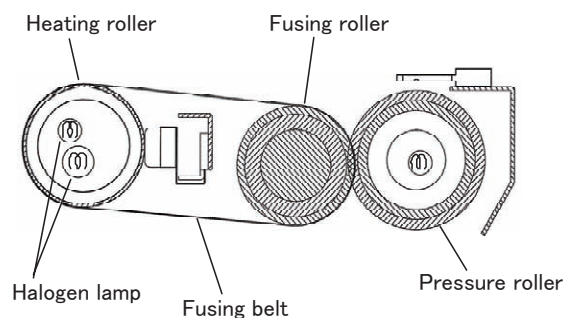


Fig.2 Schematic diagram of belt fuser for color MFP

Fig.2の例での主な仕様をTable 2に示す。

ベルトと定着ローラの断面構造をFig.3に示す。

加熱部とニップ形成部を分割することで、加熱ローラには大きな荷重を掛ける必要は無く、芯金の肉厚を薄くし低熱容量化が図られる。ニップ形成部には断熱性の高いスポンジを使用することで、放熱が抑制できるとともにニップ幅を広くすることができ小型化が可能になる。加圧ローラは駆動軸としているためシリコンゴムを使用しているが、低熱伝導タイプを使用することで、放熱の抑制を図っている。

以上の構成をベースに、低熱容量化を進め、1999年に発売したCF2000ではWUTが300秒以下であったのに対し、2008年のbizhub C360では35秒以下が達成できた。

Table 2 Typical specifications of the 2nd generational belt fuser

System rate	165 mm/sec
Printing speed	35 ppm for color
Composition and diameter of fusing roller	Silicon sponge/30 mm φ
Composition and diameter of heating roller	t1.3 aluminum core/31 mm φ
Composition and diameter of pressure roller	Silicon rubber/35 mm φ
Composition and thickness of belt rubber layer	Silicon rubber/0.2 mm
Belt matrix and thickness	Ni/0.04 mm
Load	433 N
Nip width	9 mm
Power of halogen heater	1,235 W heating roller 700 W pressure roller
Set temperature	205 °C at heating roller
Warm-up time	99 sec or less
Lifetime	300K prints

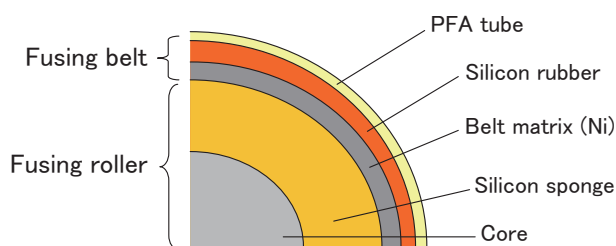


Fig.3 Cross section of the fuser belt

3.3 第4世代の省エネ化技術

更に省エネを図るべく、第2世代の定着システムをベースに、加熱方式としてIH（Induction Heating）を用いた第4世代省エネ技術を開発した。その構成をFig.4に示す。ベルト構成としては、基本的にはFig.3と同様の構成のものを使用している。

Fig.4の例での主な仕様をTable 3に示す。

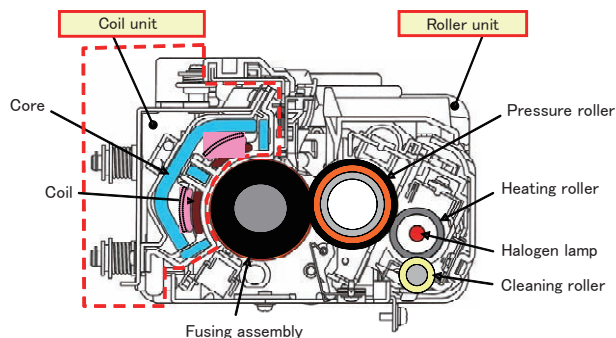


Fig.4 Fusing unit of bizhub C650 series

Table 3 Typical specifications of the 4th generational belt fuser

System rate	310 mm/sec
Printing speed	50 ppm for color
Composition and diameter of fusing roller	Silicon sponge/40 mm φ
Composition and diameter of pressure roller	Silicon rubber/35 mm φ
Composition and thickness of belt rubber layer	Silicon rubber/0.2 mm
Belt matrix and thickness	Ni/0.04 mm
Load	475 N
Nip width	11 mm
Input power	1,400 W at maximum
Composition and diameter of auxiliary heating roller	t2 aluminum/21 mm φ
Set temperature	180 °C
Warm-up time	30 sec or less
Lifetime	600K prints

IHを利用することで、熱源をベルト外部に設置できることから、第2世代で用いていた加熱ローラを廃止することができ、小型/低熱容量化が図られる。Fig.4 の例では、定着ローラ径がφ40mmと大きくなっているが、これは第一世代のシステムより速い速度のMFP用に開発したためであり、速度に応じて小径化することは可能である。Fig.4 の例の場合、WUT30秒以下が達成できているため、3.1で示した③～⑤のモードは不要となり、⑥のスリープに移行可能と認められる。このことがマシン全体の省エネに大きく貢献し、結果として、2007年の経済産業省の省エネ大賞を受賞するに至っている。

4 定着システムにおける長寿命化技術

定着システムは、ニップを形成しトナーに熱と圧力を与えて溶融し、用紙に接着（定着）する機能と、用紙をニップに挟んで搬送する機能を持っている。従って、定着部材には機械的ストレスと熱的ストレスの両方が加わり、寿命に大きな影響を与えている。

4.1 長寿命化のポイント

定着ニップを構成する加圧システムには、スポンジローラと加圧ローラで構成するものと、第3世代で採用した摺動パッドと加圧ローラで構成するものがある。第3世代は、Fig.5 のようなニップ部でベルト材と固定部材（パッド）が摺動する方式により第2世代より小型化が可能であり、更なる省エネ化が達成できている。

長寿命化のポイントとしては、第1に機械的ストレスである。スポンジローラで構成する場合は、ニップ部に加えられる荷重によるゴム材/スポンジ材の変形（応力/歪）と芯金界面に生じる剪断応力が挙げられる。摺動パッドで構成する場合は機械的ストレスに加え、摺動パッド部の摺動性の維持が挙げられる。第3世代は低速領域のオフィス製品に搭載したが、総印字枚数が少ないため、

寿命としての課題は問題とならなかった。但し、総印字枚数が多く長寿命化の要望が強い中高速領域のMFPに対しては大きな課題となる。

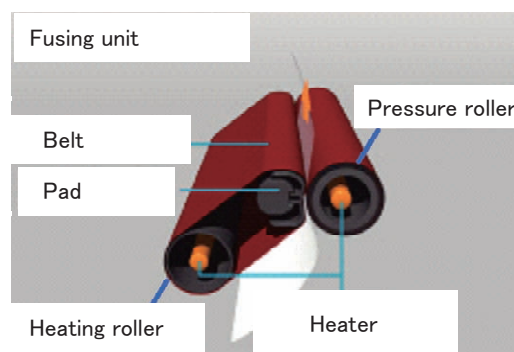


Fig.5 Schematic diagram of pad fuser for basic bizhub models

長寿命化の第2のポイントは、熱的ストレスが挙げられる。Fig.1 のような構成では低熱伝導率のシリコンゴム層が厚いため、芯金とシリコンゴムとの界面温度が高くなることや、Fig.1/ Fig.2/ Fig.4/ Fig.5 のいずれの場合も、定着ローラの長さより小さいサイズの用紙を使った場合に生じる非通紙部温度上昇が挙げられる。

定着システムには、以上のようなストレスが発生するが、選定システムによりストレスの大きさや寿命に影響する度合いも異なる。いずれにしても、ストレスを皆無にすることはできず、基本的には寿命を決定付ける主たるストレスにどう対応するかが課題となるが、どのようなシステムを選定するかも重要なポイントである。

今回紹介しているベルト定着システムでは、0.2mmという従来のローラ定着システムのゴム厚の約1/10と薄いゴム層をベルトに使用していることから、設定温度に対して芯金とシリコンゴム界面の温度上昇を低くできることで、ベルトへの熱的ストレスは大きく緩和されている。また、ニップ部/他での摺動のない構成をとっていることから、その点のストレスは抑制されている。また、加圧ローラ側の弾性体の変形は小さく、定着ローラ側の変形を大きくすることで、用紙分離性を確保する構成をとっているため、加圧ローラの機械的ストレスは比較的抑制されている。従って課題は、断熱効果とニップ幅を広げ小型化を図る目的で使用しているシリコンスポンジ材の耐久性を如何に確保するかがポイントとなる。

4.2 スポンジの長寿命化技術

スポンジには、形態により独立気泡（独泡）と連続気泡（連泡）がある。独泡の場合は泡の周りをゴムが囲み、各泡が独立している形態をしており、連泡は各泡が一部で連なった形態をしている（Fig.6）。何れにしても、通常のスポンジでは泡は不定形で壁の厚みがかなり薄いところが散在している。

定着ローラでは、ニップ部で圧縮を受けそれ以外では開放されるような繰り返し応力/歪が発生するため、独泡のスポンジを用いると、ニップ部周辺では泡の気圧が上がり、ゴム壁が伸ばされることになる。壁の厚みが薄い部分は弱いため特に大きく伸ばされ、これを繰り返すと薄い部分が壊れ（破泡）、その部分を起点に破壊が進み、スポンジの特性が大きく変化してしまう。これに対し連泡スポンジの場合は、ニップ部で気圧が上がってもガスが逃げる形態のため、ストレスが緩和され独泡より有利である。しかしながら、ニップ部近傍の芯金界面に発生する剪断応力に対しては、スポンジ材に応力集中的にストレスが発生し、連泡でも破損に繋がる場合がある。

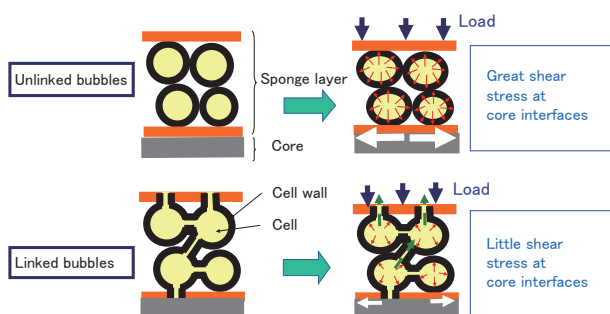


Fig.6 Comparison of sponge structure

第一世代の定着システムでは、芯金とスポンジ層の間に柔らかいシリコーンゴム層を設ける二層構成にすることでスポンジに加わる応力集中を緩和し、結果として50万プリント以上 (bizhub C360では55万プリント) の耐久性を確保するまでに至っている。

第二世代の定着システムでは、高速対応の必要性から小型で幅広いニップが確保できるように、スポンジ層で構成できる新規の高耐久スポンジを投入している。このスポンジは、連泡であること以外に、泡そのものが微小でかつ球形 (約φ0.05mm) で比較的均一に分散された構造になっていることがひとつの大きな特徴である (Fig.7 参照)。

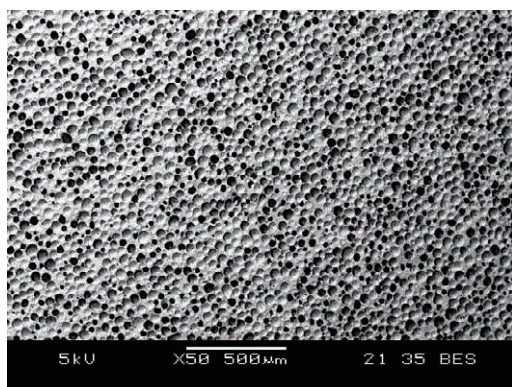


Fig.7 SEM photograph of sponge structure

また、従来のスポンジと比較して反発弾性率が高いことも特徴となっている。これらの特性の結果、機械的ストレスにより応力が集中することが抑制されることと、繰り返し応力歪に対してスポンジ内へのエネルギー吸収が少なく、劣化が抑制されているものと推定される。Fig.8は、耐久時間 (耐久枚数相当も併記) に対するスポンジの反発弾性率の推移を、従来のスポンジと比較したものである。この結果から、100万プリント以上の耐久性を確保していることが判る。これは、現時点では業界トップに位置付けられるレベルである。

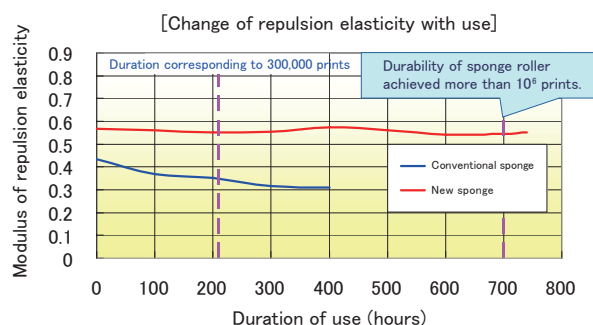


Fig.8 Relationship of repulsion elasticity and durability

5 まとめと今後

省エネ/長寿命を狙い、低熱容量化するためにベルト方式を採用し、IH技術との融合などで更なる低熱容量化により、現時点でトップレベルの30秒を切るWUTを実現している。また、寿命面では、ローラ構成/材料面での改善を図り、現時点で業界トップを堅持している。

こういう改善活動の中で、2007年の経済産業省の省エネ大賞を受賞することができ、省エネ/省資源への貢献が認められたと認識している。

以上の点から、第5世代の定着システムは、現時点で省エネ/長寿命という点で他の定着システムより優れた方式であると考えられる。

今後は、第5世代の定着システムをベースに、更なる省エネ/長寿命化を図るとともにコストダウンを実現し、より多様な条件が要求される機種への搭載を目指したいと考えている。

●参考文献

- 1) 森上祐介, 豊吉直樹, 中根英治, 米田哲, 田中雅樹, 金井伸夫, 大南泰一, magicolor 5400 シリーズエンジンを支える技術. KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol. 3, 15-33 (2006)