

# 次期モノクロライトプロダクションプリンターにおける 省エネルギー定着技術

Energy-Saving Fusing Technology for Next-Generation B/W Light-Production Printer

小野寺 正 泰\*  
Masahiro ONODERA

川 上 創\*  
Hajime KAWAKAMI

高 橋 克 典\*\*  
Katsunori TAKAHASHI

岡 本 晃\*\*  
Akira OKAMOTO

## 要旨

コニカミノルタは、2016年に次期モノクロライトプロダクションプリンターを発売予定である。本製品はプロダクションプリンターに求められる高速性、高信頼性、メディア（紙種）対応力をさらに向上させ、あわせて省エネルギーにも対応した製品となっている。

本製品は省エネルギーに対応するために、定着ローラーの芯金肉厚を、前任機（bizhub PRO 951）に対して1/2以下に削減して低熱容量化することでウォームアップ時の消費電力を引き下げた。さらにプリント中の消費電力は、ハロゲンヒーターを新たに採用した点灯比率可変制御、HCD（Half Cycle Duty）制御によって、ハロゲンヒーター点灯時の突入電流によって生じる電源での発熱を抑制して、消費電力を削減した。同時に温度リップルも小さくなり消費電力削減に寄与した。

芯金肉厚を削減した定着ローラーを採用する上で、定着ローラーの温度変動と均一性、そして強度の確保が課題となった。定着ローラーの温度変動と均一性についてはHCD制御による温度リップルの低減と、ハロゲンヒーターの配熱分布及びHCD制御の制御定数の最適化により解決した。また、強度については、CAE強度解析による形状の最適化により肉厚削減前と同等を確保した。

これらの省エネルギー技術の採用により、高安定性、メディア対応力を維持しつつ、印刷速度は前任機の95ppmから100ppmに向上させながらも、国際エネルギースタープログラムのTEC値を約29%削減した。

## Abstract

Konica Minolta's next-generation B/W light-production printer — debuting in 2016 — will boost productivity, heighten reliability, and improve paper handling. In notable addition, it will also save energy.

This B/W light-production printer conserves energy in three ways. First, even before printing begins, warm-up power consumption is reduced by a low-thermal-mass fusing roller achieved by the roller's thinner core metal, just half the thickness of its predecessor. Second, power consumption during printing is reduced through the HCD (half cycle duty) control of the lighting ratio (duty), which moderates the heat generated by electrical current surges when the halogen heater switches on. Third, the printer's temperature ripple has been lowered, thanks again to HCD control.

Designing this printer meant satisfying three factors: fusing roller temperature variance, fusing roller temperature uniformity along the roller's axis, and fusing roller strength. Fusing roller temperature variance and temperature uniformity were satisfied by a new HCD control that lowers the printer's temperature ripple and by the optimization of both the halogen heater's heat distribution and the HCD control's controlling constant. Fusing roller strength was satisfied by optimizing the roller's configuration via CAE strength analysis, which obtained a new fusing roller fully as strong as its predecessor, despite being only half its thickness.

Successfully addressing temperature variance, temperature uniformity, and strength lowered the International Energy Star Program's TEC value of this B/W light-production printer by approximately 29% and increased productivity from 95 ppm to 100 ppm over its predecessor.

\*開発本部 PP製品開発センター PP-FUM開発部

\*\*開発本部 PPシステム制御開発センター PPエンジン制御開発部

## 1 はじめに

近年、環境問題、特に省エネルギーへの関心はますます高くなっている。オフィス機器の省エネルギーに関する国際的な制度として、「国際エネルギースタートプログラム」(以下、エナジースターと表記)があり、その中でMFP(複合機)、プリンターの消費電力を示す指標としてTEC(Typical Electricity Consumption)値が定められている。近年の省エネルギーへの関心の高さから、MFP、プリンターの導入時に、その製品のTEC値が、エナジースターの基準値へ適合していることが導入条件になっている場合が数多くある。特に政府系機関や官公庁においては、基準値への適合が必須条件となっている。

そのような動向下において、我々は、前任機(bizhub PRO 951)を母体機として、更なる高速性(印刷速度を95ppmから100ppmに向上)、高信頼性、メディア(紙種)対応力の向上と、省エネルギーへの対応を目指して次期モノクロライトプロダクションプリンターを開発した。省エネルギーに対応するためには、前任機の総消費電力のうち、約70%を占める定着器の消費電力を削減する必要があり、本稿では、本製品に搭載した定着器の省エネルギー技術について紹介する。

## 2 省エネルギー化の方針

機械の標準的な使用状態は、ウォームアップ時→プリント時→スタンバイ時→ローパワー(スリープ)時の一連のプリント動作が繰り返される。TEC値はこの標準的な使用状態を一週間繰り返した時の総消費電力を示すものとなっている。Fig. 1に機械の使用状態と消費電力との関係を示す。このように機械の消費電力は、ウォームアップ時及びプリント時に大きいことがわかる。

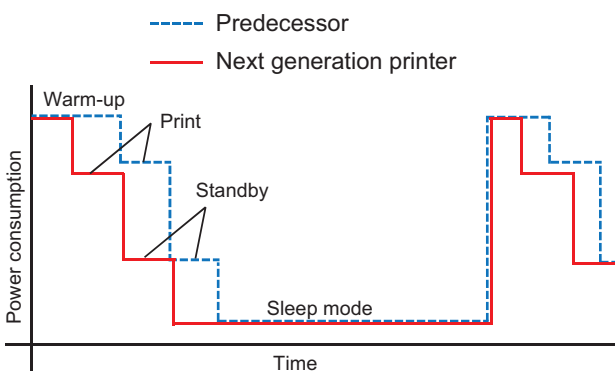


Fig. 1 Shorter warm-up and lower power consumption during printing.

定着器の消費電力を削減する方法としては、熱容量の削減、ヒーターの電気エネルギーから熱エネルギーへの変換効率の向上、放熱量の削減が考えられる。本製品では、熱容量の削減によるウォームアップ時間の短縮と、プリント中のヒーターの電気エネルギーから熱エネルギーへの変換効率の向上により、消費電力の削減を図った。

## 3 定着での省エネルギー化技術

### 3.1 定着器の概要

本製品の定着器の断面図をFig. 2に示す。本定着器は、高生産性、高信頼性、メディア対応力、低コストの観点から、ローラー定着システムを採用している。定着ローラーを加熱するために、メインヒーター、サブヒーターの2本のハロゲンヒーターを定着ローラー内部に配置している。2本のヒーターの電力配分は、使用頻度の高い紙種、紙坪量時にはメインヒーターのみで必要な温度を維持できるように設定した。また、加圧ローラー表面を効率的に加熱するために、加圧ローラーに外部加熱ローラーを当接している。

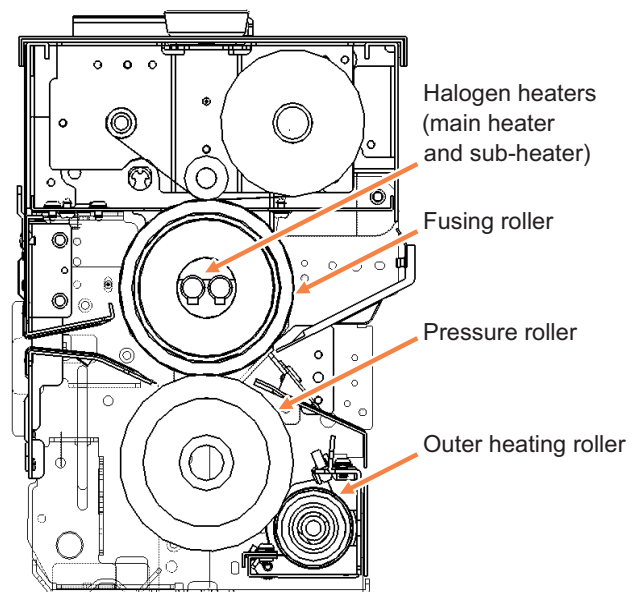


Fig. 2 Fusing unit.

### 3.2 採用した省エネルギー化技術

前述したように、本製品は、消費電力を削減するために、熱容量の削減と、プリント中のヒーターのエネルギー変換効率の向上を図った。

熱容量の削減については、ウォームアップ時間短縮に最も効果の大きい定着ローラーの芯金肉厚を前任機に対して1/2以下に削減した。また、プリント中のヒーターのエネルギー変換効率の向上については、点灯比率(Duty)を可変制御するHCD(Half Cycle Duty)制御を導入することで、ヒーター点灯時の突入電流によって生じる電源での発熱を抑制することで実現した。同時にHCD制御で温度リップルも小さくすることができ、消費電力削減に寄与した。

Fig. 1には、前任機(bizhub PRO 951)と本製品の消費電力の推移を示した。本製品は、定着ローラーの熱容量削減によるウォームアップ時間の短縮とHCD制御によるプリント中のハロゲンヒーターのエネルギー変換効率の向上や、温度リップルの低減により、消費電力が効果的に削減できていることがわかる。

しかしながら、定着ローラーの熱容量を削減するためには、定着ローラーの温度変動と軸方向の均一性、そしてローラーの強度確保が課題となり、克服しなければならなかった。この課題に対して採用した技術について説明する。

### 3.3 定着ローラー温度変動の抑制

定着ローラー芯金肉厚の削減により熱容量を小さくすると、前任機にて実施していた2本のハロゲンヒーターのON/OFFによる制御では、定着ローラー温度変動の拡大やプリント開始時の温度低下量の拡大への対応が必要となる。この温度変動の課題に対しては、ハロゲンヒーターへ供給するAC電流を半波単位でONとOFFを切り替えながらハロゲンヒーター点灯比率を変えるHCD制御技術を採用し改善を行った。また、プリント開始時の温度低下量の拡大に対しては、プリント開始時とその後の安定時でHCD制御の制御定数を最適化することで対応した。

#### 3.3.1 フリッカー規制

プリンターのハロゲンヒーターをON/OFFすると、AC電源ラインの電流が大きく変化するため、屋内の配線のインピーダンスの影響で屋内照明への供給電圧が変動し、照明がちらつく現象が発生する。この現象への規制として、欧州のEMC基準のフリッカー値が制定されている。この規制により、AC電流変動をもとに算出されるフリッカー値をクリアすることが製品に求められている。

#### 3.3.2 通電パターンの決定

HCD制御を行う上で、所定Dutyの出力を行う際の半波単位のON/OFF通電パターンは数多くの組合せの中から選ぶことができる。その際、パターンの選び方によっては、装置としてのフリッカー値が悪化してしまう。そこで、所定のDutyにおいて、通電パターンごとに実験で求めたフリッカー値がもっともよいパターンをそのDutyの通電パターンとして決定した。

Fig. 3に、5波ON、2波OFFのDuty 71%の例を示す。

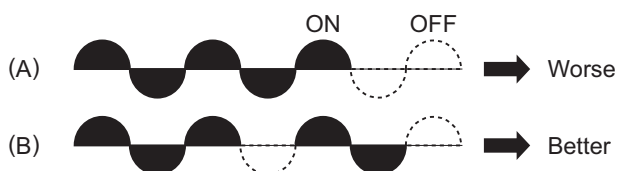


Fig. 3 Half-cycle patterns of AC current with a 71% duty cycle. Pattern (A) shows a higher flicker value, while pattern (B) shows a lower flicker value.

パターン (A) の場合より、OFFの半波をずらしたパターン (B) のほうがフリッカー値がよいため、パターン (B) をDuty 71%における通電パターンとして選定した。同様にDuty 0~100%の中で、8段階程度のDutyを設定し、最適な通電パターンを選択した。

#### 3.3.3 定着ローラー温度制御

プロダクションプリンター機では、薄紙から厚紙など幅広い紙種に対して、定着ローラーを目標温度に安定させる必要がある。今回、ヒーターへの点灯比率を決定するために、定着ローラー温度のフィードバック系にPI制御を採用した。制御のブロック図をFig. 4に示す。

PI制御では、所定時間ごとに定着ローラーの目標温度に対して、実温度との誤差を求め、PI演算をおこなって、Dutyを決定する。このDutyに基づいて、HCD制御パターンを決定し、ヒーターへのAC通電を行うことを繰り返し、紙種などの外乱要因に対しても定着ローラーの温度安定性向上を行った。

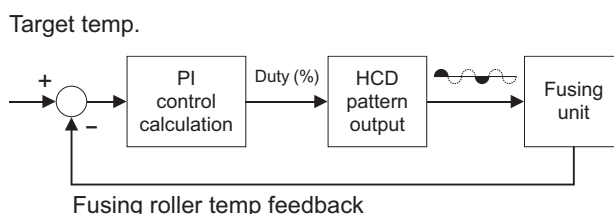


Fig. 4 Temperature feedback PI control.

#### 3.3.4 HCD制御による温度リップル

Fig. 5に、今回採用した芯金肉厚を削減した定着ローラーにおける温度制御結果を示す。

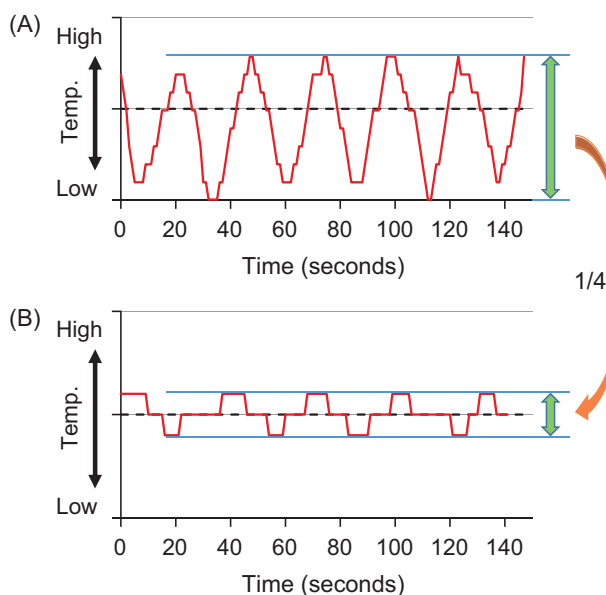


Fig. 5 Previous temperature control (A) and our new HCD control (B).

従来制御では、ローラーの芯金肉厚削減に伴う熱容量減少により温度リップルが大きく悪化した。今回のHCD制御技術の採用により、温度リップルは1/4以下と大幅に改善し、前任機を超える温度安定性を確保することができた。

また、前記のとおり、フリッカー値の悪化しにくい通電パターンを選定することにより、欧州フリッカー規制もクリアすることができた。

### 3.4 定着ローラー軸方向の温度均一化

定着ローラー軸方向の温度均一化に対しては、機械の動作状態（ウォームアップ時、プリント時、スタンバイ時）、使用される紙サイズ（はがきサイズから、A3以上の大サイズまで）、紙種（上質紙やラフ紙など）、紙坪量、使用環境等の外乱を考慮して、ハロゲンヒーターの軸方向の配熱分布に加え、HCD制御の制御定数、及び外部加熱ローラーの温度制御を併せて最適化した。Fig. 6にウォームアップ時の定着ローラーの温度分布を示す。最適化により定着ローラー端部の温度低下が1/5に抑制され、温度均一性が大幅に向上した。

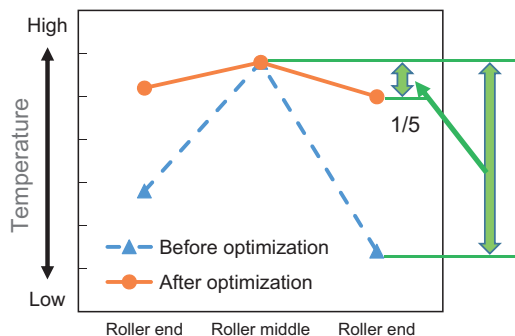


Fig. 6 Temperature uniformity along the axis of the fusing roller during warm-up.

### 3.5 定着ローラーの強度確保

定着ローラーの強度を確保するために、CAE強度解析を行って応力集中箇所を特定し、その部分の肉厚とR形状の最適化を行った。Fig. 7に前任機(bizhub PRO 951)と、芯金肉厚削減時と、最適化を行った本製品の応力集中箇所の許容応力に対する安全率を示す。

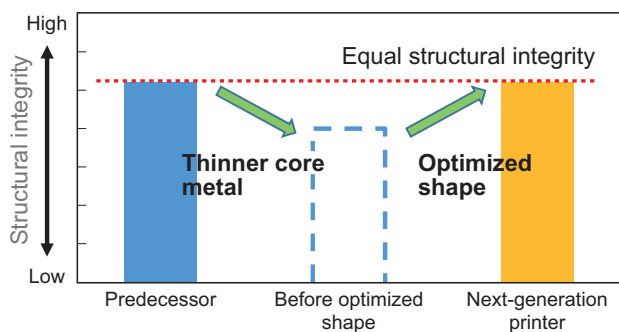


Fig. 7 Structural integrity of the fusing roller.

芯金肉厚の削減で安全率は低下したが、肉厚とR形状を最適化することにより前任機と同等の安全率を確保した。

## 4 まとめ

本製品と前任機 (bizhub PRO 951) のTEC値をFig. 8に示す。本製品は、高速化により前任機から予測されるTEC値レベルに対して、約36%低減している。また、前任機との比較においても約29%の削減を実現した。

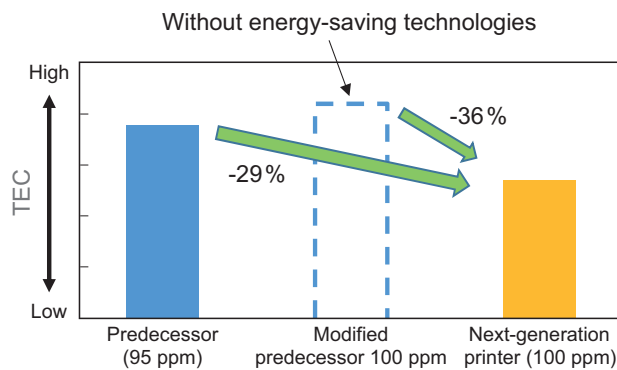


Fig. 8 Simultaneous decrease of TEC values and increase in productivity.

プロダクションプリンターには、高生産性、高信頼性、メディア対応力だけでなく、近年の環境問題への関心の高さから省エネルギーへの対応も求められている。我々はそのような要求に応えるために本製品を開発し、生産性を95ppmから100ppmに向上させながらも、消費電力の大幅な削減を実現した。

今後も、我々はプロダクション市場で求められる様々な高い要求を満足する製品を開発し、提供していきたい。