サーマジェット™ キャリパーコントロールシステム —高性能 CD キャリパーアクチュエーターの改革—

インパクト システムズ アジア株式会社 内 河 英 臣

THERMA-JET™ Caliper Control System —Evolution and Design—

Hideomi Uchikawa
IMPACT SYSTEMS ASIA LTD.

The Therma-Jet Cross Direction Caliper Control System was designed and developed by Impact Systems Inc. to overcome the limitations of conventional CD Caliper Control Systems and achieve high performance CD Caliper Control on paper and board machines. This goal has been reached. The Therma-Jet is now installed on more than 200 paper and board machines worldwide, continuously provides up to 80% reductions in CD Caliper variations.

Impact Systems Inc. has already received at U. S. Patent for Therma-Jet, and in Japan a patent was issued in 1992. Over the years, Therma-Jet has also undergone numerous design improvements allowing for an even broader range of applications. For example, the Actuators feature multiple jet nozzles and higher powered heater coil, which produces higher temperature differentials and efficiencies. This has resulted in the successful implementation of Therma-Jet Systems on both hot roll and soft roll calenders, where roll temperatures are high and very accurate roll surface temperature control is vital. Typical results on fine paper and newsprint are shown in figures 7 and 8.

1. はじめに

各種の製紙工程において、カレンダーリングは出荷直前の最終工程であり、品質が左右されるところである。

しかしながら、その重要性にも拘らず 70 年代、80 年代を通じてキャリパーコントロールは坪量並びに水分制御に比べて大幅な遅れをとった。

その原因の一端はカレンダー制御の複雑さにあったが、それ以上に CD キャリパー・アクチュエーターの性能面に問題があった。

写真 1

サーマジェット(写真 1 及び図 1)の CD キャリパーコントロールシステムは、そうした欠点を打破するために設計され、各種の製紙機械の不可欠なパートナーとしての位置を確立した。

図 1 サーマジェット フレーム デザイン

図 2 熱伝達要素の最大化

今やサーマジェットは世界中の製紙機械の 200 台以上に設置されており、CD キャリパーの変動値を大幅に減少することに成功し続けている。

サーマジェットは製紙業界においてもっとも利用されているアクチュエーターの一つである。インパクトシステムズ社は米国において、サーマジェットの特許を獲得した。また、1992 年には日本でも受理されている。この特許をもとに 400 台以上がライセンス生産されている。

今日、多くの製紙会社でサーマジェットまたは同種のライセンス生産されたアクチュエーターによって品質の向上に寄与している。

2. 背景

サーマジェットシステムが出現する以前は、キャリパーはヘッドボックスの坪量を調整したり、熱風／冷風単穴ノズル方式によったり、多くの要因を補うためにクラウンやニップへの負荷を変化させるといったやり方で制御されてきた。これらの方法のすべては粗末で、ありきたりの効果しかもたらすことができなかった。

従来の単穴エアノズル方式はいくつかの欠点を持っており、最も大きな欠点はカレンダーロールに高い熱エネルギー（熱伝達率）を与えられないことである。

熱伝達率は次の数式により表される。

$$Q = h \times A \times \Delta T$$

Q : 熱伝達率 (Btu/hr)

h : 熱伝達係数 (Btu/ft²/°F)

A : 熱伝達面積 (ft²)

ΔT : 噴射された空気とロール表面の温度差 (°F)

但し、1 Btu = 0.252 kcal

明らかに、この数式の右辺の 3 つのパラメーターは総熱量伝達率を増加することに等しく寄与している。

図 3 熱伝達面積“A”の最大化

従来の単穴エアノズル方式においては、ノズル出口直下の淀み点の周囲では h の値は高くはなるが、A の値は小さく一定していない（図 3 参照）。結果として、h と A による相乗効果は比較的少ない。実用面において、単穴エアノズル方式は噴射された空気とカレンダーの境界層の間に大きな温度差を生んでいない。これらのことを総合的に判断すると、制御範囲と応答性に限界があることがわかる。

3. サーマジェットの導入

サーマジェットのシステムは一方で熱風／冷風噴射の概念に基づきながらも、熱伝達式のすべての要素を最大にするよう設計され、効果的な CD キャリパーコントロールの為に、熱気とカレンダーロール間に幅広い温度差をもたらした。

更に冷却設備は一切不要であり、通常の室内温度のエアを供給するだけであるが、効果はユーザーの期待にこたえることができた。唯一、アクチュエーターの低圧力容器（フレーム）内に設置されているヒーターによる熱だけでよい。

サーマジェットシステムにおいて、熱伝達面積 (A) はフェイスプレートを

- ① カレンダーロールにより近く接近させ、
- ② カレンダーロールのより広い面積をカバーし、
- ③ 単穴のエアノズルよりも多量の高速度の空気噴射（多孔エアージェット）を可能にする

よう設計することにより、最大化された（図 2、3 参照）。

この設計は同様に他の多くの優位性を生んだ。

低圧力容器（フレーム）がロールに近接することにより、高速度の多孔エアージェットが形成され、アクチュエーターが簡素化された。

また、ノズル出口がロールに近接することにより、熱伝達がより効果的になり、空気の噴射速度を落とし、空気の使用量も削減される。

すべてのこうした要因によって、サーマジェットは熱気とカレンダー境界の間の高い温度差でもって、広

図 4 コントロール ゾーン分解能

図 5 コントロール ゾーン分解能

範囲にわたる効果的な熱伝達が得られるようになった。

もう1つのサーマジェットの設計革新は、熱源を低圧容器内に設け、熱損を最少にしたことである。

76 mm 幅毎のコントロールゾーンのため、ゾーン毎に3重の隔壁を設け熱効率を改良した。過去において、このコントロールゾーンは大容量のプロワー、大がかりなダクト設備、そして水冷装置を必要とするといった問題に悩まされてきた。

多孔のエアージェットと、より近接した低圧容器を採用したことによるもう1つの優位点は、ロール表面温度のプロファイルが単穴ノズル方式(図4,5参照)よりも、より明らかに改良されることである。

熱エネルギーは回転するロールの軸方向と円周方向に伝達され、各々の制御ゾーンの中心において、ロールの径を大きく変化させることができ、ロール表面のプロファイル温度を段階的に好ましいものにすることができた。

サーマジェットはロールを熱すると同時に冷やすこともでき、誘導コイル方式よりも優れた利点を持っている(図6)。冷却装置は不必要であり、室温の空気だけでよいが、冷却効果は効率的な熱伝達によって少なからぬものがある。

高信頼性もサーマジェットのもう1つの優位点である。実質的に機械的な稼働部分はなく、熱源であるヒーターは完全にモールドされており、ヒーターが直接空

図 6 ロール冷却速度

気に触れたりしないので安全でかつ長寿命である。

サーマジェットキャリパーコントロールシステムはコントロールゾーン当り最大2.5 kW, 3.5 kW, 5.3 kWの3種類の熱源を持っているが、それぞれアプリケーションに応じて使い分けている。新聞用紙、上質紙等に使用された2.5 kWシステムの定常的な平均出力はわずか12~16%である。ロール自身が持つ特性に対応して、常時ロール全体に一律20%の出力をベースロードとして掛けているところもある。近年ではスタートアップ時のバラツキを早く収束させるためやロール径を大きく変化させるために、特に大口径のロールやソフトロールに適応させる場合、高い ΔT を必要とされるため、この要求が強く出されるようになっている。

正確なロール表面温度プロファイルを得るために、アクチュエーターに大きな加熱源を用意するだけでは不十分である。ロールに加えられた熱は必ず両隣に逃げて、不要な部分に熱を加えることになる。しかし、サーマジェットの場合、冷エアージェットにより逃げた部分の熱を取り去る事ができる。従ってコントロールゾーンの分割を明確にすることができる。

4. 結 論

サーマジェット キャリパー コントロール システムは加熱および冷却の両面から広い制御範囲と急速応答性を備えている。さらに、コントロールゾーンを明確化できるので正確なCDコントロールが達成できる。

主要機器は低圧容器(フレーム)、パワーユニット

図 7 上質紙に適応した結果例

図 8 新聞用紙に適応した結果例

写真 2

(写真2), 送風機だけでシステムを構成している。パワーユニットはCPUを内蔵し、各ゾーン毎の無接点リレーを制御する。CPUを含めてわずか4枚のプリント基板によって通信プログラムを含むすべての機能を持っている。極めて簡素化された信頼性の高いシステムである。

国内でも板紙、新聞用紙、上質紙、中質紙向に現在33台が稼働中であり、その生産性及び品質向上に寄与している。また最近では省力化の目的で導入される事も多い。

いずれにしても製紙工場は以前にも増して高性能のCDキャリパーコントロールシステムの必要が生じることになろう。サーマジェットはいつの時代にもユーザーの要求に適応できるよう一層の技術革新を重ねて行くことになるだろう。