
加水による多数枚針なし綴じ技術の開発

Development of Multi-Page Binding Technology Through Water Addition

杉山 恵介* 佐々木 圭* 瀬戸 一貴*
Keisuke SUGIYAMA Kei SASAKI Kazuki SETO

要 旨

複合機（マルチファンクションプリンタ：MFP）の後処理装置（フィニッシャ）の主要機能である用紙を束ねる「綴じ処理」において、環境や安全性への配慮から金属針を使わない「針なし綴じ処理」が市場に展開されている。綴じ可能枚数においては、5枚綴じから製品化が始まり、近年の技術向上により10枚綴じが製品化されていた。さらなる枚数向上が求められているが、従来の技術開発の延長では少数枚綴じと10枚を超える多数枚綴じを両立させることは困難であった。そこで、用紙の綴じ部に水を付与する「加水」技術を開発し、針なし綴じ処理での綴じ可能枚数20枚を実現した。2025年5月に本技術を搭載した「針なし綴じユニット タイプS16」として世界初となる20枚針なし綴じユニットの商品化を実現した。

ABSTRACT

The stapleless binding process, which uses no metal staples, is a key post-processing function of a multifunction printer (MFP) finisher. This process has been introduced to the market in response to environmental and safety considerations. Initially, the binding capacity was limited to five sheets; however, recent technological advancements have enabled the commercialization of 10-sheet binding. Although further increases in binding capacity have been pursued, extending conventional technologies has made it difficult to achieve both reliable binding of a small number of sheets and high-volume binding exceeding 10 sheets. Therefore, we developed a “water addition” method that applies water to the binding area of the paper, enabling stapleless binding of up to 20 sheets. In May 2025, we commercialized the world's first 20-sheet stapleless binding unit, **the Stapleless Binding Unit Type S16**.

* エトリア株式会社 エンジン開発本部
Engine Development Division, Etria Co., Ltd.

本稿は、2025年度第3回ISJ技術研究会（通算第165回）での発表を基に作成した。

1. 背景と目的

1-1 市場での使われ方

近年、環境や安全性の観点から針なし綴じの市場ニーズが高まっている。針なし綴じは、金属針を使用せずに用紙束を綴じるもので、省資源であり、出力用紙のリサイクル性の向上に寄与する。また、保育・介護現場における針による怪我防止や、食品工場等での金属針混入防止に貢献している。さらに、針なし綴じは消耗品が不要であるため、従来の針綴じにおける消耗品の針カートリッジを在庫管理するコストや交換の手間を省けることでユーザの利便性を向上している。

MFPにおける綴じ処理としては、従来から針綴じが用いられている。オフィス機器としては最大50～100枚綴じのフィニッシャが提供されており、実際の使われ方としては20枚以下の綴じ処理のニーズが高い。

オフィス機器の高速層システムにおける市場での綴じ枚数比率を調査した結果をFig. 1に示す。高速層システムでは、中低速層システムと比較して多数枚の綴じ枚数比率が大きくなるが、それでも20枚以下で多くの綴じ処理をカバーできる。地域ごとに違いはあるが、全綴じ処理に対して10枚以下の綴じ処理が約60～75%、20枚以下の綴じ処理が約80～90%を占めている。

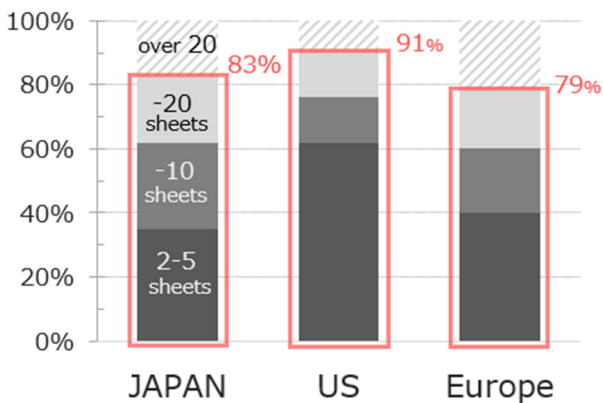


Fig. 1 Percentage of binding number of sheets.

1-2 針なし綴じの綴じ可能枚数の変遷

MFPフィニッシャの針なし綴じは2013年に胴内型フィニッシャとしてリコーが世界で初めて商品化し、コンソール型フィニッシャへの展開、針綴じと針なし綴じの併設搭載、2ヶ所綴じ対応など進化させてきている。

近年は新たな競合他社の参入を含めて、綴じ可能枚数での競争が起きている。Fig. 2にMFPフィニッシャの針なし綴じ可能枚数を時系列で示す。2024年までに各社が10枚綴じを実現して、市場ニーズに応え、針なし綴じの活用が広がっている。

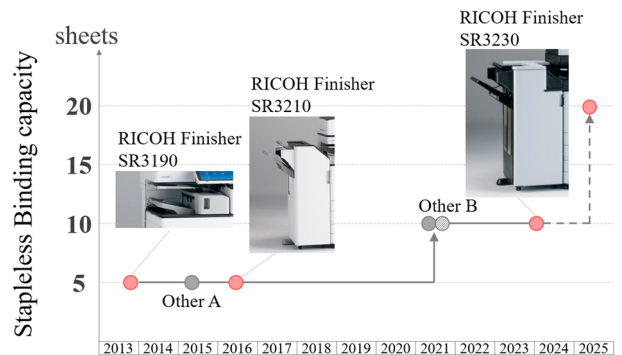


Fig. 2 The evolution of binding capacity.

我々は、綴じ処理の約80%の使われ方をカバーすることを目的として、針なし綴じの綴じ可能枚数について従来の10枚の2倍となる20枚を目標に掲げて開発に取り組んだ。

2. 針なし綴じ技術

2-1 圧着方式

針なし綴じの方式には、文具のコクヨ製“ハリナックスハンディ”で知られる「折り込み」方式や、桜井製“ニューエスカルゴ”で知られる「テープ留め」方式などがあるが、MFPフィニッシャにおいては自他社共に「圧着」方式を採用しており、スタンダードとなっている¹⁻²⁾。

「圧着」方式とは、一对の凹凸形状の歯で用紙束を挟み、加圧して綴じる方式である。他の方式に比べて、「圧着」方式は出来上がった冊子のめくりやすさや冊子の積載性が優れており、MFPフィニッシャの針なし綴じの方式として適している³⁾。

圧着方式の動作・原理についてFig. 3で説明する。

- (a) 一对の凹凸形状の歯の間に用紙束を配置する。
- (b) 一对の歯で用紙束を挟む。
- (c) 所定の圧力を加える。
- (d) 歯を開いて除荷する。

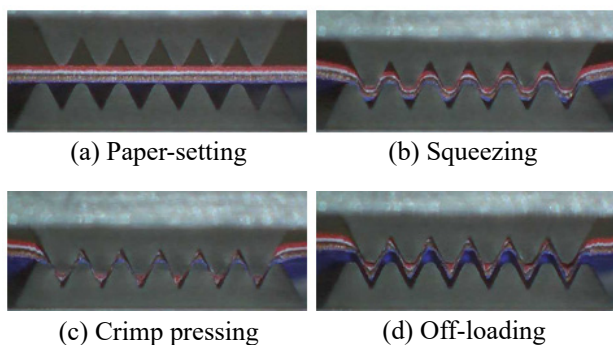


Fig. 3 Process of binding.

この一連の動作により、用紙にはFig. 4のような凹凸形状が転写され、用紙束が綴じられる。

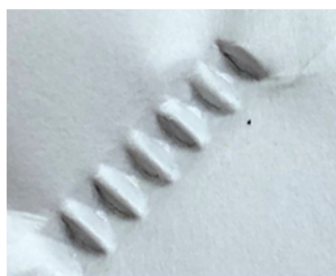


Fig. 4 The expansion audit observation of a press-fit part.

2-2 圧着方式での10枚綴じの実現

2013年にMFPフィニッシャの針なし綴じを商品化して以来、自社でも綴じ枚数の向上に取り組んできている。綴じ枚数の向上には2点のポイントがある。1点目は「歯型」の工夫であり、歯の山谷の傾斜角度や頂点部のR形状などをパラメータとして、最適形状を探索してきた。2点目は、歯を押し付け

る力（以下、加圧力）である。2000Nを超える大きな加圧力を掛けるために、加圧力を受け止める構造体の剛性や、歯の位置合わせを工夫してきた。

上記取り組みにより10枚針なし綴じを実現し、商品化してきている。

2-3 圧着方式での綴じ可能枚数の課題

さらなる市場ニーズに応えるために、10枚を超える綴じ可能枚数の検討に着手した。最も大きな課題は、2枚綴じからの少数枚綴じと多数枚綴じを両立させることである。「圧着」方式においては、特に凹凸歯の歯丈（山形状の高さ・谷形状の深さ）について、2枚綴じであれば2枚綴じ向けの最適な歯丈、20枚綴じであれば20枚綴じ向けの最適な歯丈がある。

MFPフィニッシャにおいては、異なる歯丈の凹凸歯を複数備えて、綴じ枚数ごとに歯丈を変更するのはコスト・機械サイズの観点で現実的ではない。

よって、単一の歯丈で少数枚綴じと多数枚綴じを両立させる必要がある。少数枚綴じに適した歯丈で多数枚綴じを実施すると、用紙束の中央部（例えば10枚綴じ束の5枚目）において転写される凹凸形状が浅すぎて、十分な綴じ力を得ることができない。一方で、多数枚綴じに適した歯丈の場合には、少数枚綴じにおいて綴じ力が不安定になる現象が発生する。

単一の歯丈で少数枚綴じと多数枚綴じを両立させるためには上記のバランスを成立させる必要があり、例えば現状の最大綴じ可能枚数10枚を2割向上させて12枚を目標とするのであれば、その両立解を見つけ得るかもしれないが、最大綴じ可能枚数10枚を2倍に向上させて20枚を目標とするときには、歯丈を含む歯型と加圧力の工夫という従来の技術改良の延長では、目標達成が極めて困難であった。

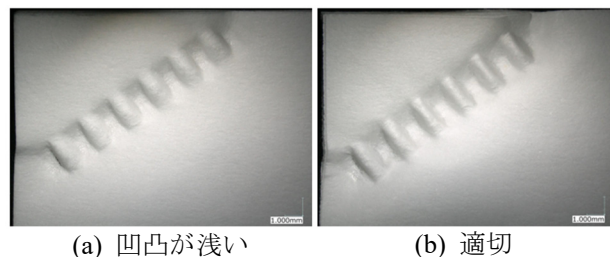


Fig. 5 Transfer depth and binding marks.

3. 加水技術

3-1 加水技術の着想

3-1-1 用紙と紙の相性

我々は従来の「圧着」方式を活かしつつ、非連続な技術革新として、用紙の綴じ部に水を付与する「加水+圧着」技術の開発に取り組んだ。

用紙の製造過程（製紙方法）において水で漉く工程があることから、元来紙と水の相性が良いことは分かっていた。従来の「圧着」方式の針なし綴じにおいても、低湿環境で綴じ力が出にくいことが分かっており、綴じ処理前に用紙を加湿することで、歯が食い込みやすくなり、また、圧着部の水素結合が強固になるため、綴じ力が向上することに知見があった。

3-1-2 「加水」技術の過去の研究

「圧着」方式と「加水」技術の掛け合わせは古くから着目されており、特許文献においては少なくとも30年以上前から考案されていた⁴⁾。

自社においても、過去にも「加水+圧着」方式の針なし綴じ技術の開発⁵⁾を試みたが、加水装置の小型・低コスト化や付与水分量の安定化に課題があり、商品化には至っていなかった。

MFPフィニッシャはもとより、文具や製本専用機を含めた針なし綴じ処理装置では、「加水」技術の商品化は達成されていない。

3-2 加水方式

3-2-1 加水方式の種類

「加水」技術を「圧着」に掛け合わせた「加水+圧着」方式の針なし綴じ技術の検討を進める中で、我々はMFPフィニッシャに搭載可能な小型・低コストの観点と塗布処理時間の観点から大きく2つの方式に絞り込んで検討した。

1つ目はインクジェットプリンタに代表される、用紙に水分を噴射（噴霧）する噴射加水方式で、2

つ目は含水したヘッドを用紙に直接的に接触させて水分を塗布する塗布加水方式である。

噴射加水方式は、用紙に非接触で加水できる利点があり、我々はインクジェット方式の印刷機器としてのノウハウも持ち合わせている利点がある。ただし、インクジェットとは扱う液体の粘度が大きく異なることや水の含有物が課題となり、MFPフィニッシャのシステムでは小型・低コストに適さない。

他方の塗布加水方式は、小分類として刷毛塗り方式、含水したローラを接触回転させる塗布ローラ方式、含水したスポンジ状ヘッドを押し当てるスタンプ加水方式が挙げられる。刷毛塗り方式や塗布ローラ方式は、塗布機構の用紙への接離動作に加えて接触状態での走行動作も必要になることから、塗布処理時間の観点で我々はスタンプ加水方式を採用した。

3-2-2 スタンプ加水方式

我々が開発したスタンプ加水方式には、発泡ウレタン系スポンジを用いている。スタンプ加水方式では、ヘッドスポンジに貯水タンクからの水の吸い上げ機能と、用紙への塗布機能が必要である。スポンジはメーカーからサンプルを取り寄せ、毛細管現象による高い吸い上げ力と、水の保持力に優れる品種を選択している。

スポンジヘッドが用紙に接触・離間を行うスタンプ動作を行い、用紙に「加水」する（Fig. 6）。

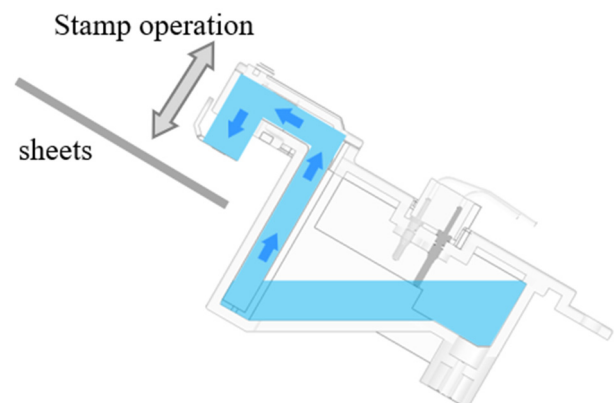


Fig. 6 Method of Stamp water addition.

3-2-3 加水動作

「加水+圧着」方式の動作を「圧着」方式と比較しながら説明する。

Fig. 7は「圧着」方式についての用紙の積載から圧着までの動作の模式図である。「圧着」方式では用紙を積載・整合し、用紙束を加圧圧着する。

1. 綴じ処理トレイで用紙を受け入れる。
2. 複数枚の用紙を積み重ねて整合する。
3. 一对の凹凸歯で用紙束をまとめて加圧圧着する (Fig. 3)。

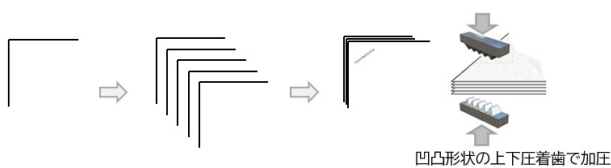


Fig. 7 Process of Loading and Binding.

続いて、Fig. 8が「加水+圧着」方式についての用紙の積載から圧着までの動作の模式図である。

「加水+圧着」方式では、積載していく用紙の1枚1枚にスタンプ動作で加水して、用紙を積載・整合した後に、用紙束を加圧圧着する。

1. 綴じ処理トレイで用紙を受け入れて、スタンプ方式で加水する。
2. 順次用紙の1枚ずつにスタンプ動作で加水して、積み重ねて整合する。
3. 一对の凹凸歯で用紙束をまとめて加圧圧着する (Fig. 3)。

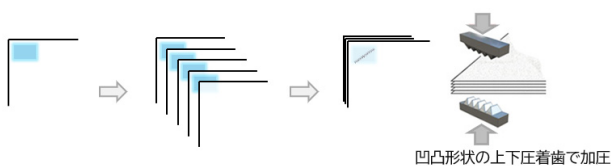


Fig. 8 Process of Loading, water addition and Binding.

なお、従来の研究では綴じる用紙束を積載した後に、用紙束ごとまとめて加水する方法も提案されているが、1枚1枚の用紙に安定的に加水することが肝

要なので、我々は1枚ずつ加水する方式を採用している。

3-3 加水量と綴じ力

綴じ枚数の向上には適度な付与水分量が重要であり、さらに付与水分量を安定化することが重要である。

Table 1の条件で「加水+圧着」方式の針なし綴じを実施したときの付与水分量と綴じ力の関係をFig. 9に示す。

綴じ力とは、綴じられた用紙束を引き剥がすように引っ張ったときの破断に要する力であり、針なし綴じ文具の実力値調査およびユーザのモニタ調査から目標値を「2N以上」と定めている³⁾。

Fig. 9から、「加水+圧着」方式による針なし綴じにおいて、綴じ力目標値2Nに対して、付与水分量が不足する領域では綴じ力を満足せず、また付与水分量が多過ぎる領域でも綴じ力が低下することが分かる。

付与水分量が少な過ぎれば、加水の効果が得られず、凹凸歯を用紙束に十分に食い込ませることができないため用紙束が解けてしまう。他方で、付与水分量が多過ぎれば、綴じ部位の用紙繊維がほぐれて破れやすくなるため、これも綴じ枚数の向上ができない。

Table 1 Experimental conditions.

項目	条件
紙種	リコーマイペーパー 67g/m ²
雰囲気温湿度	23℃50%
綴じ枚数	2枚, 10枚, 20枚綴じ
加圧力	2400N

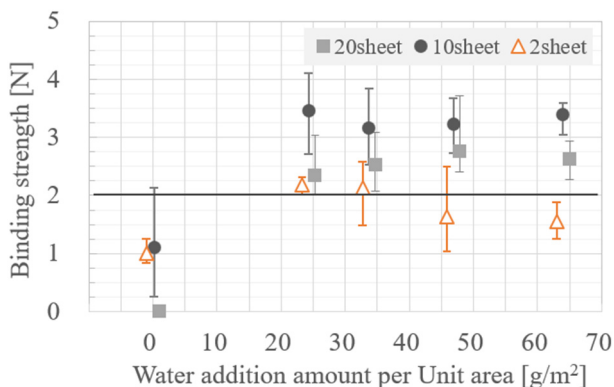


Fig. 9 Binding strength relative to water addition content.

なお、綴じの強さを表す綴じ力は2Nを指標としているが、用紙束のページめくりなどの取り扱いで実使用に支障がない指標である。この指標を分かりやすく表現すると、20枚の用紙束の1枚目の端を持って用紙束を持ち上げることが可能な結合力でもある。「加水+圧着」方式の針なし綴じで製作した20枚の用紙束を持ち上げている様子をFig. 10に示す。

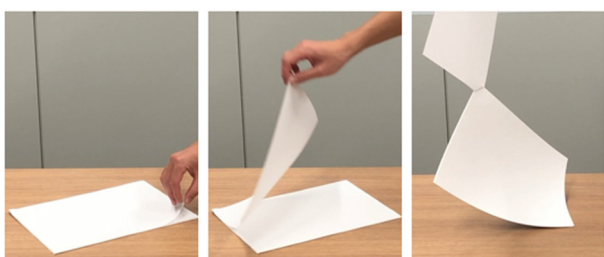


Fig. 10 Handling the binding paper.

3-4 水の補給方法

「加水+圧着」方式の針なし綴じで綴じ可能枚数を向上させることができることが分かった。

MFPフィニッシャとして、ユーザはこの機能を使用するために、水をボトルに補給するだけでよい。水は入手性や在庫管理の観点から水道水を使用する。Fig. 11はユーザが水をフィニッシャに補給するための水補給ボトルの外観である。ユーザが水補給ボトルに水を補給し、フィニッシャの自動動作でポンプを駆動してスポンジヘッド部まで水を供給する。

「加水」機能はフィニッシャに初めて搭載されるため、ユーザにとってはフィニッシャへの水補給が初めての操作となる。迷いなく操作できるように、水補給の操作は、市販されている卓上加湿器等の水補給の操作と同様な手順とした (Fig. 12)。

1. 水補給ボトル上部を握りロックを解除する。
2. 水補給ボトルを上方に引き抜く。
3. 水補給ボトルを反転しキャップを上方に向け、キャップを回転させて開ける。
4. 水道水を水補給ボトルに補給する。
5. キャップを回転させて閉める。
6. 水が漏れないようにしっかり締める。
7. 水補給ボトルを反転して、フィニッシャに差し込む。
8. ロックが掛かるまで押し込む。

以上、「加水」機能を使うための水補給操作も簡便にできるMFPフィニッシャを提供する。



Fig. 11 Water refill bottle.

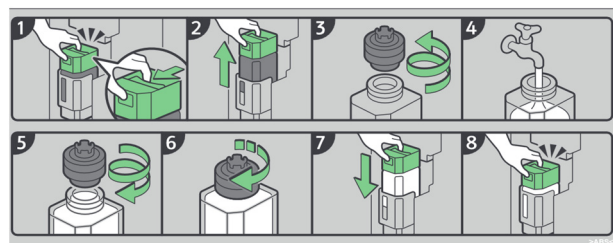


Fig. 12 Procedure for water replenishment.

4. 商品化

「加水+圧着」方式の針なし綴じ技術を搭載し、商品化を達成した。RICOH IM C8010/6510シリーズ、Pro C5400/5410シリーズ、Pro 8400Sシリーズの3000枚フィニッシャSR4190/S4180、SR5140/5130に搭載可能な「針なし綴じユニット タイプS16」が2025年5月にリリースされた。



Fig. 13 RICOH IM C6510 + SR4190.



Fig. 14 RICOH Pro C5400 + SR5140.



Fig. 15 RICOH Pro 8400S + SR5140.

なお、「加水+圧着」方式の新技术および20枚綴じは世界初の仕様であり、製品カタログやWEBページにも製品システムの主な特徴として記載して環境配慮を訴求している。

5. 結論

環境や安全性への配慮から金属針を使わない「針なし綴じ処理」において、従来の針なし綴じ技術で対応できなかった約40%の10枚超の綴じ処理が市場から求められている。

標準となっている「圧着」方式を活かしつつ、新技术である「加水」技術を開発し、多数枚綴じでも綴じ力を満足する付与水分量の条件を明らかにして、綴じ可能枚数20枚を達成した。

また、MFPフィニッシャとして商品化を実現するために小型・低コスト、使いやすさを実現した。

その結果、最大20枚綴じの針なし綴じ処理を行うことができる針なし綴じユニット タイプS16を完成させ、世界で初めて商品化を実現した。

参考文献

- 1) 高橋朋子ほか: MPC2503の環境配慮と針無しステイプル技術, 日本画像学会誌, Vol. 54, No. 5, pp. 490-498 (2015).
- 2) 別所勇爾ほか: imageRUNNER ADVANCE C3300シリーズ, 日本画像学会誌, Vol. 54, No. 5, pp. 472-480 (2015).
- 3) 鈴木伸宜, 高橋航, 林宏尚: 胴内型フィニッシャの針無しステイプル技術の開発, *Ricoh Technical Report*, No. 40, pp. 117-123 (2015).
- 4) 富士通株式会社: 紙の綴じ込み装置, 紙の綴じ込み方法及び書類作製装置, 特許第3481300号 (2003).
- 5) 株式会社リコー: 用紙後処理装置および画像形成システム, 特許第6171514号 (2017).