

ドライヤーパートの変遷と今後

三菱重工業株式会社 紙印刷事業部 製紙機械設計課
芦田 昌之

頁

1. 抄紙機の進歩と歴史-----2
2. 乾燥効率の向上-----4
3. 走行性の向上-----7
4. プロファイルの向上-----9
5. 抄紙機の今後-----10

この資料は、平成 15 年 10 月 14 日に開催された紙パルプ技術協会年次大会前日講演会「製紙産業技術 30 年の変遷 抄紙機(3) ドライヤーパート」での講演録音を基にまとめたものである。資料中のすべての図の著作権は講演者に属し、無断使用・複製等をご遠慮ください。

ドライヤーパートの変遷と今後と題し、以下の項目で紹介
します。

1. 抄紙機の歴史
2. 乾燥効率向上、
3. 走行性向上、
4. プロファイル向上
5. 抄紙機の今後 (新しいドライヤーの紹介)

1. 抄紙機の進歩の歴史

これは 1808 年、イギリスのフォードリニア兄弟にて実用
化された抄紙機の原型を示しています。この当時は、ま
だドライヤーパートは存在していません。

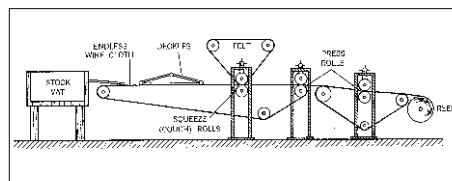
これは抄紙機の運転速度の動向を示しています。 西暦
105 年、中国にて抄紙は始まったといわれております。そ
して 1799 年、機械式抄紙機第 1 号が誕生し。スチームド
ライヤーは、1830 年から 1840 年ごろ登場しています。

日本における抄紙抄速の変遷について、当社の納入実績に
より説明しますが、この約 40 年間の間で、新聞用紙では
180 メートルが約 1,600 メートルに、上質紙では 200 メー
トルが 1,500 メートルに、ティッシュにおいては 400 メー
トルが 2000 メートルに、速度が上がっています。

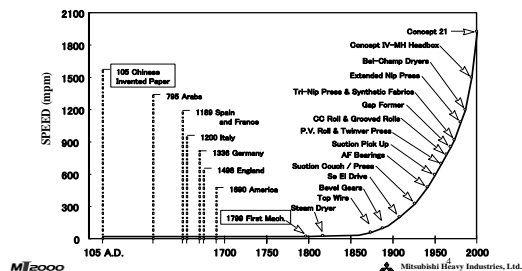
これは紙幅の変遷を示したものです。各年における最大の
紙幅のものをプロットしています。このグラフから考えま
すと、紙幅につきましては、約 11 メートル程度が最大と
なり、これ以上は大きくなるのではないかと予想され
ます。

生産量については、1800 年代は 1 日当たり 2 から 3 トンで
あったのに対し、現状は約 1,000 トンに達しています。約
200 年間の間で 300 倍に増えました。

Fourdrinier Paper Machine 1808年



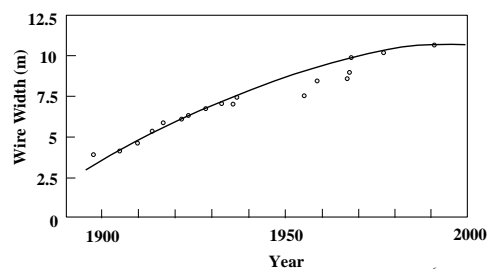
抄紙機運転速度の動向



日本における抄速の変遷 (当社納入実績)

新聞用紙	180 m/min. → 1600 m/min.
上質用紙	200 m/min. → 1500 m/min.
Tissue	400 m/min. → 2000 m/min.

紙幅の変遷



生産量

1800年代 : 2-3 t/d



新聞用紙 : 950 t/d

上質/コート紙 : 1000 t/d

これは生産量と抄紙機長さを示したものです。ここで注目したいのは、この抄紙機長さ当たりの生産量を示した数値です。この数値がどんどん増えています。このことから乾燥技術が向上し、機長が短縮されていったことがわかります。

生産量とマシン長さ(新聞用紙抄紙機)

納入時期 年	設計速度 m/min	生産量 t/d/m	マシン長さ m	生産量/マシン長さ t/d/m ²	注記
1952	180	13.5	56	0.24	
1964	700	52.4	97.3	0.54	
1971	900	67.4	100.5	0.67	
1988	1300	86.1	103.5	0.83	Size Press 含む
			82.9	1.04	Size Press 含まず
1998	1800	119.2	125.9	0.95	Size Press 含む
			99.8	1.19	Size Press 含まず

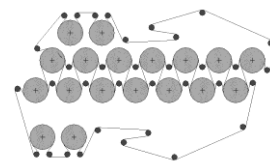
MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

それでは、ドライヤーパートの歴史について説明します。この図は現在のドライヤーの原型で、約 1950 年ごろのものを示しています。この当時の抄速は約 300 メートル以下で、特徴はキャンバスドライヤーを持っていること、サイホンは固定サイホンであったこと、ドレネジのタイプはスチームトラップ式であったこと、駆動はプーリー駆動であったこと、そしてグレンピング・ノズルを持ち合わせていたことです。

ドライヤーパートの歴史(1)

現状ドライヤーの原形の誕生 (1950年頃)



特徴および仕様

- キャンバスドライヤー
- 固定サイホン
- スチームトラップ式ドレネジ
- プーリー駆動
- 抄速<300m/min
- グレンピングノズル

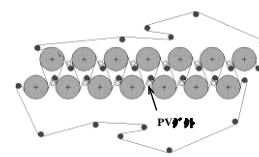
MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

1960 年ごろになって、ポケット・ベンチレーション・ダクトが取り付けられるようになりました。この当時の抄速は 300 メートルから 500 メートルで、抄速 500 メートルくらいの抄紙機には回転サイホンが採用されるようになりました。特徴は、キャンバスロールのオフセット配置、駆動が作動減速駆動となったことなどが挙げられます。

ドライヤーパートの歴史(2)

熱風ダクトの登場 (1960年頃)



特徴および仕様

- キャンバスロールオフセット配置
- 差動減速機駆動
- 回転サイホン
- 抄速300~500m/min

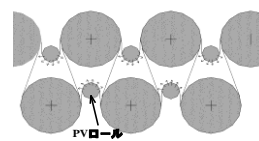
MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

1965 年ごろになると、PV ロールが取り付けられるようになりました。この当時の抄速は約 450 メートルから 700 メートルです。サイホンの形式は回転サイホンが主流となっていました。特徴は、DC のセクショナルドライブ及び密閉フードが挙げられます。

ドライヤーパートの歴史(3)

PV ロールの登場 (1965年頃)



特徴および仕様

- 給気機能を備えたロール
- DCセクショナルドライブ
- 回転サイホン
- 抄速450~700m/min
- 密閉フード

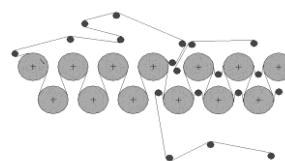
MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

1976 年ごろになり、ウェットエンド群の 1、2 群をシングルキャンバスにする抄紙機が主流となってきました。当時の抄速は 700 メートルから 1,000 メートル、DCセクショナルドライブが主流となっていきました。

ドライヤーパートの歴史(4)

ウノラン群登場 (1976年頃)



特徴および仕様

- 1,2群シングルキャンバス
- DCセクショナルドライブ(主流)
- 回転サイホン
- 抄速700~1000m/min
- 密閉フード

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

そしてこれはわが社の歴史になりますが 1981 年にスポイラーバーが開発され、1984 年ごろサイレントドライブ、1985 年にベルランロールが開発されました。そして 1986 年ごろベルベントロールが登場し、1988 年ごろには ACセクショナルドライブが主流となっていきました。

ドライヤパートの歴史(5)

- * スポイラーバー登場 (1981年頃)
- * サイレントドライブ (1984年頃)
- * ベルランロール登場(1985年頃)
- * ベルベントロール登場 (1986年頃)
- * ACセクショナルドライブ(1988年頃)

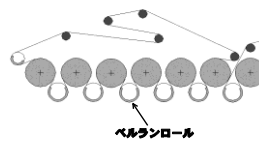
MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

1989 年ごろには、ドライヤーロールと真空ロールを組み合わせたトータル・ベルラン・ドライヤーが登場いたしました。特徴は、オールシングルキャンバスであること、真空ロールにより高速乾燥されること、そしてキャンバスで駆動されるサイレントドライブであること、通紙方法はノーロープ通紙であること、及びノーオープンドロ配置であることです。

ドライヤパートの歴史(6)

トータルベルランドライヤ (1989年頃)



特徴および仕様

- オールシングルキャンバス
- 拘束乾燥
- サイレントドライブ
- ノーロープ通紙
- ノーオープンドロ

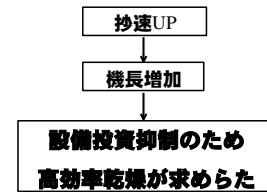
MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

2. 乾燥効率の向上

抄速が上がるにつれて、機長がどんどん増加していきました。これに合わせて、設備投資の抑制のため、高効率乾燥が求められてきました。そのためにはどうすればよいか？

乾燥率向上の必要性



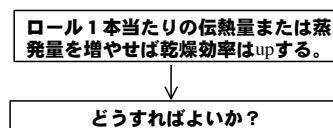
MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

ドライヤーパートにおける乾燥は、ドライヤーロールから与えられる熱量と、紙から大気への蒸発量に依存します。よってロール 1 本当りの伝熱量または蒸発量を増やせば、乾燥効率はアップいたします。そうするためにはどうすればよいのだろうか？

ドライヤパートにおける乾燥

ドライヤーロールから与えられる熱量(伝熱)と紙から大気への蒸発量(物質移動)に依存する。

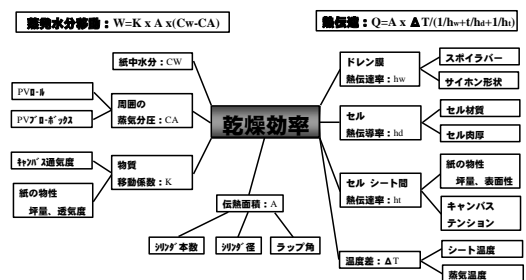


MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

先ほど説明したように、ドライヤーパートの乾燥は、熱伝達と蒸発水分の移動に依存します。熱伝達を上げるためには、ドレン膜の熱伝達率、セルの熱伝導率、セル・シート間熱伝達率、伝熱面積を上げれば得ることができます。一方、蒸発水分量を増やすためには、周囲の蒸気分圧を下げることが必要です。

ドライヤの乾燥効率



MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

それでは熱伝達率はどのぐらいのものかまとめてみました。セルの熱伝達率はセルの材質及びセルの肉厚によってほとんど決まりますので、この数値にはほとんど幅はありません。セル・シート間熱伝達率は、キャンバスのテンション及び紙の種類などによって幅はありますが、技術によって、それほど劇的に向上するものではありません。そこで目を付けたのが、ドレン膜の熱伝達率です。これをこの最大値近くになるように常にすれば、乾燥効率が向上するであろうと考えられ、技術は進歩していきました。

それではドレンの熱伝達率になぜ幅があるのでしょうか。それはドライヤーの中におけるドレンの挙動に依存するからです。ドレンの排出が適切であれば、抄速が400メートル以下ではこのようにポンド状態、下に溜まった状態にドレンはなっております。そして抄速が400メートルから600メートル辺りではカスケード状態、600メートル以上になりますとリミング状態となります。

これはドレン膜厚と熱伝達率との関係を示したものです。このラインはポンド状態及びカスケード状態の平均熱伝達率を表しております。ポンド及びカスケード状態のときは、抄速やドレン厚さによらず、ほぼ一定の高い値を得ることができます。しかしながらリミング状態になりますと、抄速が速ければ速いほど、ドレン量が多ければ多いほど、その値は低下していき、約10分の1ぐらいまで低下することが確認されています。

ドレンの熱伝達率を上げるために、まず着目されたことは、ドレンの厚さを薄くすることです。これはサイホン形式の移り変わりを示したものです。リミング状態になりドレン厚を薄くする必要があるため、抄速600メートルが1,200メートルぐらいでは回転サイホンが使用されるようになりました。そのときのクリアランスは約1.5ミリから3ミリです。その後、スポイラーバーが開発され、ドレン厚さをあまり気にしなくてもよくなった以降は、サイホン形式は固定サイホンが主流になっていきました。

熱伝達率

単位: w/m^2K

セル相当熱伝達率: $hd = 46 / 0.025 = 1850$
(材質FC300)

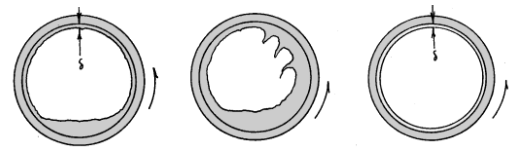
セル シート間熱伝達率: $ht = 1100$
(平均)

ドレン膜熱伝達率: $hw = 500 \sim 4500$
(ドレン状態による)

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

ドレンの挙動



ポンド状態

< 400m/min

カスケード状態

400~600m/min

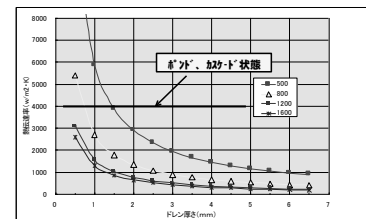
リミング状態

> 600m/min

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

ドレン膜厚と熱伝達率



1524mm ドライヤ

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

サイホン形式の移り変わり

ドレン状態	サイホン形式	クリアランス	理由
ポンド、カスケード (<400m/min)	固定(ホック無し)	10mm	
カスケード (400~600)	固定(丸型)	10mm	
リミング (600~1200)	回転 固定(丸型)	1.5-3mm 2-3mm	ドレン厚薄くする 差圧を小さくする
リミング (1000~1200)	固定(スクープ型) 固定(舟形)	5mm 5mm	スポイラーバー カルマン渦抑制

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

これは回転サイホンのホッパー形状を示したものです。こちらが旧タイプ、こちらが新タイプです。ドレンの厚さを薄くするため、形状がこのように変わっていきました。丸くなった理由は、ここのすき間が狭くなったので、流路面積を稼ぐために全周からドレンが入っていくような構造と変わっていきました。

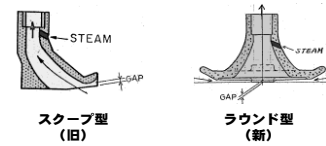
これは固定サイホンのホッパー形状を示します。抄速が遅いときは、このような丸型で吸い込み口も真っすぐ上がったものになっていました。 ついで、ドレンが抜ける差圧を抑え、ドレンの動圧を利用してドレンを抜くようにするスクープ型のホッパーが開発されました。こちらの舟形もスクープ型なのですが、この上から見た絵が丸からこのような舟形に変わっています。これは抄速が上がるにつれて、丸形ホッパーの交流に発生するカルマン渦の周波数が高くなり、サイホン管の固有振動数と一致するようになり、サイホン管が破損する事故が発生するようになりました。それを解消するために、カルマン渦が発生しないよう、ホッパー後ろ側を舟形に改良しました。

続いて、スポイラーバーについて説明します。少し見にくいのですが、これはスポイラーバーを開発したときに撮った写真です。これを見ていただきますとわかりますように、1周する間にドレンが動いています。これによりドレンが乱流状態となり、熱伝達率がアップします。

スポイラーバーの原理は、ロールの回転周波数とドレンの波動周波数を共振させることで、乱流状態を得ます。共振条件はこの式によります。よってスポイラーバーの効果を最大限得るためには、スポイラーバーを設置するピッチ及びサイホンのクリアランスによって、ドレン厚を適切な範囲に調整する必要があります。

これはスポイラーバーの効果を示したものです。スポイラーバーありの場合、ドレン膜の熱伝達率は約3倍から8倍にアップします。

ホッパー形状(回転サイホン)



スクープ型 (旧)

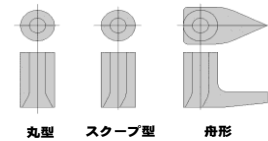
ラウンド型 (新)

スクープ型はラウンド型より差圧を小さくできる
ラウンド型はクリアランスを小さくできる
蒸気ブリード穴により差圧を小さくできる

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

ホッパー形状(固定サイホン)



丸型

スクープ型

舟形

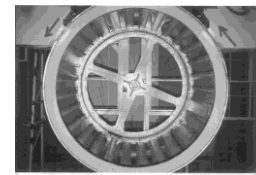
スクープ型は、丸型よりも差圧を小さくできる。
舟形はカルマン渦を抑制できる。

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

スポイラーバー

スポイラーバー設置により、ドレンが乱流状態となり、熱伝達率がアップする。



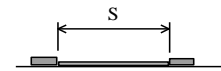
MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

スポイラーバーの原理

- 回転周波数とドレンの波動周波数を共振させることで、乱流状態を得る。

$$\text{共振条件} \quad S = \pi \sqrt{R \delta}$$

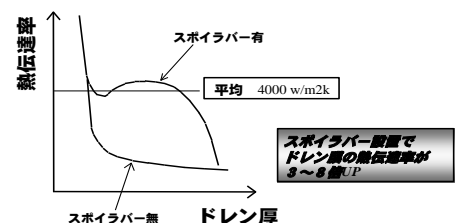


R : ドライ内半径
δ : ドレン厚

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

スポイラーバーの効果

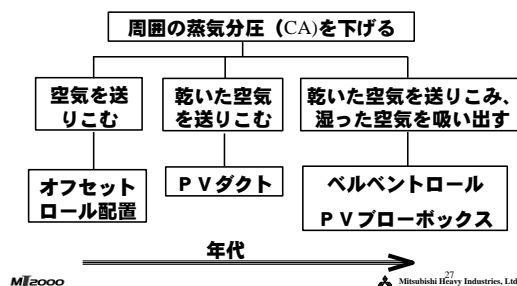


MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

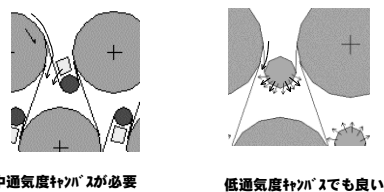
蒸発量を増すため、種々の方法が、どのように実行されてきたかを年代で示したものがこの表です。古くは、空気を積極的に送り込む方法が採られていました。その後、乾いた空気を送り込む方法、そして現在は、乾いた空気を送り込み、湿った空気を吐き出す方法になっています。

蒸発量を増やすためには



こちらはポケット・ベンチレーション・ダクトを設置した例を示します。ポケット・ベンチレーション・ダクトを使用した場合、キャンバスの通気度は中通気度キャンバスが必要となります。こちらはPVロールを設置した例です。PVロールの場合は、低通気度キャンバスでも使用可能です。いずれの場合もポケット内の吸気量が過多となり、抄紙機幅方向のエア流れが発生し、シートがばたつく原因となっています。

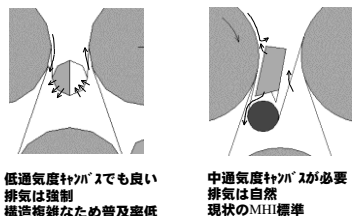
PVダクトーPVロール



ポケット内の給気過多となる。

こちらはベルベントロールを示したもので、ベルベントロールは吸気と排気の両方を備えたロールです。そのため構造は複雑になり、一般的に普及していません。こちらはPVブローボックスとキャンバスロールのオフセットの配置で、これが現在の標準となっています。PVブローボックスの構造は、ボックスの上側にあるノズルからエアを吹くことで、キャンバスのバウンドエアをカットすると同時に、ボックス下部からエアを吹き込むことで、ポケット内には乾いた空気を送り込むようになっています。またボックスの背面とキャンバスとの形状が逆くさびになっているので、キャンバスが走行することにより、この空間は負圧となり、ポケット内のエアが排気されます。

ベルベントロールーPVブローボックス

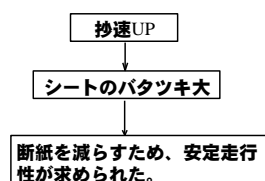


給排気のバランスが適度である。

3. 走行性の向上

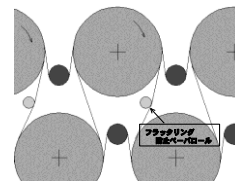
続きまして、走行性向上の必要性について説明致します。抄速がアップするにつれて、シートのばたつきが大きくなっていきました。そして断紙回数も増えて、より安定走行性が求められてきました。

走行性向上の必要性



そのフラッターリングを防ぐ方法として挙げられる一つの例として、フラッターリング防止ペーパーロールがあります。このフラッターリング防止ペーパーロールは、広幅の抄紙機に主に設置されています。設置個所は、ウェットエンド群の群間及びポケット内に設置されています。ロールの回転速度は、ライン速度の約半分程度で運転されています。

フラッターリング防止ペーパーロール



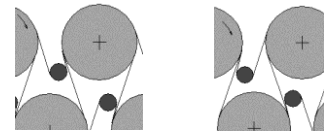
幅広マシンに設置

ウェットエンド群の群間およびポケット内に設置

ロール回転速度はライン速度の半分

これはポケット内ロール配置の変遷を示したものです。古い時代の低速抄紙機では、ポケット内にエアを積極的に入れるため、キャンバスロールはドライエンド側にオフセットされておりました。現在抄速が上がった抄紙機におきましては、ポケット内に随伴流を入れないよう、ウェット側にオフセットさせております。

ポケット内ロール配置



低速マシン
(昔)

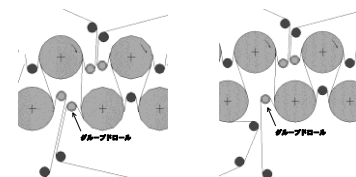
高速マシン
(現在)

ポケット内に随伴エアを積極的に入れるため、ドライエンド側にオフセット

ポケット内に随伴エアを入れないよう、ウェットエンド側にオフセット

これは群間ロール配置を示したものです。トップ側については面シール、グループドロールが最適ですが、ボトム側では面シールを採用すると、損紙処理が困難となるため、面シールは採用されていません。これの改善策として、線シールが取り入れられてきましたが、このロールの位置によっては、損紙処理が難しい場合があるため、現在ではこのロールはできるだけ離し、ここにキャンバスのエアをカットするためのデフレクターを設置することが標準的になってきています。

群間ロール配置 (1)

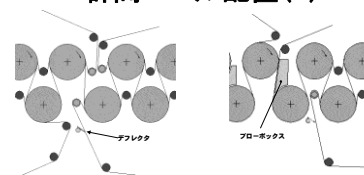


TOP: 面シール
BOT: 面シール
BOT面シールは損紙処理困難

TOP: 面シール
BOT: 線シール
BOTロール位置によっては損紙処理困難

こちらは群間におけるフリーランをなくするために、後群のキャンバスを前群のドライヤーにあてたランとなっており、通常ピストルラン呼んでいます。これにブローボックスを組み合わせた例を示しています。

群間ロール配置 (2)

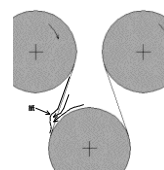


デフレクタ配置

ピストルラン+
ブローボックス

紙力の弱いウェットエンド群においては、シングルキャンバスにすることが多々あるのですが、抄速が800メートルから900メートルを超えるとキャンバスの随伴流やロール表面のエアによって、この部分にブローイングが発生いたします。

シングルキャンバスラン



抄速800~900m/minを超えると随伴エアによりブローイングが発生する。

これを改善する方法として開発されたのが、シングルキャンバス・ブローボックスで、ボックスの上部には、先ほどのPVブローボックスと同様に、随伴流をカットするためのノズルが一つ付いており、エアが吹いています。ボックスの下部には、メカニカル・シールプレートが付いており、ロール表面のエアをカットするようになっています。ボックスの内部にもノズルがあり、このノズルからエアを吹くことで、そのエゼクター効果で、この空間のエアと一緒に持っていかれ、Box 下面の空間が負圧になっていきます。また、ボックスの両サイドにはエッジノズルが設置されており、そのエアを吹くことで、ボックスとキャンバスとの空間が負圧となり、シートがキャンバスにくっついて走行し、安定した走行を得ることができます。

1,200メートルを超える抄紙機になりますと、シングルキャンバス・ブローボックスでも対応できなくなります。その場合には、ボトムロールに真空ロールを採用し、そのバキューム力を利用して紙を高速走行させるとともに、ロール内にその随伴流を吸い込むような形となっています。

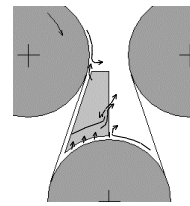
こちらは抄速が1,000メートルから1,200メートルの間によく取り入れられる、ウェットエンド群のみをドライヤーロールと真空ロールの組み合わせにしたパーシャル・ベルラン配置を示しております。こちらは1,200メートルを超える抄紙機に標準的に採用しております、全群にベルランロールが配置されているトータル・ベルラン・ドライヤー配列を示しております。

4. プロファイルの向上

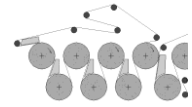
続きまして、プロファイル向上の必要性について説明いたします。歴史とともに紙幅がどんどんアップしていき、取数が増えていきました。そして製品品質の均一性が求められ、紙全体におけるプロファイルの向上性が求められていきました。

まず水分プロファイルの調整方法として実施されてきたものが、ドレン排出装置の配列の調整、ダムリングの設置、幅方向吹き出し調整式ポケットベンチレーションの設置、プロファイル調整用スプイラーバーの設置などが挙げられます。

シングルキャンバスブローボックス



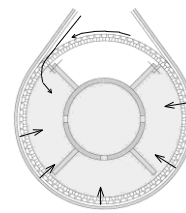
フローイングの根源である随伴エアをカットすると同時に、ノズルからの噴出エアによるエゼクター効果を利用し、ボックスとシート間の空間を負圧を発生させ、シートの安定走行を得る。(＜1200m/min)



MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

ベルランロール

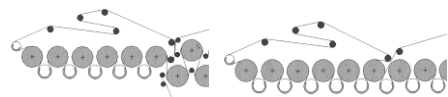


バキューム力を利用し、紙を拘束する。随伴エアを吸込む。

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

ベルランロール配置



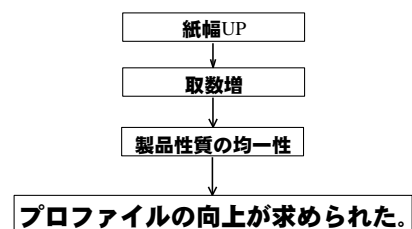
パーシャルベルラン
ウェットエンド群のみベルランロールを配置
1200m/min以下

トータルベルラン
全群にベルランロールを配置
1200m/min以上

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

プロファイル向上の必要性



MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

水分プロファイルの調整

- ドレン排出装置配列
- ダムリング設置
- 幅方向吹き出し調整式ポケットベンチレーション
- プロファイル調整用スプイラーバー

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

まずドレン排出装置の配列につき説明します。ドレンがリミング状態になると、ドレン厚さによるプロファイルの差が大きくなることから、ドレンをできるだけ薄くするために、回転サイホンが主流となっていました。その回転サイホンは、ロールに固定するので、任意の位置にサイホンを設置することができました。それを幅方向プロファイルが均一になるように設置することで、プロファイルを調整した。スポイラーバーができてからは、回転サイホン・固定サイホンともに、フロント側バック側半々に設置することが主流になってきました。その後スポイラーバーの性能が十分に把握され、サイホンは片側に設置してもよいことが判明し、現在は片側のみに設置されることが多いです。

これはダムリングの模式図です。ダムリングを設置することでダムリングより外側のドレン膜を厚くし、この部分の熱伝達率を低下させ、両端が過乾燥になることを防ぎます。

これは水分調整用スポイラーバーを設置したデータ例です。この点線が矯正前、実線が水分調整用スポイラーバー設置後のプロファイルです。この実施例では、ロール3本、抄紙機中央付近にスポイラーバーを設置しています。平均で約0.9%、その水分値が改善されており、スポイラーバーの水分矯正力はロール1本当たり約0.3から0.5%であると考えられます。

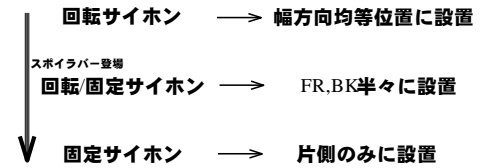
これは通常の2段ドライヤーとトータル・ベルラン・ドライヤーのシュリンケージ・プロファイルを示しています。トータル・ベルラン・ドライヤーを使用することにより、紙端部を除き中央部分においては、シュリンケージ・プロファイルがほぼ均一になることがわかります。

5. 抄紙機の今後

ここまでの30年の歴史は終わりとし、ここからは最新ドライヤーを紹介します。これは最新のドライヤーの外観図です。このドライヤーの特徴はエアキャップです。このドライヤーを開発するに当たり、考慮されたものは、乾燥能力、安定走行性、紙品質、通紙性能、抄紙機強度、乾燥能力の強化等です。エアキャップが付いていることがカールコントロールとともに乾燥能力のアップにつながっている

ドレン排出装置配列

ドレンがリミング状態になると、ドレン厚さによる、プロファイル差が大きくなる



MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

ダムリング

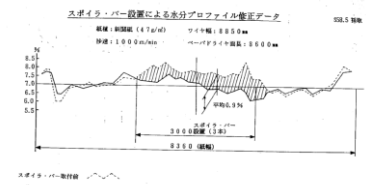


ドレンを溜めることにより、過乾燥になりやすい紙端部の熱伝達を低下させる。

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

水分調整用スポイラーバー

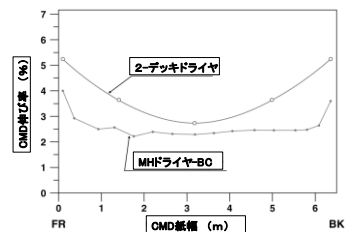


ロール1本当たり0.3~0.5%の修正

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

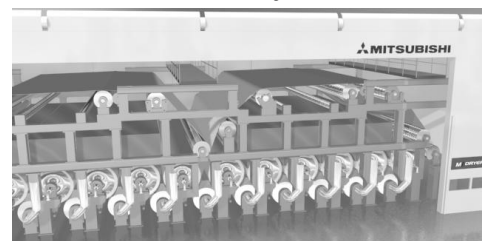
シュリンケージプロファイル



MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

MJ Dryer



MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

ます。そのほか走行安定性、操業メンテナンス性の向上を考慮して設計されています。

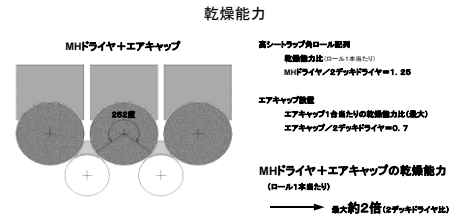
まず乾燥能力について説明します。高シートラップ角ロール配列を採用しているため、ロール1本当たりの乾燥能力は従来のツーデッキ・ドライヤーの1.25倍となります。エアキャップの1台当たりの乾燥能力は、最大値で、ツーデッキ・ドライヤーの0.7本分に相当します。よってこの二つの組み合わせにより、ツーデッキ・ドライヤーの最大で約2倍の乾燥能力が得られることとなります。

これはエアキャップの構造を示したものです。この細長いのがエアキャップの排気ノズルです。この丸いのがエアキャップの給気ノズルです。

エアはこのヘッダーから供給され、各々のヘッダーに分岐されます。そしてこの細い排気ノズルより排気され、排気ヘッダーを通り、系外に出ていきます。

これはエアキャップの乾燥能力を示したものです。エアキャップの乾燥能力は、エアキャップの熱風温度とエアキャップの流速及びカンバスの通気度に依存します。これはカンバス通気度4万ccのときのもので、流速90メートル、エアキャップの熱風温度180度のときをドライヤーの乾燥能力と比較しますと約0.5本分、240度のときは約0.7本分の乾燥能力を得ることができます。

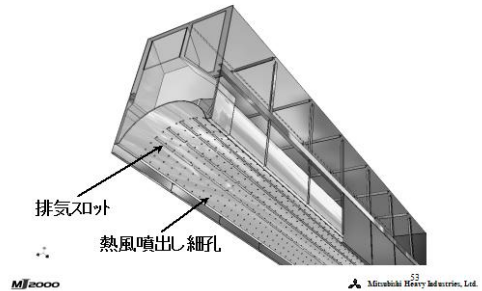
カールは水分40%以降の熱負荷割合のパーセンテージによって、その量が決まってきます。この灰色の領域にカールが収まるようエアキャップを配置し、カール量をコントロールしていきます。



MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

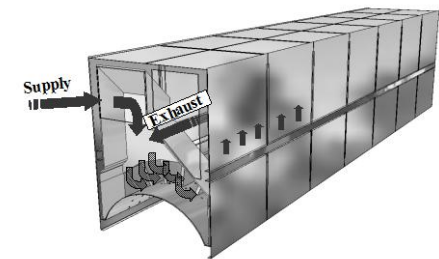
三菱Air CAPの構造



MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

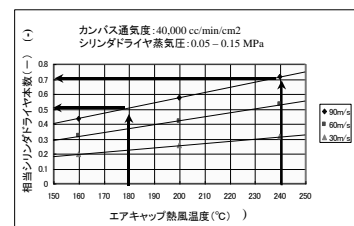
三菱Air CAPの構造



MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

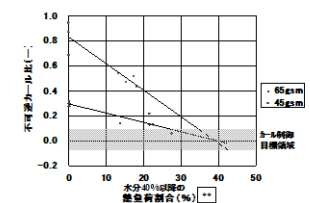
乾燥能力強化 エアキャップ乾燥能力



MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

カールコントロール エアキャップのカール制御能力



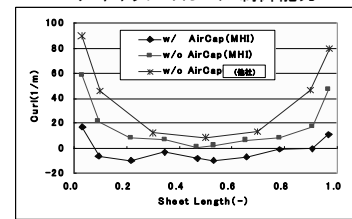
** IAキャップによる蒸発水分量/シリンダドライヤーによる蒸発水分量×100

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

これはエアキャップのカール制御能力を示したグラフです。オールトップドライヤーのカール量を示しています。ピンクのラインがエアキャップなし、青のラインがエアキャップありの場合を示しており、エアキャップを設置することにより、カール量が制御されることがわかります。

カールコントロール
エアキャップのカール制御能力



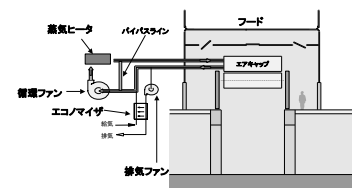
MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

PRK023-07 02-01

これはエアキャップの熱風供給システムを示しています。基本的には循環ラインとなっており、絶対湿度を基にシステムはコントロールされます。紙がないときにキャンバスに直接エアを当てると、キャンバスが損傷するおそれがあるので、その際はこのバイパスラインを利用し、エアキャップのほうにエアが行かないようになっている。

熱風供給システム

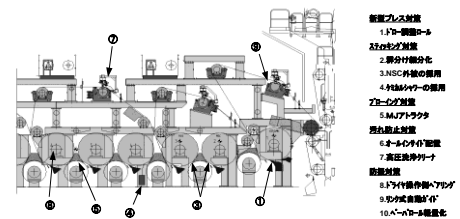


MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

次に、安定走行性について考察します。現在プレスパートがノーオープン・ドロップレス、デュアルシュープレスを採用していますので、プレスパートにおいて紙の伸びを吸収するところが全くありません。そのため1番ドライヤーは、これまでのセンターロールの代わりとして、ドロローールとして、ドロが調整できるようになっております。

安定走行性

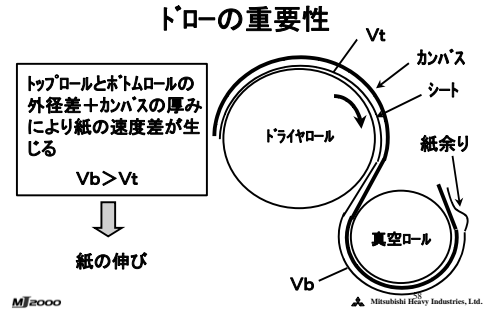


MJ2000

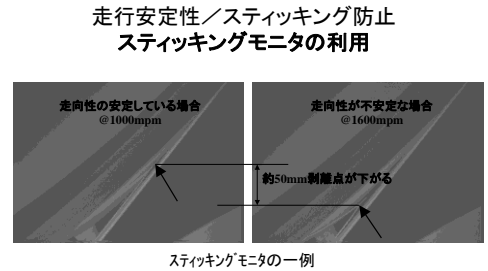
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

続きまして、高速安定性を得るためには、スティッキングを解決する必要があります。そのためドライヤーの群を細分化しています。また比較的スティッキングしやすい2番ドライヤー、3番ドライヤーにはNSCコーティングを採用しています。そして4番ドライヤー以降においても、スティッキングは生じる可能性がありますので、4番ドライヤーの下にケミカルシャワーを設置します。高速安定性を得るためにはもう一つ、ブローイング対策を実施する必要があります。ポケット部分にはアトラクターを設置し、ブローイングが起らないようにしております。汚れ防止対策としては、キャンバスロールのオールインサイド配置及び高圧洗浄クリーナーを設置しております。防振対策としては、ドライヤー操作側ベアリングの改良、リンク式自動ガイドの採用、ペーパーロールの軽量化などが取り入れられています。

これはドローの重要性を示したものです。シングルカンバス部におきましては、トップロールとボトムロールの紙がある部分の周速が若干違い、ボトムロール側のほうの周速が速くなります。そのためボトムロール出側におきましては紙が余ります。これをなくするためにドローを調整し、安定走行を得る必要があります。



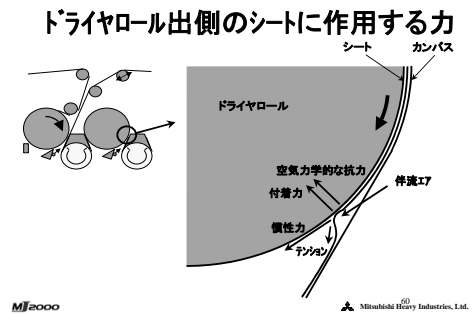
これはスティッキングモニターを利用して、紙の挙動を示したものです。こちら側が走行が安定しているもの、こちら側が走行が不安定な場合のものを示しております。これを見ますと、剥離点が約 50 ミリ程度下がっていることがわかります。



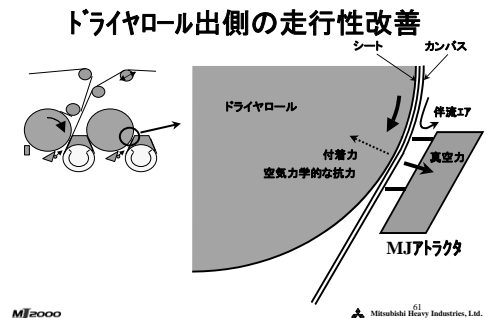
スティッキングモニタで監視、ドロー制御

MJ2000 Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

これはドライヤール出側のシートに作用する力を示したものです。この付着力というのはスティッキング力、慣性力というのはシートが走行することによって発生するもので、そこへカンバスによるエアが入ってきて、それと紙のテンションとの力によって、この部分が膨らんだり膨らまなかつたりします。



これを改善するため、この部分にアトラクターを設置し、紙離れ点の走行を安定させるようにしております。アトラクターは、トップシールで伴流エアをカットするとともに、この部分には真空を立てて紙が安定してはがれるように作られています。



これがアトラクターの外形を示したものです。アトラクターには、先ほどの紙離れ点には高真空ゾーンを設けています。そして上部及び下部には低真空ゾーンがあり、この低真空ゾーンにおきましては、この下部バキュームロールの真空を利用してあります。高真空ゾーンにおきましては、ファン容量に余裕があれば真空ロールのラインをそのまま利用できるのですが、ない場合は別個バキュームラインを設ける必要があります。

ドライヤール出側の走行性改善 MJアトラクタ

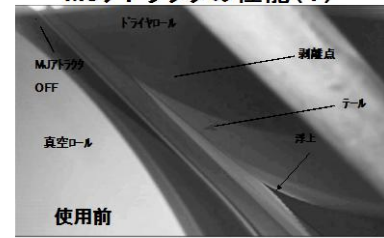
特徴

- 真空ロールの真空を利用
 - 要求風量が少ないので、余裕があれば、現状の真空ラインからの分岐だけで、専用ファンの新設が不要です
- 確実なシール構造
 - クロスシールをカンバスに接触させる構造とし、伴流E7や外部からの流入E7を最小限にします

MJ2000 Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

これはアトラクターを設置していますけれども、そのエア源を切ったときの紙の状態を示しています。通紙状態のときですが、抄紙機内側においてテールが若干浮いていることが確認されます。

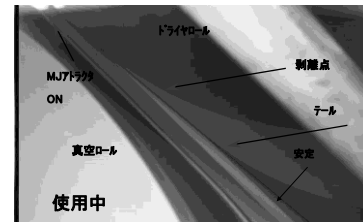
MJアトラクタの性能(1)



・抄速:2000rpm 紙種:新聞用紙 坪量:46g/m2 通紙中
 MJ2000 Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

これはアトラクターをオンにしたときの状態を示しています。先ほどありました浮き上がりは全くなっており、安定した走行が得られています。

MJアトラクタの性能(2)



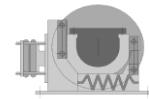
・抄速:2000rpm 紙種:新聞用紙 坪量:46g/m2 通紙中
 MJ2000 Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

これは自動ガイドです。従来、スイングアーム式の自動ガイドが主に使われてきましたが、リンク式の自動ガイドを採用しています。

自動ガイド

形式

- エアバネ+メカニカルバネ
- リンク式自動ガイドの採用
- 耐震強度の向上
- 配置自由度増大



検出器

- 透過式エッジセンサの採用
- 反射式センサに比べ、検出精度向上

MJ2000 Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

PRK2015-01 02-01

そして検出機には等価式エッジセンサーを採用しております。これは、ガイド自動センサーに比べて検出精度が向上しております。特徴は、非接触で用具端部を検出するため用具の寿命の向上、用具端部を挟む形で検出するため検出性能の向上、そしてセルフクリーニング機能を持っていますので、誤検出の低減につながります。

エッジセンサ

特徴

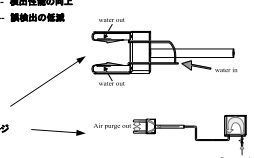
- 用具端部を非接触にて検出 → 用具寿命の向上
- 用具端部を挟む形で検出 → 検出性能の向上
- セルフクリーニング機能 → 誤検出の低減

適用

- フォーマ、プレス、ドライヤ

センサクリーニング方法

- フォーマ、プレス → 洗浄水
- ドライヤ → エアバーフ

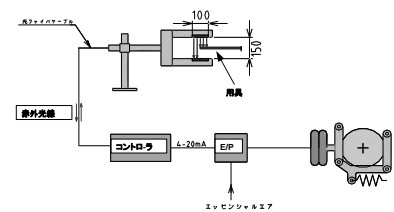


MJ2000 Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

PRK2015-02 02-01

これがエッジセンサーコントロールシステムの概要を示したものです。コントローラから発信された赤外光線が、この部分で受光され、その量によってコントローラから、4、20 ミリアンペアの出力がなされて、電空減算された後自動ガイドへ送り込まれる形となっています。

エッジセンサーコントロール

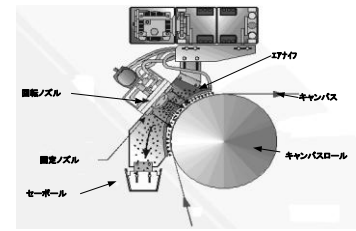


MJ2000 Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

これはキャンバスクリーナーの外形を示したものです。このキャンバスクリーナーはロール上に設置するタイプのもので、回転ノズル及び固定ノズルを持っています。そしてワイピング用のエアナイフがあります。

PRK8016-01 02-01

キャンバスクリーナー構造



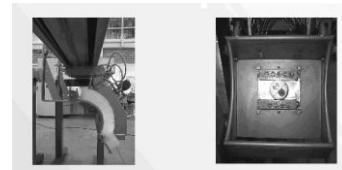
MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

PRK8016-02 02-01

これが外観写真図です。この部分が回転ノズルとなっており、この部分、上下にあるものが、これが固定ノズルとなっております。回転ノズルは通常運転中、固定ノズルはS D時や紙切れ時などに使用します。

キャンバスクリーナー構造



キャンバスクリーナー外観写真

キャンバスクリーナー内部写真

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

PRK8017-01 02-01

ドライヤーロールの軸受けについては、標準的に内輪浸炭鋼を適用しています。これは急激な温度変化による内輪割れ防止対策です。

ドライヤーロール軸受

内輪へ浸炭鋼の適用

→ 急激な温度変化による内輪割れ防止対策

操作側軸受

熱膨張吸収型ベアリングの使用

→ 軸受をフレームに固定

→ 振動を軽減

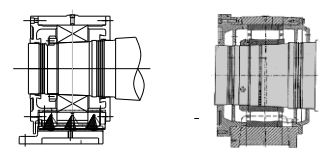
MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

PRK8017-02 02-01

操作側軸受けには、従来はナイフエッジで熱膨張を吸収されるものですが、熱膨張吸収型ベアリングを使用しており、軸受けはフレームに固定することができ、振動対策としても効果があります。

ドライヤーロール操作側軸受



従来型軸受

熱膨張をナイフエッジにて吸収

熱膨張吸収型ベアリング

熱膨張をベアリングにて吸収

MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

最後に、駆動方式です。基本的にはキャンバス駆動、サイレントドライブなのですが、各群の最終ロールにおいてキャンバスのラップ角が小さくなるため、スリップするおそれがあります。そのため最終ロールは、このようにギアでつないでスリップしないようにしております。

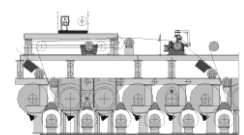
ギヤ関連

駆動方式

基本的にはキャンバス駆動

各群最終ドライヤーはギヤにて連結

→ ラップ角少によるスリップ防止

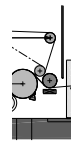


MJ2000

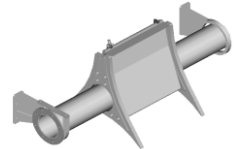
Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

最後に、この新しいドライヤーの特徴をまとめます。乾燥能力及びカールコントロールとしてエアーキャップを採用しております。走行安定性を得るためにアトラクター、スティッキング防止ドライヤーを採用しております。操作性及びメンテナンス性の向上としてオールトップドライヤー配列、オールインサイドロール配置などを取り入れております。ご静聴ありがとうございました。

MJ Dryerの特徴まとめ All Top Canvas + Air Cap



- 乾燥能力強化
 - Air Cap採用
- カールコントロール
 - All Top 配置+Air cap
- 走行安定性
 - MJアトラクタ
 - Sticking防止Dryer + 剥離剤
 - モニタリングシステム
- 操作性・メンテナンス性の向上
 - All Top 配置
 - All Inside Roll 配置
 - 非接触ガイド装置



MJ2000

Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.