

エアーシステムの変遷と最新技術

メッツオSHI株式会社 営業本部
松本 健治

頁

1. はじめに-----	2
2. 熱回収システム-----	3
3. 抄紙機フード-----	5
4. ブローボックス： 抄紙機の走行性と品質改善-----	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。

1. はじめに

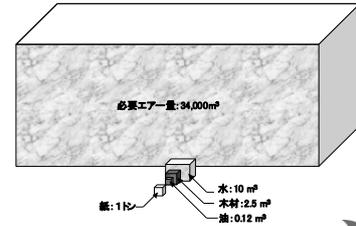
紙1トンを作るのに水は10立米ぐらい要ります。ではエアは、なんと3,400立米。これだけのボリュームを実際に1トンの紙を作るのに使用しています。したがって、このエアをいかに管理し、いかに使うかによって、紙1トンを作る際のエネルギー効率を上げることができるわけです。

この図は、紙1トン当たりのエネルギー原単位の推移を表したものです。1981年では、紙1トンを作るのに約700万キロカロリー／トンが必要でしたが、その後10年ぐらいで急速に下がり、1990年代には、500数十万キロカロリー／トンになっています。その後は、少しずつ少しずつ、エネルギーの原単位が下がってきています。

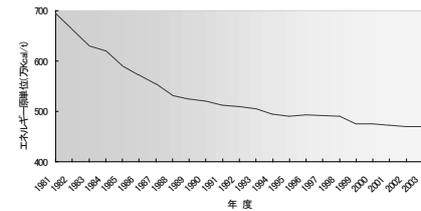
この図は、一つの指標として洋紙抄紙機の抄速とドライヤーフードの発達、およびブローボックスの開発をグラフに重ね合わせています。1977年頃は、1,000メートルというのが世界最高速であったものが、その後、例えば1990年には、1,400メートルと非常に速くなり、2000年には、1,800メートル、最近においては、2,000メートルと上がってきています。この抄紙機のスピードアップに伴って、当然ながらフードの開発も変わってきています。今から20年以上前は、ほとんどが半密閉フードまたはオープンフードであったものが、80年代に入り、密閉フードが開発されてきました。今から見ると、中露点フードと呼んでいますが、露点が56℃前後の密閉フードが開発されてきました。その後1,300、1,400メートルの世界に入ってくると、露点が62度ぐらいの高露点密閉フードが開発されるようになりました。また、抄速がどんどん上がるに伴って、いろいろなブローボックスが開発されてきています。スピードが上がれば、それだけ走行性が悪くなりますから、それに対応するブローボックスが開発されてきます。ブローボックスの納入本数の増加は、抄速の変化と極めて似た変化を示しています。

ドライヤーセクションにおけるエアシステムの機能をここで示しています。まず、エアシステムとはドライヤーで蒸発した水分を効率よく回収し再利用する。次に、効率的な乾燥と均一的な環境の維持、エネルギー効率の向上、ドライヤーの走行性安定、マシン室の環境改善（暑さ、高湿度、騒音）

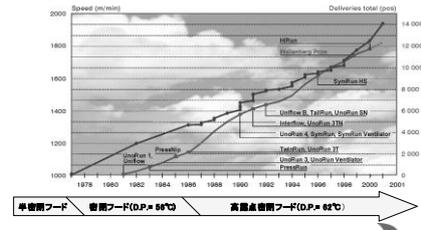
エアシステムの重要性
(上質紙1トン当りの必要エア量: 34,000m³)



紙・板紙トン当りエネルギーの原単位の推移



洋紙マシンの抄速とドライヤーフードの発達
及びブローボックスの開発



ドライヤーセクションにおけるエアシステムの機能

- ドライヤーで蒸発した水分を効率よく回収し再利用
- 効率的な乾燥と均一的な環境の維持
- エネルギー効率の向上
- ドライヤーの走行性安定
- マシン室の環境改善(暑さ、高湿度、騒音)

湿度、騒音)に至るもので、これらをカバーするのが、エアシステムである。

これは一つの参考例で、ドライヤーセクションにおけるエアシステムの概念図です。

エネルギー消費量の効率化には、エネルギー・マネジメントが必要です。まず一つは「メンテナンス」、これはもう不可欠です。続きまして「正確な運転パラメータの把握」、これも重要なファクターになります。それから「最適な制御システム」です。それから最後に「最適な熱回収」。当然エネルギーを有効に使うためには、この熱回収というものが極めて大きな意味を持ちます。

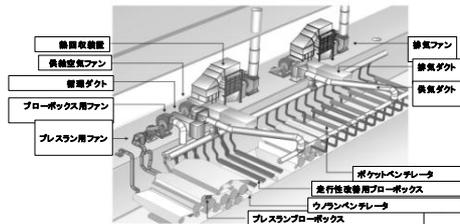
2. 熱回収システム

最初に、熱回収システムから説明します。これは新聞抄紙機における熱バランスです。インプットエネルギーは、ドライヤーシリンダーに入ってくる蒸気、紙が持ち込む熱エネルギー、および供給エアが持ってくるエネルギーです。次に、入ったエネルギー分は主に蒸発エネルギーとして出て行くわけですが、一部は供給エアの加温やワイヤーピット用水、高温水として回収循環します。それから、ある部分は低温水として回収循環します。ドライヤーシリンダーから出てくる凝縮水、ドレンは系外へ出て行きます。

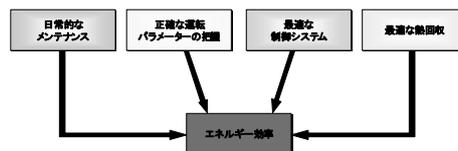
これは標準的な熱回収のシステムです。ドライヤーのフードから大量の高温多湿の排気エアが出てきますが、この排気エアはガス・ガス熱交換器を通して、外部からの新鮮空気を暖めてフードの中に入れる。このガス・ガス熱交換器を通った少しレベルの下がった排気は、さらに高温水を取るための熱源として利用される。次には低温水を取るための熱源として利用される。そして、最終的には系外へ排出されます。

これは熱交換器の代表的なもので、プレート式の直交流型ガス・ガス熱交換器です。このようなプレートをたくさん重ねて、排ガスを下から上、新鮮空気は90度横から入って、温風となって出ていく、いわゆる直交流型の熱交換器です。

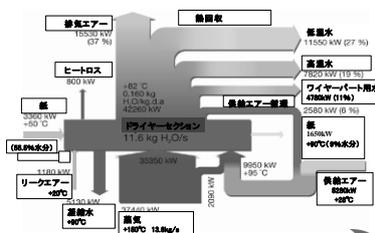
ドライヤーセクションのエアシステム概念図



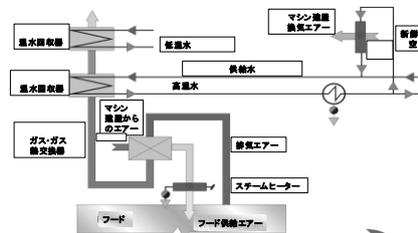
エネルギー消費量 → エネルギーマネージメント



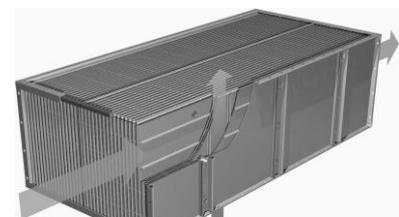
新聞マシンにおける熱バランス



標準的な熱回収システム

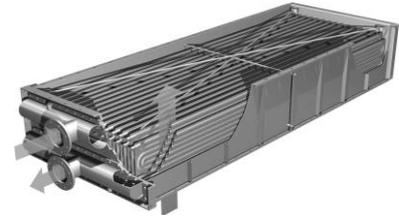


CHR 熱交換器 (プレート式直交流型ガスガス熱交換器)



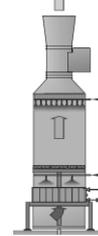
これはプレート型温水回収器です。やはりプレート型になっていますが、この1枚のプレートの中にパイプ形状を持った図のような成型がされています。このプレートの中に水を通して、下から上がってくる排熱を通して、熱交換させて清水を温水に変えます。

AHR 熱交換器(プレート型温水回収器)

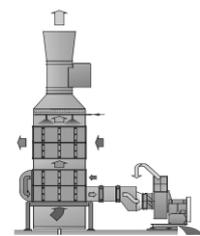


代表的な例として、左が温水回収器による熱回収です。フードから出てきたものを温水熱回収器で清水を入れて温水を回収する。シャワーのような絵がありますが、フードから出てくる排気には紙粉などダスト成分を持っています。したがって、長い時間運転していますとプレート内部にダストがついてきますので、適当なタイミングでシャワーをかけて伝熱面を洗う。出てきた排ガスは、最終的には系外へ出ていく。右はガス・ガス熱交換器でドライヤーフードから出てきた排熱と新鮮空気を通して、フード内の供給エア用にする。これは2段階で熱回収をしています、これも上部にシャワーを設けて、伝熱部の汚れを定期的に洗っています。

AHR による熱回収

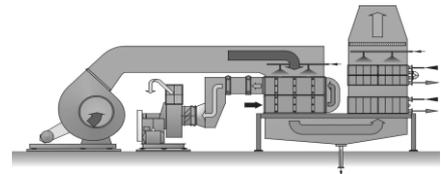


CHR による熱回収

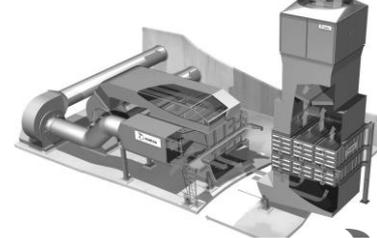


これは、ガス・ガス熱交と温水回収器を組み合わせた、一般的な方法です。その方法にも2通りあります。まず「排気押し込み方式」です。これはフードから出てきた排熱を、このファンでもって熱交換器に押し込んであげる。まずこのガス・ガス熱交換器を通し、次に温水回収器を通し、系外へ出す。この特徴は、ファンが発生する音を、この二つの熱交換器でもって減衰させ、外に出てくる音を減少する効果がある。したがって、余計なサウンド・アッティネーターや減音装置は要らない方式です。ただ、この方式の欠点は、全部加圧になりますから、その加圧に耐えられるだけのダクトが必要です。これは、それを鳥観図で表したものです

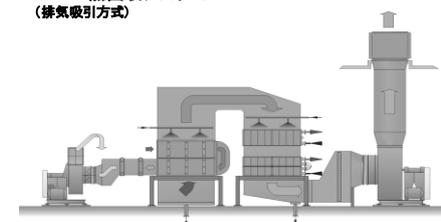
CAHR 熱回収システム
(排気押し込み方式)



CAHR 熱回収システム(排気押し込み方式)



CAHR 熱回収システム
(排気吸引方式)



続いて同じガス・ガス熱交と温水回収器の組み合わせですが、「排気吸引方式」と呼んでいます。フードから出てきた排気を引っ張る側にファンを配置します。排気は、まずガス・ガス熱交換器で新鮮空気を温風にして、フードの中に入れる。ここで熱回収して余った熱源は、次に温水回収器で温水を回収し、ファンでもって系外へ排していく。この場合は、ファンが発生する音は直接系外へ出るため、サウンド・アッティネーター、いわゆる消音装置を使わなけれ

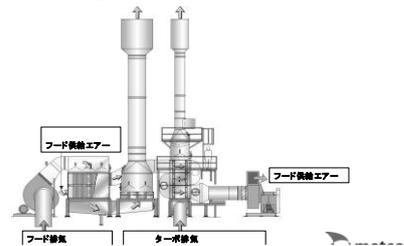
ばなりません。ただしメリットとしては、全て負圧状態ですから、その負圧に耐えられるだけのダクトでよく、投資コストとしてはこちらのほうが安価で済みます。ちなみに日本も世界も一般的には、こちらのほうがやはり多いです。これは、その実際の装置を撮影したものです。

CAHR 熱回収システム(排気吸引方式)



続きまして「ターボ排気の熱回収」です。少しドライヤーから外れるのですが、エアーシステムを語る上で、どうしても紹介しなければいけません。ターボ排気、いわゆるウェットパート真空発生装置から出てくる排気は、非常に高い温度と高い湿度を持っています。即ち高いエネルギーを持っています。以前は、このターボ排気をフード内に直接入れるケースもありました。ところが、それを直接フードに入れてしまうと、結露、紙粉等の問題があり、最近の設備においては、単独で熱回収するようにしています。この例では、フード排気を使い一度ガス・ガス熱交で新鮮空気を暖めて、その空気をさらに、ターボ排気の高い熱源を利用してフードの供給用としてさらに加温する例です。これにはいろいろなパターンがあります。

ターボ排気の熱回収



次に「熱回収の効果とメリット」をまとめます。

使用エネルギーの熱回収、これは当然ながらエネルギーコストの減少になります。それから蒸発水分はコンデンセートとして回収され、再利用します。回収した水を再利用するというのは、密閉化を意味し、水消費量の減少になります。当然回収できる水、できない水があります。続いて「排気エアーからの蒸発水分の凝縮」。排気エアーに蒸発水分が含まれていますと、排気ミストとなって出てきますので、なるべく排気に含まれている水分は凝縮して、回収しなければいけない。次に「環境のための水消費量の減少」です。これは、冬場の凍結防止にも役立つわけです。それから「熱回収機器は消音効果がある」。これは先ほどの押し込み方式の場合は消音効果を発揮できるので、騒音対策になる。ただし、これは副次的なことです。

熱回収の効果とメリット

- 主要エネルギーの熱回収
 - エネルギーコストの減少
- 蒸発水分は回収され再利用(要密閉化)
 - 水消費量の減少
- 排気エアーからの蒸発水分の凝縮
 - 排気ミストの減少
- 環境のための水消費量の減少
 - 冬季の凍結防止
- 熱回収機器は消音効果あり
 - 騒音対策

3. マシンフード

それでは、ドライヤーのマシンフードを説明させていただきます。これは代表的な密閉フードの外観を撮った絵です。こちらが密閉フードです。

密閉フード



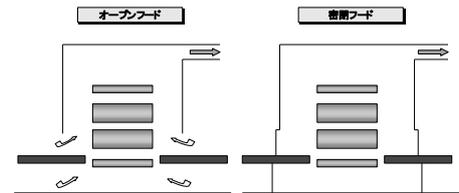
これがオープンフード。ドライヤーの上にしか掛かっていません。これはアフタードライヤーのところですよ。

密閉フードとオープンフード



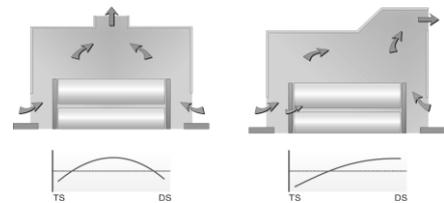
先ほどの歴史の中でも申しましたが、オープンフードと密閉フードの違いを、簡単にご説明をします。20～30年前に多かったこのオープンフードは、先ほどの写真の通り、ドライヤーの上部だけを囲った形です。密閉フードというのは、この2階面、それからベースメントに至るまで全部密閉しています。オープンフードの場合はすき間から自由勝手に空気が入ってくる。密閉フードの場合は、意図的にいろいろなところからエアを供給する形になります。

ドライヤーフードの種類



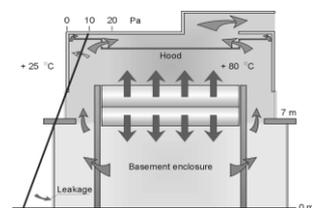
それではオープンフードというのは、なぜ20～30年前の状況から、現在のように廃れてきたのでしょうか？ 例えば中央部に排気を持ってきた場合は、真ん中にどンドンどンドン熱気が行って、周りにはどンドン外気からの給気で冷やされます。したがって、温度および湿度のグラフは、真ん中が非常に高くなって、両サイドは湿度が下がり、温度も下がってきます。では、片側に持ってくると、こちらの排気側に温度カーブが傾斜して、片側の温度が高く、湿度も高い状態になってきます。このような状況を作ると、いくらいドライヤーであっても、紙の乾燥に当然むらが出てくる訳です。

オープンフードの温度・湿度の不均一性



これは密閉フードの圧力分布とエアの流れを模式的に示したものです。ドライヤーシリンダーから出てくる熱が、このように完全に密閉されていますから、当然上昇します。後で説明しますが、一般的にはこのような二重天井があって、両サイドからエアを排気し、給気は強制的にいろいろなところから入れます。一部はリークもあります。ここで述べたいのは、この青い線です。当然、上部は過圧になります。温度も高くなります。下部は負圧になり、温度も下がってきます。このようにフードの中では圧力分布とエアの流れが生じている訳です。

密閉フードの圧力分布とエアの流れ



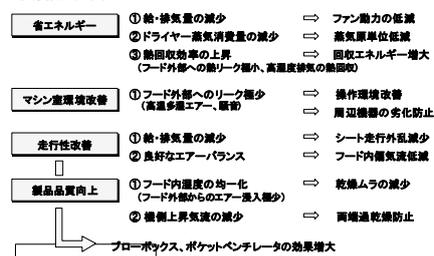
これはフード形式による標準的なデータを示しています。これで一番大きく違うのは、この排気湿度です。高露点の場合ですと 0.16 から 0.18、中露点になってくると 0.12 から 0.14、オープンフードになってくると、非常に湿度が下がって 0.05 や 0.1 になります。露点は先ほど少し説明しましたが、高露点フードで 61℃や 63℃。中露点ですと 56℃から 59℃ぐらい。オープンフードですと 40℃から 52、53℃となります。ここで面白いのは、この一番下に示していますが、1 kg の水分搬送に必要な排気エア量を示しています。蒸発量というのは、抄紙機のドライヤーの能力によって決まてきますが、では、その 1 kg の水分が発生したら、どれだけのエアが必要なのだろうかというときに、高露点フードですと 6 ~ 7 kg でいいですが、一方、オープンフードですと 12~33kg と大量のエアが必要です。これが、全体の省エネルギー、効率を考えるとときに大きな意味を持ってきます。

フード形式による諸データ

	高露点フード	中露点フード	オープンフード
排気湿度(kg H ₂ O/kg d.a.)	0,160 - 0,180	0,120 - 0,140	0,050 - 0,100
露点(°C)	60,8 - 62,8	55,7 - 58,5	40,3 - 52,5
排気湿度(°C)	80 - 90	75 - 85	50 - 70
排気量に対するリーク量(%)	10 - 30	20 - 40	50 - 70
1 kgの水分搬送に必要な排気エア量(kg)	abt. 6 - 7	abt. 8 - 10	abt. 12 - 33

高露点フードのメリットは、まず省エネルギーに大きく寄与することです。給排気量の減少。即ち、排気量を抑えて露点を高くしていますから、その分の給気量しか入れません。これらは、ファン動力の低減、いわゆる省エネルギーの一番大きなファクターになってきます。次にドライヤーの蒸気消費量の減少にもつながってきます。これが蒸気原単位の低減になるわけです。それから熱回収率の向上によって、回収エネルギーを増大させることができます。排気エアは、高温、高湿度の高いエネルギー源ですから、熱回収としてはやりやすいわけです。次に、フード外部へのリークが非常に少なくなり、ドライヤー周りでの操作環境が大幅に改善されます。当然ながら周辺機器の劣化も防止できます。続いて、走行性改善につながってきます。給排気量が減少するという事は、シートの走行性に与える外乱が減ってきます。給排気量が多いと、大量の空気が流れますから、後で説明するブローボックスをつけても、その外乱によってシート走行が乱されます。それから良好なエアバランス。これはフード内の偏気流を低減させます。それから、フード内の湿度が均一化することによって乾燥むらが減ってきます。それから機側上昇気流が減ってきますから、両耳の過乾燥が防止できます。この走行性改善、製品品質向上は、後で説明するブローボックス、およびポケットベンチレータの効果を増大させる副次的メリットを

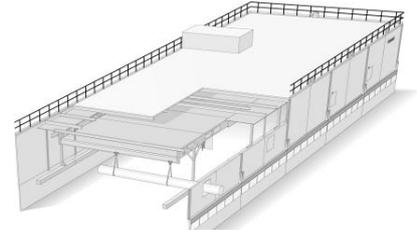
高露点密閉フードのメリット



持っています。

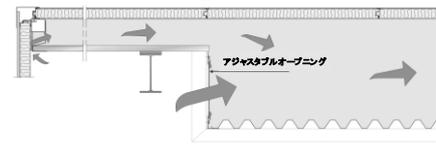
次に、密閉フードの構造を説明します。これは、密閉フード全体を模式図で示したものです。

Metsoの密閉フード



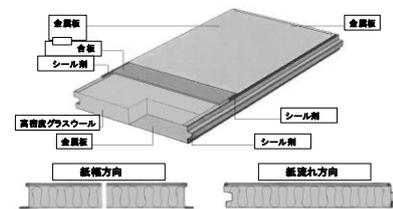
まず非常に重要なところは、フードの天井部です。ここに高密度グラスウールで、 $130\text{kg}/\text{m}^2$ という日本では手に入らない高密度のグラスウールを使って、断熱をしています。フードの全体で説明したように、高露点フードの場合、必ずこのような二重天井を持っています。二重天井のサイドに、アジャスタブル・オープニングと呼んでいます引戸のようなものがずっと抄紙機の流れ方向についており、これによって、左右のエアバランスと抄紙機の流れ方向のエアバランスを調整します。これは、試運転で一度調整すれば、よほど大きな操業の変化がない限り、再調整することはありません。

フードの天井部



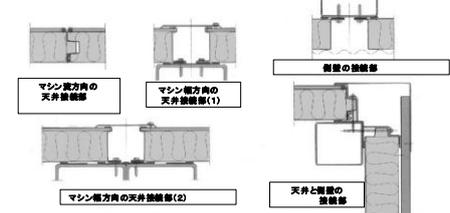
この図は、天井パネルのエレメントの構造です。先ほど説明しました 130 キログラム/ m^2 の高密度なグラスウールを使用し、人間が乗っても、全然へこみません。その上にこのような合板と金属板を上に入れて、一つのパネルを形成しています。また、これはパネルエレメントの断面図です。

天井パネルエレメント



これはフードを語るときに重要なパネルエレメントの接続部です。流れ方向の場合は、このような雌と雄の構造になっており、組みやすくするような形にしています。また、この間にシール材をかませて完全に密閉させます。これは抄紙機幅方向の天井部の接続部です。同じ接続部なのですが、下のフレーム構造によって若干変えています。ここで重要なのは、金属と金属が接触していると熱が抜けてしまいますので、ここに断熱材を入れて、熱の抜けを防止している。それとこの空間、一見何ということなく設けていますが、これにも意味があります。この上にプレートで張ってありますが、実は片方しか止まっておらず、もう片一方はフリーになっています。というのは、幾らいいパネルを使っても、長時間使っていると、当然多少の湿気は出て

パネルエレメントの接続部



きます。それを、完全にふさいでしまいますと、ここに熱がこもり、結露などの原因になります。実は、ここをフリーにしているというのは、どんどん熱がたまってくると、ここから自然に抜けていくようにしているのです。通常はついていますが、ある程度圧力を増すとピュッと抜けていく、このような構造を採っているわけです。そのような細かい工夫もフードを設計する上では必要になります。

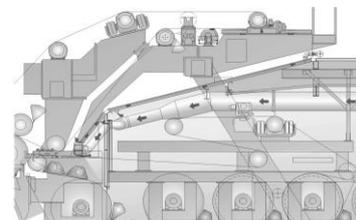
高露点フードの構造をまとめてみます。パネルエレメントには十分な厚さと密度の保温材を使用することが重要です。それから、パネルエレメントには十分な気密性を持たせること。このパネルエレメントはグラスウールで、先ほど天井が130kgと言いましたが、側壁辺りでは90kg/m²ぐらいのを使います。グラスウールは、水が入ってしまうと、ずーっと縮小してしまって、下がってってしまいます。したがって、パネルエレメントには高い気密性が要求されます。それがないと、長年使っていると「おかしいな」ということになるのです。それから、先ほどご説明しました、パネルエレメントの接続部での熱伝達の最小化。それから熱貫通部の最小化。この熱貫通部というのは、先ほどの接続部でも説明しましたが、フードの外部と内部が金属で繋がっている所があると、一ぺんにそれで熱が抜けてしまい、そこに結露が発生します。したがって、そこをいかに少なくするかです。これはおまけのようなものですが、歩行可能な天井でこれは当社の売りですが、高密度グラスウールは人間が乗っても、壊れません。

これは、最近のプレスの形状にも影響していますが、「加温天井パネル」と呼んでいます。プレスの最終のところではフェルトランがドライヤーにかぶっている。このフェルトは非常に湿度が高く、水分を多く含んでいますので、その下に設ける天井の外側が結露する危険が高いのです。したがって、このパネルは、中に熱風を入れ、強制的に暖めて、ここで絶対に結露させないようにしているパネルの例です。ここに太いダクトが描いてありますが、これはウェットエンド部です。湿度の高いエアーが、プレスから紙に随伴してフードに入ってくる時に、いかにここで遮断するかが重要です。そのときに、ここに熱風を吹かせることによって、プレスとの間を遮断するという工夫をしています。

高露点フードの構造

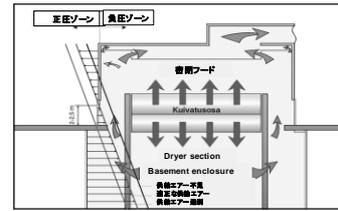
- パネルエレメントには十分な厚さ・密度の保温材使用
- パネルエレメントには十分な気密性
- パネルエレメントの接続部には最適なシール構造
- パネルエレメントの接続部での熱伝達の最小化
- 熱貫通部を最小化
- 歩行可能な天井

加温天井パネル



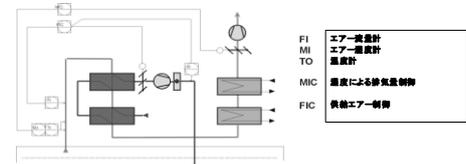
これは密閉フードのエアバランスです。ここにグラフが3本書いてありますが、適切なエアバランスですと、大体2階面から2mから2.5mぐらいの所で、上は過圧、下が負圧ゾーンになります。これが適正とされています。供給過剰になると、このポイントがずっと下がってきます。過圧ゾーンが増えてくるわけです。逆に供給エアが不足すると、どんどんどんどん上がって行ってしまって負圧ゾーンが増えてきます。この圧力ゼロのポイントをコントロールするゼロレベル制御が使われているお客様もいらっしゃいます。

密閉フードのエアバランス



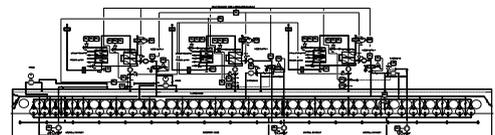
これは、標準的な密閉フードの給排気制御の例を示したものです。フードの排気の流量と温度、次に湿度を測定します。この排気の温度と湿度を検出して、それを最終的な排気ファンの流量をコントロールしています。この流量をコントロールすることによって、フード内の温度と湿度をコントロールして、一定に保つようになっています。それから流量を測定することによって、この熱交換器への給気量をコントロールし、給気バランスを保っています。

標準的な密閉フードの給排気制御



これは参考までに、ドライヤーセクションの給排気フローの例です。先ほど説明した給排気ユニットが三つある例です。

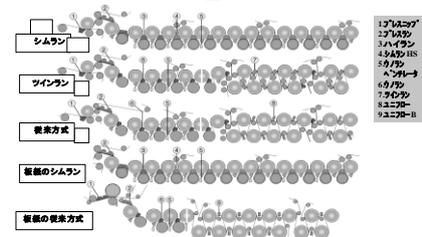
ドライヤーセクションの給排気フロー



4. ブローボックス：抄紙機の走行安定性と品質改善

次に、主力機種の一つであるブローボックスを説明します。日本に非常に多いのは、この従来方式です。このようなプレスのセパレート4Pなどがあるって、それからシングルカンバス部があり、ダブルカンバス部があります。これは一般的に新聞、あるいは洋紙抄紙機に非常に多いパターンです。板紙なども同じようなパターンが多いです。プレスのセパレート4Pなどに使う PressNip ブローボックス、それから、プレスからドライヤーへの橋渡しをするところに設ける PressRun ブローボックス、それからシングルカンバス

Metso ブローボックスの基本コンセプト

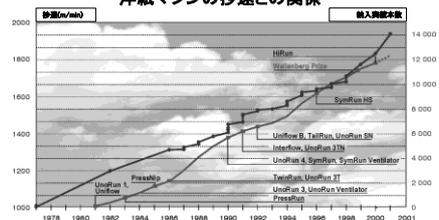


部に持ってくる UnoRun ブローボックス、それから群間用の UnoRun ブローボックスです。それからダブルカンバスに持ってくる、Uniflow ポケットベンチレータというのを配置しています。抄速 1,000m前後、あるいはそれを越えてくると、当然坪量によっても変わってきますが、TwinRun コンセプトを採用します。シングルカンバス部までは同じですが、そこから先のダブルカンバス部は TwinRun というブローボックスを配置して抄速 1,300mクラスまで対応しています。それから、1,300mを超えるような抄速になってきますと、今度は SymRun コンセプトとなり、SymRun ブローボックスを採用します。さらに 1,500m、1,600m、1,800m、2,000mと超高速の抄紙機になってくると、最初のまだ水分を多く持っているエリアに、後で説明する HiRun ブローボックスを採用します。このようなブローボックスの開発で、現在の 2,000mクラスの抄紙機も問題なく走行ができるようになりました。

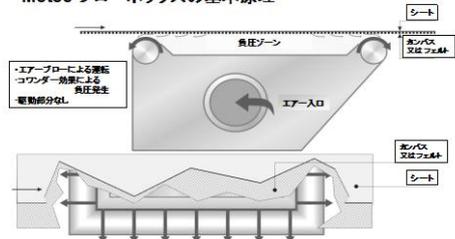
これは冒頭で説明したグラフと同じですが、どんどん世界の最高抄速が上がってきて、それに伴ってブローボックスの納入本数もどんどんどんどん上がってきているのがご理解できると思います。

それでは、ブローボックスの基本原理を説明します。弁当箱のような箱の上に、まずシートその下にカンバスやフェルトが存在し、その間に負圧ゾーンを作ります。この負圧を発生するメカニズムとして、その四隅にこのようなパイプ状のものを配置します。そこで、ボックスに入れられたエアは、このパイプ状の手前に設けたこのスリットからエアが吹き出します。まともこの方向に吹き出すと、カンバスに直接吹きつけそうですが、コワンダー効果といって、エアは物に沿って流れる習性を持っています。自動車のレーシングカー等で必ず流線型に沿って空気が流れていくのと同じように、このようなパイプ状のものにエアを吹きかけると、このパイプに沿ってエアが流れるのです。これは少し極端にかいてありますが、このエアの流れによってこのノズルで囲まれたゾーンに負圧が発生します。このようにして発生した負圧は、非常に安定しています。例えば、これを真空装置で引くと、カンバスとボックスが近づくと、どんどん一次曲線のように負圧が上がり、

ブローボックスの納入実績(本数)と
洋紙マシンの抄速との関係



Metso ブローボックスの基本原理



ペタッとくっついてしまう。逆に離れると、今度は急激に負圧が弱くなってきます。したがって、このようにブローにより負圧を発生させると、くっつけば離そうとする力が出てきますし、多少前後しても、負圧というのはそう大きくは狂いません。この原理を用いて、ほとんどのブローボックスは設計されています。

これは、ブローボックスとシートとカンバスの位置関係を示しています。このパイプ状の芯から約 20mm ぐらい入ったところから安定した負圧領域が発生します。したがって最大紙幅というのは、この 20mm 以内に入っていないけません。当然、カンバスはそれより広くなくてはいけません。ですから、最低でもブローボックスの幅は欲しい。われわれがブロー幅と呼んでいるのは、このパイプの芯から芯までです。ブローボックスは非接触式ですから、ほとんど半永久的に使えます。メンテする所もほとんどありません。後で説明しますが、若干の汚れがついたら洗浄するのは必要ですが、それ以外は全く要りません。しかしながら、もしワイヤーパートやヘッドボックスを改造して紙幅を広げてしまったら、これはブローボックスを取り替えていただくしかありません。

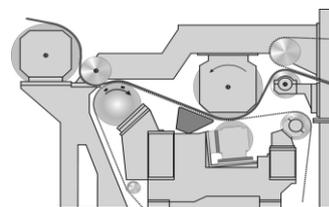
これは、本日のドライヤーから少し外れますが、プレスパートのブローイングを防止するためのブローボックスです。PressNip ブローボックスと呼んでいます。これも日本国内にもたくさん採用されており、非常に効果のあるブローボックスです。

続いて、PressRun ブローボックスです。ロール配置により、それぞれいろいろな配置パターンがありますが、基本的には、2つのボックスを組み合わせ使用します。これは、支持する距離が長いため、カンバスとシートが負圧で湾曲するため、2つのブローボックスをハの字に配置するためです。

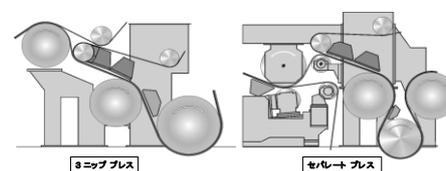
ブローボックスのシートとカンバスの位置関係



Metso プレスニップブローボックス

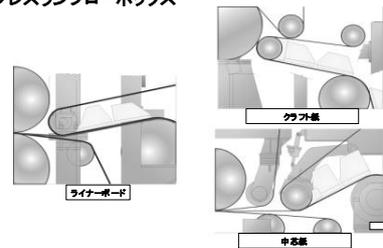


プレスランブローボックス



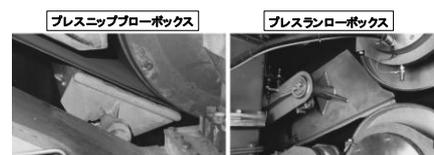
これはライナー、中芯、クラフト抄紙機の標準的な例です。

プレスランブローボックス



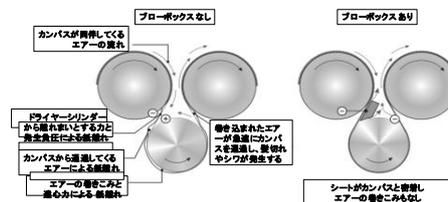
これは、プレスニップとプレスランブローボックスの実機写真です。

Metso ブローボックス



プレスから渡ってきた紙は、標準的な抄紙機では、まずシングルカンバス部に入ってきます。そのカンバスには随伴してくるエアの流があります。それから、ドライヤーシリンダーが紙とくっついているわけですから、それが離れまいとする力があり、かつ、ここはオープンニップになりますから、負圧が発生します。その次に、随伴してきたエアが逃げ場をなくして、逆に今度はクローズニップになりますから、ここにプラス圧が発生します。それが抜けようとする事で紙とカンバスを離そうとする力となります。それからドライヤーシリンダーの遠心力で紙とカンバスを離そうとする力が発生します。このような大きく三つの力が、シングルカンバス部で、カンバスと紙を離れさせようとする力が発生します。逆に今度は、ボトムシリンダーからトップシリンダーに上がる所では、これとは逆になり、一般的にはカンバスと紙はくっつく方向に行きます。ですから、ここは基本的には、例えば1,200メーターぐらいの抄紙機でしたら、ほとんど何もしなくても問題はありませぬ。ただし、ここでエアをかねてしましますと、このエアがバンと急速にカンバスにくっつく衝撃によって、紙が切れてしまします。紙が切れるのはシングルカンバス部の場合、ここで切れるのです。そこで、先に説明したUnoRunブローボックスをここに配置します。ブローボックスは先ほど説明しましたように四隅からエアが吹いています。このUnoRunブローボックスでも、先ずカンバスが随伴してくるエアは、ここで吹き出すエアでキャンセルされます。この吹き出すエアは、キャンセルする意味とここで負圧を発生させる意味と、両方持っているわけです。

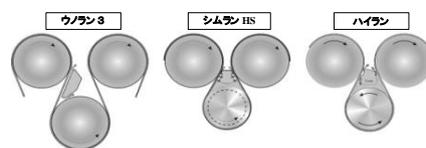
シングルカンバス部のシート走行



したがって、カンバスと紙が密着して紙が送られてきますが、ここにはエアーが入っていませんから、紙とカンバスが離れるようなことがなく、安定した走行になります。

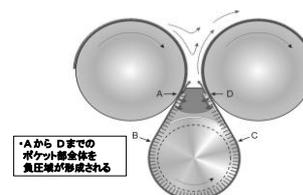
これは UnoRun ブローボックスのファミリーです。

ウノランブローボックスのファミリー

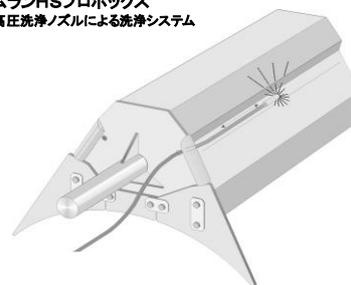


先ずこれは、SymRunH S コンセプトの原理です。1,300m以上の抄紙機では、普通の UnoRun ブローボックスだけでは対応できないことから SymRunH S が開発されました。ボトムロールをバキュームロールにして、SymRunH S を配置し、AからDまで、ブローボックスの効果とバキュームロールの効果で、シートをカンバスに密着させます。このようにすることによって安定した走行が得られるわけです。このブローボックスも、非接触ですから基本的にはノーメンテナンスです。ただし、ある期間、運転していると紙粉などがノズルに詰まることがあります。

シムランHSコンセプトの原理



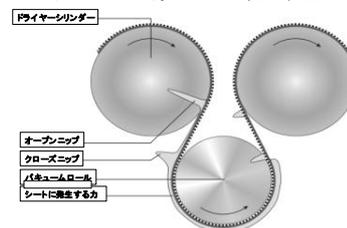
シムランHSプロボックス 高圧洗浄ノズルによる洗浄システム



このような場合、この図は SymRunH S とありますが、一般的なブローボックスにこのような高圧シャワーノズルを入れて、内部から紙粉などを洗浄することが出来ます。

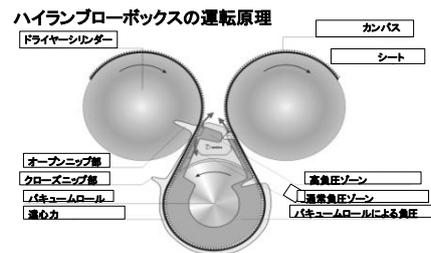
続いて、先ほど説明しましたように、シングルカンバス部で図のような力が発生していますが、1500mを越えてくるとさらなる対応が必要になってきます。この図の3ヶ所で、紙とカンバスを離す力があり、この図の高さが離そうとする力、それからこの幅がその力が働く距離です。特にこのオープンニップになるところで高い負圧が発生し、更に高速抄紙機ですから、紙がロールから更にはがれにくい状態になります。この部分が最もシートとカンバスが密着しづらくなる場所です。その他は、このクローズニップの所と遠心力による力です。後は既に説明しましたようにシートからカンバス方向への力が発生しています。

シングルカンバス部のシートに発生する力の方向と強さ



そのために SymRunH S ブローボックスというのをさらに

改良して、高負圧ゾーンを設けたブローボックスで、二重構造になっている HiRun ブローボックスを開発しました。この HiRun ブローボックスは、このオープンニップの所に高負圧ゾーンを設けることによってシートとカンバスを離す力が最も強い所をカバーしてあげる訳です。もちろんこの高負圧ゾーンの発生もブローエアーによるものです。これにより、抄速 2,000m 以上の抄紙機が可能になりました。実績では、新聞紙で常用 1,900m 以上、上質紙でも 1,700m などの超高速の抄紙機が稼動しています。



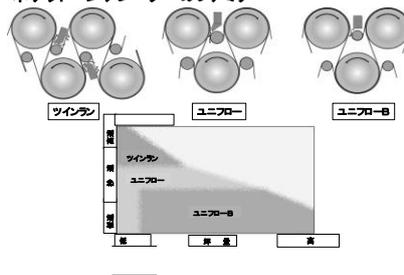
ハイランブローボックス



これは、HiRun ブローボックスのイメージ図です。

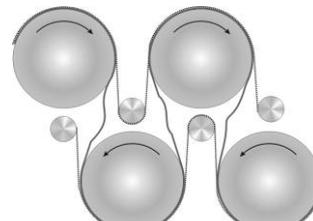
つづいて、ポケットベンチレータについて説明します。この図はそのファミリーを表したものです。このポケットベンチレータは、ダブルカンバスのポケット部の換気目的に使用されます。抄速と坪量によって使い分けます。このダブルカンバス部は、標準的にカンバスロールをシンメトリックに配置することによって、例えばポケット部に 100 入ってきたエアーを 100 出してあげることで、ポケット部が安定するわけです。一番標準的なのは UniFlow ポケットベンチレータです。

ポケットベンチレータのファミリー



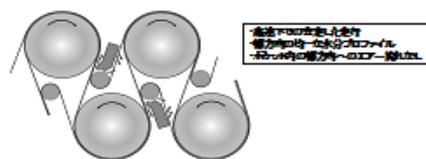
抄速が 1,000m を越えてくると、ダブルカンバス部のフラッターリングが問題となります。これは少しイメージを極端にかいてありますが、フリーランで紙が暴れる傾向、特に耳部がひどくなってきます。

高速マシンにおけるダブルカンバス部のフラッターリング



そこで開発されたのが、TwinRun コンセプトです。高速抄紙機の先ほどのようなフリーランのフラッターリングを防止し、かつポケット部の換気も行なってやろうという目的で開発したのが、この TwinRun ブローボックスなのです。この場合、カンバスロールをウエット側に寄せて、なおかつ、なるべくボトムロールに寄せ、次のロールに近づ

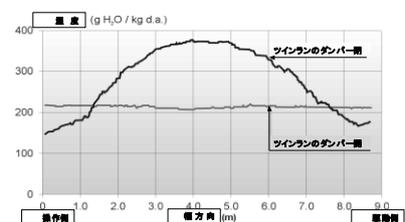
ツインランコンセプト



けてあげます。ここで一種のシングルカンバス部を作ってあげるわけですね。また、これはツインというぐらいですから、二つの機能を持っているのです。極端な話、このボックスの左半分は UnoRun です。それから右半分は Uniflow ポケットベンチレータ、この機能を持っています。このカンバスロールをウエット側へ寄せて、シングルカンバス部を形成してあげて、ここに負圧を発生させてあげれば、ここはシングルカンバス部と同じですから、非常に走行安定する。「では、ここのフリーランはどうするのだ」と、こう言われるのですけれども、実はこのような振幅といいますか、振れというのは二乗で効いてきます。したがって、例えば半分のフリーランをカバーしてあげれば、振幅は4分の1になってしまいます。実際4分の1というと、ほとんどフラッターリングが起らないような状況、極めて安定した状況に見えます。今度は、ここのポケットのベンチレーションですが、ここの右半分に Uniflow のポケットベンチレータと同じ機能で、ここからドライエアーを入れてあげます。この狭いポケットの空間ですが、入れた空気が、ポケット部を換気し、この隙間からカンバスに従って出ていく。やはり 100 入れた空気を、100 出してあげる。このようなエアーバランスを取って、実際は設計しています。「では、ここのデッドゾーンはどうするのだ」というと、実際メツォの方でここの湿度を測ってみると、他のポケットゾーンと湿度はほとんど変わりませんでした。これは恐らく、ここの湿気はこのポケット部のエアーの流れに沿って引っ張り出されていくからと考えられています。したがって、全体的に非常に安定したポケットベンチレーションができる訳です。

これは TwinRun をオフにしたときと、オンにしたときの湿度分布です。当然、ポケット部の真ん中は湿度が非常に高い。これを TwinRun をオンにしてあげると、フラットで低い湿度領域になります。当然、湿度が低く安定するということは、紙の乾燥も安定してくる訳ですね。

ツインランブローボックスによるポケット内の湿度分布



次に最も標準的な Uniflow ポケットベンチレータですが、これは先ほどもご説明しましたが、カンバスロールは基本のシンメトリックに配置し、その上ウエット側に Uniflow ポケットベンチレータを配置します。供給された乾燥エアは、3ヶ所からブローされます。先ず、カンバスに随伴してくる湿度の高いエアを遮断するため上向きに、ポケット部に供給するための左下方向のポケット部に、次はポケット部から出てきた湿度の高いエアを再度ポケット部に浸し入らないように右横方向にそれぞれブローします。こうすることで、ポケット部が完全に乾燥エアに置き換えることができる訳です。このエア量は、先ほどもご説明しましたが、ポケット部から出て行く量を供給します。100 出て行くなら 100 入れます。したがって、このポケット部のエアバランスが安定し、紙幅方向の流れが抑制され、副次的なメリットとして走行性が安定します。また、Uniflow ポケットベンチレータの両端には、ダンパーを設置し、耳部の過乾燥を防止します。以前は、約 1 m 間隔でダンパーを設け、水分プロファイル強制が出来るようになっていましたが、世界中を調査した結果、中央部はほとんど全開状態で使用されていることが判り、今は両耳だけにしています。基本的に水分プロファイルの大きな傾きはドライヤー自身かフードに起因しているので、そこを修正するのがベストなためです。

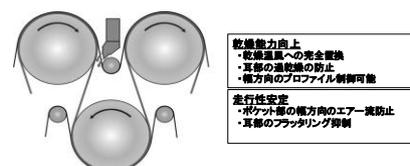
これは Uniflow ポケットベンチレータをオフにしたときと、オンにしたときの湿度分布です。その効果は歴然ですね。

これは、Uniflow-B ポケットベンチレータで、Uniflow ポケットベンチレータを板紙用に、もっと簡便な構造にしたものです。

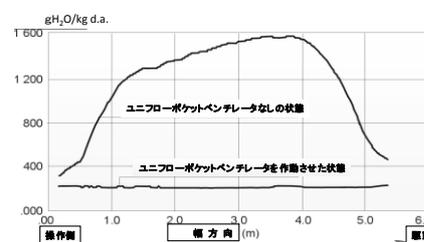
これも Uniflow-B ポケットベンチレータをオフにしたときと、オンにしたときの湿度分布です。

以上で、抄紙機エアシステムの説明を終わります。ご静聴ありがとうございました。

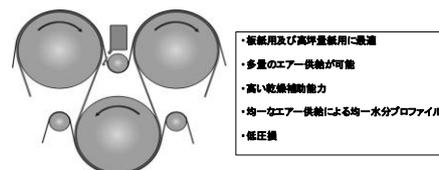
ユニフローポケットベンチレータ



ユニフローポケットベンチレータによるポケット内の湿度



ユニフロー-Bポケットベンチレータ



ユニフロー-Bポケットベンチレータによるポケット内湿度分布

