

リールの変遷と今後

三菱重工業株式会社 紙印刷機械事業部 道浦 克彦

	頁
1. はじめに-----	2
2. 下巻きシワ対策-----	3
2.1 従来型リールの改善-----	3
2.2 新型リールの開発-----	6
2.3 スプールの選定基準の見直し-----	8
2.4 巻き硬さの理論的・実験的解析-----	9
3. 各装置の変遷-----	10
3.1 スプールの-----	10
3.2 枠替え装置-----	10
3.3 ドラム-----	11
4. 今後について-----	12
4.1 さらなる高速化-----	12
4.2 自動化-----	13

この資料は、平成 16 年 10 月 12 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」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。

講師略歴

1985 年 三菱重工業(株)入社、コーター、サイズプレスの設計担当

1991 年 コーター、リールの開発担当

1996 年 リール設計担当

2003 年 品質管理課長

1. はじめに

三菱重工の道浦と申します。よろしく申し上げます。現在、品質保証部に所属していますが、昨年までリールの設計を長い間担当してきました。そのような意味で、今日ここでリールのお話をさせていただきます。

これは、1900年ごろのリールの写真です。この当時、抄紙機速度が遅く、紙幅も狭かったですが、構成要素としては、ドラムがあり、ドラムをサポートする専用のスタンドがあります。また、プライマリアームもあり、構成そのもの、巻き取りの方法そのものは現在とほぼ同じであることが、この写真から分かります。

これは、1947年当時のリールのデザインです。ドラムがあつて、プライマリアームがあります。巻き取りの水平レールもあります。そして、プライマリアームでの巻き取り時、水平レールで巻き取り時もスプールの両端をシリンドラで加圧しております。ドラムでは、電流を制御することによって入り側のテンションをコントロールしています。このように、基本的な構造、考え方は現在と同じです。つまり、リールはほぼ構造的に進歩せずに、ずっとそのまま進んできたというのが今までの状況です。

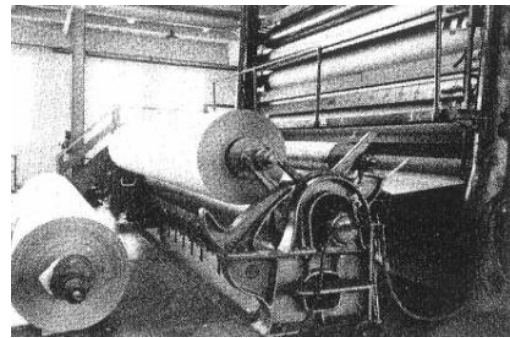
これは、三菱重工が納めました新聞用抄紙機の例について、その生産量とリールの大きさを表にまとめたものです。納入時期が、1957年、64年、71年、88年、98年と時代が進むにつれて、設計速度は400、700、900、1,300、1,800m/分というように速くなってきています。それに伴って、巻き取り径も、1,800、2,000、2,240、3,000、3,500mmと大きくなってきています。生産量も、もちろん大きくなってきています。

ここで紙幅が一つ狭い例を入れてみました。しかし、巻き取り径は3,000mmで、巻き取り径と設計速度がほぼ比例関係にあることを、頭に入れてください。

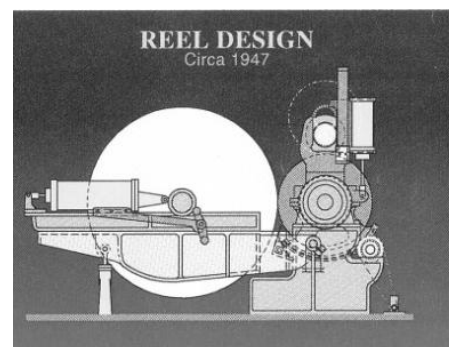
さて、リールへのニーズはどのようなものか考えてみます。紙品質は、前工程であるカレンダーまでで決定してしまいます。リールは、そこで完成された紙を、ただひたすら巻くだけです。シワが発生する、光沢むらが出る等の紙品質を落とすようなことなく、効率良く巻くことが、リールに課せられた任務です。ということで、損紙の低減、及び、省人化がニーズと言えます。それによって操業効率をアップすることが、リールに課せられた課題です。

次頁の図は、印刷工場で行った紙切れの要因を分類したものです。縦方向には、紙切れの要因を頻度順に並べ

1900年頃のリール



1947年頃のリール



生産量とリールの大きさ
(新聞用紙抄紙機)

納入時期 年	設計速度 m/min	巻取径 mm	紙幅 mm	生産量 t/d
1957	400	1800	3450	177
1964	700	2000	6560	392
1971	900	2240	8130	628
1988	1300	3000	4900	450
1998	1800	3500	8130	892

リールへのニーズ

- ・ 損紙低減
- ・ 省人化

による操業効率アップ

ています。横方向は、ワインダーでの取り卸しの順番に並べています。一卸し目、二卸し目、三卸し目で、ラストが、リールの巻き取りでスプールに一番近いところの巻き取りです。

ここで、一番下にありますアンノウン(Unknown)を除いて、シワ(Wrinkles)に起因する紙切れが 276 件と、断トツで数が多いことがわかります。一卸し目、二卸し目というように見ていったときには、17 件、22 件、27 件、それで一番最後のラスト、すなわち、スプールに一番近いところの巻き取りでは 210 件になっています。このデータが示すように、リールに関して解決すべき問題は、一番スプールに近いところの巻き取りに発生するシワの問題で、これが最重要課題であることがわかります。

これは参考までにお見せしますが、印刷工場が発生した 1 週間単位の紙切れの件数をプロットしたものです。左半分は、全ロール、及び、ラストセットすなわち一番スプールに近いところの巻き取りについてのみカウントしたものを示します。そして、右半分は、ノー・A&Z ロール、すなわち、フロント側の端とバック側の端のロールを除いたものと、ノー・スプライシーズ、すなわち、紙継ぎのある巻き取りロールを除いたものをプロットしています。これを見て分かりますように、A 巻き、Z 巻きとスプライスを除きますと、断紙件数がこのように激減します。

以上のように、リールの歴史は、下巻きシワ対策の歴史であると言っても過言ではありません。そこで、ここではリールの変遷を、下巻きシワ対策という観点から見ていきたいと思ひます。

2. 下巻きシワ対策

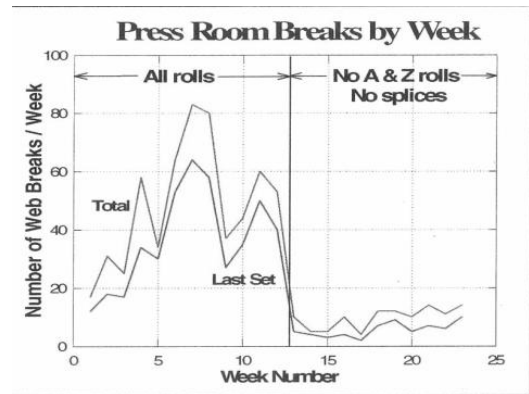
下巻きシワ対策の進め方として、四つあります。一つ目は、従来型リールの改善。それから二つ目は、新型リールの開発。3 番目は、スプール選定基準の見直し。そして 4 番目として、これらの三つの対策をサポートするという意味合いで、巻き硬さの理論的および実験的解析。このような対策が取られてきました。

2.1 従来型リールの改善

まず、従来型リールの改善について説明します。リールでのシワの発生の原因を大きく分類しますと四つあります。まず、スプール自重による過ニップ。それから、プライマリーからセカンダリーへ加圧移行時のニップ圧変動。3 番目が、巻き取りロールがレールに

Press Room Break Classification

Defect	Total	Last	Third	Second	First
Roll Uniformity	2	1	0	1	0
Slitter Defect	3	3	0	0	0
Glue on Edge	6	4	0	2	0
Loose Paper	6	5	1	0	0
Uneven Winding	12	7	0	3	2
Stuck Sheet	13	6	6	1	0
Fiber Cuts	14	11	2	1	0
Transit Damage	14	5	4	4	1
Calender Cuts	17	16	1	0	0
Holes / Slugs	19	9	6	3	1
Core Problems	30	8	5	7	10
Defective Splice	57	42	5	6	4
Unknown	232	183	19	22	8
Wrinkles	276	210	27	22	17
Totals	701	510	76	72	43



下巻きシワ対策

1. 従来型リールの改善
2. 新型リールの開発
3. スプール選定基準の見直し
4. 巻き固さの理論的、実験的解析

乗ったときの下限時のショックです。それから、ニッププロファイルが不均一である。この四つが、主な原因として考えられます。

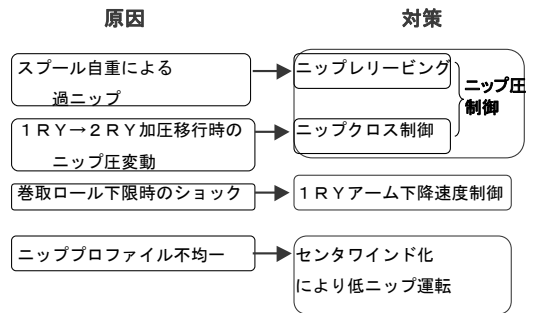
これらの原因の対策として、まず自重による過ニップに対しては、ニップ・レリービング (nip relieving)。またプライマリーからセカンダリー加圧移行時のニップ圧変動に対しては、ニップのクロス制御。この二つを総称して、ニップ圧制御と呼んでいます。それから、巻き取りロール下限時のショックを無くすためには、プライマリーアーム下降速度制御。ニッププロファイルの不均一に対しては、センターワインド化による低ニップ運転が取られてきました。

次に、これらの対策について、個々に説明します。まず、ニップ圧制御の一つのニップ・レリービングは、プライマリーアームの中にスプールを下からシリンダで持ち上げることににより行います。ニップ・レリーブなしのときには、フックによる加圧力とスプール自重によるニップがかかります。スプール自重によるニップは、大きいものと、10 kN/m から 15kN/m になることもあります。このニップ過大を避けるために、レリービングシリンダでスプールを下から持ち上げることによって、スプール自重分をキャンセルします。これは、プライマリーアームを転倒していく間、アームの角度を時々刻々検出して、その時々スプールの自重のニップ方向成分を計算して、それに見合った力をシリンダでレリーブするという形で、スプール自重分をキャンセルします。

ニップ圧制御がない場合はニップのプロファイルはどうなるでしょうか。プライマリーアームの加圧によるニップ圧は、自重プラスフックの加圧がもろにかかりますから、図のような高い値になります。それから、アームが下降するにつれて自重分が無くなり、下限まで降ったときはフックによる加圧力だけが残ります。セカンダリーの加圧力は、セカンダリーアームがスプールにタッチした段階でかかります。このプライマリーとセカンダリーの加圧力が両方合わさった瞬間に高いニップ圧を生じます。このようなことで、最初に非常に高いニップ圧がかかり、その後いったん設定圧に変わった後も一瞬高いニップが発生するニッププロファイルができてしまいます。ニップ圧制御をした場合は、プライマリーでの加圧は自重分がキャンセルされますから、プライマリーアームが下降中も常時設定ニップ圧のままです。そして、セカンダリーアームを加圧するときに、加圧力を一度に上げてしまうのではなくて、プライマリーの加圧力を下げながらセカンダリー加圧力を上げていくというクロス制御をすることによって、トータルのニップ圧が常に設定ニップ圧のままであるという制御が可能になっています。

次は、プライマリーアームの下降速度制御です。巻き取りロールがレールの上に降りきったときのショックを和らげるため、プライマリーアーム下限近くで下降速度を減速し、巻き取りを水平レール

リールでのしわ発生

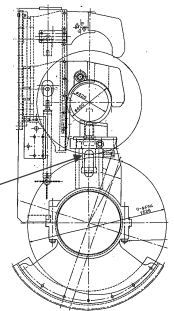


従来型リールの改善 (1)

ニップレリービング

ニップレリーブ無し時
フックによる加圧力と
スプール自重によるニップ

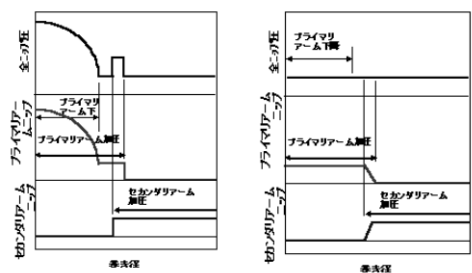
レリービングにより
スプール自重分をキャンセル



従来型リールの改善 (1)

ニップ圧制御

ニップ圧制御無 → ニップ圧制御有



従来型リールの改善 (2)

1RYアーム下降速度制御

巻き取りロール
下限時のショック → プライマリーアーム下限近くで
下降速度を減速し
巻き取りを水平レール上へ
ソフトランディング
・1RYアーム角度検出
・インバータモータ

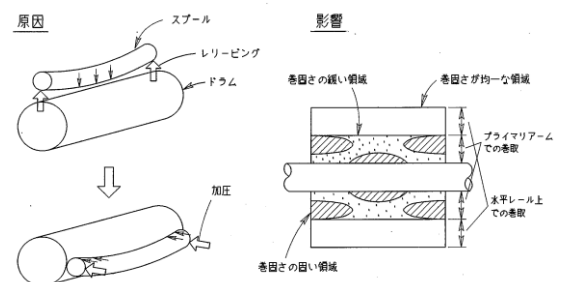
上へソフトランディングさせることを行っています。プライマリーアームの角度を先ほどと同じように検出して、アームが下限に近づいてきたら減速します。そのために、インバーターモーターを使って制御を行います。

これらは主に制御的な対策ですが、それ以外に機械的対策があります。例えば、プライマリーアームで巻き取りを加圧しています。そしてセカンダリーアームで加圧するために、アームがスプールにタッチする。このときのショックがもとでシワになることもあります。このショックを和らげるために、セカンダリーアームを機械的なストッパーでスプールにタッチする直前で止めてやっ、スプールが巻き太るにつれて、スプールのほうがセカンダリーアームにタッチしていくという形で、ソフトにスプールとセカンダリーアームをタッチさせる方法があります。あるいは、プライマリーアームを降ろしていった、レールの上にスプールが降りきるときに、レールのスプールが降りてくるところに、レール上面に勾配をつけてあります。そうするとプライマリーアームが降りきったところでは、スプールはまだプライマリーアームでつかんでいる。そして巻き太りにつれて、スプールがじわじわと勾配のついたレールに近づいていって、あるところでスプールがレールの上に乗るという形で、ソフトにランディングさせるというような機械的対策もあります。また、加圧圧力制御の精度を高めるため、油圧シリンダにより加圧することが多くなっています。

次に、ニップ圧のプロファイルの不均一について説明します。スプールにはフックの力で加圧力を出すために下向きの力がかかります。しかし、それ以上にスプールの自重ははるかに大きいですから、自重を持ち上げるために、下からレリーブの力をかける。ということで、スプールにかかる全体の力としては、下から持ち上げる方向に力がかかります。そのために、この絵にありますように、スプールとしてはたわみが発生して、ニップは中心部が高く、両端部で低い状態になります。これが枠替え位置でのニッププロファイルになります。その後、プライマリーアームで降ろしてきた後、水平位置まで降ろしたときには、スプールの自重のたわみの影響は無くなりますが、両端でセカンダリーアームで加圧するために、両端が強く当たって、中側が軟らかく当たるというプロファイルになります。このようなニッププロファイルで巻いた巻き取りロールの内部の構造をイメージ的に書いたものが、この絵です。スプール近くでは、中心部では、巻きが硬くなっています。そして両端部では、巻き取りが軟らかい。それより少し巻き太ったところ、プライマリーアームが下限に降りきったあたりでは、両端部が硬くなり、中央部では軟らかいというプロファイルができています。したがって、両端では、下巻きで軟らかく巻かれた上に硬く巻き締められて、紙が座屈することによってシワが発生する。あるいは、スプール近傍では、中央部の硬く巻かれた部分はしっかりとスプールに巻きついているが、両端部は軟らかく巻かれているため紙が滑りやすく、その両端部分でシワが発生します。

これらのニッププロファイルの不均一を無くすための対策として、センターワインド化が出てきました。センターワインド、すなわち、スプールを駆動することによって、トルクで巻きを硬くし、その分ニップを下げて、巻き取りのたわみの影響を減らします。つまり、ニッププロファイルを均一にするという考えです。

ニッププロファイル不均一



従来型リールの改善 (3)

センターワインド化
(MHリールCWC)

ニッププロファイル不均一



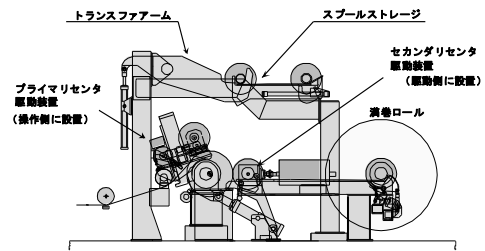
スプールを駆動し、トルクで巻きを固くし、その分ニップを下げ、巻き取りの撓みの影響を減らす (ニッププロファイルを均一化)

ちょっと戻りますが、例えばメッツォ社のオブチリールは、スプール近傍では中央部が強く当たり、下限に降りきったところでは両端部が強く当たることから、その中間でニッププロファイルが均一になる位置があるはずだということで、その位置で巻き取りをずっと巻き続けようというのがその考えです。

これは、センターワインドリールの正面図です。正面から見ると、ドラム、水平レール、プライマリーアーム及びセカンダリーアームがあるということで、見た感じは従来のリールと同じです。プライマリーアームで巻いている間のスプールを駆動するために、プライマリーセンター駆動装置が操作側にあります。巻き太り、あるいはプライマリーアーム転倒等のスプールの動きに合わせて、駆動装置も動きます。また、巻き取りが水平レール上で巻いている間、スプールを駆動するために、セカンダリーセンター駆動装置が駆動側にあります。巻き太りに合わせて、スプールセンターがワインダー側に移動するにつれて、駆動装置もワインダー側へ一緒につられて移動するという構造になっています。

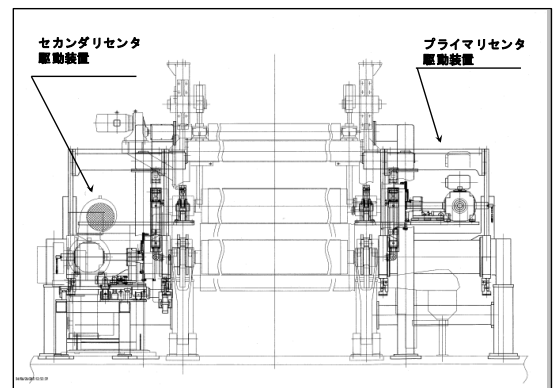
これは、その側面図を示します。プライマリーセンター駆動装置が操作側、セカンダリーセンター駆動装置が駆動側にあります。

従来型リールの改善 (3) センターワインドリール (正面図)



従来型リールの改善 (3)

駆動側 センターワインドリール (側面図) 操作側



2.2 新型リールの開発

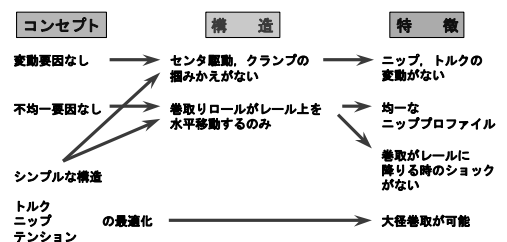
次に、新型リールの開発について説明します。各社がそれぞれ新型のリールを開発していますが、三菱重工が手掛けています MJ リールについて説明します。MJ リールのコンセプトは、センターワインド式を採用するという事、巻き取り中変動する要因がないこと、それから、不均一な要因がないということです。変動要因がないコンセプトを実現するため、従来のようなプライマリーからセカンダリーへのニップ及びトルクの受け渡しが無い構造にします。そのために、特徴としてニップ、トルクの変動がなくなります。また、不均一な要因を無くすため、巻き取りロールは水平レール上で水平移動するのみです。それによって、巻き取りロールが、ドラム上で巻いた後、プライマリーアームで水平レール上に降ろすときのショックがなく、均一なニッププロファイルを得ることができます。これらの構造にすることによって、二次的なコンセプトとして、構造をシンプルにすることも可能となりました。また、センターワインドにすることによって、トルク、ニップ、テンションの最適化が

新型リールの開発

開発コンセプト (MJ リール)

1. センターワインド式
2. 変動要因がない
3. 不均一要因がない

新型リールのコンセプト及び特徴



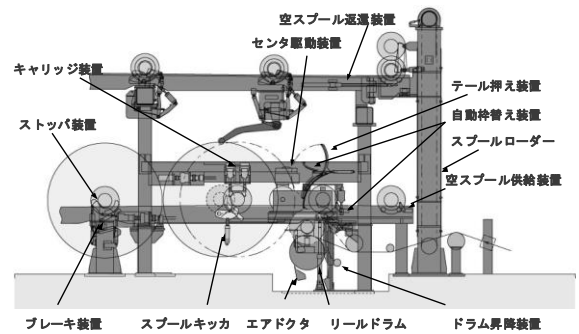
可能となり、大径化巻き取りが可能となっています。
 これは、MJ リールの正面から見た絵です。ドラムは、巻き取り中は、常時下方向にゆっくりと降りていきます。スプールは、ストレージ位置、枠替え位置、巻き取り位置、それから枠替えした後の巻き取りロールを制動するブレーキ位置と移動していき、この一連の動きの間、水平レールをワインダー側へ移動するのみです。そして、スプールをクランプするクランプ装置およびセンター駆動する駆動装置が、ストレージ位置でクランプおよび駆動がクラッチインした後、枠替え準備のためにスプールを加速して枠替えをして巻き取り、そして次の枠替え後センター駆動装置によって回生制動により減速します。そこまで一連の動きを、一つの駆動装置とクランプ装置で行います。そうすることによって受け渡しがないので、変動するものがないというコンセプトを実現しています。

これは、その側面図を示します。受け渡しなくスプールをクランプし、かつセンター駆動するということで、クランプ装置とセンター駆動装置が、操作側と駆動側に全く同じものが1組ずつあります。これを交互に使うことによって、連続的に巻き取り運転が可能です。

その動きを示します。枠替えをして巻き取りを始めた巻き取りロールは、ドラムの上まで移動します。そして、ドラムはそれにつれて下降を始めます。ドラムの上を過ぎた後も巻き太りにつれて、巻き取りロールはゆっくりとワインダー側へ移動していき、それにつれて、ドラムも下降を続けます。そして、巻き取りロール設定径まで巻き太ったときに枠替え準備を始めますが、枠替準備を始める前にストレージに待機していた新しいスプールが枠替え位置までやって来ます。そして、そこでクランプして、駆動装置により空転が始まります。そして、加速して速度同調が取れた後、枠替え準備が始まります。枠替え準備をするときには、巻き取りロールが、それまでゆっくりと移動していた動きを速くさせます。そうしますと、ドラムが上昇を始めます。そして、ドラムが新しい空スプールにタッチした後も巻き取りロールはまだ動き続けますので、ドラムと巻き取りロールがニップを離れます。そして、ドラムと空スプールがタッチすることになります。この瞬間に枠替えを行います。枠替えした後、巻き取りロールは回生制動によって減速して、その後けり出されます。このような一連の流れを繰り返します。

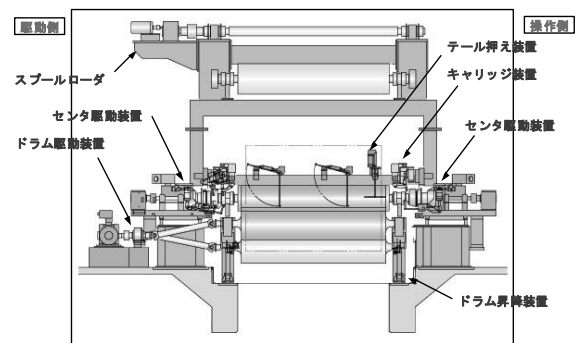
新型リール 正面図

MJ リール

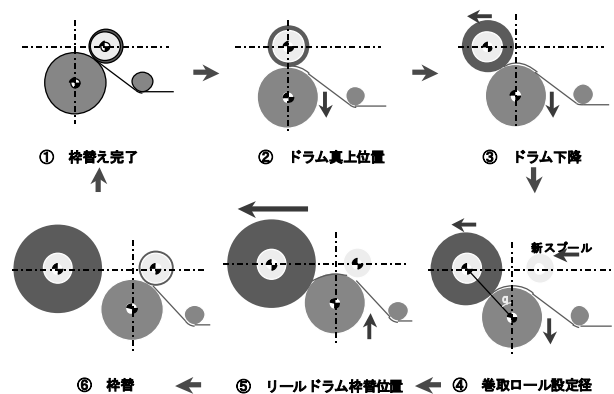


新型リール 側面図

MJ リール



MJ リールの動きのサイクル



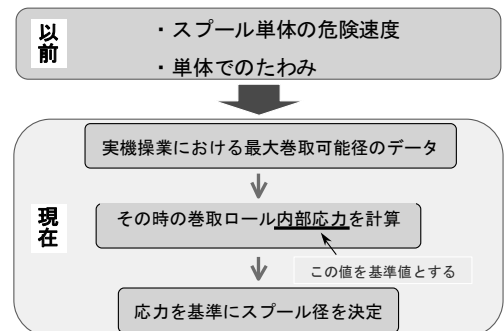
2.3 スプールの選定基準の見直し

次に、スプールの選定基準の見直しです。以前は、スプールの選定は、スプール単体での危険速度と、スプール単体での自重たわみのみで行っていましたが、しかし、このような選定基準ですと、最近の大径巻き取りには対応できない、下巻きシワが多いことから、研究を重ねて、現在では、次のような決定の仕方を行っています。まず、実機の操業における、最大巻き取り可能径のデータを入手します。このとき、最大巻き取り径が分かることによって、そのスプール径のその紙幅のその紙種における巻き取り径の限界値が分かります。その限界値が分かったら、その条件で、巻き取りロールの内部応力を有限要素法で計算します。そのときに出てきた内部応力を基準として、いろいろな紙幅、あるいは巻き径の場合について計算を行って、スプール径を決定します。ですから、あくまでもスプール自身の問題だけではなく、巻き取りの内部応力がある限界を超えないように、実機の操業においてシワが発生せずに巻き得た内部応力を超えないように、スプールの基準を決定しています。

そのようにスプールの選定基準を見直す前後で径がどのように変わったかを示します。いずれも巻き径が約3,000mmの場合です。紙幅が8mの新聞M/Cの場合ですと、1980年に納めた抄紙機では、スプール径が834mmでした。それが1997年に納めた抄紙機では1,150mmというように、大径化されています。また、紙幅5mの上質紙抄紙機の場合は、1990年には634mmで納めたものが、1998年には780mmというように、いずれもスプール径は大きくなっています。

以上のような対策の変遷を年表の形でまとめてみました。従来型リールは、先ほど、最初に見せましたように、サーフェスリールが昔からずっと続いてきています。そして、まずニップ圧制御が、1980年代の半ばごろに取り入れられるようになりました。そして、さらに1990年代の初めに、プライマリアームの降速度を制御する、いわゆる、ソフトランディングさせることも行っています。また、ほかにもいろいろな機械的な改善なども行って、サーフェスリールは、今でも現役として活躍していますし、新設抄紙機にも、まだサーフェスリールは納めています。それから、1990年前後から、このサーフェスリールにセンターワインドを付け加えるという形のセンターワインドリール(商品名MHリールCWC)が出てきます。それから、新型リールが1990年代の半ばあたりから出てきます。昔はTNTリールと称していましたが、今ではMJリールと呼んでいます。他社の新型リールも、ほぼこの時期に出てきています。それから、スプールの選定基準ですが、それまでずっと研究をしてきた結果がまとまったという意味合いで、1990年代の半ばに新基準を設定しています。以上が、シワ対策として具体的に取ってきた内

スプール選定基準



スプール径の変遷

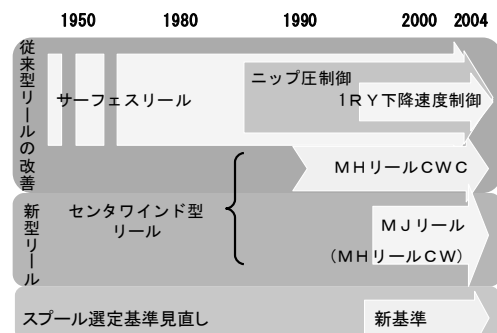
紙幅8m、新聞M/Cの場合

1980年 1997年
φ834mm ⇒ φ1150mm

紙幅5m、上質M/Cの場合

1990年 1998年
φ634mm ⇒ φ780mm

リールパートの変遷



容です。

使い分けですが、主に従来型リールは、ライナーや板紙などの紙に用います。そしてMHリールCWCは、最近、大径化される傾向にある新聞用紙やコート紙などに用いられます。そして、新型リールは、巻き取りが非常に難しい高平滑な紙、例えば、A2やA3といった紙を大径高速巻き取りする場合に用いるのが、一応の住み分けです。

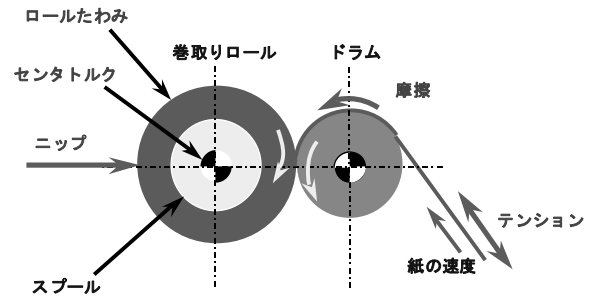
2.4 巻き硬さの理論的・実験的解析

次に、巻き硬さの理論的・実験的解析について説明します。巻き硬さに影響を及ぼすパラメータとして、まず第一に、ロールのたわみ、センタートルク、及び、ニップが挙げられます。そしてその次に、二次的に影響を及ぼすものとしては、シートテンション、ドラムの表面処理——摩擦係数ですね——それから紙の速度などが挙げられます。巻き取りロールの自重およびニップによって、巻き取りロールがたわみます。たわむことによって、内部にせん断力が発生します。紙が巻き重なっていきますが、その紙と紙の間に滑ろうという力が働きます。そのせん断力は、たわみが大きくなるにつれて大きくなりますので、巻き取りが巻き太るにつれて、自重たわみが大きくなり、内部応力の状態が時々刻々変化してきます。この内部応力の変化を逐次詳細に求めることにより内部状況を知ることができます。

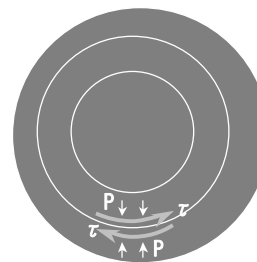
シワと破断の発生条件について、次のように仮定をたてます。紙の巻き取り内部には、紙と紙の間の層間圧力、つまり面圧が働きます。また、紙と紙の間にはせん断応力も働きますので、せん断応力割る紙の摩擦係数、この値よりも面圧が小さいときに、シワが発生する。つまり、摩擦力よりもせん断力のほうが大きいときに、紙が滑る。そのように仮定します。このときに、滑り始めの限界の圧力を滑り限界圧力と定義します。

このように定義し、巻き取り内部の応力を計算しました。その結果をここに示します。上がMJリール、下が従来型のサーフェスリールです。縦軸に層間圧力、横軸に半径方向の位置を示します。スプール半径の表示位置がスプール表面を示します。色の薄い方が巻き取りの端部、濃いほうが中央部を表します。上と下を見比べてみると、MJリールのほうが、中央部と端部で差が小さい。つまり、巻き取りの幅方向でより均一に巻けていると言うことです。つまり、MJリールのほうが、よりシワが発生しにくい巻き取りになります。

巻き取りパラメータ



しわ、破断の発生条件



$$P \leq \frac{\tau}{\mu} \text{ のときにしわ、破断が発生する} \\ = \text{すべり限界圧力}$$

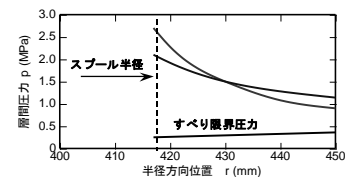
μ : 紙層間の動摩擦係数

P : 層間圧力
τ : せん断応力

巻き取りロール内部応力計算結果

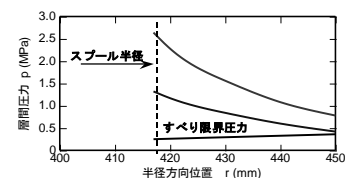
MJリール

— : 端部
— : 中央部



従来型サーフェスリール

— : 端部
— : 中央部



次に、センタートルクの効果について説明します。これはニップ圧が 1.7 キロで、上がセンタートルク無しの場合、下がセンタートルク有りの場合の、層間圧力と周方向の応力を示します。白丸がフロント側の実測値、黒丸がバック側の実測値です。実線が解析値を示します。上下の図を見比べてみますと、センタートルク無しの場合よりも、センタートルク有りの場合のほうが層間圧力が高いことが分かります。周方向の応力は、センタートルク有り、無しの場合も、ほぼ同じ値となっています。このことより、センタートルク有りのほうが、硬い巻き取りが可能であることが分かります。言い換えますと、同じ巻き硬さで巻くには、センターワインド有りのほうが、ニップを低くして巻き取ることができるということです。

以上で、下巻きシワの対策についての話は終わります。これからは、各装置について、その変遷をお話します。

3. 各装置の変遷

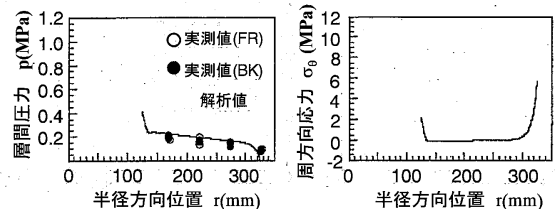
3.1 スプール

まず、スプールです。先ほどスプール選定のところで話しましたように、従来よりも最近のほうがスプール径が大きくなっています。それ以外にも、クラッチブロックが、以前は角型で、クラッチを入れる部分が四角だったのが、最近ではギヤ型に変わってきています。その理由は、巻き取りロールの広幅・大径化、そして高速化によって、ワインダーでの駆動伝達トルクの増大が一番の理由です。リールのセンターワインドのクラッチも、以前はスプールのシュラウドの外側をエアークラッチでつかむ方式でした。しかし、高速化になってきますと、回転数が速いために、エアークラッチのシューの部分が遠心力に打ち勝ち、十分なクランプ力を出すために、より大きなエア圧が要するというので、使用限界を超えてしまい、エアークラッチは使えなくなりました。そこで、ギヤクラッチ、ギヤ式のクラッチを最近では標準的に使うようになってきています。

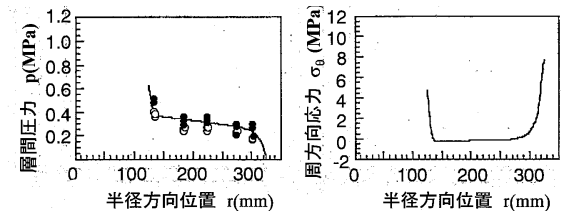
3.2 枠替え装置

次に、枠替え装置です。リールを語る上で、枠替えはどうしても外すことができない、切っても切れない非常に重要な装置です。枠替え装置の変遷について過去を振り返ってみます。枠替えの仕方として、グーズネックプラス紙切り装置という方式が、一番ポピュラーです。紙切り装置は、昔はナイフ式で行っていましたが、最近ではロッド式に変わってきています。それから、テープ式——紙ひも式です——は板紙等で今でも広く用いられています。それからその

センタートルクの効果



ニップ圧: 1.7kN/m, センタートルク無の場合



ニップ圧: 1.7kN/m, センタートルク有の場合

スプールクラッチブロック

角型 から ギヤ型へ

理由

- ・巻き取りロールの広幅、大径化
- ・高速化

⇒ワインダーでの駆動伝達トルクの増大



枠替装置

1. グーズネック+紙切装置

(ナイフ式⇒ロッド式)

2. テープ（紙ひも）式

3. その他の方式

他の方式と、大きく分けて三つの方式に分けられると考えています。

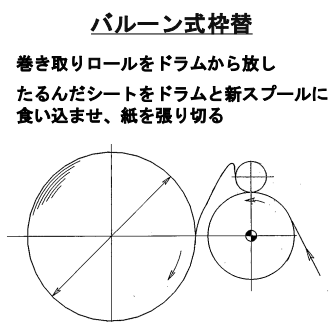
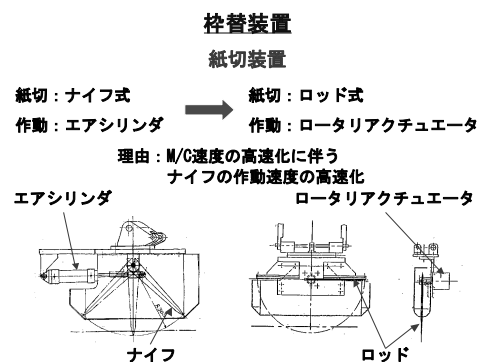
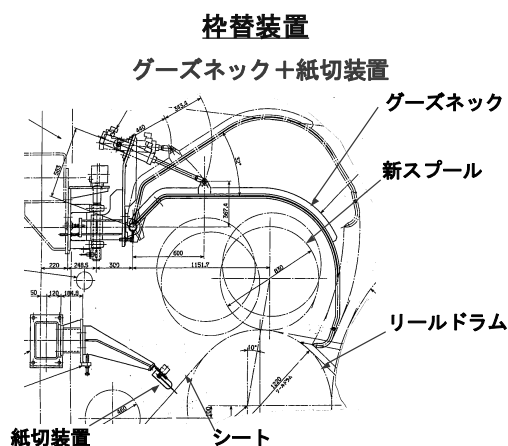
まず、グーズネックと紙切り装置の方式です。ドラムがあって、枠替え位置にスプールがあります。ドラムの入り側で、紙に切れ目を入れてやって、スプールとドラムの出側で、グーズネックでエアーをふかしてスプールに紙を巻き替えるというやり方です。この紙切り装置ですが、従来はエアシリンダで大きなナイフをスイングさせるという方式で、紙に切れ目を入れていました。最近はこのようなロッド、直径が5ミリぐらいのピアノ線で、先端をとがらせたものです。これをロータリーアクチュエーターでスイングさせる方式に変わってきています。理由は、マシン速度が高速化するのに伴って、ナイフの作動速度を速めてやる必要があるためです。最近では、ロッド式を標準的に採用しています。

次に、テープ式枠替えですが、現在でも厚紙あるいはコート紙で、特に切れにくい紙等には、この枠替え方式が一般的に用いられています。枠替えの仕方としては、テープを操作側から駆動側へシートの下側をくぐらせて、シートの裏側からニップにテープを食い込ませます。テープの先には両面テープを張り付けていて、テープをスプールに張り付ける。テープは、紙を切りながら、スプールに巻き付きます。そうすることによって、紙がスプールにバック側の端から斜めに巻いていくという枠替えの仕方です。このような枠替え、テープ式枠替えが、現在も用いられています。

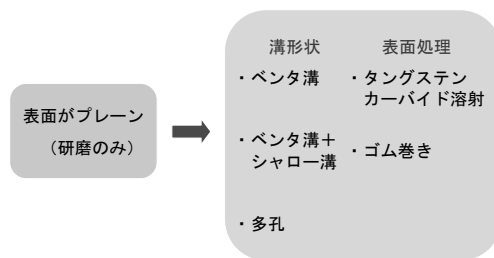
それから、バルーン式枠替えというのが昔ありました。巻き取りロールをドラムから離して、空スプールがドラムにタッチした状態にします。この間に紙がたるんできます。こうして紙の先がずっとたるんできて、ニップに食い込んだところで紙が張り切れます。

3.3 ドラム

次に、ドラムについて話します。従来は表面がプレーンのもの、研磨したのみのもものがほとんどでした。最近では、表面に溝形状があるもの、あるいは表面を処理したもの等いろいろ出てきています。溝形状については、ベンタ溝を付けたもの、それからベンタ溝プラスシャロー溝を付けたものがあります。また、それに代わるものとして、たくさん穴を開けた多孔板のようなものもあります。それから表面処理としては、タングステンカーバイド溶射したもの、ゴム巻きしたも等があります。ベンタ溝は、大体抄紙機速度1,000m/分以上のものについて、標準的に付けています。それから、コート紙のように透気度の低い紙の場合に、ベンタ溝プラスシャロー溝を付けています。また、タングステンカーバイド溶射については、考え方が二つあります。一つめはコート紙等の滑りやすい紙を巻くとき



ドラムの変遷



には、タンクステンカーバイド溶射することによって、表面の摩擦係数を大きくしてグリップ力を増すという意味です。もう一つ、溶射した後、研磨することもあります。これは、グリップ力を増すというよりも、むしろドラムの表面の摩擦を防止する意味で、ドラムの表面保護のために溶射後研磨ということもあります。ゴム巻きの場合は、表面を軟らかくするというので、ニップのプロファイルを幅方向に均一にすることをねらったものです。

ドラムの溝の効果について説明します。ドラムのベンタ溝がない場合には、ドラムと紙の間にエアが巻き込まれて入ってきます。

この入り込んだエアが抜けないと、エアだまりができてしまう。このたまったエアが抜けるように、ベンタ溝を付けています。先ほど、ドラムの表面を多孔にする場合もあると話しましたが、これも考え方は同じで、たまったエアを、ドラムの内部を通して、裏側の穴から抜いてやろうという意味です。

それから、シャロー溝の考え方ですが、これは巻き取りロールとドラムのニップの入り側で、巻き取りロール側にエアだまりができる場合があります。これは透気度の低い、エアの抜けにくい紙で起きます。エアだまりは抄紙機のセンター付近にでき、エアだまりの両端部で、そこを起点として、折れジワが発生してることがあります。このエアだまりを防ぐための対策として、シャロー溝があります。ドラムに、このような大きなウェーブ溝を付けます。そうすることによって、ニップに入り込んだエアを紙の1層目にためることなく、内部の2層目、3層目まで分散させることによって、1枚目に膨らみが集中することをなくしてやろうというのが、この考え方です。

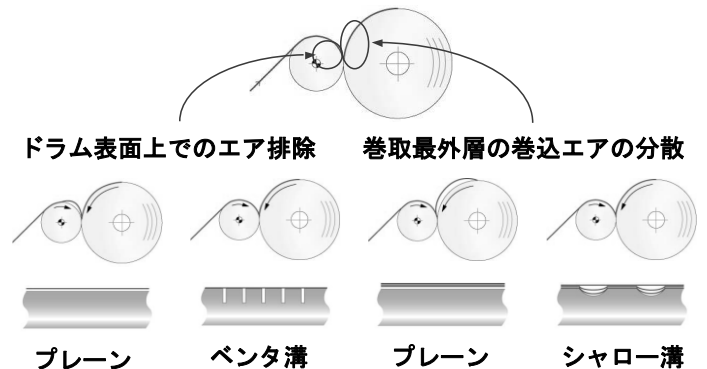
4. 今後について

4.1 さらに高速化

最後に、今後についてふれます。リールパートで今後対応が求められるのは、さらに高速化と考えています。特に高平滑度紙、A2 および A3 紙の高速大径巻き取り、それから自動化、リールワインダー間の親巻き自動搬送装置などが、今後対応すべき装置でしょう。それから枠替えについても、新型の枠替え装置も考えるべきでしょう。

これは、A3 塗工紙について、抄紙機速度を変えた場合に層間圧力がどうなるかを表したものです。横軸は半径方向を示します。抄紙機速度が 1,400、1,600、2,000m/分と速くなるにしたがって、層間圧力が低くなっていることが分かります。

ドラム溝の効果



今後について

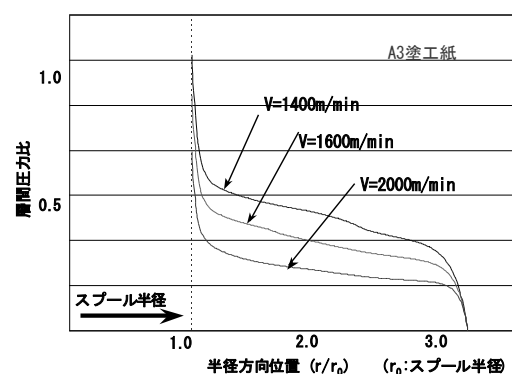
1. 更なる高速化への対応

- ・高平滑度紙 (A2、A3紙) の高速大径巻き取り

2. 自動化

- ・リール～ワインダー間親巻自動搬送装置
- ・新型枠替え装置

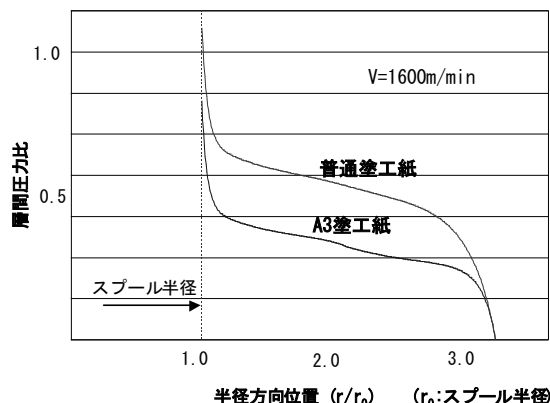
増速時の層間圧力予測



これは紙種による層間圧力を比較したものです。普通塗工紙と A3 塗工紙の場合について、抄紙機速度 1,600m/分の場合のデータです。A3 塗工紙、つまり平滑度が高く透気度が低い紙のほうが、層間圧力が低くなっていることが分かります。

このように、速度が速くなるにつれて、また透気度が低くなるにつれて、層間圧力が低くなり、層間圧力が低くなると巻き取りの横ずれが発生しやすくなります。高平滑の紙を高速で巻くためには、この事実を考えて、構造、運転の仕方、設定、最適なニップ圧、フォース等を考えていく必要があります、かつ、今後の課題として考えています。

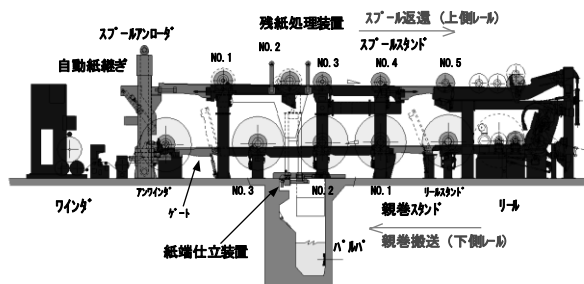
紙種による層間圧力予測



4.2 自動化

それから、親巻き自動搬送装置とは、ワインダーとロールの間を巻き取りロールおよび処理し終わったスプールを回収するという一連の動きを自動で行う装置です。残念ながら、コストの問題等からなかなか採用されにくいのですが、省人化と作業の安全性という意味から、この搬送装置は今後もっと真剣に考えるべき装置と考えています。

親巻自動搬送装置



それから、枠替え装置の将来についてですが、現在実用化されている中では、ウォータージェット式の枠替えが一番将来性があるであろうと考えています。高速抄紙機にも適応可能です。ウォータージェットで物理的に紙を切りますから、紙の切れ面が非常にきれいで、紙切れの減少も期待できます。それから、メンテナンス作業が容易です。ウォータージェットで切り出した紙を巻き付けるので下巻きがきれいになり、下巻き損紙の減少が期待できます。

以上で発表を終わります。