特殊合成樹脂製スーパーカレンダー及び オンマシンカレンダーロールについて

㈱金陽社 研究部 村 主 昌 義

Papermaking calender rolls made of plastics

Masayoshi Suguri

Research and development dept. Kinyosha Co., Ltd.

High performance rolls made of special plastics has been developed chiefly as papermaking calender rolls, particularly as those for soft calenders and super calenders. Kinyosha which started production of plastic rolls for use with magnetic tape calenders in 1972, has produced a total of some 4,000 rolls for our client up to the present.

Utilizing the knowhow thus gained, the Company developed plastic rolls for papermaking calenders, whose production was started in 1981.

Kinyo calender rolls are used chiefly for magnetic tapes (not-for-sale items), papermaking and fabrics. The rolls can be grouped into 5 different series depending on the types of plastics used, of which, only plastic rolls for papermaking will be discussed here.

Keywords: Plastic roll, Soft calender roll, Super calender, On-machine calender

1. はじめに

昭和40年代の初め、電機メーカーのA社より高硬度ロールの要求があった。

当初ウレタンゴム系高硬度品、各種ゴムのエポナイト系、ナイロン系等のロールを納入したが、いずれも不適との判定であった。我々はA社が何の目的で、どのような性能を要求しているのかまったく知らされてなく、テストロールの試験結果についても yes か no の返事しかもらえなかった。

昭和47年になりウレタン樹脂系テストロールを納入したところ、性能的に充分使用に耐えるとの評価で、昭和48年にはA社との間に共同研究の覚書きを取りかわし本格的に合成樹脂製ロールの研究に入った。

この時、始めてこの合成樹脂製ロールがビデオ用磁気テープ製造のための特別なカレンダー用ロールである事を知った。現在までにA社に納入したカレンダー用ロールの本数は4,000本を超えている。

その後、昭和54年に覚書きを変更し、このウレタ

ン樹脂系材質及びその後開発した高性能合成樹脂材質を製紙用に適用出来る様になった。

この成果の一つがトッププレスロールに使用される人造花こう岩ロールのユニロック（日、米、加、英、仏、独特許取得¹⁾²⁾³⁾）であり、ウレタンゴム系ロールの新接着方式であるNK法（New Kinyo System⁴⁾⁵⁾）である。

同時にここに報告する特殊合成樹脂製カレンダーロール「エラグラス」（当社商品名、以後エラグラスと記述する）の最初の製品となった。

2. エラグラスの開発経過

ウレタン樹脂系カレンダーロールはエラグラス SE と名付けているが、当初は80℃の耐熱性であった。その後90℃耐熱、100℃耐熱、110℃耐熱と開発して来た。

初期に於てはロール製作の成功率は10%位であったが、多くの know how の積み重ねとロール構造の検討で現在では不良率はほとんどゼロになっている。

昭和 57 年の紙パルプ技術協会年次大会(米子)の展示会に当社は初めてユニロック及び NK 法ウレタンゴムロールを出品した。その時、某製紙メーカーからユニロックから石を取り除いたロールの製作依頼があった。これが製紙用カレンダーロールの第 1 号である。我々は製紙業界に於てもこの様な樹脂ロールの要求が潜在的にある事を始めて知ったわけである。

エラグラス SE に続き、ウレタン樹脂系以外の高性能合成樹脂でエラグラス SK, エラグラス E, エラグラス T と開発を進めてきた。これらのシリーズ以外にエラグラス K も開発した。

当社のエラグラス各シリーズはすべて鉄芯と接着させてあり焼バメ方式ではない。エラグラス SK はショア D 硬さが 92 以上あり、硬さが高すぎて製紙用には使用されないと考えられるのでここでは触れない。

3. 特殊合成樹脂製スーパーカレンダー及びオンマシンカレンダーロールに要求される性能

これらのロールは高速、高圧の条件下で使用され、しばしば高温のチルドロールと接触して使用されるし、また広範囲にわたる紙の表面処理に対応できるように次の性能が要求される。

回転発熱が小さい

高荷重に耐える

広い温度範囲で弾性率の低下が少ない

耐熱性が要求される用途には耐熱性を持たす

広い硬度範囲をカバーする

以上の性能のほかに、最も重要な基本的な事項は耐用限度以上の回転スピードまたは圧力または温度をかけてロールを破壊させた時の破壊状態である。カレンダーのまわりには多くの作業員がいるので破壊時に樹脂片が飛散すると非常に危険であり、また絶対に避ける必要がある。ロールの破壊状態がヘヤークラックまたは接着層までの 1 本または数本のクラックであれば樹脂片は飛散しないので作業員に対して危険はない。

エラグラスは前述した如く鉄芯に樹脂を接着させているので接着層までの数本のクラックが、仮に発生しても樹脂片が飛散することはない。エラグラス SE, エラグラス E がこれに相当する。エラグラス K は内部熔融で破壊するので樹脂片の飛散はない。エラグラス T は破壊時に樹脂片が飛散する。

我々は多くのロール回転試験の結果より、樹脂飛散の原因は樹脂の耐熱性と部分発熱によることを発見した。同時に問題の解決法を見出した。

一般に硬質樹脂を被覆したロールを高速、高荷重で

運転すれば部分発熱が発生する。相手側金属ロールの温度が高い場合は特に顕著である。これを避けるためスーパーカレンダーでは上下の金属ロールにスライミングロールを使用し、ロールの全面に均一な圧力がかかる様に工夫されている。

オンマシンソフトカレンダーではクラウンコントロールロールに樹脂を被覆し、ロールの表面温度をセンサーで検出し、部分発熱が発生するとその部分の圧力を減ずる様にコンピューター指示でクラウンを変えて使用している。

このような努力にも拘らず部分発熱は発生する。部分発熱が発生するとその個所の樹脂は熱膨張して突起する。この突起部分に集中荷重がかかり更に大きく発熱し、この繰り返しで更に昇温する。これを図式的に説明する。図 1 は樹脂の貯蔵弾性率 E' と温度 T との関係を示したものである。貯蔵弾性率 E' とは粘弾性スペクトロメーターを用い、樹脂に正弦波の変形を与え同位相の応力をひずみで割ったものとして定義されている。即ち樹脂の弾性率と相関する。

図 1 貯蔵弾性率 E' と温度 T の関係
Ta-1, Ta-2, Ta-3 は A, B, C 材質の特性的変曲点を示す

特性的変曲点 Ta とは樹脂に一定周波数の変形を与え、温度を変えて測定した貯蔵弾性率 E' がガラス状領域からゴム状領域に変化する時に急激な低下をおこすがその時の温度を言う。

一般に熱硬化性樹脂は特性的変曲点 Ta を有していて、この変曲点より温度が上がると弾性率は急激に下がる。今樹脂ロールの樹脂温度が 80℃ で運転されているとすれば、A 材質の場合、部分発熱してその個所が 100℃ を超えるとその部分の樹脂は軟化し、荷重を受け止めなくなり、他の部分発熱をしていないロール

面で荷重を受けとめる。このために部分発熱の昇温はある一定の温度で止まるのでロールの破壊には至らない。この状態のロールに更に大きな荷重または速度または温度を加えても、これらの樹脂は一般に伸びが小さいので、部分発熱の個所にヘヤークラックが発生するだけで樹脂の飛散はおこらない。

B材質の場合は160℃の所に変曲点があり、樹脂の熱膨張の程度はA材質の場合より大きいため、ヘヤークラックの深さはA材質の場合より大きくなり、これが成長して1本の接着層までのクラックとなる場合があるが、いずれにしても樹脂の飛散はおこらない。

C材質の場合は200℃の所に変曲点があり、部分発熱の個所は200℃以上にも上昇する。このため樹脂の熱膨張の絶対値が大きく、従ってクラックの深さも大きく樹脂は飛散する。また、この場合は温度が200℃以上にもなるので樹脂は熱分解を受ける可能性もある。

D材質の場合は250℃までに変曲点がないので、C材質の場合よりもひどく樹脂は飛散する。

多くの実験を行い樹脂が飛散しない条件を求めた。その結果、実使用時の樹脂温度よりもその樹脂の特性的変曲点が10℃～80℃の範囲で高くなければならないという結論を得た。この理由は実使用時の樹脂温度よりその樹脂の特性的変曲点が10℃以下の高さであると、使用設備や作業条件のバラツキによって樹脂層の温度が特性的変曲点を超過してしまう場合がおきるので、実用上使用に供する事が出来なくなるためである。また実使用時の樹脂温度よりその樹脂の特性的変曲点が80℃以上高いと、部分発熱個所の熱膨張の絶対値が大きくなりすぎ、前述した如く破壊時に樹脂が飛散するためである。A材質の例がSEシリーズであり、B材質の例がEシリーズである。C及びD材質の例がTシリーズである。現在Tシリーズについては改良研究を進めている。改良品については後で述べる。

当社のロール回転試験機は製紙産業をはじめ各種の

写真1 ロール回転試験機

産業で使用するカレンダーの使用条件で試験が可能なので、使用条件を設定してもらえれば必要なデータが提供出来る。(写真1)

4. エラグラス各シリーズの特徴

SEシリーズ (ウレタン樹脂系)

硬度範囲 ショアーD86～93

エラグラスの中で最も回転発熱が小さく、耐圧性に優れている。オンマシンソフトカレンダー、スーパーカレンダー、感熱紙用その他特殊紙用カレンダーに使用されている。使用実績も最も多い。SEシリーズにも多くの配合が適用されているが、その中で代表的な配合(例えば90℃耐熱)の限界表面温度は多数の実験結果より92.5℃である事が判明している。従って使用中の最高安全使用温度は余裕を見て85℃としている。現在までに製作した最大サイズはヨーロッパのB社に納入したロール(1006mmφ×980mmφ×L8910mm)である(写真2)。ロール回転テストの1例を

写真2 オンマシンソフトカレンダー用ロール

図2 SEシリーズ (ショアーD91°) ロール回転テスト

図 6 線圧と光沢度の関係

図 8 通し回数と光沢度の関係

図 7 速度と光沢度の関係

図 9 チルドロール温度と光沢度の関係

図 10 硬さと光沢度の関係

5. 各種カレンダー用ロールについて

これまで多用されているカレンダー用弾性ロールの材質はコットン、フィルマットコットン、ホワイトコットン、ウールンペーパー、アスベスト等を使用している。

これらのロールはすべて馴らし運転が必要である。また弾性ロールにつく傷の具体的な現象としてクラック、焼損、局部変形、凹み傷等がある。A社との共同研究の過程でこれら弾性ロールに比べてエラグラスは次の特徴があることが確められた。

高速回転に耐える

ロールに傷がつきにくい

研磨週期が長い

ロール全面が均一

保守に手がかからない（メンテナンスフリー）

との評価を得ている。製紙業界でも同様な評価が得られている。

エラグラスはスーパーカレンダー用ロールとしては大部分がクラウン無しで使用されているが、クラウン付きのものも一部使用されている。オンマシンソフトカレンダーについて言えば、一般的にはクラウンコントリールロールに硬質材料を被覆している。

近年になり Küsters 社を始め Kleinewefers 社などが高速高圧のオンマシンソフトカレンダーを製造するようになった。Küsters 社の報文⁶⁾によればロール材質の開発にかなり努力をしていて、ロール材質は重要なポイントの一つであるとしている。材質として最初はナイロン系を使用していたが、次にウレタン系を

試み、現在は特殊な材質を採用しているという。

高硬度材料として現在考えられるものとして

各種ゴム高硬度配合（エポナイト系）

熱可塑性樹脂（例えばナイロン系）

熱硬化性樹脂（例えばエラグラス）

がある。

A社との共同研究の結果及び当社での多くのロール回転試験の結果より、エポナイト系は性能に限界があり、ナイロン系にも性能に限界があった。我々は熱硬化性樹脂が最良の材質であると確信している。樹脂ロールの欠点を強いて言えばクラウンの設定がむづかしく、高温のチルドロールと接触して使用する時、紙幅の外、即ち両端部を紙幅内の温度と同じにするために空気冷却する必要がある事である。

6. おわりに

現在エラグラスは日本の製紙会社及び製紙機械メーカー 18 社及びヨーロッパの製紙機械メーカー 4 社に約 120 本納入している。これらの使用条件及び使用結果について報告すれば読者にとって有益なものとなるが、各社の意向もありここでは割愛し社内データを中心に紹介した。今年の秋までにはもっと多くの実機でのデータ、即ちオンマシンソフトカレンダーの使用結果を始め、各種スーパーカレンダーの結果が得られるので、ユーザーの許可が得られれば今迄の使用結果も含めて報告できれどと思っている。当社以外の製紙用ロールメーカーも熱心に各種合成樹脂製ロール又は硬質ゴム製ロールの開発をしていると聞いている。当社も更に新材質の開発に努め、使用上のソフトを確立し業界に貢献できることを願っている。最後になったが、エラグラスをプレスボトム用ロール及びブレーカースタック用ロールに使用を展開することを試みていることを付記しておく。

引用文献

- 1) 紙パ技協誌 36(12), 1173 (1982)
- 2) 紙パ技術タイムス 26(2), 26 (1983)
- 3) 当社パンフレット ユニロック納入使用実績表
- 4) 紙パルプの技術 33(1), 22 (1982)
- 5) 当社パンフレット ユーロンH NK法納入使用実績表
- 6) Tappi Journal Dec. (1986) 39
- 7) 西独特許 2844051
日本 特開昭 55-51895
他 14ヶ国

(特許申請中)