新しい抄紙法の発展

日本科学技術情報センター 梶原 康 敬*

ま え が き

紀元 105 年よりの手作業による紙抄きから、1800 年前後を境とした現在の長網、円網抄紙機の発明に進んで以来、製紙の原理は今日まで変わっていないといわれる。しかし近年における工学の発達と共に、とくに長網抄紙機においては大型化高速化が急速に進められ、性能は初期のものとは比較にならないほど飛躍的に向上している。

今日、世界最大といわれるカナダ Rothesay 社の新聞用抄紙機は抄き幅 8.79m、ワイヤー長さ 45m、最高速度 920 m/min、日産 460t を生産している。しかし高速化もこれ位が限度とされ、それ以上になるとワイヤー上の地合形成が高速で接触する空気で乱される、繊維の分散がうまく行なわれず配向がマシン方向に片寄り、たてよこ強度差の大きい紙ができる、ワイヤー下面より強い脱水が行なわれるために長繊維が下に集まり、短繊維、微細でん料が上に残るので両面性の強い紙ができ、ワイヤーマークが現われるなどで製品の品質が劣ってくる。

一方、印刷、紙加工、計算機など紙利用面での技術の進歩は品質むらのない完全に均質な良い製品の要求を一層きびしくしていること、また上のような大型高性能化した抄紙機の建造費 (Rothesay の場合 3 千 3 百万ドルといわれる) と運転動力コストを考えると、短かい寿命の安い製品であらねばならない紙の生産のためには従来の概念にとらわれない新しい原理の製紙法の開発が必要とされるに至っている。

すでに、ここ 10 数年来研究が行なわれて多数の新しい方法が開発され、実用されているものも多いが、本文では製紙工程の最も基本的な部分であるシート

形成部について、最近 5 年間の文献に現われた新原理の発展を調査したものを紹介して参考に供したい。

インバーフォーム¹⁻⁸⁾

従来、板紙は多円網抄紙機で幾層かのシートを抄き合せて厚い紙としているが、紙料槽内で回転する円網に繊維を付着させシートを形成し、これをフェルトに粘着させるという機構のために高速運転ができず、せいぜい 100 m/min が限度とされている。また長網の場合と同様に網に付着する繊維は回転方向に延び、平行に配列するので、紙はたて方向の引張りには強く、よこ方向に極めて弱くその比は 3~4:1 となる。紙の厚さは網内外の水準の差、円網の回転速度、紙料濃度で決定されがその調整が難かしい。また幅方向の坪量調整が難しく広幅抄造が困難であるなどで、長網のような大型高性能化が行なわれず、殆んど初期の型をそのまま残しているが、高速で良質な板紙の経済的製造のための新型抄紙機の開発のための努力が以前からなされてきた。

英国 St Anne's Board 社では 1950 年から高速板紙抄造法の開発研究にかかり、1956 年に長網の高速性を利用し、その欠点である厚い紙が抄けないう、抄き合せができない、両面性がでる点を改良した新しい抄造機インバーフォームを完成し特許を得た (第 1 図)。

図のごとくインバーフォームは従来の長網ワイヤーパートの上に 1~5 個のストックインレットとそれと同数の上部ワイヤーユニットをもっている。そしてそれぞれのストックインレットで紙料を流して層を重ねると共に各上部ワイヤーパートで上面からも脱水を行なう。

このため長網抄紙機が下面からのみ脱水するのに対

第 1 図

* The New Developments of Paper Making Method

YASUHIRO KAJIWARA, Japan Information Center of Science and Technology, Ichiban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan

シンより改良することができる。シリンダーの径は46inで内部に重力脱水部とこれを受けるセーブオール、真空脱水を行なうサクションボックスがある。シリンダーの表面の約20%を紙料流入部とし、残部で脱水を行なう。真空をコントロールすることによつてシリンダーを離れるシートの水分を加減するが、このユニットを幾つか連用して抄合せを行なわない場合にはプレスパートに移し、長網と同等の紙を円網マシンのスペースで製造することができる多様性もある。

現在、世界各地で50台近く設置稼動しているが、Crown ZellerbachのPort Townsend工場の操業報告では3.35m幅の7バット円網マシンのトップライナー用に併用されているが、183m/minの速度で、厚薄の紙、高フリーネスの紙料が地合よく処理でき、脱水能力が大きいので低濃度の合成繊維紙料よりのシート形成も容易であるとしている。

最近の文献ではプレスロールに代えて、サクションクーチを据付け、ヘッドボックスにスロットルバルブを捜入して加圧効果を出すことにより、305m/minの高速運転ができたと報告している。

スチーブンスフォーマ¹⁴⁻¹⁶⁾(第4図)はSam Stevensが発明し、Beloit Iron Works社(米)が開発した。シート形成部は下リップがシリンダーに接する点から上リップがなくなるまでの約30°の円弧部で、上下リップの間隙を調整することによつて紙料流速とシリンダー速度の比を自由に定めることができる。

テーパーマニホールドより出る紙料はマシン全幅に均一にかかる40~50in水柱の加圧空気で、ポンプやスクリーン系によつて起る紙料のサージングに対するクッションの働きを受け、最適分散状態になるように調整される。シリンダー内は-5in水柱の真空に保たれ、脱水を促進する。

これまでに知られているスチーブンスフォーマの最大のもは幅5m、速度450m/minで、筆記、文書、透明紙用のものである。またFibreboard Paper Products社Stockton工場(米)の操業経験では、2号円網マシンの7、8番バットの代りに、42in径、126in幅のスチーブンスを設置したところ、マシン速度は13%アップ、ライナー紙料の使用量が20%減り、生産量は20%向上、幅方向の坪量の均質性が著しく改良され、とくにたてよこ張引強度比は4:1より2:1、ある場合には1.5:1の理想的な地合形成ができたと報告している。

バーチフォーマ¹⁷⁻²³⁾

これまでのインパーフォーム、スチーブンス、ロートフォーマは水中に分散させた繊維を金網の上に流し、水

を除いて紙を抄くという従来の長網式の原理を脱していないが、バーチフォーマでは繊維分散液を垂直に落下させて、脱水を重力と落下側面からの真空で完全に左右対称に行なうという、これまでの原理にとらわれず、今までの方法ではできなかった物理的性質をもつ紙を超高速で製造する。

米国Black Clawson社の製紙機械部ではインパーフォームに対抗して1957年より両面性の全くない紙を従来の抄紙機よりもはるかに速い速度で製造する方法の研究にかかった。前述のように普通の抄紙法ではワイヤー下面より真空で脱水するためにワイヤー面に大きな繊維が集まり、トップ面にてん料の多い微細繊維が集まる。とくに着色紙の場合、染料は微細成分に染色性がよいのでトップ面が濃く染まり、両面性がはつきり現われる。

そこで第5図のように紙層を垂直に動かし、両側面から同時に、同程度に脱水することを考え、たてに並べた左右対称の2枚のワイヤーの間に紙料を流し、重力と左右ワイヤー面から脱水を行なう装置を設計した。

これによると微細繊維とてん料が紙の両表面に配分され、両面とも平滑で、しかも長い繊維が紙層の中間に狭まり物理的安定性のある紙ができる。この性質は精密な多色印刷でとくに重要で、表面加工がごくわずかですみ、印刷作業中も伸縮安定性があるので鮮明な色の線が得られる。

またこの方法によると長網法的高速化のあい路であつた紙層表面が形成時に接触する空気のために起る地合の乱れに全く無関係であるので超高速が出せる。メタリングニップ間で紙料をかきまぜることにより紙の地合、品類を調整することができ、たてよこ強さ比を1:1から4:1に変えることができる。紙料に含まれる泡、フリーネスの変動など紙料の条件の変化の影響を受けず、今までの抄紙上の制限より自由である。ピックアップのシート水分を14~20%にでき乾燥が容易である。ワイヤーをたてに置くのでマシンのスペースを約半分に減らす

第4図

第 8 図

そして高速ほど遠心力が大きくなり、紙料の濃度も上げることができるので、水の消費、ポンプ容量が少なくて済む。その他高速長網の場合の紙料の流出機構の問題がなく、サクシオン機構の必要もない、ワイヤー寸法を縮小できマシン面積が小さくできるなどの利点がある。また試験マシンでは $2,000 \text{ g/m}^2$ の単層板紙の抄造もでき、人造皮革、合成繊維紙などの製造もできたとしている。

遠心力による抄紙法

回転するシリンダー型ワイヤーの遠心力によって紙を抄く方法は狭い場所でシート形成ができるので、考えとしては理想的であるがシリンダ内部よりシートを連続的に取出すという難問題がある。次の二つの方法はそれを解決した例である。

Ralph M. Mewman (米) の考案による方法²⁷⁾ (第 9 図) はワイヤーシリンダーと槽からなり、ストックインレットより紙料はシリンダー内壁全幅にかけられる。遠心力で脱水が行なわれ、形成したシートはシリンダーの外側より加圧空気によりはぎ取られ、シリンダの中心に導かれ、径に直交する取出し装置により外に出す。

第 9 図

第 10 図

Bernard D. Cox (米) の方法²⁸⁾ (第 10 図) は $500 \sim 1,000$ 回転/min のコーン型シリンダーワイヤー内壁に紙料を流し、径の大きくなる方向にシートを形成させる。シートの取出しはシリンダー軸に直角で、シリンダ

ー円周に接するエンドレスバンドの上に乘せて外に出し乾燥部に導く。

上の二つの他に、長網ワイヤーを弛ませて円運動をさせ、その遠心力で脱水する方法がある。カナダ Dominion Engineering Works 社の M. J. Berlyn が考案した方法²⁹⁾で第 11 図のようにプレストロール

第 11 図

第 12 図

(6) で駆動されて動く垂れ下がったワイヤー (5) 上に、(12) より接線方向に紙料を流しワイヤーに働く遠心力で脱水を行なうもので、テーブルロールがないため地合のかく乱、サクシオンボックス等によるワイヤーの摩耗が起らないなどの利点はあるが紙料液が少量のときには遠心力がわずかで脱水が満足に行なわれない、一方の重力脱水であるために両面性が現われるなどの欠点がある。

射出成形による方法

ワイヤーを使わずに高圧紙料を射出して、シートを直接形成させる方法で、次の 2 種類がある。

Dominion マシン⁸⁰⁻⁸¹⁾ (第 12 図)。Dominion Engineering Works 社 (カナダ) の開発したもので、ワイヤーによつて発生するワイヤーマークを避けるためにワイヤーを用いず射出によつてシートを形成する。容器 (1) の 5~12% の紙料はポンプ (3) で加圧されデフューザ (5) に入る。このときポンプ (6) の加圧空気が同時に混入して紙料の解フロキュレーションを行なう。次に紙料はシート形成ノズル (10) に入り、ここで分散加速されて、先端 (15) より大気圧中に射出される。このとき紙料の脱フロキュレーションが起り湿シートができる。湿シートは 17~21 のロール、リングロール、溝付きロールで遠心力またはプレスにより脱水、脱空気、薄葉化が行なわれる。シート形成速度は 1,800m/min またはそれ以下と見込まれている。

Time マシン⁸²⁾ (凍結抄紙法)。米国 Time-life 社が開発したもので高速で、両面性のない紙を得ることを目的としている。紙料を超高速度でノズルより噴出させると温度が下がり、凍結した紙層ができることを原理としている。22in の実験マシンで 30~30lb/連のコート用紙が製造できたと報告している。

乾式抄紙法⁸³⁻⁸⁶⁾

ソ連のレニングラード中央紙パルプ研究所で古くから研究しているもので、シートの形成に必要な繊維の分散と輸送を水の中でなく空気で行なう方法である (第 13 図)。原料として長繊維のもめん、ぼろ、亜麻、合成繊維、無機繊維を用い、普通の抄紙機では造れない機械

第 13 図

的強さ、弾性、耐熱性、耐水性などの性質をもつ特種紙を目的としており、一種の不織布の製造法とも考えられる。

製法は紡織と製紙の技術を組合せた方法で行なわれる。脱脂、洗浄など予備処理をした厚いシートの連続巻取りの形をした原料 (1) はフィードテーブル (2) よりそ綿機 (3, 4) を通り、繊維のかたまりをほぐし、くしけずり、リファイニングと不純物の除去を行なう。次に繊維は空気流によるダクト (5) によりエンドレスワイヤー (6) 上に誘導され、ここでたてよこの機械的性質がほとんど等しい均質なシートを形成する。シートは次にサイジング、プレス部 (7)、乾燥、光沢部 (8) を通り、巻取り機 (9) で巻取られる。

乾式法は繊維をこう解、フィブリル化する設備と動力濃度の薄いパルプ液を輸送し貯蔵するための水、ポンプ、パイプ類を必要とせず、水分の多いシートを乾燥するための蒸気、水の消費が非常に少い。従つて製造設備が簡単で、建造費が普通の抄紙機の 1/6 で、運転コストも 1/5 であるなどの特徴があるので、将来、工業用紙、板紙の製造に重量な役割をなすであろうといわれている。

む す び

以上にあげた新しい抄紙法は実用あるいは試験段階のものであるが、研究段階ではさらに数多くの新規な方法が研究されつつあり、またシート形成部以外のプレス、ドライパートにおいても新しい原理が続々と現われている。後 10 年もすると、ばく大な量の鉄とフットボール場のような面積を要する現在の長網抄紙機は時代遅れの遺物となるであろうという説もあり、今後の展開が興味あるところであるが、その意味で本文が何かの参考になれば幸いである。

文 献

- 1) *Allgemeine Papier Randschau*, 1960 [12] 670-671, 193, [21] 1196-1197
- 2) *Paper Trade Journal*, 147 [7] 38-39 (1963), 147 [51] 20-22 (1963), 148 [14] 42-48 (1964), 148 [46] 38-39 (1964)
- 3) *Pulp and Paper*, 38 [39] 49-57 (1964), 38 [41] 38-39 (1964)
- 4) *Pulp and Paper International*, 6 [5] 47-53 (1964), 6 [7] 39-44 (1964)
- 5) *La Papeterie*, 86 [11] 1525-1536 (1964), 86 [12] 1694-1709 (1964), 87 [2] 151-163 (1965)
- 6) *TAPPI*, 45 [3] 157 A-158 A (1962)
- 7) *Pulp and Paper Magazine of Canada*, 63 [3] 68 (1962)
- 8) 紙パ技協誌, 19 [7] 321-324 (1965)
- 9) *Paper Trade Journal*, 145 [10] 42-44 (1961), 146 [28] 46-48 (1962), 147 [7] 40-41 (1963),

- 147[28] 32-35 (1963), 148[46] 45~47 (1964),
149 [8] 60 (1965), 149 [33] 34-38 (1965), 149
[11] 43-47 (1965)
- 10) *TAPPI*, 45[3] 158 A-160 A (1962)
- 11) *Paperboard Packaging*, 46[4] 76-78 (1961), 47
[5] 38-39 (1962), 49[7] 22-24 (1964)
- 12) *Wochenblatt für Papierfabrikation*, 89[21] 1027
-1028 (1961)
- 13) 紙パ技協誌, 20[1] 31-36 (1966)
- 14) *Paper Trade Journal*, 145 [37] 20-23 (1961),
145[46] 38-39 (1961), 147 [10] 35-37 (1963),
149[11] 43-47 (1965)
- 15) *Paper Industry*, 46[7] 618-620 (1964)
- 16) 紙パ技協誌, 20[1] 31-36 (1966)
- 17) *Paper Industry*, 43[8] 512-514 (1961), 47 [10]
49-49 (1965)
- 18) *TAPPI*, 45[3] 173 A-176 A (1962)
- 19) *Pulp and Paper*, 39[9] 27-28 (1965)
- 20) *Canadian Pulp and Paper Industry*, 18 [7]
36-37 (1965)
- 21) *Southern Pulp and Manufacture*, 25[1] 68-72
(1962)
- 22) *Chemical Engineering*, 72[10] 102, 104 (1965)
- 23) 紙パ技協誌, 19[9] 55-57 (1965)
- 24) 米国特許 2,911,039
- 25) 米国特許 2,977,277
- 26) Бумажная Промышленность, 1965 [8] 10-11
- 27) 米国特許 3,019,158
- 28) 米国特許 2,995,484
- 29) 米国特許 2,303,061
- 30) 英国特許 868,622
- 31) Бумажная Промышленность, 1963 [1] 16
- 32) *Pulp and Paper*, 35 [22] 34 (1961)
- 33) *Pulp and Paper Magazine of Canada*, 61 [1]
T 3-T 6 (1960)
- 34) *La papeterie*, 82[10] 733-739 (1960)
- 35) Бумажная Промышленность, 1964 [5] 8-9
- 36) 紙パ技協誌, 19[9] 57-59 (1965)

(昭和41年1月31日受理)

I-5 カーペット類の素材, デザインならびに製造方式について論じ, あわせて, わが国カーペット工業の進むべき方策を示せ。

I-6 工業用織物について, 種類別にその要求される性能, 原糸の適性ならびに製織法を述べよ。(2時間半)

II 次の問題について解答せよ。

あなたの専門とする事項について, あなたはどのような研究, 開発をなしとげたか。また, 将来, 技術士としてどんな技術を, どのような工場に実施したいと思うか。

III 次の問題について解答せよ。

現時点における製布工業の, 企業としてとるべき方策ならびに近代化に対処すべき具体策について述べよ。

(IIとIIIで2時間半)

(選択科目) 染色仕上加工

I 次の7問題のうちから, あなたの専門とする事項(受験申込書に記入した「専門とする事項」)に関連の深い1問題を選んで解答せよ。

I-1 天然または人造繊維の織物, もしくはそれらの混紡交織織物のうちから1つを選び, その織物に適する染色の方法を示し, 特に技術上注意すべき点をあげて原理的に詳述せよ。

I-2 各種捺染方式のうち, 得意とするものを1つ選び, 工程上特に注意すべき点, および生じやすい欠点とその対策について詳述せよ。

I-3 合成繊維またはその混紡織物のうちから1つを選び, その仕上加工工程を述べ, 特に注意すべき点を技術的に詳述せよ。

I-4 綿糸または綿織物, もしくは合成繊維との混紡織物のうちから1つを選び, その精練, 漂白について, 設備ならびに技術上, 特に注意すべき点について述べよ。

I-5 合成繊維糸またはそのメリヤス, もしくはストレッチ織物のうちから1つを選び, 染色または染色・仕上加工について設備ならびに技術上特に注意すべき点をあげて説明せよ。

I-6 毛糸または毛織物の染色・仕上の各工程において, 技術上特に注意すべき点を説明せよ。

(以下 S 88 頁へ続く)