乾燥時の収縮挙動に及ぼす叩解状態の影響

山陽国策パルプ(株) 木 島 常 明, 山 川 功

Effect of Beating Condition on Shrinkage during Drying

Tsuneaki Kijima and Isao Yamakawa

Tokyo Research Laboratory, Sanyo Kokusaku Pulp Co., Ltd.

In general, beating can be classified to two groups which are called “wet beating” and “free beating”. This report deals with the effect of beating conditions on shrinkage of the sheets during drying. Hardwood and softwood bleached sulfate pulps were beaten with a Niagara beater under various conditions of temperature, pulp consistency and load during beating. Handsheets made from beaten furnishes were compared with each other in regard to sheet shrinkage during drying and dimensional stability of the sheet. These results obtained are summarized as follows :

1) When handsheets were prepared from unbeaten or slightly beaten pulps, shrinkage of the sheets from hardwood pulp was smaller than that from softwood pulp. As beating was greatly exceeded, shrinkage of the sheets from hardwood pulp increased more evidently than that from softwood pulp.

2) As compared with the sheets made from wet beaten pulps, the sheets from freely beaten pulps shrank more greatly during drying, but showed less stress during its shrinking.

3) Shrinkage during drying was affected greatly by length of the fiber which composed the sheets. That is, sheets composed of comparably long fibers showed larger shrinking stress but less shrinkage during drying.

4) Pulps beaten freely were shorter in length of fiber than wet beaten pulps of comparable C. S. F. so the sheets made from freely beaten pulps were more unstable in dimensional stability than those from wet beaten pulps. With regard to light scattering coefficient and another physical properties, the difference between the sheets dried with restriction to shrink and those without it was more evident in freely beaten pulp.

1. 緒 言

原料パルプの叩解を進めるにしたがって、シート乾燥時の収縮が大きくなり、紙の伸縮安定性が低下することは周知のとおりである^{1)~6)}。伸縮安定性は乾燥時

の収縮量によってきまることはすでに述べた⁷⁾⁸⁾が、この乾燥時の収縮に及ぼす叩解の影響については、“Conformability”が高くなるからであるという説明がなされている程度であり、その因子については未だ解明されているとはいえず、収縮を起こしにくく、且

この研究を「紙の伸縮安定性に関する研究」第3報とする。

つ、強度の上がり易い繊維形態をもたらす叩解方式についての究明はない。

そこで LBKP 及び NBKP について、同一ビーターを用い、叩解時のパルプ濃度、叩解温度及び叩解荷重を変え、異なった条件下で種々のろ水度にまでパルプを叩解し、シート乾燥時の収縮挙動及び得られた紙の物性について調べ、よりよい叩解状態についての考察を行った。

2. 実験方法

2.1 叩 解

市販 LBKP (国産)、NBKP (北米産) を、20 l ナイガラビーターを用い、下記のように条件を変えて叩解を行った。

	パルプ濃度	叩解温度	荷重
叩解条件 1	2.0%	10°C	標準
叩解条件 2	0.5%	45°C	標準×2

叩解試料は正規の方法でろ水度を測定し、また、プレパートを作成して、平均繊維長を測定した。手すき紙の乾燥は回転式ドライヤーを用いた。

2.2 収縮応力及び収縮率の測定

手すきウェットシートから、幅 6 cm、長さ 10 cm の試料を切り取り、前報⁸⁾で述べた方法によって収縮応力の測定を行った。収縮応力は断面積当りの値に換算して表示した。収縮応力測定後の試料については光散乱係数も測定した。また、乾燥時のシート収縮率は、一定スパンの乾燥前後の長さ変化をノギスで測定した。

3. 実験結果並びに考察

3.1 叩解による繊維長の変化

LBKP 及び NBKP について叩解条件を変えたときの繊維の状態の相違を調べた。叩解機の形式によって、繊維が受ける機械的な力はかなり異なり⁹⁾、粘状叩解が起こり易い叩解方式、遊離状叩解が起こり易い叩解方式とがあるが、ここではナイガラビーターを用い、叩解条件を大幅に変えて、意識的に粘状、遊離状の差をつけた。

粘状叩解、遊離状叩解という概念は、処理されたパルプの形態の結果に対して与えられるものであり、したがって、パルプの種類すなわち繊維形態が異なると、同一叩解条件でも粘状、遊離状の傾向が逆になることがあるが、表 1 に示した通り、LBKP、NBKP ともに明らかに叩解条件によって叩解状態がかなり異なり、しかも同一の傾向を示していることが分かる。高温、低濃度、高荷重叩解を行ったパルプは、同一ろ水度の通常叩解条件のパルプよりも保水度が低く、繊維長は

短かく、いわゆる遊離状叩解を受けていると考えられる。ろ水度約 250 ml (C. S. F.) のパルプの繊維長分布を図 1 に示したが、この結果も叩解条件の相違を示している。

3.2 叩解による収縮性の変化

上記のパルプについてシート乾燥時の収縮応力を測定し、図 2 に示した。LBKP は全ろ水域にわたり、叩解によってほぼ直線的に収縮応力が増大するが、NBKP の場合は、叩解初期に急激に収縮応力が増加し、その後はゆるやかな増加にとどまる。従って高ろ水度域では NBKP の方が LBKP よりも収縮応力が高いが、叩解の進行にともなって両者の差は小さくなり、殊にろ水度 200 ml 以下にまで叩解したパルプでは LBKP、NBKP の収縮応力の差は認められなかった。叩解初期においては繊維の形態の影響が大きいために、柔軟で繊維間接触が大きく、しかも、繊維が長いために繊維間のずれ抵抗が大きい NBKP シートの方が高い収縮応力を示す。しかし、叩解が進行すると、LBKP の場合も繊維間接触が急速に増大し、NBKP と同程度の収縮応力を示すようになるといえる。SP ほど極端ではないが、KP の場合でも N パルプでは叩解初期に内部フィブリル化によって紙の強度、殊に引張強さなどが急激に向上することはよく知られている¹⁰⁾¹¹⁾が、収縮応力も同様の傾向を示すと考えてよい。

また、L・NBKP と粘状、遊離状叩解による収縮応力の変化はあまり相違ないが、遊離状叩解時の方が若干小さい値を示した。これは、遊離状叩解パルプは内部、外部フィブリル化が少なく、しかも繊維長が短かいため、繊維間の絡み合いが少ないことによるものと考えられる。

次いで収縮率についてみると、表 1 から分かるように LBKP は未叩解時には NBKP よりもむしろ小さいが、叩解の進行にともなって次第に収縮率が増大する。叩解による収縮率の増大は NBKP よりも LBKP の方が大きいことが分かった。また、遊離状叩解パルプは粘状叩解パルプよりも全叩解域にわたって収縮率が若干大きかった。収縮率と収縮応力の関係を図 3 に示したが、LBKP は NBKP に比べ、また、遊離状叩解パルプは粘状叩解パルプに比べ、同一収縮率での収縮応力は小さい。それぞれの叩解において、収縮率—収縮応力はほぼ直線関係にあるが、パルプの種類、叩解の状態によってこの関係は相違しており、収縮率の小さいもののほど収縮応力が高い傾向が認められる。収縮応力は乾燥時の繊維収縮による繊維間のずれの抵抗を測定しているものであって、絡み合いそ

Table 1 Effect of beating conditions on sheet shrinkage during drying and sheet properties
(Hand sheet)

Pule	*No. of beating	C. S. F. ml	Average of fiber length mm	Shrinkage in length %	Shrinking stress Kg/cm ²	Light scatt. coeff.		Expansivity		Bleaching length km	Porosity sec
						without Tension cm ² /g	with Tension cm ² /g	Moist- %	Wet- %		
Hard Wood	1	615	1.09	0.30	18.8	466	495	0.14	1.80	1.6	1
		500	1.07	1.88	32.6	380	425	0.18	2.21	4.4	5
		370	1.04	2.20	45.4	310	365	0.22	2.25	6.2	15
		245	0.95	2.50	59.2	275	333	0.26	2.45	6.9	63
		175	0.93	2.80	64.7	240	305	0.28	2.85	7.1	95
	2	630	1.10	0.30	15.3	480	525	0.13	1.80	1.3	1
		505	1.05	1.56	30.2	403	460	0.19	2.10	3.0	3
		350	0.96	2.50	43.0	338	405	0.27	2.28	4.3	9
		250	0.87	3.15	52.6	305	382	0.32	3.35	5.1	42
		180	0.83	3.50	59.9	270	355	0.35	3.70	5.6	70
Soft Wood	1	665	2.62	0.85	18.5	385	373	0.17	1.60	1.5	4
		550	2.58	1.53	45.1	273	261	0.18	1.70	5.3	35
		430	2.50	1.85	54.4	210	245	0.19	1.90	6.5	120
		360	2.34	2.00	59.5	204	236	0.20	2.10	6.9	260
		230	2.07	2.15	66.4	191	217	0.21	2.25	7.5	730
	2	80	1.88	2.40	70.5	173	192	0.23	2.40	8.0	3,500
		660	2.62	0.80	18.1	365	383	0.17	1.75	1.6	4
		555	2.46	1.70	42.8	257	295	0.19	1.85	5.1	32
		415	2.29	1.95	52.0	240	285	0.21	2.05	5.9	100
		350	2.11	2.25	56.0	230	278	0.23	2.30	6.2	210
		215	1.77	2.50	60.8	215	265	0.24	2.40	6.5	530
		105	1.53	2.80	65.7	200	255	0.26	2.75	6.7	2,650

* No. of beating 1. Wet beating (10°C, 2.0% pulp consistency)

2. Free beating (45°C, 0.5% pulp consistency)

Fig. 1 Frequency curves of fiber length of furnishes beaten to about 250 ml C. S. F. by Niagara beater

のものを測定しているのではない。従って、ずれ抵抗の大きいものほど収縮率が小さいこととなり、シートを構成している繊維が長いほど、言い換えれば、一本の繊維が数多くの繊維間にわたって絡み合っているシートほど収縮応力は大きい、収縮率は小さくなるといえよう。このように収縮に関しては繊維長の影響は極めて大きいことが分かる。

3.3 繊維長と収縮性の関係

上述のように収縮率、収縮応力は繊維間相互の絡み合いによって左右され、したがって、繊維壁厚などの形態的因子が一定であれば繊維長の影響は大きいことが分かった。そこで、収縮に及ぼす繊維長の影響をモデル的に調べるために次の実験を行った。

ろ水度 350 ml の NBKP を長網テスト抄紙機で抄紙し、乾燥したこのシートを流れ方向に種々の長さに断裁し、繊維長の異なる試料を作成した。繊維長の影響のみを調べるためには、叩解条件が同一でなければ比較試料とならず、したがって叩解時間の相違、叩解後のふるい分けなどで繊維長の異なるフラクションを作っても意味がない。そこで、上記のように、同一叩解試料から断裁によってランダムに繊維を切断し、断裁長さを変えることによって平均繊維長の異なる試料を作成した。断裁後試料は水中で離解し、繊維長測定、乾燥時収縮応力測定、手すき紙用に供した。手すき紙の乾燥はろ紙交換法⁷⁾ による。

Fig. 2 Effect of beating condition on shrinking stress during drying of handsheets

Fig. 3 Relation between shrinkage and shrinking stress during drying of handsheets from furnishes beaten in different conditions

結果を表 2 に示した。断裁せず、再離解のみのパルプから作成したシートは、原パルプのシートに比べ、一次抄紙（長網テスト抄紙機すき）の際に微細繊維が減少しているため⁶⁾、平均繊維長が若干増大しており、また乾燥の影響もあって、ろ水度が若干増加し、収縮応力、収縮率、伸縮性などは低下している。断裁試料から抄紙したものは、断裁の間隔によって平均繊維長

Table 2 Properties of handsheets made from furnishes of cut sheets (Hardwood Pulp)

Cutting length (mm)	C.S.F. (mL)	Average of fiber length (mm)	Shrinkage in length (%)	Shrinking stress (kg/cm ²)	Light scatt. coeff. (cm ² /g)	Moist-expansivity (%)
Original furnish	355	2.38	2.05	58.8	200	0.21
uncut	375	2.44	1.95	57.6	215	0.19
5.0	350	2.03	2.05	52.4	210	0.22
3.5	330	1.74	2.30	46.8	200	0.24
2.0	285	1.38	2.60	40.2	175	0.27

が徐々に変化しており、繊維長の短いものほど収縮応力は小さいが、収縮率、伸縮性は増加の傾向を示していることが分かる。このことから、収縮に及ぼす繊維長の影響は極めて大きいことが明確になったと考えてよいであろう。

3.4 シートの特性

湿紙匹乾燥時の収縮挙動については以上の通りであるが、さらに乾燥紙の特性について調べた。

まず、繊維間結合の指標としてシートの光散乱係数の変化を図4に示した。N材パルプとL材パルプの相違は周知の通りである。NBKP はろ水度全域において LBKP よりも光散乱が少ないが、殊に、叩解初期において急激に低下し、それ以後、低下率が非常にゆるやかになるのに反し、LBKP は叩解により、ほぼ直線的に光散乱が低下する。ろ水度-収縮応力の関係と類似の傾向を示すといえよう。叩解条件の違いによる光散乱の差はそれほど大きくはないが、粘状叩解パルプの方が光散乱がやや少なく、繊維間結合が多いことを示しており、収縮応力の傾向と一致する。

次に叩解による伸縮性の変化を図5に示した。LBKP, NBKP の差、粘状叩解、遊離状叩解の差が非常に明瞭に現われている。すなわち、粘状叩解による LBKP, NBKP の比較を行うと、叩解初期にはむしろ LBKP よりも伸縮安定性は高いが、叩解によって直線的に、しかも急速に低下していくのに反し、NBKP は叩解による伸縮安定性の変化が少ない。また、遊離状叩解パルプは NBKP, LBKP とともに粘状

Fig. 4 Effect of beating condition on light scattering coefficient of handsheets

叩解パルプよりも伸縮安定性の変化が大きいことが分かる。

このように、パルプの種類、叩解の状態によってそれから得られたシートの伸縮安定性が異なるが、図6に示したように、収縮率と伸縮率の関係をみると、原料による相違は認められなくなる。従って、これまでも述べたように、伸縮安定性は乾燥時の収縮率によ

Fig. 5 Effect of beating condition on moist expansivity of handsheets

って決定されるといえる。このことから、伸縮安定性の高い紙を作るためには、乾燥時に収縮を起こし難い原料を用いることが望ましい。図7に、回転式ドライヤーで乾燥した収縮乾燥シートと、収縮応力を測定したシート、すなわち、乾燥時に収縮を抑制したシートの比散乱係数の比較を示した。比散乱係数の差は、収縮抑制乾燥したために、本来繊維間結合、あるいは、繊維間接触によって光を散乱しなくなる距離にまで近づく繊維同志が、その密着を妨げられたために起こったものであり、収縮率の大きいパルプほどこの差が大きいことを明瞭に示している。

4. 結 論

LBKP 及び NBKP を用い、シート乾燥時の収縮性に及ぼす叩解条件の影響を調べ、次の結果を得た。

- 1) LBKP は粗叩解時には NBKP よりも収縮性が小さいが、叩解の進行に伴ない LBKP の収縮性は急激に増大する。
- 2) 遊離状叩解パルプは粘状叩解パルプに比べ、収縮応力が小さいが、収縮率はむしろ大きい。
- 3) 繊維長は、乾燥時のシート収縮性に大きく影響する。長い繊維から構成されるシートは収縮応力は大い収縮率は小さい。
- 4) 乾燥時に収縮を抑制すると、シートの比散乱係数は大きくなるが、収縮率、伸縮不安定性の大きいパルプ程、収縮乾燥、無収縮乾燥両シートとの比散乱係数の差が大きい。

Fig. 6 Moist-expansivity as a function of shrinkage during drying of handsheets from furnishes beaten in different condition

Fig. 7 Relations of light scattering coefficient of handsheets dried with and without tension

- 5) LBKP, NBKP とともに、遊離状叩解パルプは、粘状叩解パルプに比べて繊維長が短いために伸縮安定性が低く、したがって収縮抑制による紙質の変化も大きい。

文 献

- 1) Raderer, P. : Wochenbl. Papierfabrik. **95**, (1), 9, (1967)
- 2) Newman, J. A. S. : Das Papier **17**, (10), 491, (1963)
- 3) Forgacs, O. L., Robertson, A. A. and Mason, S. V. : "Fundamentals of Papermaking Fibre"