



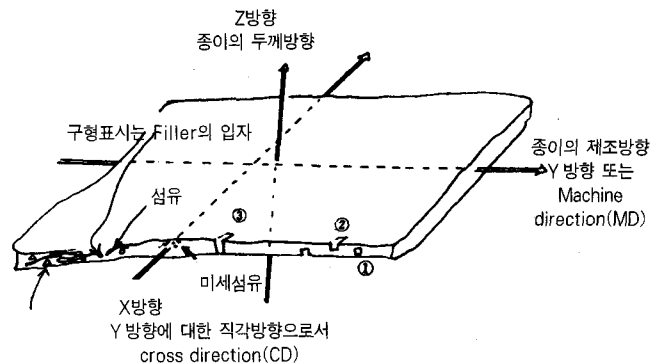
# 골판紙製造 新技術



韓國紙技工社  
代表 金 舜 哲

## 골판지 제조 신기술

1. 머릿말
2. 종이원료는 무엇으로 만들어지는가 ?
3. 펄프의 종류  
(이상 통권 제2호 게재)
4. 종이의 제조  
(이상 통권 제3호 게재)
5. 종이의 Formation과 물성  
(이상 본호 목차)



삼각형표시는 size용 Rosin 입자  
종이 속에 있는 구멍 중에서  
①을 Void  
②를 Recess  
③을 True pores라 부른다.

## 5. 종이의 Formation과 물성

### 5-1 종이는 어떻게 구성되어 있는가

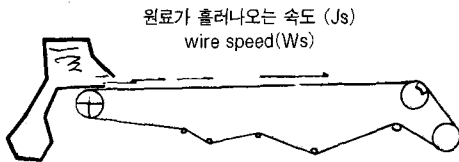
기본적으로 종이는 먼저 형체가 이루어져야 하는데, 이것이 얼마만큼 잘 이루어졌나를 표시할때, 우리는 Formation이 어떠냐고 묻는다. 외관상 Formation은 밝은 빛에 비추어 볼때, 섬유와 분포가 균일하고 얼룩이 없으며, 어느 부분이나 두께와 평량이 일정하다고 보면 이 종이의 Formation은 훌륭한 것으로 판정하고 있다.

그러나 이것은 어디까지나 외관이고 실용면에서 필요하는 섬유의 정렬 방향과 그 섬유가 서로 당기고 얽혀서 외력에 대한 응력이 얼마만큼 균일하며, 종이의 두께 방향(Z방향)의 섬유와 전료 그리고 미세 섬유의 분포는 균일한지 알 수 없다. 이런 것들을 여러가지 방법으로 조사해서 항상 그에 대한 개선의 의의가 있어야 한다.

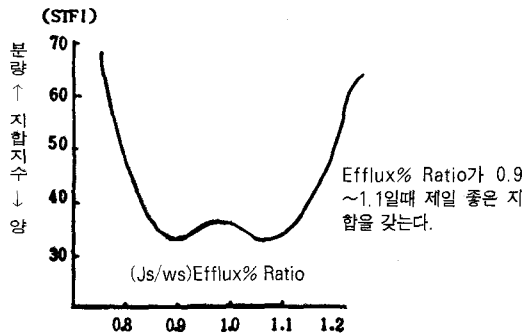
한장의 종이를 크게 확대하여 보면 다음과 같다. 종이가 초출된 방향을 축방향으로 보고 이를 Y방향으로, 그리고 그 직각방향을 X방향 또 두께 방향을 Z방향으로 구분, 표시할 수 있으며, 이때 Fiber는 X, Y 방향으로 균일하게 분포되어 있으나, 또한 Z방향을 가정할때 Z방향에는 적당한 길이의 섬유와 아주 미세한 섬유(Fine), 그리고 진료(Talc)와 Rosin입자가 표리 양면으로 균등하게 분포되어 있으며, 여러가지 형태의 공간 (Carson이 측정한 이들 공간의 크기는 Bond Paper에서 1.2  $\mu$ , Art지에서 0.2 $\mu$ )도 균일하게 분산되어 있으나, 그리고 섬유와 섬유거리는 X, Y, Z 방향으로 얼마나 강력하게, 그리고 균일하게 결합하고 있는지를 조사할 필요가 있다.

**5-2 Formation과 분출비**

X, Y 방향 섬유 분포가 Head Box의 Jet Speed(Js)와 wire의 speed(Ws)간에 어떤 관계가 있는가를 조사하여 보면



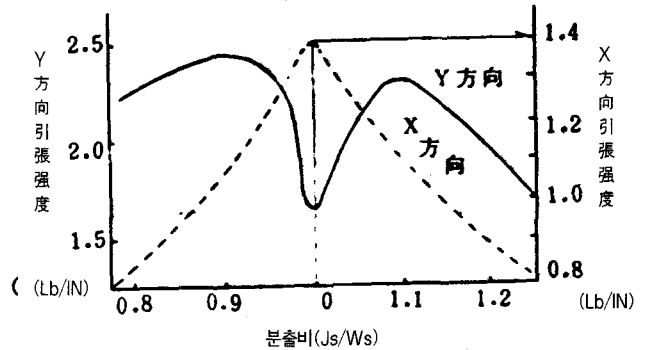
wire의 주행 speed(Ws)와 원료의 분출 Speed(Js)가 동일할때, 또는 비슷할 때가 가장 좋은 Formation이 되고 있다. 여기에서  $J_s / W_s = K$ 를 우리는 분출비(Efflux Ratio)라고 하는데, 이 분출비와 지합 관계를 보면 다음 그림과 같다.



**5-3 분출비와 종이의 인장강도**

종이의 인장강도는 분출비가 1.0내외일때 Y방향은 제일 약하고, X방향은 제일 강해서 X, Y 방향 인장강도가 가장 균일한 모형을 갖는데, 이를 그림으로 표시하여 보면 다음과 같다.

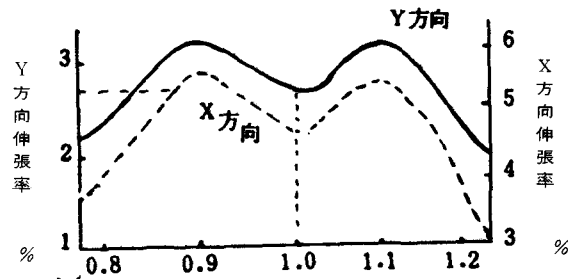
이 도표에서 분출비 1.0일때 Y방향 인장강도 곡선에 수직을 긋고, 그 교차점에서 좌측 Y방향 강도수치로 평행선을 그어보면 대략 1.55Lb/1N 정도이고, 분출비 1.0에서 같은 방법으로 X방향곡선과 X방향인장강도수치를 연결하여 읽어보면 1.4 Lb/1N정도. 그래서 X, Y 방향 인장강도차는 적어서 균일한 편이다.



**5-4 신장률과 분출비**

신장률에서도 분출비가 1.0부분에서 X, Y방향의 신장차가 제일 적은 편이다.

분출비가 1.0일때 X방향 신장률은 4.8%, 그리고 Y방향은 2.5% 정도로 다른 분출비때 보다는 제일 적은 신장률차가 된다.



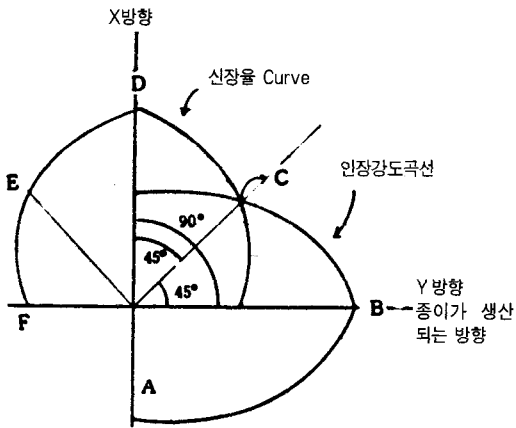
**5-5 X, Y 방향성에 따른 인장강도와 신장률**

종이의 인장강도 (Tensile strength)는 Y 방향의 각도에 따라, 그리고 신장률은 X방향의 각도에 따라 크게 다른데, 이것은 원료가 금망상에 상당한 Speed를 갖고 분출됨에 따라 섬유의 저항이 제일 적은 적진상으로 배열되기 때문인데, 이것을 우리는 Fiber Orientation이라 부른다.

인장강도는 Y방향일때, 가장 강한 힘 ㉞를 얻고, 45° 방향이면 ㉠ + ㉞ / 2 = ㉡ 강도이며, 신장률에서는 X방향일때, 제일 많은 ㉠ 값이고, 역시 45° 방향이면 ㉠ + ㉞ / 2 = ㉡ 의 신장률을 나타낸다.

바꾸어 말하면 인장강도는 종이의 진행방향에서 제일 강하고, 신장율은 폭방향에서 제일 큰 값을 나타내는데,

이들 수치의 변화는 X, Y 방향의 각도에 비례하여 변한다는 뜻이 된다.

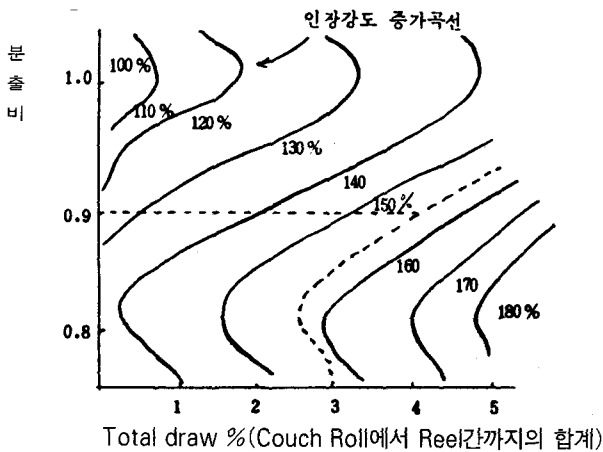


**5-6 분출비와 Draw와 XY방향 인장강도**

금망부에서 Press part로, Press에서 Dryer part로 습지가 넘어갈때, 팽팽하게 잡아 당기는 것을 Draw라 말하고, Couch Roll의 속도에 대한 %로 표시한다. 일반적으로 지종과 초지기 형식에 따라 다르지만, 1~8%의 Draw를 갖게 된다.

그런데, 이 Draw도 분출비처럼 종이의 Y방향 인장강도에 큰 영향을 하는데, 이것을 그려보면 다음과 같다.

그래서 종이를 꼬아서 만드는 종이실용 종이를 만들때에는 특별히 많은 Draw를 주어야 한다.



이 그림은 분출비가 1.0이고 Draw가 0%일때의 Y방향 인장강도를 100%로 기준한 것이다. 따라서 분출비가 0.9이고, total draw가 3.0%라면 이때의 Y방향 인장강도 증가는 대략 156%만큼 늘어난다는 뜻이다. 다시 말하면, draw가 많을수록 Y방향의 인장강도가 증가한다는 것이고, 그렇기 때문에 Y방향 섬유 정렬이 많아져서 X방향강도는 반대로 적어지게 된다. 그래서 X, Y 방향 균일화를 위해서는 Draw는 가급적 적은 편이 좋다.

**5-7 수분과 종이의 치수 변화**

종이는 생산하는 공장에서 지엽상으로, 그리고 인쇄공장과 제본소를 통하여 출판 판매된다.

그래서 항상 어떤 곳에서 다른 곳으로 옮겨가게 되어 있다. 그런데 공기중에 들어있는 수분은 시간과 공간이 다르다면 다르게 되어 있다. 다시 말하면 시간이나, 자리가 달라지면 그 공기중에 들어 있는 수분이 다르다.

그래서 이들 수분이 얼마나 달라지느냐를 표시하기 위한 방법으로 우리는 상대습도(Relative Humidity = RH)와 절대습도란 말을 사용한다.

절대습도는 일정한 온도의 공기중에 들어있는 수분의 중량비로써, 1Lb의 건조 공기내에 들어있는 수분의 grains (1Lb=7,000 grains)로 표시한다. 그리고 상대습도는 그 온도에서 가질 수 있는 최대수분의 몇 %에 해당하는 수분을 갖고 있느냐의 뜻으로 사용된다. 그래서 지금 15℃ 때의 상대습도가 65%라면, 이것은 15℃에서 결로(結露)없이 가질 수 있는 최대수분의 65%만큼을 갖고 있다는 뜻이 된다.

그러므로 안개처럼 수분이 결로되려는 대기의 상대습도는 그 이상 더 많은 수분을 가질 수 없으므로, 이때의 상대습도는 100%가 된다.

그래서 우리는 종이를 취급하거나, 보관할 때는 반드시 상대습도라는 말을 쓰게 되고, 1년중에 가장 많은 상대습도를 기준하여 종이의 함유수분 %를 결정한다. 우리나라는 15℃ 시 상대습도 65%를 기준하고 있으므로 백상지의 경우 수분함유율을 6-7%, 신문지에서는 9-10%로 정하여, 이를 공정함유수분이라 부른다.

왜냐하면 15℃ 시 65% 상대습도하에서는 백상지의 경우 수분이 6~7%보다 적으면 대기에서 수분을 흡수하여 6~7%가 되려한다.

그러므로 종이를 만들때 6~7%이상이나 이하의 수분으로 할 필요가 없다. 신문지가 9~10%에서 평형이 되기 때문인 것처럼, 지종에 따라 각기 다른 평형수분치가 있다.

이것을 표시하면

지 종	표준상태 15℃ 65RH 평형수분
신문용지	9~10
백상지	6~7
liner	7~8%
골芯紙	7~8%
공板紙	10~11%

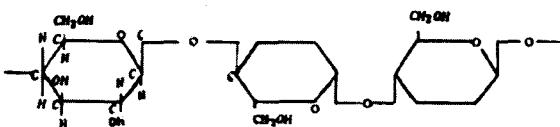
일차는 이렇게 조정하여 생산하지만, 종이는 유통과정에서 표준상태만의 대기속에 있을 수 없다. 그래서 수분을 잃어 버리거나 흡수하게 되는데, 이런 과정에서 종이는 신축하게 되고, 치수가 변하면 표면이 평평치 못하며, 어떤 반경으로 구부러진다. (Curl 현상)

이와 같이 수분에 따라 종이의 치수가 변하는것까지는 좋으나, 폭방향(X방향)이 길이 방향 (Y방향) 보다 2.0 배 내지 5.93배까지 늘어난다는 것이 문제점이다. 이와 같이 한쪽 방향으로만 많이 늘어난다는 것은 인쇄작업할 때 인쇄물의 중심점이 일치되지 않는 등 여러가지 문제가 있다.

수분에 따라 종이가 신축하는 것은 Fiber 상호간의 잡아당기는 힘이 약해지고, Fiber 자체의 신축에도 영향하는데, 한개의 Fiber로 볼때 폭방향이 길이 방향보다 훨씬 크게 신축한다.

그것은 Fiber가 4,000~ 10,000개의 Glucose 분자로 쇄상연결되어 있기 때문에 길이 방향으로는 물이 스며들지 못하기 때문이다.

이를 시성식(示性式)으로 표시하면 아래와 같다.



Fiber는 이와 같은 Glucose 분자가 길이 방향으로 4,000~10,000개 쇄상으로 연결되어 있다.

그래서 수분에 따른 종이의 종류별로 본 폭방향과 길이 방향의 치수 변화율을 보면 아래 표와 같이 폭방향이 길이방향보다 수배나 많다.

상대습도에 따른 종이치수 변화율

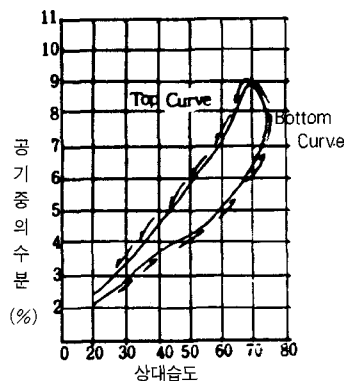
종이의 종류	폭방향(X)	장방향(Y)	장/폭 방향비
신문용지	0.35	0.13	2.7
Tablet	0.38	0.12	3.16
M.F.Book	0.33	0.16	2.06
S.C.Book	0.47	0.10	4.7
Bond Paper1	0.31	0.13	2.3
Bond Paper2	0.48	0.10	4.57
내수지	0.95	0.16	5.93

온도에 따른 Curl 발생원인은 부분적으로 다른 수축 신장이 있기 때문이며, 얇은 종이가 쉽게 Curl 되는 것은 두꺼운 종이에 비하여 Curl에 대한 자체저항력이 약하기 때문이다.

부분적으로 수축과 신장이 다르다고 하는 것은 지합이 부분적으로 다르거나, Size 분포의 불균일, Felt의 오염, Press Crown 불균등이 원인일 수도 있다.

종이가 온도에 따라 신축하는 것은 비가소성이어서 한번 수분을 주었다가 건조한 다음에 다시 먼저번의 온도에 방치해도 처음에 흡수한 만큼의 수분을 흡수하지 못한다.

다음 그림에서 RH 20%에서 수분이 2.5%인 종이를 RH를 73%까지 올려 본바, 수분이 9%까지 올라갔다. 그런데 이것을 다시 RH 20%까지 서서히 내려봐도 당초에 지나온 수분곡선보다 많은 수분곡선을 이룬다.



이와같은 수분곡선

차이를 종이의 Hysterisis라 부른다.

이와 같이 습건의 Cycle은 비가소성이면서도 그 Wet-Dry Cycle 에 따라 그 수축율은 계속해서 일어나는데, 이를 수치로 표시하면 다음과 같다.

Wet dry cycle수 수축율(%)

1 .....	1.8%
2 .....	0.55%
3 .....	0.30%
4 .....	0.16%

RH에 따른 신축율은 같은 지중에서는 비파가 높을수록, 회분의 함율이 적을수록, 기공도가 낮을수록 심하게 일어난다. 이와같이 RH에 따라 수치가 변화하는 것은 종이중의 수분 함량에 변화가 있는 것이 원인이다. 따라서 종이의 평량도 변한다. 이런때에 습도에 따른 종이의 평량보정은 다음표에 따른다. 단, 이 보정표는 RH 50%때를 기준으로 한것이다.

종이의 수분이라는 것은 Fiber와 Fiber의 간격 사이로 흡수되는 수분과 Fiber자체가 갖는 수분으로 나누어 지는데, 이 Fiber 자체가 갖는 수분은 잘 증발되지 않는다.

Lignin이 많은 종이는 동일한 RH 하에서 수분이 많고, 대체로 종이의 흡수속도는 건조속도보다 2배나 빠르다.

RH %	$\alpha$ -Cellulose 또는 면섬유종이	일반화학 Pulp 종이	쇄목 Pulp 종이
20	-1.5%	-2.5	-3.5
30	-1.0%	-2.0	-2.7
40	-0.5%	-1.0	-1.3
50	0%	0	0
60	+0.5%	+0.7%	+1.2%
65	+1.0%	+1.5%	+2.2%
70	+1.7%	+2.5%	+3.7%
75	+2.5%	+4.0%	+5.2%
80	+3.5%	+5.0%	+7.2%

특히 처음 1초에서 제일 빠르고, 그후 서서히 진행하

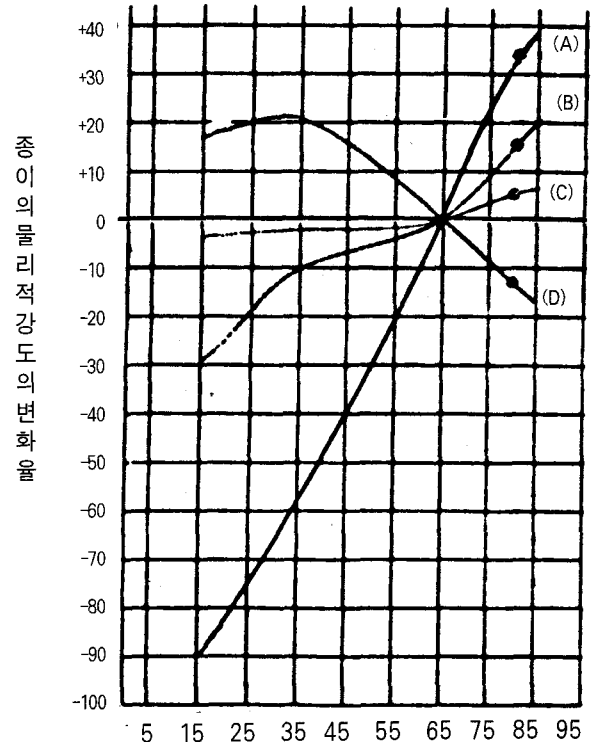
여 대기중에서 평형점을 이룰려면 2~3hr 걸리고 Coating지는 24~ 48시간이 걸린다.

특히 권취 종이는 쉽게 흡수할 수 없어서 신문지의 경우 높은 습도하에서도 5 inch 깊이까지 수분이 들어가는데는 6개월이 걸렸다고 Jones는 말하고 있다.

**5-8 수분과 종이의 강도관계**

종이의 여러가지 강도는 습도에 따라 다음 그림과 같이 변화한다.

이 그림은 상대습도가 65%일 때를 여러가지 강도의 기본으로 보고, 그에 대한 파열강도를 %로 표시한 것이다. 따라서 파열강도(Bursting Strength)를 하나의 예로 본다면, RH 65°에서 증감이 0이었으나, RH가 25°로 변할 때는 그 강도가 20%만큼 증가한다는 곡선표시가 된다.



- A = 내절도 (Folding Endurance)
- B = 인열강도 (Tearing Strength)
- C = 두께 (Thickness)
- D = 파열강도 (Bursting Strength)

그리고 개념적이지만, 이 이외의 강도와 RH 관계를 보면, RH가 높아짐에 따라 종이의 Rattle(빠시락하는 소리), 인장강도·표면강도·Stiffnes, 안정성 등은 줄어들고, 반대로 내절도·인열도·압축성 치수는 늘어난다.

**5-9 종이의 고흥율**

어느 종이를 막론하고 종이에선 여러 형태의 세관공(細管孔)이 있다.

예를 들면, Z방향 상하로 관통한 True Pores가 있는가 하면, 표리 어느 한쪽만으로 터져 있는 Recess, 그리고 Z방향 중심부에 있는 구멍(Void) 등이 있어서 종이를 강한 압력으로 압축하면 엷어진다.

**종이별 고흥율**

glassine지(Tracing paper 등) .....	0.6 ~ 0.75
Bond 필기용지 S.C. 책지 .....	0.45 ~ 0.65
시멘트지대용지 .....	0.20 ~ 0.95
신문용지 .....	0.46
내지지 .....	0.56

이와 같이 최초의 두께에 대한 가압후의 두께 비를 고흥율이라 부른다.

종이별 이 고흥율을 보면 다음과 같다.

따라서 신문용지 같은 것은 종이의 부피중에서 종이의 원료가 차지하는 용적보다도 공기가 점유하는 부피가 더 많다.

**펄프의 고흥율과 인장강도**

고형율(%) (Solid Fraction)	Black Gum Sulphite pulp 인장강도(Lb/㎡)	Spruce SP 인열강도(Lb/㎡)
0.20	500	800
0.30	1,150	2,000
0.40	2,250	3,500
0.50	3,900	5,500

종이의 고흥율은 바로 종이의 강도 특히 인장강도와 정비례함으로 인장강도를 측정하여 고흥율을 역산할 수도 있는데, 다음은 Pulp 종류별 고흥률과 인장강도 관계를 표시한 것이다.

동일평량이라면 고흥율이 높은 종이가 인장강도가 크고, 고흥율의 향상 없는 고흥작업은 강도향상이 전혀 없다.

같은 고흥율이면 N재 Pulp가 L재 Pulp보다 강하며, Filler의 증가나 Calendering은 고흥율을 증가시키나, 강도향상에는 무관하며, 점상고해가 많을수록, Press Roll의 선압이 높을수록, 미세섬유(Fine)가 많을수록, Hemicellulose가 많을수록 종이의 강도를 동반한 고흥율이 향상된다.

고형율이 향상되면, 어찌서 인장강도가 올라가는가?

고형율이 높다고 하는 것은 단위용적속에 섬유가 많이 들어 있다는 뜻이고, 많이 있으려면 섬유가 서로 가깝게 있어야 한다. 이렇게 가까이 해주면 섬유는 자기접착력(Self-bonding Force)을 일으키어 서로 접착하기 때문이다. 그 실험으로서 거친 붓과 고운 붓을 예로 할 수 있다. 이 두개 붓에 먹물을 발라 건조한 다음 그 붓끝의 경도를 비교해 보면 고운 붓끝은 금속침처럼 단단하지만, 거친 붓끝은 솜뭉치처럼 흐트러져 버린다.

이것은 바로 섬유와 섬유끼리의 거리를 얼마만큼 가깝게 하여 건조시키느냐에 따른 차이점이다.

또 같은 예로서 2개의 유리면사이에 물을 넣고 이 유리를 분리하는 실험을 해 보면, 2개의 유리면 사이에 있는 물이 두터울 때는 쉽게 떨어지지만, 이 물 두께가 엷으면 엷을수록 잘 안떨어진다.

그러나 고흥율의 향상은 종이의 불투명도를 방해하는 결합도 포함되어 있다.

(계속)