

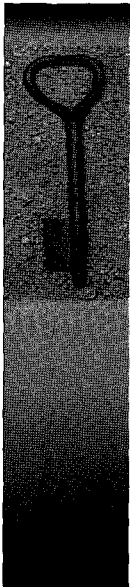


골판지원지를 알면 상품의 가치를 높일 수 있다 ②

충북대 산림과학부
교수 박종문

한국골판지포장공업협동조합과 한국목재공학회가 공동주관으로 2001년 11월 22일 한국무역투자진흥공사(KOTRA) 2층 대회의실에서 제2회 국제골판지포장기술 심포지엄 겸 제4회 2001년도 골판지포장공업 기술자 연수대회를 개최하였습니다. 이번 연수대회에서 발표한 내용들을 정리하여 관련 교육자료와 함께 연재하오니, 더 한층 발전하는 골판지포장업종이 될 수 있도록 업체에 종사하는 모든 분들의 많은 관심과 연구를 통한 기술력 향상에 많은 도움이 되었으면 합니다 (편집자 주).

SPEECH 17

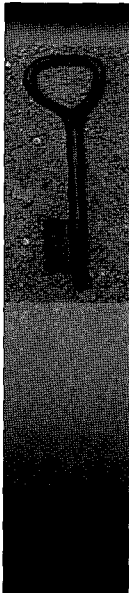


파괴 변형율의 영향인자

- ◆ 고해증가는 압축변형율을 변화시키지 않으나 인장변형율은 증가시킴
- ◆ 건조수축(drying shrinkage)은 압축과 인장시 모두 파괴변형율을 증가시킴



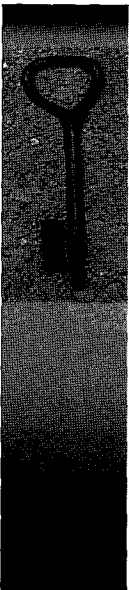
SPEECH 18



종이, 판지의 압축파괴 메카니즘

- ◆ 종이와 판지에 압축이 증가하면 먼저 섬유와 좌굴 또는 결합의 층간분리 (delamination)가 일어난 후에 결정적인 파괴가 일어남
- ◆ 외부에서 작용하는 압축이 갑자기 힘으로 변하면서 하중을 견디는 능력이 갑자기 떨어짐
 - 인장파괴의 경우, (1) 결합면적의 전단파괴 또는 (2) 섬유의 인장파괴 때문에 일어남

SPEECH 19



압축파괴 - 층간분리

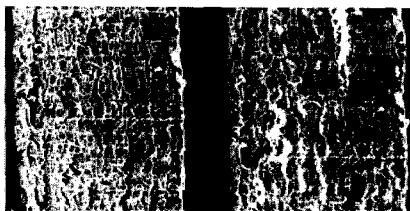
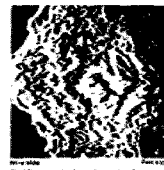


Fig. SEM micrographs of a linerboard sampler before and after edgewise compression. Common features can be compared if the compressed sample on the right is shifted upward. The white areas in the compressed sheet are caused by disruptions in a surface coating. The figure clearly shows sheet expansion and delamination between fiber layers in the compressed sheet.



A. Micrograph of square area (linerboard sample) before compression (Section 4, Fig. 15, Original magnification: 300x)



B. Micrograph of square area (linerboard sample) after compression (Section 5, Fig. 15, Original magnification: 300x)



SPEECH 20



휨강성

◆ 다층판지의 휨강성 향상 방안

- 표면층에 저수율 펄프(화학펄프)를 고해처리율을 많이 수행하고,
- 중간층에는 고수율 펄프(기계펄프)를 적게 고해처리하여 초지해야

SPEECH 21

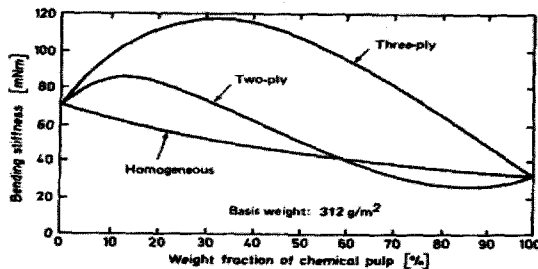
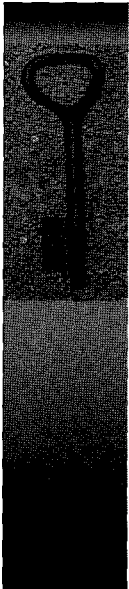
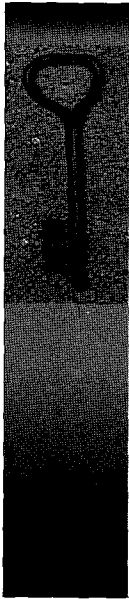


Fig. 14 Calculated bending stiffness for homogeneous, two-ply and three-ply sheets with different weight fractions of chemical pulp. Chemical pulp: $E^* = 7.69$, $\rho = 826$. Mechanical pulp: (E^*) = 3.02, $\rho = 400$. Units as in Table 2.

- 동일한 평량의 판지를 화학펄프, 기계펄프로 제조한 경우, 3층구조(화학펄프/기계펄프/화학펄프)의 판지가 휨강성이 가장 강함
- 기호와 단위 : E^* 비탄성율(MNm/kg, 탄성율/밀도), ρ 밀도(kg/m³)
- 참고문헌 : Handbook of Physical & Mechanical Testing of Paper & Paperboard, R.E. Mark(ed.), Marcel Dekker, Inc., NY, 1983.



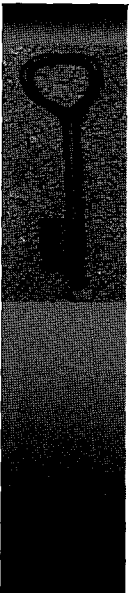
SPEECH 22



내부결합강도

- ◆ Out-of-plane 강도
- ◆ 스캇(Scott) 내부결합강도 측정기
TAPPI Useful Method 403
- ◆ 1인치 x1인치 종이, 양면테이프
- ◆ 다층판지에서 중요 (Crushing : 종이구조의 과압착파괴)
- ◆ Z방향 인장강도
TAPPI T 541 (양면테이프, 두판 사이에 놓고)
- ◆ 여러 가지 가공공정, 최종용도에서 중요
- ◆ 옵셋인쇄에서 고점도 잉크가 z방향으로 분리하는 인장응력을 부여
- ◆ 판지의 과선작업시(creasing) 층들이 서로 분리가 되어야 하는데 z 방향의 결합강도가 높으면 오히려 불리함
- ◆ 두께방향의 응력-변형을 곡선에서 (1) 탄성율이 낮음, (2) 직선부분이 짧고 곧바로 소성변형 일어남, (3) 인장파괴 변형율이 적음(0.5% 이내)

SPEECH 23



측정방법

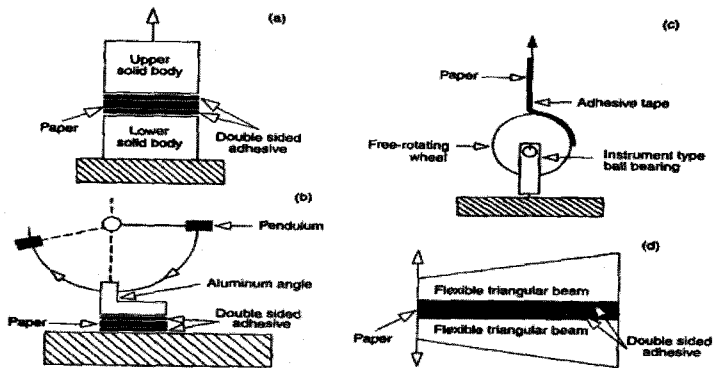


Figure . Measurement of out-of-plane failure stress (a) and delamination energy with the Scott bond (b), "peel wheel" (c), or cantilever beam technique (d).

F. 15 - p 215



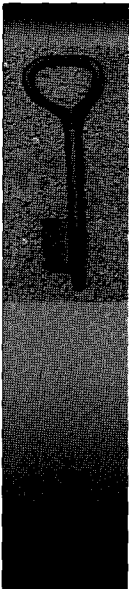
SPEECH 24



내부결합강도 영향하는 구조적 효과

- ◆ 초지기의 형성(forming), 압착공정 중요
- ◆ Interwoven or felted(높음) vs. layered structure(낮음) of network 중요.
- ◆ 습윤압착과 고해로 밀도 상승시 증가
- ◆ Condebelt 압착시 결합구조 변해서 2-3배 강함
- ◆ 칼렌더링은 습도, 온도와 방법에 따라 증가 또는 감소 시킴
- ◆ 사이징은 결합강도를 증가시켜 높임
- ◆ 내부결합강도는 섬유결합과 관계가 있으므로 광산란 계수와 직접적 관계
- ◆ In-plane 강도에 대한 어떤 영향인자는 효과없음
- ◆ 건조수축은 영향 없음

SPEECH 25



응용 - 섬유와 종이의 특성 이해



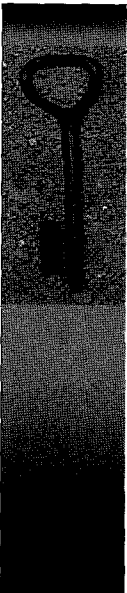
SPEECH 26



섬유 특성의 영향






- ◆ 유연성
 - 섬유간 결합면적
 - 순응성(Conformability), 찌부러짐(Collapse)
- ◆ 거칠음도(coarseness) - 100 m 섬유를 늘어 놓았을 때 무게 (mg/100 m)
- ◆ 피브릴화(소섬유화) : 외부 피브릴화, 내부 피브릴화
- ◆ Page 식 $1/T = 1/F + 1/B$
- ◆ Tg 유리전이 온도(후루팅 스팀처리 - 수분량 증가시켜 유리전이 온도 낮추어 골게타 작업을 쉽게 해 주기 위해)
- ◆ 섬유장

SPEECH 27



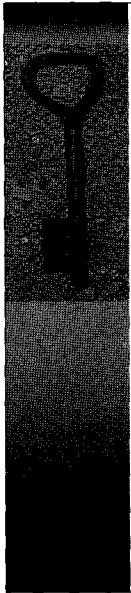
거칠음도

Softwood Fibers vs. Hardwood Fibers

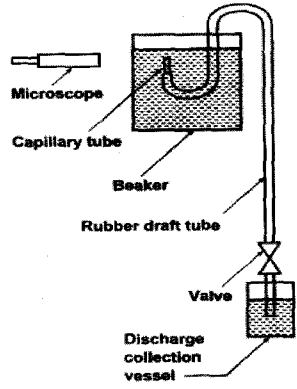
- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Hardwood fibers <ul style="list-style-type: none"> - Length : 0.9 - 1.5 mm - Width : 10 - 30 um - Coarseness : 7 - 6 mg/100m - Produce lower strength (tension and tear) but smooth and high opacity paper. • Softwood fibers <ul style="list-style-type: none"> - Length : 2.5 - 7 mm - Width : 30 - 45 um - Coarseness : 18 - 30 mg/100m - Produce higher strength but rougher paper | <p>OAK </p> <p>GUM </p> <p>PINE SUMMERWOOD </p> <p>PINE AVERAGE </p> <p>PINE SPRINGWOOD </p> |
|---|--|



SPEECH 28



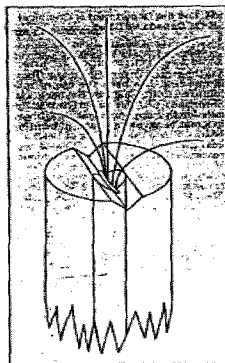
섬유 유연성 측정 (Tam Doo & Kerekes)
-대략적 모식도



SPEECH 29

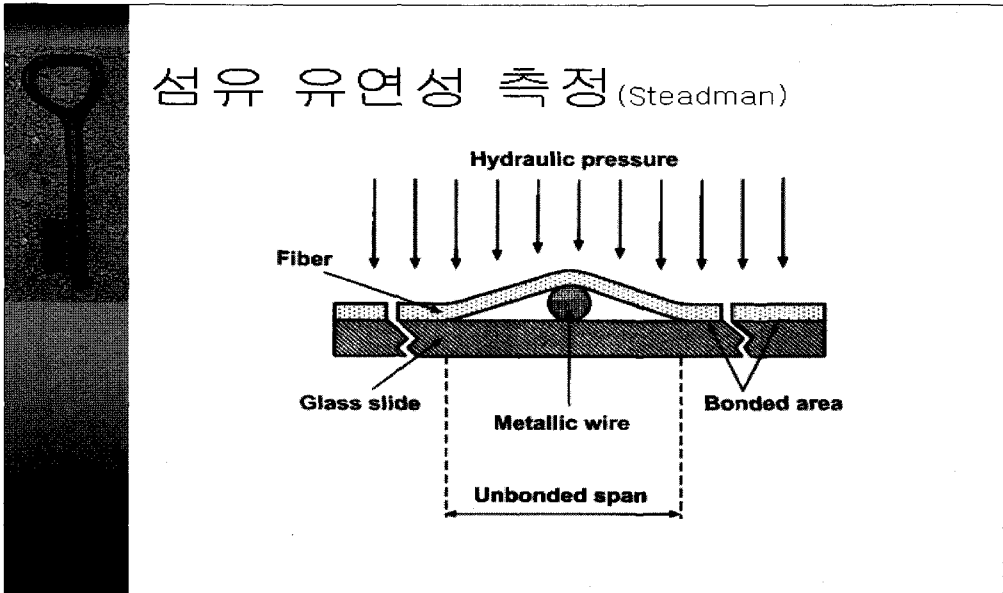


섬유 유연성 측정 (Tam Doo & Kerekes)
-세부 모식도

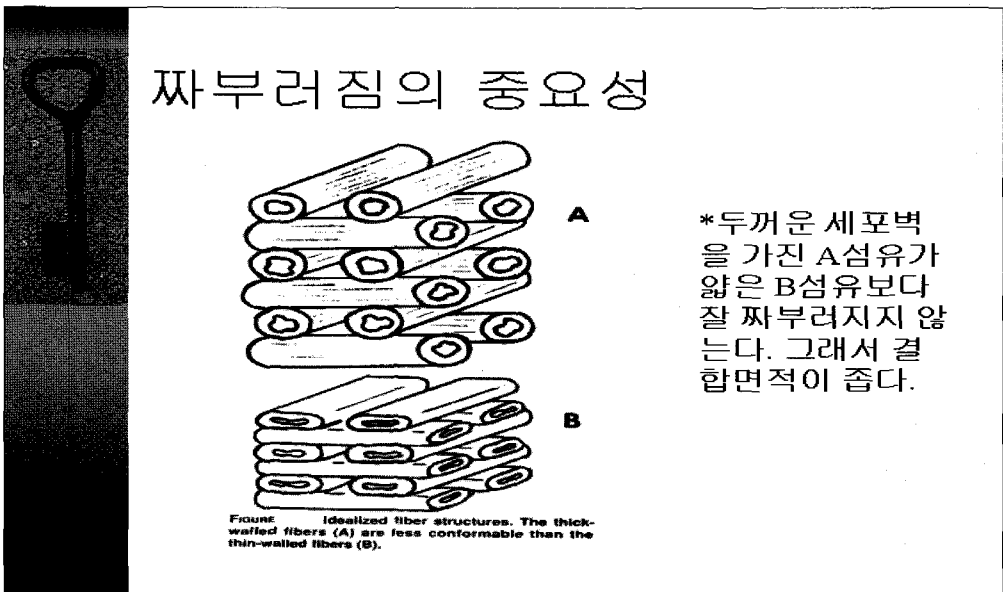




SPEECH 30



SPEECH 31





SPEECH 32



고해공정 중 섬유의 거동

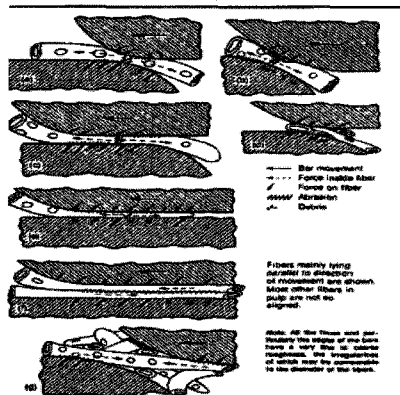
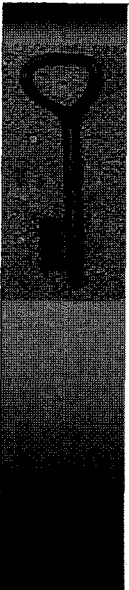
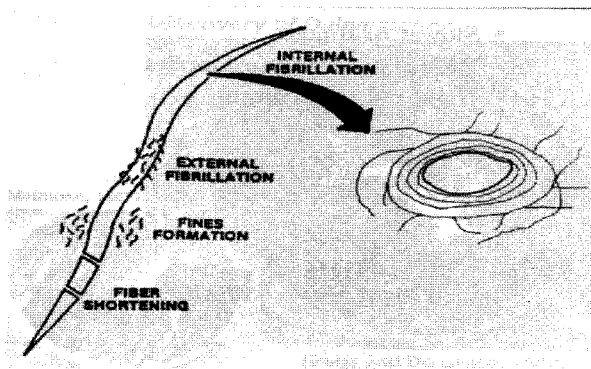


Figure 13.2. Various bar actions.

SPEECH 33



내부, 외부 피브릴화





SPEECH 34



섬유와 물의 관계

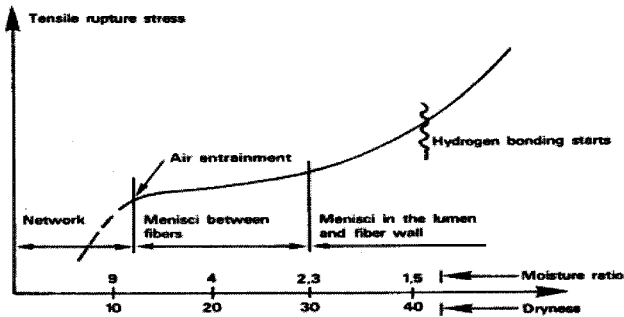


Fig. A schematic representation similar to Fig. 32 showing the transition from surface tension forces to chemical bonding.

*지필의 고형분함량이 높아지면서 표면장력에서 화학결합으로 바뀜
 X축: 고형분 함량, Y축: 인장강도

SPEECH 35



종이의 형성과 건조

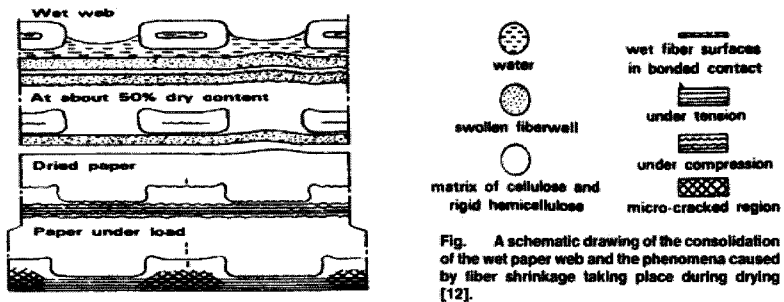


Fig. A schematic drawing of the consolidation of the wet paper web and the phenomena caused by fiber shrinkage taking place during drying [12].

*습윤지필이 탈수되어 형성되고, 건조하면서 섬유가 수축하는 현상을 보임



SPEECH 36

Zero-span 인장강도

- ◆ 섬유 자체강도
- ◆ Pulmac 제로스팬 테스터

펄프종류	제로스팬 인장강도(km)
미표백 크라프트 펄프	14.0
미표백 아황산펄프	7.7
미표백 소다펄프	4.6

SPEECH 37

신장율

- ◆ 종이를 잡아당겨 늘어나다가 파괴되는데, 파괴될 때까지 늘어나는 정도
- ◆ 위생용지 생산의 경우 신장율이 높은 것이 유리함 (주름, 부드러움 향상, 지절감소)
- ◆ 섬유장 길수록, 충전제 적을수록, 압착 약하게 할수록, 지필 당기는 힘(draw) 줄일수록 신장율 상승)



SPEECH 38

강직성(Stiffness)

- ◆ 주요 영향인자
 - 두께
 - 펄프섬유의 영률
 - 건조응력(Constraint during drying)
 - 함수율
 - 표면처리(전분, 왁스)
- ◆ 기타 영향인자
 - 밀도, 평량
 - 섬유결합
 - 섬유 배향성

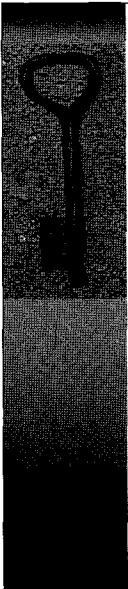
SPEECH 39

치수안정성

- ◆ 수분변화에 의한 치수변화가 비교적 적을 때
- ◆ 수분 이력현상, 종이에 내재하고 있는 변형을 억제하는 힘(내부응력, internal stress)의 제거 때문에 변형
- ◆ 고해한 섬유의 팽창, 수축이 큼, 가공성이 높은 종이가 가공성이 낮은 종이보다 총변화량은 적지만 변화속도가 빠름



SPEECH 40



지료의 영향

- ◆ 종이의 탄성율과 인장강도를 좌우하는 (1) 섬유와 (2) 네트워크구조의 영향인자 등이 압축강도에 영향 끼침
 - (1) 섬유 : 섬유장, 유연성, 결합능력이 특히 중요
 - (2) 네트워크 특성 : 섬유배향성, 네트워크 밀도, 결합정도
- ◆ 섬유자체의 압축강도가 큰 영향 끼침
- ◆ 섬유 두께가 가장 큰 영향. 섬유 두께가 3 μm 에서 6 μm 로 두꺼워지면 압축지수가 20% 감소
- ◆ 섬유장과 피브릴 각도는 영향이 작음

SPEECH 41



초지공정의 영향

	압축강도	인장강도
고해	+	+
섬유배향성	+ in MD, - in CD	++ in MD, -- in CD
Felted sheet	+ or 0	-
습윤압착	+	+
건조수축	--	-
습도	--	-
사이징	++	++



SPEECH 42

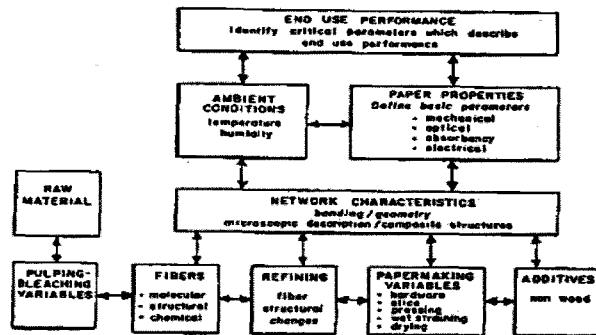
종이의 결점 (mottle)



밀도의 불균일한 분포

SPEECH 43

특성간의 상호관계



G. Baum



SPEECH 17 종이는 섬유로 만들어진 네트워크입니다. 그래서 섬유가 아까 그림으로 봤죠 열키설키 뭐 이렇게 결합이 된 네트워크인데, 그 네트워크를 압축을 할 때 어떤 현상이 일어나느냐 이것들을 좀 살펴보시죠 그래서 인장과 압축의 탄성률은 동일합니다. 아까 탄성률은 뭐라고 했죠? 스프링 밑쯤 드렸죠? 그러니깐 얼마만큼 힘을 줬을 때 얼마만큼 늘어나느냐 그 기울기를 가지고 우리가 탄성률이라고 하는데 여기서 스트레스 Y축으로 스트레스(stress), 즉 응력이죠? 그 다음에 X축으로 스트레인(strain), 즉 변형률이죠? 그래서 얼마나 늘어났느냐? Y축으로는 힘을 점점 주는 것이고 X축으로는 점점 늘어나는 게 되겠습니다. 그래서 그 비율이 어떻게 되느냐 그래서 MD방향으로는 인장했을 때 압축보다 약 1/3수준이다. 아까 그랬죠 이 높이가 한 1/3정도 되죠? 대략... 대략... 그래서 잡아당길 때 더 큰 힘을 견딜 수 있고요 압축했을 때는 상당히 얇은 그런 매체에서 파괴가 됩니다. 그렇지만 여기서 탄성률이 동일하다는 얘기는 이 기울기가 똑같다는 얘기로 기울기가... 기울기가 똑같다는 얘깁니다. 그래서 MD방향으로 측정하면 위로 가고 CD방향으로 측정하면 이렇죠 그래서 MD방향의 인장강도... 압축강도... CD방향으로 인장강도... CD방향으로 압축강도... 그래서 기울기는 동일하다는 거죠 기울기는 동일하다. 그 인장과 압축에서 그 다음에 인장강도에 1/3수준이다. 그 밑쯤을 드렸고 또 아까 그 기울기가 작은 탄성률이 낮은 것은 볼펜에 들어가는 용수철 같은 것... 그 다음에 중장비에 사용하는 아주 단단한 것은 이 위에 것을 얘기합니다. 즉 MD방향으로가 더 큰 힘을 견딘다는 거죠 CD방향으로... 그것은 섬유들이 주로 MD방향으로 배열해 있기 때문에 그렇습니다. 그 다음에 압축에서는 비선형 부분이 굉장히 짧다 이거죠 그래서 예를 들면 이런 비선형 부분이 굉장히 짧아요 처음에는 다 직선적으로 시작했기 때문에 이 때에 기울기가 낮고 높고 그 걸 가지고 우리가 탄성률이라고 얘기 하는데 이 압축에서는 비선형 부분... linear하지 않은 커브가 일어나는 부분에 길이가 짧다는 얘기로 빨리 파괴가 된다는 얘깁니다. 파괴가... 다시 한번 요약할게요 비선형 부분이 짧다는 얘기는 탄성적으로 변하다가 소성적으로 변하는데 그 소성적으로 변할 수 있는 변형이 짧다는 얘기로 그래서 소성... 그 압축에서는 비선형 부분이 매우 짧은 특성을 가지고 있습니다. 인장으로는 굉장히 긴 그러한 특성을 갖고 있는데, 압축에서는 그러한 비선형 부분이 매우 짧습니다. 그래서 인장강도에 비해서 압축강도는 MD쪽으로는 약 1/3 수준이고 CD로는 한 절반 수준정도 됩니다. 그래서 여기도 보면 요 힘을 견딜 수가 있는 게 이제 인장에서는 이 정도 견디는데 CD방향으로는 요정도 되면 그 다음엔 찢어진다는 얘기로 그 요 그림을 제가 하나 밑쯤을 드리고 넘어가면, 이게 그림, 이 그래프를 어떻게 만든 거냐면 이렇게 종이가 있으면 이렇게 잡아당기죠 잡아당겼을 때 Y축으로는 점점... 힘이 많이 들어가는 1, 2, 뉴톤 이렇게 힘을 점점 많이 작용을 하고 이 X축으로는 인제 늘어나는 길이가 몇 %나



이거예요 원래 길이에. 그것은 인제 수치적으로 만들어 놓은 겁니다. 즉 CD방향에 인장으로 잡아당기면 굉장히 많이 늘어나죠 한 4%까지. 그래서 원래 길이가 100mm이었으면 104mm까지 늘어나다가 저기 커브가 끝난 데가 이제 찢어진 거예요 그 다음에 파괴가 일어난 거예요 아까도 먼저 이번 시간에도 그 압축파괴에 대해서 얘기도 하고 그러는데 그 변형이 영구히 일어나서 찢어지거나 파괴되는 그런 것을 얘기하는 게 되겠습니다. 저 그래프의 맨 끝이 그래서 되도록이면 여러분들이 원지를 사실 때에는 이러한 강도 이런 것들이 강한 것을 원하는 경우가 상당히 많이 있습니다. 그래서 어느 정도에 선형부분 어느 정도까지 선형이고 그 다음에 소성 적인 부분 어느 정도냐 이런 것까지도 우리가 다 생각을 해서 압축강도 또는 상자에 어떤 제반 강도, 골정이라든지 또는 궤선이라든지 이런 것들을 다 관련지어서 우리가 생각을 해 볼 수가 있겠습니다. 그 다음에 변형률, 압축파괴 변형률, 맨 아래 줄이요. 그거는 원래 길이가 100이었는데 104로 늘어났다. 이렇게 얼마나 많이 늘어나느냐 이런 것으로 봤을 때 인장보다는 압축할 때 MD 방향으로는 한 1/4수준 그러니깐 굉장히 조금만 변화하다가 딱 짜부러진다는 얘기죠 변형이 된다는 얘기도 파괴가 된다는 얘기도 CD방향으로는 1/5 수준밖에 참지를 못하는 거예요 그리고 파괴가 되죠?

SPEECH 18 파괴 변형률의 영향인자, 파괴 변형률이라는 것은 파괴가 될 때 얼마나 많이 늘어났느냐 얼마나 많이 견디느냐 인데, 거기에 영향하는 인자 중 고해의 증가는 압축변형률을 변화시키지 않고, 인장변형률을 증가시키는 이러한 특성이 있습니다. 그래서 원지를 만드실 때 이런 것을 감안해서 만들게 되겠죠. 그 다음에 건조수축, 우리가 종이를 만들면 건조를 해주는데 이러한 건조수축은 압축과 인장할 때 모두 파괴변형률을 증가시킨다. 그래서 건조수축이 많이 될수록 저러한 증가율들이 많이 늘어나게 되겠죠. 그래서 그런 것들을 원지를 만들 때 감안을 해서 만들게 되겠습니다.

SPEECH 19 자, 이제는 어떻게 해서 파괴가 되는지 우리가 지금 압축강도를 얘기하고 그 다음에 파괴가 되는 것들을 인제 생각을 하고 있는데 그러한 것들이 어떻게 파괴가 일어나느냐, 그 메카니즘을 좀 들여다보면 여러분들이 목적을 위해서 상당히 응용을 많이 하실 수 있을 것 같습니다. 그래서 종이와 판지의 압축이 증가를 하면 종이와 판지의 압축, 힘을 증가시키면 먼저 원료인 섬유가 좌굴되고 섬유가 휘다는 얘기도 원래는 섬유가 이렇게 콧콧하게 있다가 눌러주니깐 섬유가 이렇게 휘어 버린다는 얘기도 휘게 되고, 그 다음에 층간분리가 일어납니다. 층간분리, 이 원지의 층이 요 층들이 분리가 된다는 얘기도. 그래서 우리가 그런 것들을 델라미네이션(delamination)이라는 얘기를 하는데 섬유가 좌굴이 되고 또는 결합에 층간분리가 일어난 다음에 인제는 왕창 무너지는 거죠 결정적으로 파괴가 일



어나는 거죠 그 다음에 외부에서 작용하는 압축이 갑자기 처음에는 압축으로 작용을 하고 있었지만, 갑자기 휘면, 힘으로 힘이 작용이 되면서 하중을 견디는 능력이 갑자기 거기에서 팍 떨어지죠 그래서 휘지만 않는다면 굉장히 강한 종이를 만들 수 있는 것이 되겠습니다. 그래서 인장파괴의 경우는 결합 면적에 전단파괴가 일어나는 경우가 있고, 또는 섬유에 인장파괴가 일어나는 경우가 있습니다. 즉 종이는 두 가지로 형성되어 있어요 종이는, 종이의 강도는 2개로 생각 해 볼 수 있는데, 하나는 섬유원료인 섬유로 생각할 수 있고, 다른 하나는 섬유와 섬유가 결합된 부분 그 2개로 이루어 진 겁니다. 그래서 섬유 자체가 끊어지거나 파괴되고 그럴 수 있고 결합된 부분이 파괴되고 파괴될 수 있고 그런 것이죠 그래서 인장파괴의 경우 두 부분에서 일어날 수가 있습니다.

SPEECH 20 자, 그러면 압축파괴가 될 때 어떻게 되는지 사진을 한번 보죠 압축파괴가 될 때 원지가, 골판지 원지가 파괴될 때 압축파괴가 될 때 어떻게 되는지 한번 보시죠 이 그림은 조금 뒤 페이지 오래된 곳에서 찾아 가지고 조금 잘 안 보이는게 있긴 있는데 이게 보면 라이나지죠 라이나지에 edge 압축전과 후(before and after edgewise compression) 그래서 edgewise 압축을 주기 전에는 왼쪽 그림이고요 그 다음에 이걸 edgewise 압축을 준 다음에 그림이 되겠는데요 여기서 특징적으로 다른 것은 여기에 보면 흰색으로 중간에 두꺼운 요게 있죠 요 부분이 층간분리가 일어난 거야. 그 부분에서 층간분리가 일어난 거죠 그 다음에 개별적인 섬유를 봤을 때, 여기서는 잘 보이지 않지만, 파괴되는 그런 경우도 볼 수가 있습니다. 그 다음에 옆의 것도 라이나지를 소나무 섬유로 만든 판지를 위에는 압축전(before)이고 밑에 것은 그죠? 보편은 중간에 이게 굉장히 두툼해 졌죠 밑에 그림을 보면 어... 밑에 부분을 보면 팍 층간분리가 일어나면서 파괴가 된다는 얘기죠 그래서 아, 압축파괴는 저렇게 해서 일어나는구나. 그러면 뭐로 생각할 수 있겠어요 압축강도를 높여 주려면 층간분리가 잘 일어나지 않도록 만들어 주면 되겠죠 층간분리가 안 일어나게 해주려면 섬유와 섬유들의 결합이 잘 이루어지면 그 분리가 잘 안됩니다. 그래서 우리가 내부결합강도를 Scott bond internal strength를 재는데 그러한 것들을 재서 얼마나 내부결합강도가 세느냐를 여러분들이 관리를 할 수 있고, 또 어떤 규격이나 spec 같은 것을 여러분들이 잡을 수 있겠죠

SPEECH 21 그래서 힘강성은 다층판지의 힘강성을 향상하기 위해서는 표면층에 저수율, 즉 수율이 좀 낮은 펄프인 화학펄프를 고해를 많이 해서 수행하고, 중간층에는 고수율 펄프 즉 기계펄프를 고해를 좀 적게 해서 초지를 하면 가장 힘강성이 높은 바람직한 방향으로 종이를 만들 수가 있겠습니다.



SPEECH 22 그래서 여기 그 그림을 보면 제가 좀 친절하게 그림 밑에다가 이렇게 요약을 했어요. 책에도 다 써있죠 그죠? 그래서 동일한 평량의 판지를 만들 때 화학펄프하고 기계펄프로 어느 것은 화학펄프로만 만들고 어느 것은 기계펄프로만 만들고, 어느 것은 섞어서 만들고 이랬을 때 3층구조 즉 표면에 화학펄프 중간에 기계펄프 이면에 화학펄프 이렇게 만들어지면 젤 위에 three-ply라고 써있죠. 젤 동일한 평량에 판지를 만들더라도 가장 강한 스티븐 에서 가장 강한 그러한 종이를 만들 수 있게 되겠습니다. 따라서 어떻게 원료를 효율적으로 배합을 해서 초지를 만드느냐 이것도 상당히 중요한 기술 중에 하나가 되겠습니다.

SPEECH 23 휨강성에 얇은 종이는 개별적인 섬유가 강직성을 나타내주는 그러한 것이 되겠고요. 두꺼운 종이는 섬유의 결합이 더 중요하다는 얘기입니다. 그래서 섬유 자체의 강도나 결합강도나 zero span tensile strength를 재고 zero span 인장강도를 재고 또 결합강도는 Page(페이지) 식으로부터 계산을 해 줄 수가 있습니다. $1 \div T = 1 \div F + 1 \div B$ 라는 식이 있거든요. 그래서 그 결합에 의한 것인지 그 다음에 섬유 자체의 강도인지 이걸 한번, 두 번만 측정해 보면 딱딱 나옵니다. 그래서 그런 것들을 감안을 해서 해주면 될 것 같습니다. 그래서 휨강성 = 탄성률 \times 두께³ 그래서 두께에 매우 밀접한 관계가 있고, 그 다음에 평량에 관계가 있고 시료에 길이를 얼마나 했느냐에 따라 관계가 있죠. 전분 또는 기타 강도 첨가제를 사용하면 압축강도와 탄성률간에는 상관관계가 없어지게 됩니다.

SPEECH 24 내부결합강도 방금 얘기했죠. 2번째 줄에 Scott bond 내부결합강도로 측정할 수가 있겠습니다. 그것은 맨 밑에서 2번째 줄, 5번째 줄에 있네요. 판지의 패선작업시 층들이 서로 분리가 되어야 하는데 Z방향이 결합 강도가 너무 높으면 오히려 이러한 패선 작업에는 오히려 불리할 수가 있습니다. 그래서 그런 것들을 잘 조절을 해 주어야 되겠습니다.

SPEECH 25 예를 들면 Scott bond라는게 바로 B번 그림인데요. 이렇게 L자로 된 알루미늄 앵글 밑에 샘플이 있고 양위와 아래에 double sided adhesive 테이프를 붙여 가지고 양면테이프를 붙여 가지고 그 팬드럼 추로 팡 때려 가지고 얼마나 센 강도로 때리면 이것이 층간분리가 일어나느냐 이런 것으로 우리가 Scott internal bond를 측정하는 방법도 있습니다. 다른 방법도 여러 가지가 있고요. 그리고 내부결합강도에 영향하는 구조적인 종이의 구조에 효과 초지기에서 어떻게 형성을 시켜주느냐 압착을



어떻게 해주느냐에 따라 다르고 그리고 섬유들이 층으로 그냥 배열이 되어 있느냐, 아니면 서로 꼬여 있느냐에 따라서 내부결합강도가 상당히 달라집니다. 그 다음에 condebelt에 압착하면 상당히 강한 그런 결합강도를 내부 결합강도를 준다는 게 알려져 있고, 칼렌더링의 온도, 습도 그 방법, 사이징, 그 다음에 건조수축에는 영향이 없는 것으로 알려져 있습니다.

SPEECH 26 자 지금부터 이제 시간이 한 10분 남았는데, 5분만 제가 그림만 잠깐 보여드리고 여러분들이 시간 나실 때 좀 깊이 있게 보시고, 또 다음에 기회가 있으면 말씀을 드리겠습니다. 좀 응용적인 부분인데, 섬유 자체의 유연성 아까도 말씀 드렸죠 재생을 자주 한 섬유로 쓴 그런 섬유가 많은 종이는 좀 푹푹 부러진다는 얘기도 유연하지 않고, 그런 섬유들이.. 그래서 섬유가 유연해야 섬유간 결합면적이 넓어지고 잘 찢어진다. Collapse가 잘 되고, 그래서 더 강도가 높아진다는 얘기고요 그 다음에 섬유가 얼마나 뚱뚱하냐. 사람만 뚱뚱하냐 날씬하냐를 따지는 게 아니고, 종이를 만드는 섬유가 세포질이 두꺼우냐 얇으냐 얼마나 살이 쪼았느냐에 따라서 얇은, 날씬한 섬유가 더 잘 힙니다. 유연성이 더 좋고, 그래서 더 강한 종이 가 나옵니다. 그러한 것이 있고, 바로 여기 페이지 식이 있는데, 이 식에 의해서 인장강도는 금방 쉽게 측정하죠 그 다음에 섬유 자체에 강도는 zero span으로 쉽게 재조 그러면 식이 하나 있고, 미지수 비를 늘리면 다 알고, 그러면 결합강도도 측정할 수 있습니다. 그래서 정확한 기준을 낼 수 있습니다. 그래서 여러분들이 섬유 개개의 강도가 필요 할 때에는 그 쪽으로 강하게 가야되고, 그 다음에 결합강도가 중요한 때에는 결합강도 쪽으로 가야 되겠죠.

SPEECH 27 그래서 이게 바로 섬유가 얼마나 뚱뚱하느냐 정도를 저렇게 표시한 겁니다. 섬유가 얼마나 뚱뚱하냐는 하나하나를 가지고 질 수는 없잖아요. 섬유하나가 0. 몇몇. 1g에 100만개 이상이 들어 있으니깐, 무진장 가벼운데 그걸 몸무게를 질 수도 없고, 그래서 이걸 어떻게 하느냐, 100m를 줄을 딱 세워 여... 100m를.. 일렬중대로 서!! 그래가지고 100m 딱 세워 가지고 쪽 연결해서 선거죠? 그랬을 때, 그 무게가 얼마냐를 가지고 거칠음도 또는 coarseness라는 말을 씁니다. 그래서 뚱뚱할 수록 불리하죠 강도에... 얇아야 잘 힙니다. 그래야 결합이 높아지죠?

SPEECH 28 그래서 섬유 유연성을 측정하는 방법은 이렇게 내세관에 커버에다가 놓고, microscope, 즉 현미경으로 이렇게 보면서 측정합니다. 좀 더 자세한 것은 유리로 된 이런 홈을 만들어 놓고 저 가운데는 땀 뚫려 있는 구멍이죠. 그래서 밑으로 물을 빼면 물이 빠지니깐 물이 빠지면서 이게 걸쳐있는



섬유가 얼마나 휘었느냐? 그 휨 정도를 가지고 아 이건 유연성이 좋은 섬유네, 아니네 이런걸 측정하는 거죠 뭐... 팔 아래로 굽히기 뭐 이런 거를 시킬 수도 없고 말이죠 섬유를... 그래서 저런 식으로 측정 할 수도 있습니다. 물론 뭐, 시간이 좀 많이 걸린다는 단점이 있지만 요

SPEECH 29 또 다른 방법으로 유리 위에 금속성 와이어를 놓고 그 위에 섬유를 이렇게 눕혀 놓고 어디서부터 어디까지 됐느냐. 이것이 짧을 수록 유연한 거죠? 그죠? 뺏뺏한 것은 그냥 와 가지고 그냥 가죠. 무한대죠. 그렇지만 아주 유연한 섬유는 확 휘죠. 아 그러면 되게 유연한 거죠. 그런 섬유들이 강도가 높게 나온다는 말씀입니다. 그래서 재생을 하면, 유연성이 떨어져요. 뺏뺏해져요. 점점...

SPEECH 30 그래서 아까도 말씀드렸지만, 이렇게 원통형으로 있으면 결합면적이 거의 전에 불과하지만 짜부라지면 면적으로 들어가기 때문에 강도가 높다는 거죠. 그래서 고열을 할 때 외부 피브릴화와 내부 피브릴화가 있습니다.

SPEECH 31 예를 들면 바깥에 솜털이 나온 것처럼 고해가 되는 것은 외부 피브릴화고, 저렇게 내부 층간분리가 일어나도록 해주는 것을 내부 피브릴화인데, 내부 피브릴화에 의해서 섬유가 층간분리가 일어나면 굉장히 유연성이 높아지죠. 그래서 결합을 더 잘해요. 그 다음에 외부 피브릴화가 일어나면 탈수가 안돼요. 그래서 종이 생산 효율이 떨어지죠.

SPEECH 32 그 다음에 섬유와 물이 최초 결합을 하게 되면 수소결합에 의해서 종이의 강도가 나타납니다. Hydrogen bonding이 일어나야 되는데, 한 40%정도 즉 압착부(press part)정도 가야 인제 그때부터 수소결합이 나타나게 됩니다.

SPEECH 33 그 다음에 그 종이 만들어지면서 강도가 나타나는 원리를 보면 그 이게 기업즈세열인데, 스트레인 세열인데, 그 사람이 하는 얘기가 뭐냐면, 섬유가 이렇게 아쪽으로 가는 것은 단면이고 옆으로 간 것은 옆으로 이렇게 있는 섬유입니다. 그것들이 인제 물이 처음엔 많았지만 물이 점점 증발되면서 종이가 되는 거죠? 종이가 되는데 요 섬유와 섬유가 결합된 요 부분이 쪼글쪼글 하게 되는 거예요. 그래서 이렇게 결합된 부분이 소성변화를 일으켜 주고 이런 결합되지 않은 비 결합부분 segment 부분이 저희가 바로 탄성 적인 특성을 주게 된다. 그래서 탄성이 얼마나 크냐, 소성이 얼마나 크냐는 저 결합되는 정도로



여러분들이 그 종이를 만들 때 조절을 해주면, 골판지를 만들 때 가장 유리한 쪽으로 조절이 되겠죠

SPEECH 34 이진 섬유 자체강도에 zero span으로 채는 거죠

SPEECH 35 신장률이 얼마나 늘어나느냐 이런 것들이고요.

SPEECH 36 강직성은 인제 섬유자체에 얼마나 뻣뻣하냐. 아까는 인제 종이의 뻣뻣함을 얘기했는데, 지금은 인제 그러한 영향인자들 보고, 그런 것들..

SPEECH 37 치수안정성이 상당히 중요하죠. 일정한 그러한 크기를 가져야 하니깐,

SPEECH 38 지료의 영향은 지료를 뭘 썼느냐 이런 것들이 상당히 중요합니다. 그래서 원료 섬유를 뭘로 썼느냐, 그 다음에 네트워크가 어떻게 형성이 되어 있느냐, 이런 것들이 상당히 중요하죠.

SPEECH 39 그 다음에 초지 할 때 어떻게 해주면 골판지 원지 압축강도라든지 인장강도가 어떻게 늘어나느냐 줄어드느냐죠? +는 서로 정의 관계, 고해를 많이 해줄 수록 압축강도가 좀 높아지고, 인장강도가 높아진다. 이런 뜻이고, -는 오히려 -의 효과, - 두개는 더 극심한 반대의 추세 이런 걸 얘기하는 겁니다.

SPEECH 40 이진 종이의 결점을 한번 보여드리면, 얼룩얼룩 좀 거뭇거뭇 하죠. 이런 것들이 종이의 밀도가 부분과 부분과의 차이점이 많이 났을 때, 이러한 문제가 생깁니다. 그래서 멋있는 그림을 여러분들이 인쇄를 하더라도 원지가 나쁘면 밀도가 불균일해서 결점이 생기게 되겠죠.

SPEECH 41 특성간에 서로 굉장히 밀접한 관계가 있습니다. 그래서 원료를 뭘로 썼느냐, 펄프화를 뭘로 했느냐, 표백을 어떻게 했느냐, 섬유는 뭘로 썼느냐, refining, 즉 고해는 어떻게 했느냐, 첨가제는 뭘 썼느냐, 그래서 최종적으로 골판지 원지의 특성은 어떠냐 이런 것들이 전부다 상관관계로 연결이 되기 때문이죠.

SPEECH 42 홈페이지에 이런 것들이 있고요. 너무 장시간 수고 하셨습니다.