

고온 압착 건조 처리 골판지 원지의 강도에 미치는 지력 증강제의 영향

최 병 수 · 윤 혜 정 · 류 정 용 · 신 종 호 · 송 봉 근
한국화학연구소 · 펄프제지연구센터

1. 서 론

우리 나라의 제지산업은 1997년도에 그 생산액 측면에서 24,230억원으로 전 제조업의 2.24%를 차지하였으며 전통적인 내수 산업인 제지산업은 지난해 지류 생산량 측면에서 7,825천톤으로 세계 10위에 이르렀다. 원료인 펄프생산량을 보면 590천톤으로 세계 23에 이르는 등 원료의 수급에 다소 불균형이 있으나 제지산업의 국제적 위치가 점차적으로 높아짐을 확인할 수 있다. 특히 상품 포장의 중핵을 담당하고 있는 골판지의 원지 생산량은 지류 총 생산량의 30% 이상을 차지하고 있으며 포장재로서의 골판지는 인쇄 및 가공이 용이하고, 중량대비 강도가 우수하며 재활용이 가능하다는 장점이 있기 때문에 국민 소득수준이 향상됨에 따라 이 수요 역시 계속적인 증가를 예상할 수 있다. 또한 국내 골판지 원지는 현재 다량의 국산고지를 원료로 사용하고 있어 환경 친화적인 점에서 대표적인 품목이라 할 수 있다. 그러나 계속적인 고지의 재활용 과정으로 인하여 섬유열화가 발생되어 산업용지로서 요구되는 강도를 얻지 못하는 단점이 있다.

이것을 보완하기 위한 방법으로는 리파이닝 등에 의한 원료의 기계적 처리와 지료에 화학첨가제를 투입하는 방안이 모색되고 있으나 기계적인 처리 방법은 각질화된 미세섬유의 다량 발생으로 인한 탈수성의 저하와 강도 저하의 문제점이 있다. 또한 화학첨가제의 사용은 제지 공장이 점차적으로 공정폐쇄화로 변화되고 있고 이것은 후에 각종 이온성 물질 혹은 음이온성 트래쉬의 농도 증가를 초래하여 초지계 내의 공정에 커다란 난점을 가져오며 차후 화학첨가제의 효능을 크게 저하시키는 문제를 유발할 위험이 있다.

상기한 고지의 물성 회복 처리방법 이외에 최근 종이의 두께 방향으로 열과 압력을 가하여 섬유간 수소결합을 증가시키는 Condebelt Press Drying System이 소개되어 점차적으로 발전되고 있다.

70년대부터 집중적으로 압력과 열을 복합한 건조 공정이 연구되면서 96년에 비로소 상업된 Condebelt Press Drying System은 펄프 섬유의 유리전이점보다 높은 온도하에서 압착, 건조하여 섬유간 결합력을 강화시킴과 동시에 표면을 연화시킴으로써 표면을 평활히 하고, 원지의 밀도를 증가, 원지내 수분함량을 감소시킴으로써 기존의 실린더 건조기술로 얻을 수 없는 수준으로 전체적인 원지의 강도를 증가시키는 것으로 입증되었다.

건조지력증강제는 수소결합이 이루어지지 못하는 섬유간에 부가적인 수소결합을 형성하며 미세분의 보류에도 영향을 주어 그 보류율이 개선됨에 따라 강도를 향상시키는 효과가 있다. 이러한 첨가약품으로서 양이온 혹은 양성의 고분자 전해질이 주로 사용되고 있다. 만일 고온 압착 건조 처리가 전술한 바와 같이 종이의 밀도를 증가시켜 섬유간 결합을 촉진시키는 효과가 있다면, 이미 충분한 결합이 형성된 종이에 대한 건조지력 증강제의 강도향상효과는 기존의 건조조건보다 저하될 것으로 판단된다.

새로운 고온 압착건조 처리를 적용하는 초지 시스템에 상기한 건조지력증강제를 첨가하여 최적의 강도 향상 효과를 거두기 위해서는 기본적으로 고밀화되는 종이에 고밀화되지 않은 종이에서 만큼의 부가적인 수소결합을 형성하여 강도를 향상시킬 수 있는지 여부를 파악해야 하며, 이를 위해 본 연구에서는 미세분을 제거한 섬유분을 대상으로 기존건조처리와 고온압착건조처리간의 건조지력증강제의 강도향상효과를 비교하였다. 또한 섬유분에 미세분의 배합비를 달리한 초지실험으로 두가지 건조처리간의 강도차이를 비교하였다. 아울러 각질화된 국산 골판지 고지의 특성을 침엽수 미표백 크라프트 펄프와 비교하여 주원료의 물성차에 따른 최적의 초지 조건을 탐색하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

2.1.1. 공시펄프

본 연구에서는 공시 펄프로 안산소재 동일제지(주)의 골판지 원지와 침엽수 미표백 크라프트 펄프를 사용하였다.

2.1.2 지력증강제

지력증강용 고분자 전해질은 날코 코리아로부터 제공받은 양성 폴리아크릴아미드(amphoteric PAM)을 사용하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1 섬유 분급

미세분이 제거된 섬유분을 얻기 위해 라이너지와 UKP를 고농도 펄퍼에서 농도 4%, 온도 50℃의 조건으로 30분간 해리 후 Valley beater(23ℓ)를 이용하여 Tappi Standard T200 om-85에 따라 라이너지는 여수도 280ml CSF로 UKP는 여수도 370ml CSF로 고해하였다. 이후 Fig. 1에 도시한 미세분 제거장치를 이용하여 미세분을 제거한 섬유분을 얻었다. 미세분 제거를 위해 하부에 200 mesh 와이어가 설치된 지료통에 펄프 슬러리를 넣은 후, 배출

수가 완전히 투명해질 때까지 연속적으로 여과시켰다. 와이어 상부에는 브러시를 설치하여 지속적으로 회전시킴으로써 섬유매트가 형성되는 것을 방지하였다.

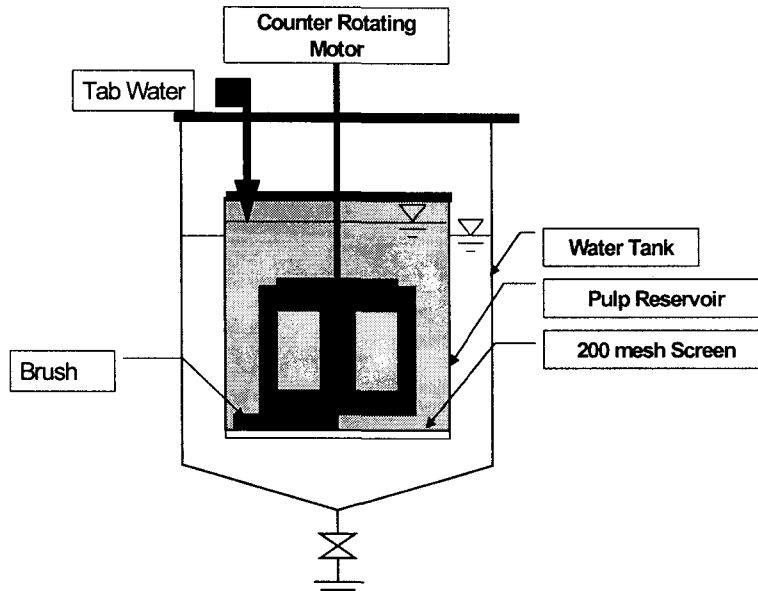


Fig. 1. Schematic drawing of the fines remover and collector.

2.2.2 섬유장 분석

섬유장 분석은 Fiber Quality Analyzer (FQA, OpTest Equipment사, Canada)를 사용하여 분석하였다.

2.2.3 수초지 분석

2.2.3.1 분급된 섬유분 수초지

분급된 섬유분을 amphoteric PAM을 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%로 첨가한 뒤 각각 800rpm으로 1분 30초동안 교반시킨 후, 실험실용 사각 수초지기를 이용하여 크기 30×30cm, 평량 150g/m²이 되도록 초지하였다. 수초기상에서 쿠치된 습지필을 3.5kg/cm²로 3분간 압착시킨 후 105℃의 Cylinder dryer와 상부 플레이트 160~180℃, 하부 70~80℃로 조정된 실험실용 Condebelt press dryer로 각각 건조하였다.

2.2.3.2 미세분 혼합 수초지

분급된 섬유분에 amphoteric PAM을 1.5%첨가하고 800rpm으로 1분 30초동안 교반시킨 후 미세분을 15%, 30%, 50%를 혼합하는 조건으로 초지하였다.

2.2.3.3 미세분 보류도 측정

미세분이 배합되어 초지된 각각의 재생지를 재해리시킨 후 dynamic drainage jar (DDJ)를 활용하여 미세분의 보류도를 측정하였다.

2.2.3.4 재생지의 물성 측정

각각의 재생지를 파열강도, 인장강도, 압축강도를 TAPPI 표준시험법 T402. om-85, T494 om-88, T826 pm-86에 준하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 건조지력 증강제의 강도향상 효과 비교

미세분을 제거한 섬유분에 각각 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%의 amphoteric PAM을 첨가한 후 각각의 물성을 분석하였다. Cylinder drying 조건시 기본적으로 지력 증강제의 투입량이 증가하면 test liner의 강도는 증가하는 양상을 보였다.(Fig. 2, 4, 6) 그러나 Condebelt press drying처리 시에는 지력증강제의 첨가에 따라 Cylinder drying 공정과 같은 강도의 향상을 보여주었으나 인장 강도는 1.0%, 압축 강도와 파열 강도는 각각 0.5%이상에서는 지력 증강제의 첨가에 대한 효력을 크게 보여주지 않았다. 이것은 Condebelt drying 공정의 주가 되는 고온압착 건조를 실시할 시 Cylinder drying 공정보다는 높은 섬유간 결합을 유도나 지력증강제의 첨가로 인하여 각질화된 재생섬유가 완전한 수소결합을 유도하도록 보조적인 역할에 탁월한 효과를 나타내나 지력증강제의 첨가량의 어느 수준 이상에서는 지력증강제가 종이의 강도에 커다란 영향을 미치지 않음을 나타냈다. 특히 UKP에서는 지력증강제의 첨가에 의해 강도는 대체적으로 0.5%까지 커다란 상승을 보여주다가 그 이상에서는 커다란 변화를 보이지 못하며 오히려 감소하는 양상이 나타났다.(Fig. 3. 5. 7) 이것은 UKP는 KOCC에 비하여 보수도가 약 2배정도의 높고 섬유장 역시 긴 유연한 섬유(Table. 1)이기 때문에 Condebelt press drying 조건만으로 섬유간 결합을 충분히 증가시키므로 강제로 지력증강제로 인하여 섬유간 결합을 유도할 필요성이 크지 않으며 오히려 과도한 약품의 투입은 지합의 저하가 초래하고 이로 인한 강도의 저하를 나타내게 된다.

Table. 1. Physical properties of decrilled testliner and UKP

	WRV (g water/g pulp)	Length weighted (mm)	Percent fines (%)	Mean curl	Total kink angle
Test liner	1.280	1.309	2.89	0.081	24.9°
UKP	2.325	2.180	1.06	0.046	13.6°

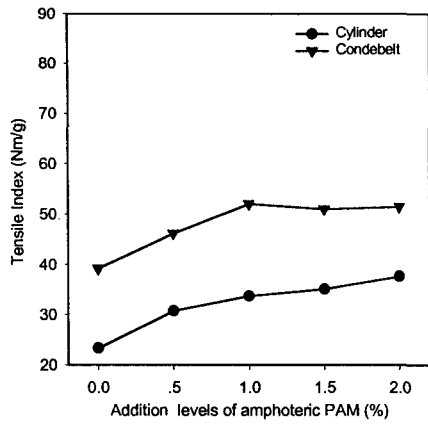


Fig. 2. The effects of additon levels of amphoteric PAM on tensile strength of testliner.

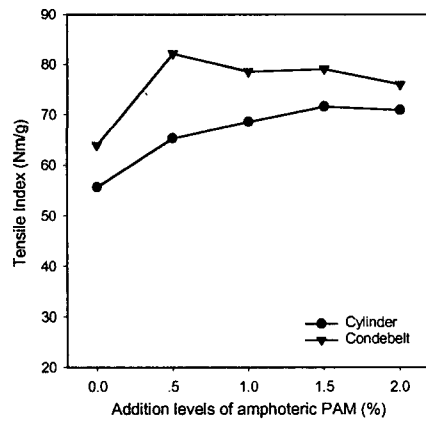


Fig. 3. The effects of addition levels of amphoteric PAM on tensile strength of UKP.

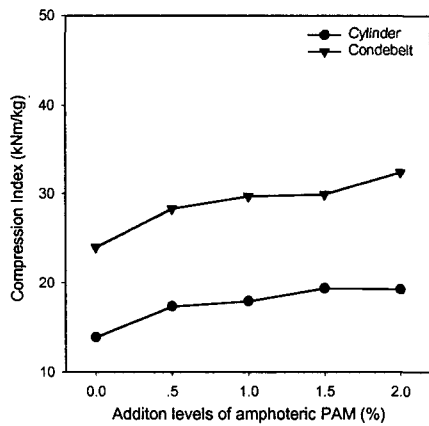


Fig. 4. The effects of additon levels of amphoteric PAM on compression strength of testliner.

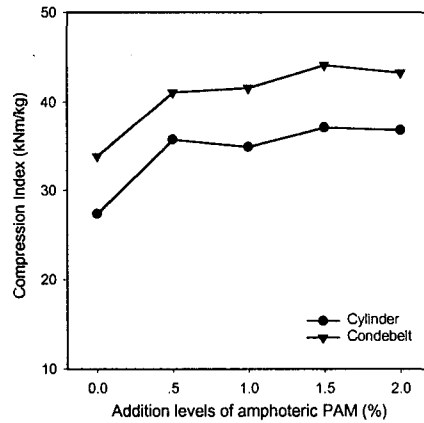


Fig. 5. The effects of additon levels of amphoteric PAM on compression strength of UKP.

3. 2. 미세분 혼합에 따른 영향

본 실험에서 200mesh 와이어를 통과한 물질을 미세분으로 사용하였으며 이것의 회분 함량은 37.53%로 나타났다. 분급된 섬유분에 지력증강제를 1.5%로 첨가 후 통과된 미세분을 각각 0%, 15%, 30%, 50%로 혼합한 종이의 물성을 비교하였다.

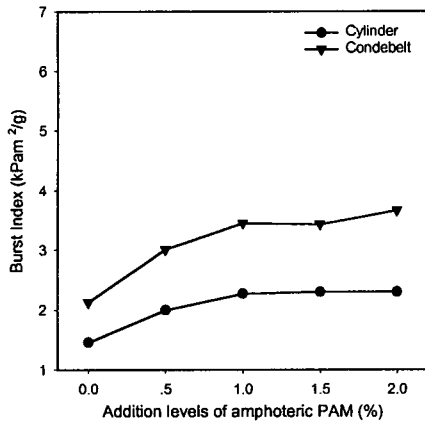


Fig. 6. The effects of addition levels of amphoteric PAM on burst strength of testliner.

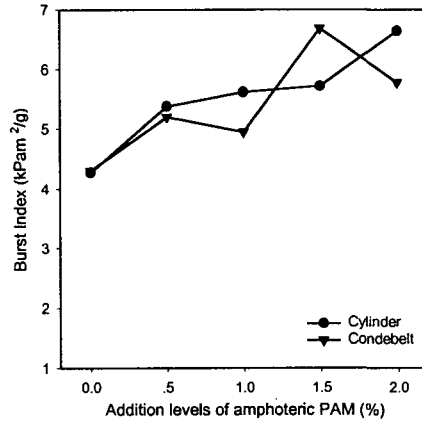


Fig. 7. The effects of addition levels of amphoteric PAM on burst strength of UKP.

인장 강도의 경우 Cylinder drying이나 Condebelt press drying 처리시 미세분 첨가 함량이 30%까지 증가되다가 강도가 낮아진 양상이 나타나게 되었는데(Fig. 8) 이것은 각질화된 섬유로 구성된 Test liner의 경우 비릇 개개의 강도를 발현하지 못하는 미세분이지만 미세한 형태를 지니므로 섬유간의 빈 공간을 채워주게 되어 섬유간 결합을 향상시키는 작용을 하기 때문이며 미세분의 함량이 너무 과도할 시 강도를 발현의 주가되는 섬유의 함량이 줄고 여기에 맞춰 강도를 내지 못하는 미세분의 함량이 상대적으로 늘어나기 때문이며 나아가 미세분이 섬유의 표면에 다량이 붙어 마치 미세분이 섬유의 표면에 코팅된 것과 같이 되어 섬유간 결합을 방해하는 주요 요인으로 나타나기 때문이다. 미세분이 섬유간 결합을 방해하는 요인은 UKP를 실험(Fig. 9) 시 더욱 확실한 효과를 얻게 되는데 유연한 UKP 섬유는 섬유자체로서 섬유간 결합이 원활히 이루어져 오히려 결합력이 없는 미세분의 첨가는 섬유간의 결합에 악영향을 끼치게 된다. 특히 Condebelt press drying 처리 시 미세분 함량이 없을 시 Cylinder drying 처리보다 현저히 높은 강도를 나타내나 미세분의 함량이 증가할수록 Cylinder drying보다 강도의 감소 폭이 큰 이유는 고온압착 건조 시 미세분이 섬유간 결합을 크게 저하함을 더욱 확실히 나타내어 준다. 이러한 현상은 미세분이 섬유간 결합에 대한 파열 강도에 미치는 영향도 같이 설명될 수 있다(Fig. 12, 13).

압축강도(Fig.10)의 경우 Cylinder drying 처리 시 강도가 일정한 수준까지 증가하다가 감소하는 현상이 나타나는데 이것은 종이의 부피가 유지된 상태에서 분급된 섬유분이 미처 채우지 못한 섬유간의 미세한 공간을 미세분이 채워지면서 강직한 층을 형성되기 때문이며 이것은 고온압착 건조를 하는 Condebelt press drying 처리 시 강한 열과 압력이 섬유간의 공간을 없애주는데 지대한 영향을 주므로 미세분에 의한 강도변화는 크게 일어나지 않는다. 그러므로 유연한 UKP에 대하여서는 미세분 함량이 증가할수록 강도가 약해지는 현상이 나타나며(Fig. 11), 특히 섬유자체가 매우 유연하여 고온 압착시 충분히 결합된 섬유에서의 미세분의 첨가는 Condebelt press drying 처리 시에서는 오히려 악영향을 끼치게 된다.

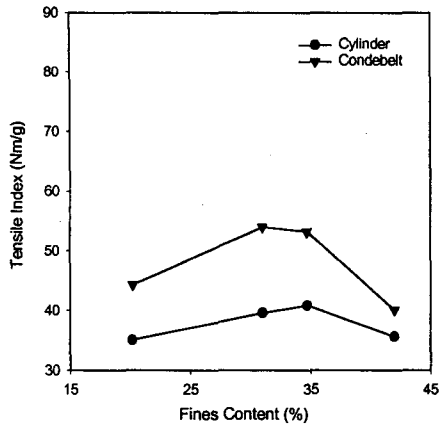


Fig. 8. The effects of fines content on tensile strength of testliner.

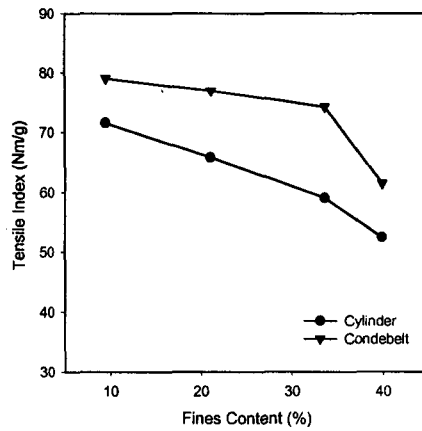


Fig. 9. The effects of fines content on tensile strength of UKP.

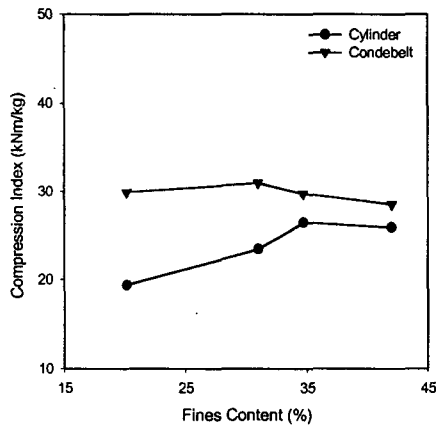


Fig. 10. The effects of fines content on compression strength of testliner.

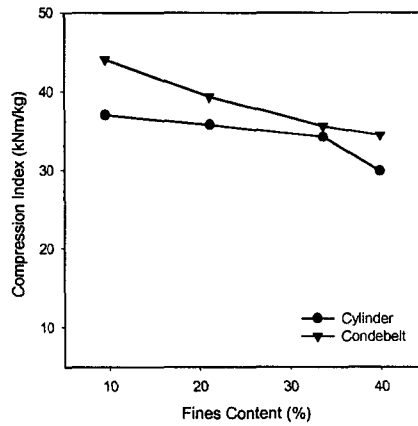


Fig. 11. The effects of fines content on compression strength of UKP.

4. 결론

골판지 원지를 고지의 재활용으로 주로 채택하고 있는 현재 우리 나라의 여건 속에서 반복적인 기계적 처리로 인하여 골판지 원지의 섬유 각질화와 미세분의 증가는 막을 수 없는 현실이다. 그리하여 국내 골판지 원지의 강도는 섬유자체의 결점으로 인하여 점차적으로 약화되고 있는 실정이다.

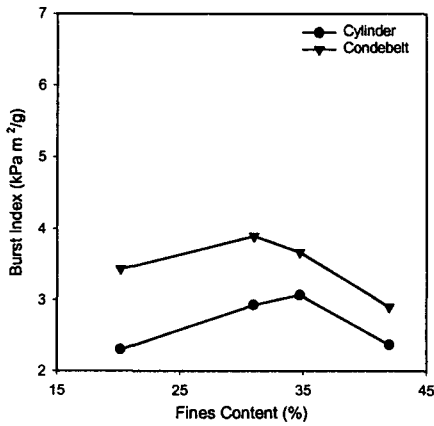


Fig. 12. The effects of fines content on burst strength of testliner.

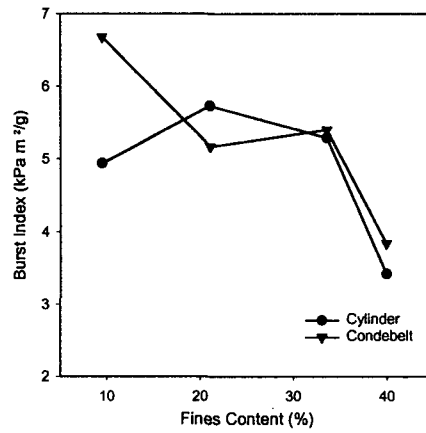


Fig. 13. The effects of fines content on burst strength of UKP.

그리하여 여기에 보다 보안적인 요소로 종이 두께방향으로 압력과 열을 가하여 섬유간의 결합을 강화시켜줌으로써 전반적으로 기존의 Cylinder drying 방식보다 월등히 높은 종이의 물성 특성을 가져오는 Condebelt press drying 방식이 도입하게 되었다. 하지만 이미 각질화된 섬유를 단지 고온고압의 건조방식으로는 섬유간의 확고한 결합을 유도하지는 못한다. 그러므로 1%미만의 적당한 양의 지력증강제의 첨가는 고온고압조건에서 섬유의 각질화에 의하여 미처 섬유간의 결합을 이루지 못한 부분의 결합을 도모하게 해준다. 또한 일반적으로 섬유장의 길이가 짧고 각질화된 섬유로 구성된 KOCC는 30%미만의 미세분은 원지내 미처 채워지지 못한 공간을 채워주면서 각질화된 섬유간에 교량적인 역할을 해주어 섬유결합을 촉진시켜주며, 또한 종이의 밀도를 증가시켜 압축강도를 향상을 도모하므로 고지를 재활용 시 Codebelt press drying 공정의 도입과 함께 지력증강제의 적당한 첨가는 매우 값어치가 크다 할 수 있다.

5. 참고 문헌

- 1) 한국제지공업연합회, 펄프·제지 통계연보 3(2000)
- 2) 류정용. Prospectives of Industrial Chemistry, 3(1) : 2000
- 3) 이학래, 윤혜정, 정태민, 김진두. 펄프·종이 기술, Vol. 31 No.3 (19) : 1999
- 4) Leena Kunas, Jukka Lehtinen, Hannu Paulapuro, and Ari Kiviranta. Tappi Journal 76(4):95(1993)
- 5) Jukka Lehtinen. Paper Technology. October : 67 (1995)
- 6) E. Retulainen, N. Merisalo, J. Lehtinen and H. Paulapuro. Pulp & Paper Canada 99(1): 53(1998)
- 7) 김진두, 이학래, 윤혜정, 정태민. Condebelt를 이용한 고온압착건조 기술 개발 및 최적화. 제지과학 심포지엄. (1998)