

# 콘디벨트 와이어의 오염

지경락 · 류정용 · 신종호 · 송봉근  
한국화학연구소 · 펄프제지연구센터

## 1. 서론

골판지의 주원료가 되는 국산 골판지 고지(Korean old corrugated container, KOCC)는 거듭된 재생처리로 인하여 미세분의 함량이 전체 지료의 절반 이상에 달할 뿐만 아니라, 섬유가 각질화됨에 따라 미세분의 형성이 더욱 조장되고 있다. 일반적으로 75  $\mu\text{m}$  크기 이하의 무기물 및 단섬유를 일컫는 미세분은 골판지 원지의 초지 시 습지필의 탈수를 저해하여 생산성을 저하시키는 요인이 되어 왔다.

최근 저급의 고지 원료로 종이를 생산함에 있어 고온 압착 건조 기술을 적용하여 전반적인 종이 물성을 향상시키는 신기술이 새롭게 주목을 받고 있다. 1973년에 처음으로 압착 건조 방식이 제지업계에 도입되었으나<sup>1)</sup>, 많은 운전 변이 인자가 상존하기 때문에 상업화가 제대로 이루어지지 못한 실정이었다. 90년대에 들어서면서 Condebelt라 불리는 고온 압착 건조 방식이 새로운 처리 기술로서 선을 보이기 시작하였다. 또한, 이 Condebelt press drying system이 파일럿 플랜트의 규모를 벗어나 제지공정에 직접 적용하는 사례가 생기기 시작하면서 주 관심거리로 대두되기 시작하였다<sup>2)</sup>. 골판지용 라이너지의 생산 공정에 적용된 Condebelt 고온 압착 건조 시스템에서 건조 시 가해지는 두께 방향의 고온 고압은 습지의 건조율을 향상시킬 뿐 아니라, 섬유가 충분히 연화되어 강도나 표면특성 등의 종이 물성에 많은 영향을 미친다. 이렇듯 Condebelt press drying system은 기존의 실린더 건조방식에 비해 에너지 이용효율을 증대시킬 수 있는 처리법으로 다방면에서 우수한 장점을 가진 제지 처리기술이라 할 수 있다.

하지만, Condebelt press drying system을 운전할 때, 열악한 골판지 고지의 특성 때문에 여러 가지 문제점들이 발생할 수 있다. 이러한 문제점은 크게 두 가지로 나누어 생각할 수 있다. 첫째, 고온 압착 처리 시 지료 내에 존재하는 미세분은 습지의 통기성을 저해하기 때문에 습지의 효율적인 탈수를 방해하여 blistering이나 partial crushing이 발생된다. 전술하였듯이, 거듭된 재생처리와 섬유의 각질화로 인해 더욱 조장되는 미세분은 앞으로 고지를 원료로 종이를 생산하는 업체에서 고려해야 할 가장 큰 문제일 수 있다. 두 번째로는 점착성 이물질(sticky material)이 고온 고압에 의해 점착성을 띠게 되어 fine wire의 공극을 막아 wire의 통기성을 저하시키는 문제를 들 수 있다. 통기성이 저하된 wire는 종이를 불균일하게 건조시켜 강도 특성에 많은 영향을 미치는 결과를 초래하게 된다. 점착성 이물질은 고지 내에 함유된 복사용 토너, 안료 코팅 시 바인더로 사용된 점착제인 라텍스(latex), 골판지 상자의 봉합이나 책자의 제본에 사용되는 핫 멜트 수지(hot-melt resins) 및 각종 테이프류

에 포함된 감압 점착제(pressure sensitive adhesives) 등에 의해 형성된다<sup>3,6)</sup>. 이러한 점착성 이물질은 초지 시 지절을 유발하여 생산성을 저하시키는 요인이 되며, 최종 지제품의 각종 강도적 물성 및 가공적성을 해칠 뿐만 아니라, 외관상 상품가치를 떨어뜨리는 원인이 되는 등 많은 문제를 발생시킨다<sup>7,8)</sup>. 더욱이, 최근 골판지 원지 생산업체가 환경보전과 용수절감을 목적으로 공정수의 폐쇄화를 강력하게 추진하면서 폐수의 배출량을 지속적으로 줄여감에 따라 전술한 점착성 이물질의 공정수 내 축적이 계속 증가하여 이로 인한 지절 및 초조 용구가 오염되는 등의 문제는 더욱 심화될 것이라고 예상된다. 예컨대, 미국의 골판지 원지 제조업체가 점착성 이물질로 인한 다운타임(down time)으로 생산성이 저하됨에 따라, 매년 1억 5천 6백만 달러의 손실을 입고 있다는 보고가 있다<sup>9)</sup>.

저급의 골판지 고지를 주원료로 사용하는 한, 미세분과 점착성 이물질로 인해 Condebelt press drying system에서 발생될 수 있는 문제점들을 해결하는 것은 결코 쉬운 일은 아닐 것이다. 따라서, 국산 골판지 원지 제조에서의 원료 체계 및 초지 환경에 맞는 미세분 및 점착성 이물질을 효과적으로 제거하여 습지필의 통기성을 개선시키고 fine wire의 오염을 예방할 수 있는 기술의 개발이 그 어느 때보다 절실히 요구되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 골판지 고지 내에 포함된 미세분과 점착성 이물질을 효과적으로 분급해 내는 방법으로 인쇄용지를 탈묵할 때 주로 사용되고 있는 부상부유법(froth flotation)<sup>10,11)</sup>을 적용하였다. 부상부유법을 이용하여 효과적으로 이러한 물질들을 분급해냄으로서 미세분과 점착성 이물질로 인한 습지필의 통기성 저하와 Condebelt fine wire의 오염 등으로 발생할 수 있는 문제들을 최소한으로 줄여 골판지 재생공정에서의 작업성과 생산되는 지제품의 질을 향상시키고자 하였다.

### 3. 재료 및 방법

#### 3.1 실험 재료

코팅고지와 사무실 잡고지가 약 30% 혼합된 국산 골판지 고지를 주원료로 하는 동일제지(주)의 bottom headbox stock을 입수하여 원료 펄프로 사용하였다.

#### 3.2 실험 방법

##### 3.2.1 부상부유 처리

미세분 및 점착성 이물질의 분급을 목적으로 실험실용 부상부유기(E-18 type, Voith GmbH, Heidenheim, Germany)를 사용하였으며, 이에 대한 모식도를 Fig. 1에 도시하였다. 농도는 1%이고 온도 45℃인 지료를 부상부유기 내로 유입시키는 동시에 15 ℓ/min의 공기를 2분 동안 혼입시켰으며, 이때 유속은 105 ℓ/min이었다. 지료 내에 있는 미세분과 점착성 이물질이 포함된 리젝트분을 혼입되는 기포의 표면에 흡착시켜 분급하였다.

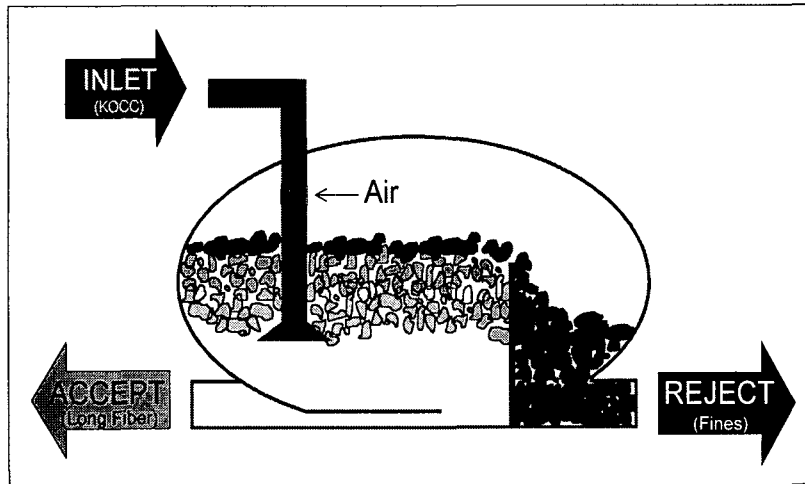


Fig. 1. Schematic diagram of froth flotation-fractionation process for removal of fines and stickies.

### 3.2.2 Condebelt 고온 압착 건조

부상부유기를 사용하여 17%의 리젝트분과 함께 미세분 및 점착성 이물질을 제거한 후, 부상부유 엑셉트분을 크기  $25 \times 25 \text{ cm}^2$ 의 사각 수초지기를 이용하여 평량  $150 \text{ g/m}^2$ 으로 수초하였고, 초지된 습지필을 평판 압착기를 이용하여  $4.5 \text{ kg/cm}^2$ 의 압력으로 3분 동안 압착시켜 그 dryness를 45% 내외로 조정하였다. 이러한 과정을 반복하여 습지필 10장을 구성한 후, 실험실용 static Condebelt를 이용하여 차례로 고온 압착건조 처리를 실시하였다. 이때, 상부 plate와 하부 plate의 온도는 각각  $180^\circ\text{C}$  및  $80^\circ\text{C}$ 이었으며, 7 bar의 압력으로 7초 동안 압착·건조시키는 과정을 하부 fine wire의 세척처리 없이 10장의 습지필에 대해 반복하였다. 이어, 초지된 순서에 따라 수초지의 인장강도를 TAPPI 표준시험법 T-494 om-88에 준하여 측정하였는데, 각 수초지를 재단하여 구성한 14개의 시편이 나타내는 인장강도의 평균치와 표준편차를 계산하였다. 아울러 고온 압착건조 처리 시 이용되는 하부 fine wire의 백색도 변화를 헌터 백색도 측정기(Hunter Brightness Tester, Hunter Lab, USA)를 사용하여 측정하였으며, 전자주사현미경 분석을 통하여 마이크로 크기의 점착성 이물질이 하부 fine wire의 공극구조에 미치는 영향을 관찰하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 지료 내의 미세분과 점착성 이물질의 영향

국산 골판지 고지 내에는 미세분이 50% 이상 분포되어 있으며, 미세분 내에는 각질화가 진행되어 강도에 그다지 큰 영향을 주지 못하는 미세섬유들과 무기성분 등이 함유되어 있다. Condebelt 고온 압착 건조 처리 시 가해지는 압력에 의해 수분이 습지에서 wire로 전

이되게 된다. 하지만, 이 미세분들로 인해 수분의 원활한 흐름이 방해되어 블리스터링이 발생될 수 있으며, 종이의 두께 방향에 있어 밀도 차이가 생긴다. Fig. 2는 Condebelt로 초지한 종이의 두께방향을 관찰한 전자주사현미경 사진이다. (A)를 보면, 부상부유 처리가 되지 않아 지료 내에 미세분이 다량 존재 할 때 발생하는 취약부분을 표시하였다. (B)의 경우, 부상부유 처리하여 미세분을 어느 정도 제거해 내고 초지를 하게 되면 수분의 흐름이 보다 용이하여 비교적 균일한 종이를 얻을 수 있었다.

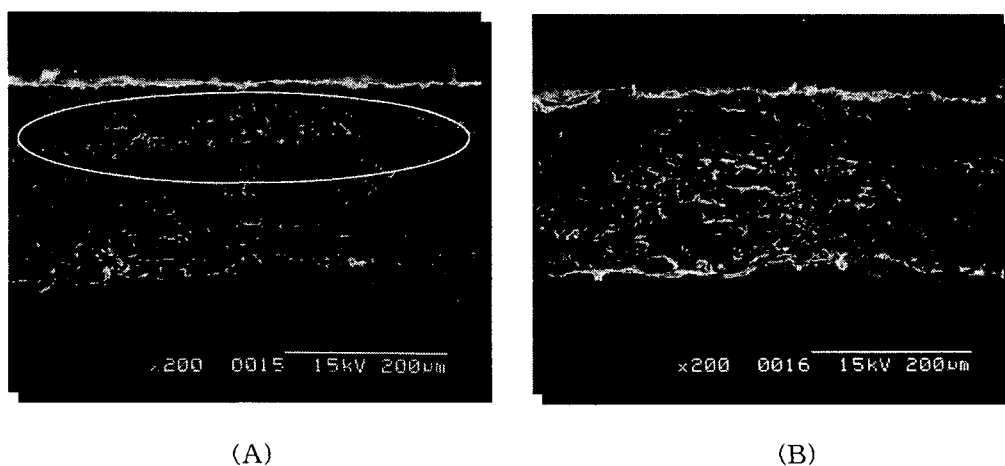


Fig. 2 Scanning electron microscopic images of handsheets by Condebelt press drying system; (A) Sheet from bulk stock, (B) Sheet from flotated stock.

고지에서 유입되는 점착성 이물질들은 Condebelt 고온 압착 건조 시 수분 함량이 줄어들면서 점착성을 띄게 되어 Fig. 6에 나타낸 것처럼, fine wire를 오염시키게 된다. 오염된 fine wire는 통기성이 저하되어 습지로부터 수분을 제대로 전이시키지 못하기 때문에 종이의 불균일한 건조가 발생된다.

고지 내의 미세분과 점착성 이물질 등은 전술하였듯이 종이의 불균일한 건조를 발생시켜 종이의 강도가 저하될 수 있으며 표면특성 역시 큰 영향을 미치게 된다. 그러므로, 본 실험에서 적용한 부상부유법은 이런 이물질들을 지료로부터 분급해냄으로서 Condebelt 고온 압착 건조 시 발생할 수 있는 문제점을 해결할 수 있었다.

#### 4.2 부상부유 처리의 효과

Fig. 1에 도시한 바와 같이, 본 연구에서 사용한 부상부유법은 지료 내에 투입된 공기가 표면으로 상승하면서 기포의 표면에 리젝트분이 포집되어 분급되는 공정이기 때문에 골판지 지료 내에 포함되어 있는 이물질들 즉, 미세분과 점착성 이물질의 제거에 효과적인 처리법이라 할 수 있다. 또한, 부상부유 처리에 의해 분급된 리젝트분 안에는 점착성 이물질 이외

에 탈수성 저해물질 및 종이의 외관을 저해하는 물질들이 많이 포함되어 제거되기 때문에 더욱 더 효과적이라 할 수 있다<sup>12,13)</sup>.

무처리 KOCC 지료와 부상부유 처리법에 의해 조성된 지료를 사용하여 제조된 수초지들의 인장강도 평균치와 표준편차를 각각 Figs. 3과 4에 나타내었고, Condebelt fine wire의 백색도 감소율을 Fig. 5에 도시하였다. Figs. 3과 4에서 확인할 수 있듯이, 부상부유 처리된 지료의 경우(Fig. 4)는 인장강도의 평균치이나 표준편차가 Condebelt에 의해 압축된 수초지의 순서에 따른 변화를 거의 관측할 수 없었으나, 부상부유 처리가 되지 않은 지료를 사용한 경우(Fig. 3)에는 인장강도의 평균이 13.7% 이상 감소하고 표준편차가 86.1% 이상 증가하는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 부상부유 처리되지 않은 지료로부터 제조된 습지필을 대상으로 고온 압착조건을 할 때 골판지 고지 내에 존재하는 점착성 이물질은 수분의 감소에 따라 응집되어 점착성을 나타내 하부 fine wire를 막아 수분의 유동을 방해하게 된다. 그리고, 지료 내에 다량 존재하는 미세분들이 압착 처리 시 가해지는 압력에 의한 탈수를 저해하게 된다. 이런 이유로 습지필의 건조가 불균일하게 됨에 따라 종이의 강도가 감소하는 원인으로 작용하였을 것이라고 판단된다.

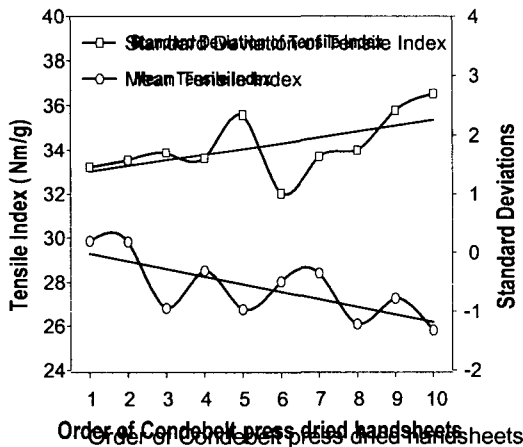


Fig. 3. Tensile strength and its standard deviation of handsheets without flotation.

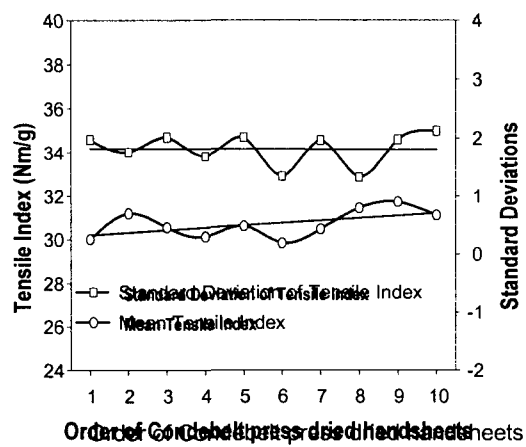


Fig. 4. Tensile strength and its standard deviation of handsheets treated by froth flotation process.

백색도를 비교한 Fig. 5를 살펴 보면, 국산 골판지 고지에 대한 부상부유 처리로 점착성 이물질을 대부분 제거할 수 있었기에 Condebelt fine wire의 백색도 저하가 무처리 지료의 경우와 비교하여 7.3%만큼 완화되었음을 알 수 있었다.

Fig. 6은 하부 fine wire의 광학 현미경 사진과 주사전자현미경 사진으로서 Condebelt fine wire를 막고 있는 이물질들의 모습을 관찰한 것이다. 부상부유 처리를 하지 않을 경우에는 Fig. 6의 (B)와 같이, Condebelt fine wire를 오염시키는 이물질들이 표면이나 기공 내

부에 흡착되어 있는 모습을 볼 수 있으며, 이러한 현상이 불과 10장의 습지필을 압착 건조시킨 결과임을 감안하면 지료 내의 이물질들로 인해 발생하는 오염의 심각성을 예측할 수 있다. 그러나, (C)에서 알 수 있는 바와 같이, 부상부유법을 적용하여 이런 물질들을 제거하고 나면 (A)에 도시한 미사용 wire와 유사하게 wire 상에 흡착되어 있는 물질이 거의 관측되지 않았다. 따라서, Condebelt fine wire를 오염시키는 이물질들을 제거하는데 본 처리법이 효과적임을 다시 한번 확인할 수 있었다.

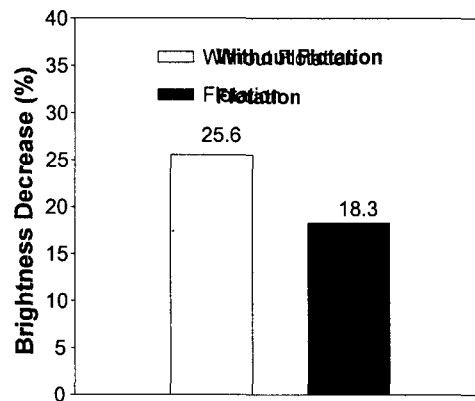


Fig. 5. Effect of flotation on brightness decrease of Condebelt fine wire.

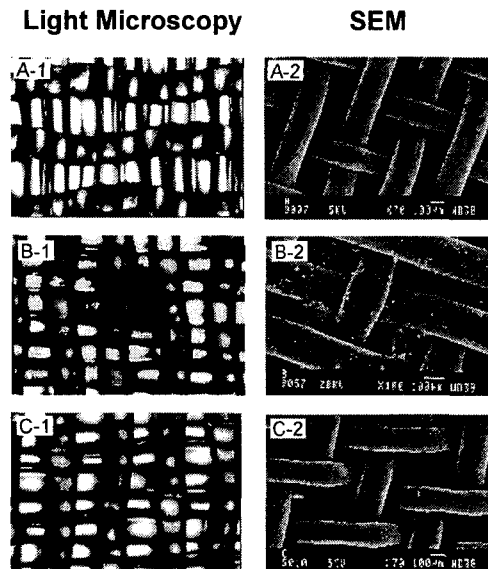


Fig. 6. Microphotographs and scanning electron microscopic images of fine wires contaminated by stickies in Condebelt drying system: (A) unused wire, (B) the wire after 10 sheets molding with KOCC furnish, and (C) the wire after 10 sheets molding with flotation accept from KOCC.

## 5. 결 론

국산 골판지 고지 내에 함유되어 있는 이물질들은 Condebelt press drying system 하에서 많은 문제점들을 발생시킨다. 지료 내 미세분들은 압착 처리 시 습지의 탈수를 저해하여 생산되는 종이의 블리스터링이나 부분적인 크러싱이 발생하게 된다. 또한, 점착성 이물질들은 fine wire의 공극을 막아 수분의 유동을 방해하여 종이의 불균일한 건조가 이루어지게 된다. 이러한 것들은 종이의 강도나 표면특성에 악영향을 미칠 뿐 아니라 Condebelt fine wire의 심각한 오염원이 되고 있다.

Condebelt press drying system 하에서 발생할 수 있는 문제점들을 해결하기 위해 본 연구에서는 지료 내에 함유된 미세분 및 점착성 이물질들을 분급해내는 방법으로서 부상부 유법을 적용한 결과, 탈수성에 악영향을 미치는 미세분이 어느 정도 제거가 됨에 따라 wire로의 수분전이가 용이하게 되므로 종이의 강도가 향상되고 점착성 이물질들이 대부분 제거되어 Condebelt fine wire의 심각한 오염 문제를 해결할 수 있었다.

## 참고문헌

1. Back, E. L., The Present Stage of Press Drying of Paper, Mechanical Engineering Publications Ltd., 343-364 (1983).
2. Retulainen, E., Merisalo, N., Lehtinen, J. and Paulapuro, H., Pulp and Paper Canada, 99 (1): 53 (1998).
3. Hsu, N. N. C., Schroeck, J. J. and Errigo, L., Tappi J., 80(4): 63 (1997).
4. Hutten, I. M., Diaz, R., Roberts, M. K., Jeffrey, C. and Banerjee, S., Tappi J., 80(4): 193 (1997).
5. Gustafson, F. and Delgado, J., Tappi J., 79(7): 127(1996).
6. Ling, T. F., Sutman, F. J., Richman, S. K. and Letscher, M. B. K., Tappi J., 77(7): 143(1994).
7. Fogarty, T. J., Tappi J., 76 (3): 161 (1993).
8. Isaak, P., Tran, H. N., Barham, D. and Reeve, D. W., J. Pulp and Paper Sci., 13 (5): 154 (1987).
9. Friberg, T., Progress in Paper Recycling, 6 (11): 70 (1996).
10. Putz, H. J., Schaffrath, H. J. and Götsching, L., Pulp and Paper Canada, 94 (7): 193 (1993).
11. Paulsen, F. G., Berg, S. R., Vidotti, R. M., Johnson, D. A. and Thompson, E. V., 1997 Recycling Symposium, 41 (1997).
12. Ryu, J. -Y., Shin, J. -H., and Ow, S. S. -K., 1999 TAPPI Recycling Symposium, Vol. 1, p. 177, TAPPI Press, Atlanta (1997).
13. Ji, K. -R., Ryu, J. -Y., Shin, J. -H., Song, B. -K., and Ow, S. S. -K., J. Kor. TAPPI, 31 (1): 10 (1999).