

Condebelt Drying Technology를 이용한 산업용지의 품질향상

이학래 / 서울대학교 임산공학과 교수

〈지난 호에서 계속〉

4. Condebelt process에 의한 종이의 물성변화

Condebelt process는 실린더 드라이어로 제조된 종이에 비해서 압축강도, 파열강도, 내부결합강도, 밀도, 평활도, 사이즈도 등을 크게 증가시키는 특징이 있다.

Condebelt process에 의한 종이의 물성 향상 효과는 첫째, 고온, 고압 하에서 펄프섬유의 유연성이 증가되어 섬유간 결합면적이 증가되며 둘째 건조 시 발생하는 지필의 수축을 근원적으로 방지할 수 있기 때문이다.

이밖에도 Condebelt process는 펄프 섬유간의 가교결합을 촉진시키고, 셀룰로오스의 결정화도를 증가시키며 종이의 평형함수율을 감소시키기 때문에 강도 향상 효과를 나타낸다고 보고된 바도 있다.

먼저 Condebelt process가 섬유간 결합을 증가시키는 이유를 살펴보도록 하겠다. 잘 알고 있는 바와 같이 펄프 섬유를 구성하고 있는 주성분은 리그닌, 셀룰로오스 및 헤미셀룰로오스이다. 완전히 건조된 상태에서 이들 물질의 유리전이점은 리그닌이 약 200℃, 셀룰로오스가 약 200℃, 헤미셀룰로오스가 약 170℃이다.

종이에 수분이 함유되어 있는 경우에는 (그림

6)에서 보는 것과 같이 수분함량이 증가함에 따라서 유리전이점이 급속히 감소한다. 하지만 리그닌의 경우에는 함수율이 증가하여도 100℃ 이상의 유리전이점을 유지한다.

일반적으로 실린더 건조를 행할 경우에는 지필 내에 수분이 함유되어 있으며 다공성의 건조 패브릭에 의해 지지되고 있으므로 지필의 온도는 실질적으로 100℃ 이하에서 건조된다. 따라서 일반적인 실린더 건조를 행하게 되는 경우에는 리그닌의 연화현상은 발생할 수 없다.

골판지 원지는 주지하는 바와 같이 NSSC 펄프와 UKP를 원료로 하여 제조되고 있으며 이들 섬유에는 다량의 리그닌이 함유되어 있다. 따라서 일반적인 실린더 건조방법을 사용할 경우에는 섬유간 결합이 크게 억제되지만, 건조 시의 온도를 리그닌의 유리전이점 이상으로 상승시키면 섬유의 유연성이 크게 증가하여 섬유간 결합이 개선된다.

Condebelt process를 통하여 제조된 종이의 물성 가운데 섬유간 결합에 직접적으로 좌우되는 인장강도, 파열강도, 내부결합강도 등은 증가하지만 신장률, 인열강도, 불투명도 등은 감소된다. 따라서 Condebelt process는 감소되는 물성의 중요성이 적은 저종의 생산에 더욱 적합하다.

Condebelt process에서는 종이의 한쪽면이

고온의 스틸벨트에 접하게 되므로 상부 지필의 밀도가 중간부분이나 이면의 밀도에 비해서 크게 증가되는 특징이 있다. 일반적으로 건조시간의 20%에 달하면 상부 스틸벨트와 접한 표면은 거의 완전히 건조되지만 중층과 이면은 건조가 진행됨에 따라서 서서히 건조된다.

Condebelt를 이용하여 지필을 건조시키면 지필의 수축이 완전히 배제되므로 폭방향 치수안정성이 일정하게 유지되는 효과를 얻을 수 있다.

이러한 현상은 실린더 드라이어를 사용하는 초지기에서 발생하는 폭방향의 불균일한 수축에 의한 폭방향 물성 변이가 Condebelt process를 통하여 제조된 종이에서는 나타나지 않는다는 것을 뜻한다(그림 8).

Condebelt process에 의한 종이의 물리적 성질 변화는 위에서 언급한 두가지 원인으로 설명될 수 있으며 온도, 압력, 지필의 수분함량에 따른 펄프 섬유 변형, 섬유간 결합형성, 건조시 발생하는 지필의 수축 등에 대하여 더욱 많은 연구가 진행되면 Condebelt process는 보다 경제적인 압착건조방식으로 개선될 수 있을 것이 분명하다.

5. Condebelt process에 영향을 미치는 인자

Condebelt process를 통하여 생산된 종이의 물성은 펄프 섬유의 종류와 운전조건에 따라 변화된다. Condebelt process의 주요 공정인자로는 상하 가압챔버의 온도, 지필의 함수율, 압력 체류시간을 들 수 있다.

이러한 인자의 영향을 연구하기 위해서는 Condebelt process의 공정변수를 검토할 수 있

는 실험설비를 갖추어야 한다.

(그림 9)에 나타난 모식도는 현재 서울대학교 임산공학과 제지과학연구실에 설치된 파일로트형 Condebelt process 연구설비이다. 본 설비는 외형상으로는 일반 열압기와 같은 형태를 띠고 있다. 상부 플레이트는 내부에 존재하는 코일을 통해 300℃까지 가열할 수 있으며 하부 플레이트의 온도는 냉각수 저장조, 가열장치, 냉각장치 및 순환 펌프로 구성된 냉각 시스템을 이용하여 40~80℃의 범위에서 조절할 수 있다. 또 상부 플레이트의 개폐와 압체시간, 압체압력을 유압을 이용하여 자동 조절할 수 있다.

실제 Condebelt 공정에 있어서 스팀 챔버의 온도와 압력은 연동된다. 즉 챔버 내의 수증기 온도가 증가할수록 압력이 증가하며 지필에 가해지는 압력도 높아진다. 지필에 가해지는 압력은 스팀 챔버의 압력에서 지필 내의 증기압과 지필을 구성하는 섬유에 의한 구조압을 제한 압력이 된다. 일반적으로 스팀 챔버의 온도와 압력 증가는 종이의 밀도를 증가시켜 강도를 향상시킨다.

(그림 10)은 다양한 펄프를 원료로 하여 Condebelt process로 건조시킨 종이의 밀도를 보여주고 있다. 여기에서 보는 것과 같이 압력이 증가할수록 Condebelt process를 이용하여 제조된 종이의 밀도는 지속적으로 증가한다.

KOCC의 밀도증가율이 다른 원료를 사용하든 경우보다 낮은 이유는 다른 종이는 평량이 300g/m²로 초지하였으나 KOCC의 경우에는 150g/m²로 낮았기 때문이다. 평량이 낮은 경우에는 이면의 와이어 마크에 의해 밀도가 낮게 측정된다.

종이의 밀도증가는 곧 인장강도와 압축강도의 증가로 연결된다.

[그림 11]에서 보는 것과 같이 모든 펄프에 있어서 압축강도 증가는 밀도와 비례한다. 이 경우에도 KOCC의 강도가 낮게 나타났으나 이 역시 평량이 낮아 와이어 마크에 의한 영향이 컸기 때문이다.

냉각수 챔버의 온도가 낮을수록 스팀 챔버와의 온도차가 증가하므로 열전달이 더 효과적으로 이루어지고 이에 따라 건조 능력도 크게 증가하지만 회수 에너지의 활용성은 저하된다. 또 냉각수 챔버의 온도가 낮을수록 종이의 제반 물성이 저하된다. 이러한 점을 고려하여 냉각수 챔버의 온도는 80℃로 유지하는 것이 일반적이다.

Condebelt process를 통하여 제조된 종이의 물성은 지필의 입구 건조도에 의해 큰 영향을 받는다. 대개 입구 건조도가 낮을수록 다시 말해 지필 내에 수분이 많이 존재할수록 가열시 섬유 유연성이 더 크게 증가하므로 리그닌 유동과 건조수축 방지 효과가 더욱 크게 나타난다.

가장 높은 강도향상 효과를 얻기 위해서는 Condebelt로 유입되는 지필의 건조도를 40~45%로 유지하는 것이 적당하다(그림 12).

이보다 건조도가 높은 경우에는 너무 신속히 건조되므로 리그닌 유동에 의한 효과가 감소한다.

Condebelt process의 출구 건조도는 상부 스틸벨트와 지필의 박리특성에 의해 크게 제약된다. 지필이 상부 스틸벨트로부터 잘 분리되도록 하기 위해서는 일반적으로 지필의 출구 건조도를 82%이상으로 유지해야 한다.

펄프 종류에 따라서 약간 변화되기는 하지만 출구 건조도가 82%이상인 경우 출구 건조율 변화에 따라 종이의 인장 스티프니스는 약간 증가하는 경향을 보인다.

Condebelt process의 공정 인자는 아니지만

보수성과 리그닌 함량 등의 펄프 특성 역시 콘드 벨트 건조 공정의 효과에 영향을 미친다.

기계펄프의 경우에는 건조 시 발생하는 지필의 수축 억제와 리그닌의 유동으로 인한 섬유간 결합면적 증가가 물성 개선의 주된 요인이라 밝혀지고 있으며 기계펄프보다 보수성이 높은 화학펄프의 경우에는 기존 건조 방식을 사용할 경우 지필의 수축이 크게 발생하여 물성의 악화가 초래되므로 지필의 수축 억제가 Condebelt에 의한 물성 향상의 주된 원인이 된다.

6. Condebelt process에 의한 국산 라이너지의 물성개선

서울대 임산공학과 제지과학연구실에서는 동일제지주식회사와 협력하여 산업자원부 생산기술연구원이 지원하는 청정기술개발사업의 일환으로 '고온압착건조기술개발, 최적화 및 재활용성 평가'라는 연구를 수행하고 있다. 본 연구는 주로 Condebelt process를 이용하여 국산 라이너지 골심지 및 판지 품질의 극대화를 모색하고 1998년 말 본 기술을 도입할 예정인 동일제지주식회사의 공정 최적화 및 조기 정상화를 일차적 목표로 하고 있다.

[그림 13]은 국산 KOCC를 원료로 하여 Condebelt process로 제조된 종이의 각종 물성 향상비율을 일반 실린더 건조된 종이와 비교한 것이다. KOCC를 원료로 이용할 경우에도 제반 물성개선효과가 크게 나타나고 있어 Condebelt process를 통하여 국산 폐지를 원료로 사용하여 우수한 품질의 라이너지를 제조할 수 있다는 것이 확인되었다. 이러한 효과는 종이의 평량을 낮춤으로써 원료를 절감하는 방안으로도 활용될

수 있을 것이다.

이러한 물성개선 효과는 단순한 품질향상 뿐 아니라 저평량화를 통한 원료절감에도 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

[그림 14]에서 보는 것과 같이 Condebelt process에 의해 초지된 종이의 물성 개선효과는 동일한 강도를 얻기 위해서 평량을 저하시키는 방법으로 활용될 수 있다.

이 경우에는 실린더 건조된 평량 180g/m²의 라이너지 압축강도를 콘디벨트 건조된 라이너지의 경우에는 130g/m²으로 달성할 수 있다. 이는 약 30%의 원료절감 효과에 해당한다.

7. 맺는말

Condebelt process는 국산 OCC를 원료로 하여 고강도, 고품질의 라이너지를 생산할 수 있는

기술일 뿐 아니라 저평량화와 저급 원료의 사용 증대를 통한 원가 절감을 실현시킬 수 있는 새로운 제지기술이라 할 수 있다.

이는 Condebelt process는 펄프 섬유의 결합을 극대화시키는데 필요한 온도, 압력, 수분함량의 세 가지 조건이 충족된 상태에서 지필을 건조시킬 뿐 아니라 건조에 의해 발생하는 지필의 수축 또한 근원적으로 방지할 수 있기 때문이다.

라이너지의 경우에는 실린더 드라이어를 사용한 종이와 비교할 경우 평량을 20~30% 감소시키더라도 동일한 강도적 특성을 얻을 수 있다.

또 리그닌 함량이 높은 고수율 펄프를 이용할 경우 더욱 높은 강도 증가 효과를 얻을 수 있으므로 장기적으로는 펄프 원료인 목재 자원의 절감에도 기여할 수 있을 것이라 생각된다. □

(사)한국포장협회 회원가입 안내

(사)한국포장협회에서는 회원사를 모집하고 있습니다.
 현재 저희 한국포장협회는 중 100여개사에 이르는 회원사를 보유하고 있으며,
 회원사들을 중심으로 분야별 7개 분과위원회의 활동을 통해
 포장업계의 현안이나 대정부 건의 등 각 분야의 의견을 모아내어
 포장산업 발전에 이바지하고자 노력하고 있습니다.
 이러한 재반 활동을 통해 회원사들에게
 유익한 선진 기술 및 정보 제공과 상호연계의 고리역할을 하고 있는
 저희 (사)한국포장협회의 회원이 되십시오.

회원가입 문의 및 신청
 TEL : 02-835-9041