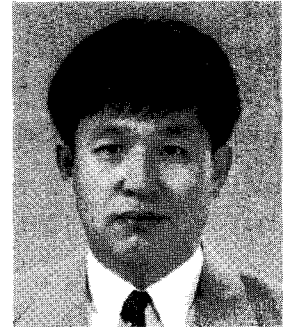


瓦板紙原紙 製造技術과 Corrugating 品質 適性

瓦板紙原紙 原資材 ②



충남대학교 임산공학과 조교수

농학박사 서 영 범

목 차

1. 瓦板紙包裝 및 瓦板紙原紙 概說
(이상 전호계재)
2. 瓦板紙原紙 原資材
(본호 게재)
3. 瓦板紙原紙 製造技術과 그 工程
4. 瓦板紙原紙 製造技術上 問題点과 措置
5. 瓦板紙原紙의 物性과 Corrugating 品質 適性
6. 高機能 瓦板紙 包裝材原紙의 傾向

2. 瓦板紙원지 원자재

2.1 瓦板紙원지의 종류 및 원료

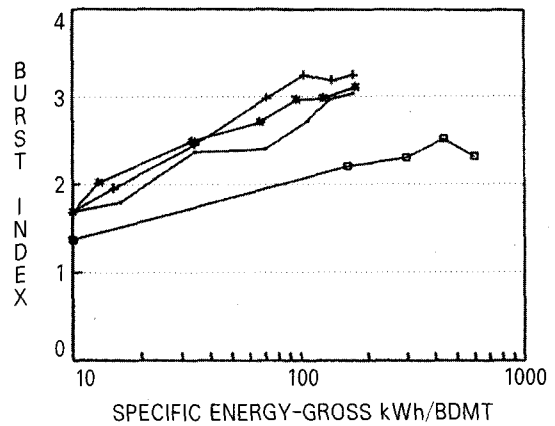
瓦板紙는 라이너원지와 골심지의 결합으로 이루어져 있으며, 라이너는 크라프트 라이너와 주트 라이너로 구분된다.

크라프트 라이너는 크라프트 펄프를 주원료로 사용하며, 대부분 Virgin 펄프만을 사용한다. 미국에서는 20%까지 고지 펄프를 사용한 라이너도 Virgin 펄프로 구성된 라이너로 통용되고 있다. 테스트 라이너(Test Liner)는 공업 규격에 맞는 외장용 라이너를 의미하는데 이때는 그 원료가 고지라도 문제가 되지 않는다. 주트 라이너(Jute Liner)는 고지를 원료로 몇 겹을 겹쳐서 만든 다층 판지이며, 보통 환망식 초지기로 많이 떠왔다.

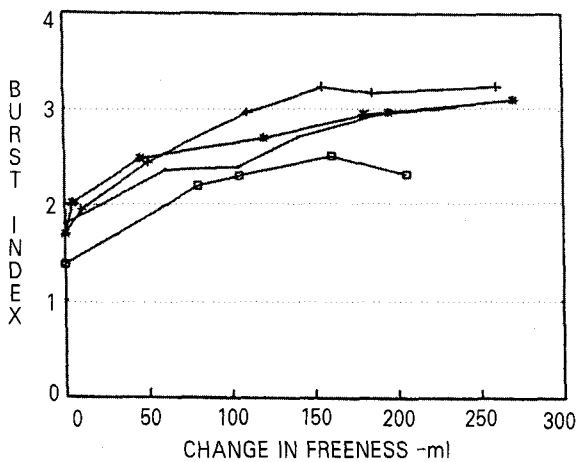
일반적으로 내장용 또는 외장용으로 쓰인다. 내장용 및 외장용의 구분은 보통 한국 공업규격 KSM 7502 규격 이상일 경우 외장용, 규격 이하일 때 내장용으로 구별하고 있다.

라이너의 원료는 공장마다 제품 등급마다 다르지만 일반적으로 표백 및 미표백 크라프트 펄프, AOCC, KOCC, 기계펄프, 기타 고지 등이 주로 쓰이고 있다. 라이너의 중요 품질 특성으로는 먼저 파열강도를 들 수 있으며, 평량, 함수율, 두께, 스티프니스, 압축강도, 터짐성(Puncture), 인장강도, 인열강도, 흡습성, pH 등을 들 수 있다. 이 중에서 파열강도를 최근까지 가장 중요한 강도로 취급하여 왔으나 미국에서는 1992년 4월부터 ECT 즉 골판지의 수직 압축강도를 품질 기준으로 삼기 시작하여 압축강도의 중요성이 크게 부각되기 시작하였다. 실제 골판지상자의 파괴는 물류시스템의 발달로 상자가 큰 충격을 받음으로 파괴되기 보다는 다단(多段)으로 쌓은 상자들이 그 압력을 견디지 못하여 파괴되는 것이 대부분이다. 일반 골판지의 압축에 의한 파괴는 골판지를 형성하는 골심지와 라이너가 골판지내에서 역학적으로 안정된 형태를 취하기 때문에 구조적 불안정에 기인한 Buckling에 의하기 보다는, 이들 각각의 물질 고유의 압축 강도가 견디지 못해 골판지가 파괴되는 것이 보통이다. 골판지의 수직 압축강도는 각각 골심지와 라이너의 링크러쉬보다는 STFI의 압축강도가 더 잘 예측할 수 있다는 연구 결과가 있는데, 이것도 역시 링크러쉬가 평량이 낮은 종이의 측정에 있어서 구조적인 Buckling에 의한 파괴가 일어날 가능성이 많이 있어서 물질 고유의 성질을 측정하는데 불리한 경우가 있고, 반면

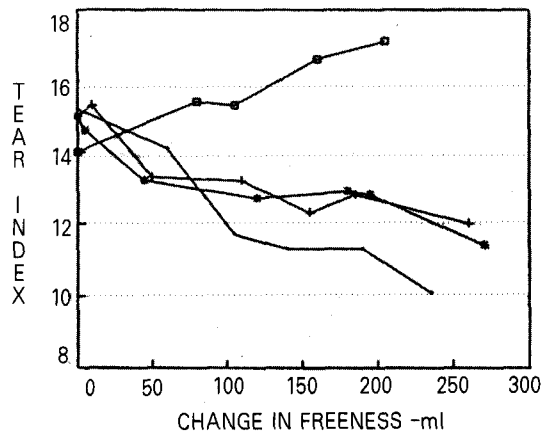
STFI의 압축강도는 물질 고유의 압축강도를 더 잘 측정할 수 있기 때문에 생각된다. 현재 우리나라의 골심지의 원료로는 대부분 KOCC가 주원료로 사용되고 있으며, 신문지와 책지의 고지가 약간 쓰이고, 코팅지들이 소량 함께 쓰이고 있다. 골심지는 골을 형성하는데 쓰일 뿐만 아니라 양면 골판지의 경우, 중간 라이너(Interliner)나 이면지로 쓰이기도 한다. 현재 우리나라에서는 SCP와 같은 Virgin 펄프는 쓰이고 있지 않다. 골심지는 압축강도와 인장강도, 평면 압축강도가 주요 품질 기준이 되고 있다. 고지를 사용하여 압축강도를 충분히 발휘하기 위해서는 새로운 고지처리 기술의 개발과 공정의 개발이 요구되고 있는 실정이다.



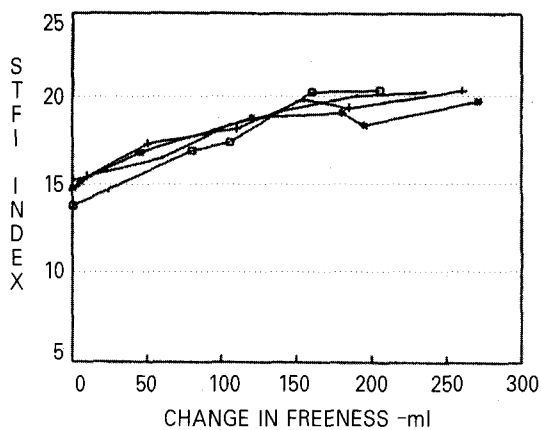
〈그림 3〉 OCC 리파이닝 결과(파열강도)



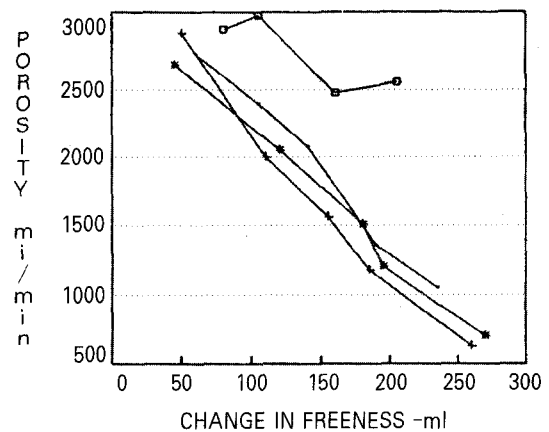
〈그림 1〉 OCC 리파이닝 결과(파열강도)



〈그림 4〉 OCC 리파이닝 결과(인열강도)



〈그림 2〉 OCC 리파이닝 결과(압축강도)



〈그림 5〉 OCC 리파이닝 결과(투기도)

〈그림 1~5〉 참조

| | | | | |
|----|-------------|----|-------------|---------------|
| — | LC - COARSE | — | LC - MEDIUM | LC : 저농도 리파이닝 |
| —* | LC - FINE | —□ | HC | HC : 고농도 리파이닝 |

고지처리 기술은 우선 단 섬유화 되어 있는 섬유들의 섬유장을 최대한 보존하며 피브릴화를 이루는 기술이 필요하며, 정선공정의 효율적인 운용으로 섬유의 협잡물을 최대한 줄이는 것이 필요하다. 협잡물의 효율적인 제거와 백수의 효율적인 관리는 약품의 사용 효율을 극대화시킬 수 있으므로 매우 중요하다. 한편 hornification에 의해 경직된 고지 섬유들을 유연하게 만드는 기술의 개발이 필요하며, 이는 유연한 섬유들이 섬유간 접촉면을 많게 하고 종이의 밀도를 높임으로써 압축강도를 늘릴 수 있기 때문이다. 고지의 리파이닝 방법도 종이 물성을 높이는데 있어서 매우 중요한데, DDR을 사용하여 섬유 농도 3.5% 하에서 리파이너의 바(Bar) 패턴을 거친 것으로부터 중간 것, 고운 것으로 실행해본 예가 있다.⁽¹⁾ 고농도 리파이닝(30%)도 함께 실시해본 결과 독특한 경향이 있음을 발견하였는데, 같은 여수도에서 저농도 리파이닝이 고농도 리파이닝보다 파열, 압축강도가 높았으며, 고농도 리파이닝은 인장강도와 투기도가 높아진다는 결론이었다.

바 패턴끼리는 큰 차이를 발견치 못하였다. 다만 여러번의 리사이클을 당한 약해진 섬유들은 리파이너의 바 패턴의 영향을 크게 받는 것으로 나타났다. 현재 우리나라와 같이 섬유의 강도가 많이 떨어지는 나라에서는 리파이너의 바 패턴의 선택과 적용에 심각한 고려가 있어야 할 것이다. 고농도 리파이닝은 압축강도를 요구하는 리파이닝에 적당치 못하다는 결론을 유추해 낼 수 있었다. (그림 1 - 5 참조)

2.2 폐골판지(OCC)의 반복 사용에 의한 물성변화

94년 현재 우리나라는 판지원료의 88% 이상을 고지에서 얻고 있다. 특별히 폐 골판지는 그 회수율이 타지종에 비해 매우 높은 편이다. 이러한 폐 골판지를 계속 반복 사용하는 경우 발생하는 목질 섬유의 변화와 그 물리적 특성의 변화를 살펴보는 것이 매우 중요하다고 생각된다. 미국 임산물 연구소에서는 처음에 골판지상자를 Virgin 섬유로 제조하여 실제 사용조건을 상자에 적용한 후 회수하여 골판지 만드는 공정을 반복 실험하였다. 이 공정을 3회 실시한 후 매 회수 과정마다 발생한 골판지상자의 물리적 성질의 변화를 검토 발표한 바 있다.⁽²⁾

이러한 연구는 현재 우리나라에서 쓰이고 있는 AOCC (American Old Corrugated Container)의 성질을 가능

할 수 있기 때문에 유용한 자료라고 생각된다. 이 실험에서 장망식 파일릿 초지기가 쓰였고, 인쇄, 왁스처리와 같은 불순물의 역할을 배제했으므로 실체는 최상급의 폐 골판지의 물성 회복 가능성을 타진한 셈이 될 것이다.

실험결과, 회수를 거듭할수록 리파이닝의 유무와 관계없이 일방적인 탈수속도의 현저한 증가(느려짐)를 볼 수 있었다. 회수시 리파이닝을 더하지 않은 경우에도 TAPPI 수초지에서의 탈수속도가 현저히 증가하였지만, 일정한 파열강도를 낼 때까지 리파이닝하며 회수를 거듭한 경우에는 급격한 탈수 속도의 증가를 기록하였다 (3회째 회수시 초기의 5배). 이러한 경향은 실제 파일릿 초지기에서도 같은 경향을 보였다. 회수된 섬유로 만든 골심지의 경우 라이너와 섞여 있으므로 전반적인 물성이 Virgin 시에 비해 높은 편이었으나, 골을 성형할 때 골형성의 문제점을 더 노출하였다.

이는 리사이클에 의해 강도적 성질은 개선되었으나 가공적성에 문제점을 야기시킨다는 결과를 초래했다.

골판지의 파열강도는 회수를 거듭할수록 35-45% 까지 그 강도가 감소하는 경향을 보였다(표 1, 2). 이러한 저하는 리파이닝에 의해 상당히 회복될 수 있지만 리파이닝이 탈수속도를 현저히 낮춤으로써, 다른 문제를 야기시키게 되었다.

골판지의 압축강도 역시 회수가 거듭됨에 따라 약간씩 떨어지지만 리파이닝에 의해 거의 대부분 회복되었다. 하지만 flat crush는 리파이닝에 의해서도 전혀 회복되지 않았다 (10-30% 감소). 지난호에서 Flat crush의 중요성을 거론한 바 있지만 골판지의 0.5mm 골 높이 감소의 경우 압축강도의 18%를 손해를 보게되므로 특별히 유의할 사항이라 할 수 있다. 이는 리사이클 섬유로 만든 골심지를 사용하는 경우 골심지의 골을 보호하기 위한 특별한 주의나 장치가 가공공정에 필요하다는 사실을 말해준다. 패션을 넣는 공정은 섬유의 종류보다는 골판지의 수분량이 공정의 성패를 좌우함을 발견할 수 있었다.

골판지상자의 경우 Virgin 섬유로 만들 때보다 상자 높이가 작은 경우는 약 10% 낮은 압축강도를 보였으나 상자 높이가 높아서 Buckling에 의한 상자가 찌그러질 가능성이 있는 경우 약 20% 정도의 감소를 보였다(표 2). 또한 충격 저항의 경우 Virgin 보다 약 20%의 강도 감소를 보였다.

불순물 제거 공정의 선택도⁽³⁾ 종이의 물성에 매우 심각한 영향을 미친다. 미표백 화학 펄프 고지를 알칼리 상태에서

〈표 1〉 크라프트 라이너지(205g/m²)와 중성 이황산 골심지(127g/m²)의 성질(virgin 펄프와 리사이클 펄프)

| Re-Cycle | 평균 (g/m ²) | 탈도 (g/m ²) | 두께 (mm) | 파열 강도 (Kpa) | 인장강도(g) | | 내 절 도 | | 필크러쉬(lb) | | Water absorp- tion Sect(0.1cm ²) | | 인 장 강 도 | | | |
|--|---------------------------|---------------------------|------------|-------------------|---------|-----|-------|-----|----------|------|---|------|-----------|------|------------|------|
| | | | | | MD | CD | MD | CD | MD | CD | Wire | Felt | 인장강도(Psi) | | Stretch(%) | |
| | | | | | MD | CD | MD | CD | MD | CD | MD | CD | MD | CD | MD | CD |
| 라 이 너 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Virgin Control-100% Southern pine) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 205.0 | 0.66 | 0.310 | 786.6 | 313 | 328 | 408 | 432 | 152 | 112 | 178+ | 170+ | 8420 | 3680 | 2.22 | 6.34 |
| (Unrefined-100% recycled corrugated) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 207.4 | 0.63 | 0.328 | 577.5 | 231 | 259 | 174 | 90 | 119 | 87.7 | 300+ | 300+ | 6440 | 2700 | 1.67 | 3.04 |
| 2 | 208.4 | 0.62 | 0.338 | 400.9 | 280 | 276 | 187 | 183 | 98 | 82.8 | 300+ | 300+ | 4340 | 2610 | 1.78 | 3.36 |
| 3 | 204.5 | 0.64 | 0.318 | 464.4 | 218 | 245 | 212 | 94 | 107 | 80.0 | 300+ | 300+ | 5000 | 2340 | 1.97 | 4.34 |
| (Refined-100% recycled corrugated) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 218.6 | 0.69 | 0.315 | 679.0 | 264 | 298 | 170 | 168 | 136 | 105 | 12 | 10.9 | 6870 | 3710 | 1.90 | 4.12 |
| 2 | 213.3 | 0.73 | 0.292 | 663.8 | 256 | 273 | 337 | 277 | 131 | 102 | 30 | 27.5 | 7590 | 3270 | 1.87 | 5.11 |
| 3 | 206.9 | 0.73 | 0.284 | 576.2 | 223 | 240 | 198 | 238 | 131 | 110 | 73 | 63 | 6570 | 4010 | 1.86 | 4.38 |
| 골 심 지 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (Virgin Control-100% mixed hardwoods) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 126.9 | 0.49 | 0.257 | 275.3 | 70 | 78 | 7 | 8 | 62.1 | 51.0 | 13 | 13 | 5920 | 3240 | 1.57 | 2.80 |
| (100% recycled corrugated-medium combined with unrefined linerboard) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 130.8 | 0.61 | 0.213 | 396.2 | 130 | 156 | 147 | 106 | 63.2 | 44.0 | 23 | 21 | 6280 | 2780 | 1.15 | 3.16 |
| 2 | 126.9 | 0.67 | 0.191 | 314.6 | 135 | 161 | 229 | 117 | 56.6 | 37.8 | 52 | 59 | 5980 | 2540 | 1.15 | 4.03 |
| 3 | 126.9 | 0.59 | 0.213 | 285.7 | 148 | 149 | 175 | 131 | 58.4 | 44.0 | 20 | 20 | 5710 | 2760 | 1.61 | 4.39 |
| (100% recycled corrugated-medium combined with refined linerboard) | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 130.8 | 0.61 | 0.213 | 396.2 | 130 | 156 | 147 | 106 | 63.2 | 44.0 | 23 | 21 | 6280 | 2780 | 1.15 | 3.16 |
| 2 | 126.9 | 0.59 | 0.216 | 331.9 | 146 | 151 | 170 | 128 | 51.9 | 41.3 | 28 | 25 | 5540 | 2920 | 1.81 | 3.62 |
| 3 | 126.9 | 0.60 | 0.211 | 291.2 | 138 | 148 | 140 | 102 | 55.3 | 43.7 | 24 | 26 | 6010 | 2600 | 1.73 | 3.47 |

〈표 2〉 골판지와 골판지상자의 물리적 성질(virgin 펄프와 리사이클 펄프)

| Re-cycle | 파열강도 (Kpa) | Flat crush (psi) | 두께 (mm) | Edgewise compression (psi) | 힘 강 도 | | Top-to-bottom compression | | | | Side-to-side compression | | End-to-end compression | |
|--|---------------|------------------------|------------|----------------------------------|--------------|----------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------|------|
| | | | | | MD 1b-in. | CD 1b-in. | 3 · 1/4in. 73°F, 50% RH | | 8/4in. 73°F, 50% RH | | 3 · 1/4in. 73°F, 50% RH | | 3 · 1/4in. 73°F, 50% RH | |
| | | | | | Load(lb) | Deformat- ion(in) | Load(lb) | Deformat- ion(in) | Load(lb) | Deformat- ion(in) | Load(lb) | Deformat- ion(in) | | |
| CONTROL (100% southern pine kraft facings and 100% mixed hardwood NSSC medium) | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1773.3 | 27.4 | 5.182 | 63.7 | 230 | 109 | 676 | 0.45 | 917 | 0.82 | 412 | 0.34 | 283 | 0.26 |
| UNREFINED (100% recycled corrugated) | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1145.4 | 24.7 | 5.055 | 54.2 | 144 | 81 | 618 | 0.46 | 840 | 0.60 | 299 | 0.36 | 241 | 0.26 |
| 2 | 1000.5 | 25.5 | 5.105 | 54.2 | 145 | 101 | 624 | 0.46 | 696 | 0.72 | 380 | 0.30 | 232 | 0.22 |
| 3 | 1117.8 | 23.7 | 5.055 | 53.0 | 148 | 88 | 600 | 0.46 | 715 | 0.56 | 372 | 0.28 | 225 | 0.26 |
| REFINED (100% recycled corrugated) | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1435.2 | 23.4 | 5.105 | 59.5 | 182 | 106 | 717 | 0.48 | 807 | 0.77 | 342 | 0.28 | 314 | 0.29 |
| 2 | 1455.9 | 19.4 | 5.004 | 56.8 | 179 | 108 | 632 | 0.45 | 749 | 0.82 | 405 | 0.33 | 257 | 0.24 |
| 3 | 1462.8 | 24.0 | 5.030 | 63.3 | 193 | 128 | 660 | 0.46 | 912 | 0.88 | 445 | 0.38 | 266 | 0.22 |

탈묵하는 공정은 불순물 없이 단순히 해리시키는 공정보다 종이의 강도적 성질(압축, 인장강도)을 현저히 증가시켰다.

습윤 지력증강제로 멜라민 계통의 물질이 쓰인 경우, 약 산 성에서 해리시키면 강도적 성질의 저하가 매우 뚜렷하였다.

이와같이 불순물 제거 공정을 불순물의 종류에 따라 선택

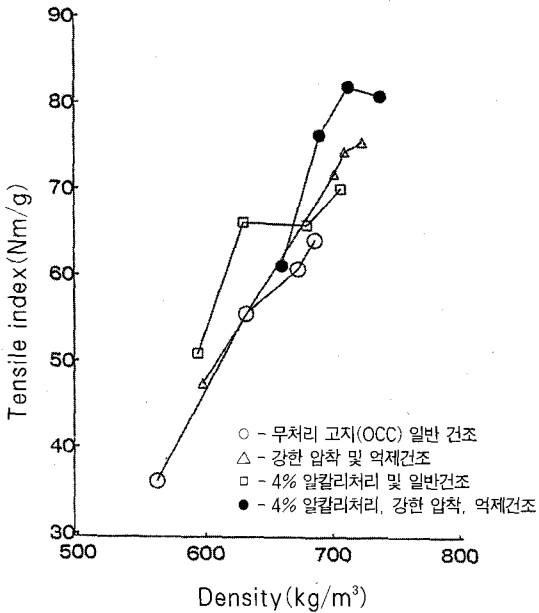
적으로 채택한다면, 종이의 강도회복을 유도하는 또한가지의 방법이 될 수도 있을 것이다.

한편 알칼리 조건에서나 중성 조건에서의 섬유유리의 반복 사용은 섬유의 물리적 성질에 마이너스 영향을 최소한으로 줄일 수 있는 방법으로 소개되어 왔다. 실제 중성 및 알칼리

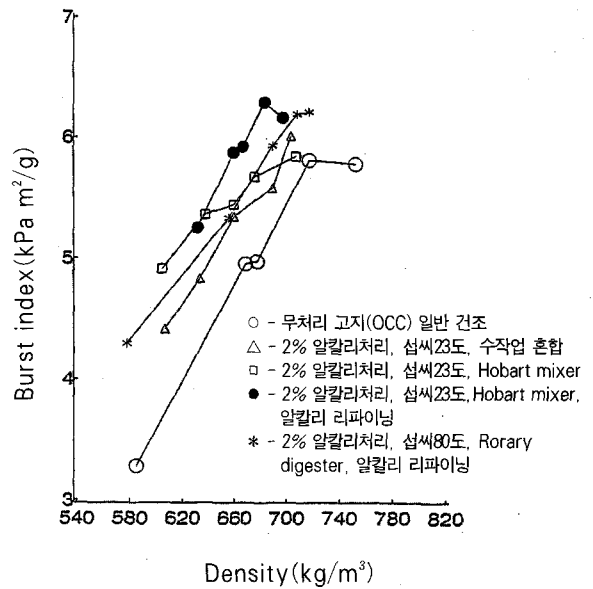
초지는 백상지 고지의 물성의 향상을 가져왔다(중성 및 알칼리 종이의 반복 사용에 의한 물성 변화, International Paper Co.). 앞으로 섬유유의 부족이 심화되고, 국내 및 국제적인 OCC 품질의 저하를 예상해 볼 때, 국내에서만이라도 골판지원지의 중성초지화가 촉진될 수 있게 된다면 고지의 활용에 더 좋은 기회가 될 것이다.

2.3 폐 골판지 섬유유의 강도 증대

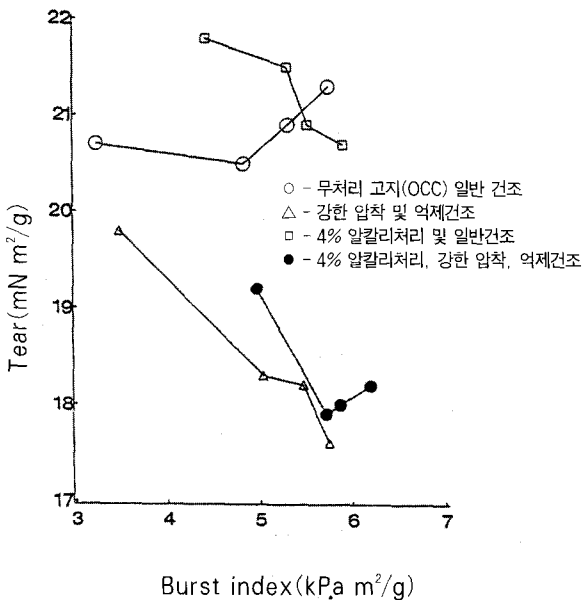
화학펄프의 강도증대 노력은 많은 시도에도 불구하고 그다지 열매를 많이 거두지 못하고 있다. 이는 종이 제조공정간 및 사용 중 불가역적으로 일어나는 'Honification' 현상 때문이며, 이를 돌이키는 방법은 현재로서는 찾기 힘들



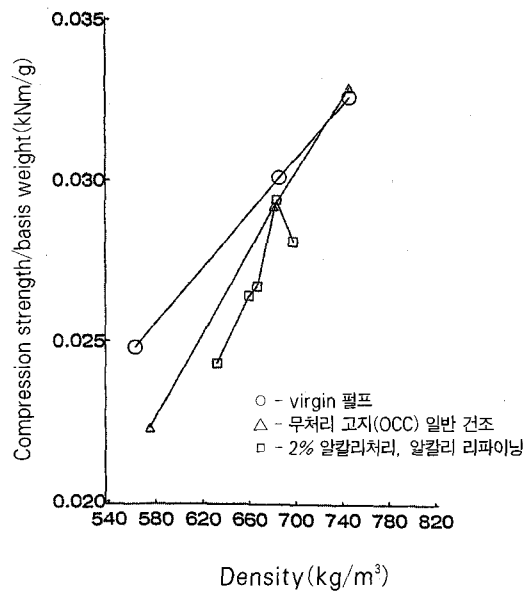
〈그림 6〉 처리된 고지들의 인장강도 비교



〈그림 7〉 처리된 고지들의 파열강도 비교



〈그림 8〉 처리된 고지들의 인장강도 비교



〈그림 9〉 처리된 고지들의 압축강도 비교(압축강도/평량)

다고 본다. 다만 섬유 구조를 변형시켜 좀더 친수성으로 만들고, Flexibility를 늘리는 방법을 시도하는 데 불과하다. 물론 리파이닝을 많이 하면 종이의 강도가 증대되기는 하지만 이 방법을 회피하는 것은 두말할 필요없이 탈수도의 급격한 증대 및 생산량 감소 때문이다. 따라서 탈수도를 최소한 증대시키며 친수도 및 섬유의 Flexibility를 증대시키려는 노력이 물리적, 화학적, 생물학적 방법으로 시도되어 왔다. 여기서는 이들 중 몇가지 방법을 고찰하고 그 효과를 논해 보기로 한다.

에드워드 스프링거 등은⁽⁴⁾ 미국 임산연구소에서 리사이클된 라이너에 다양한 화학처리와 물리적 처리 및 특수 제지 공정을 적용시킴으로 리사이클된 라이너의 강도 회복을 시도하였다. 화학적 처리로는 다양한 농도의 수산화나트륨, 과산화수소, Peroxymonosulfuric acid, 산소 등을 복합적으로 사용하고 처리시간별, 온도별, 섬유농도별로 실험을 실시하였다. 또 리파이닝 정도 및 알칼리 리파이닝의 효과도 알아보고, 억제 건조와 강한 압착을 제지 공정중 실시하였다. 이러한 광범위한 실험을 한 결과, 화학적 처리 단독으로는 라이너의 압축강도의 증가를 얻을 수 없었고, 알칼리 처리와 알칼리 리파이닝 및 억제 건조와 강한 압착을 동시에 수행하는 경우 같은 밀도에서도 약 10%의 압축강도 증대를 이룩할 수 있었다. 흥미로운 사실은 알칼리 처리와 알칼리 리파이닝만으로 인장, 파열, 인열강도의 증대를 이루웠으나 압축강도는 오히려 감소하는 경향을 보였다(그림 6~9). 이것은 아마도 억제건조가 종이내부의 섬유간 결합부 이외의 미결합부를 곧게 펴주는 역할을 해 줌으로써, 응력을 받을 때 미결합부의 Buckling 경향을 둔화시키기 때문으로 해석된다. 알칼리 처리와 알칼리 리파이닝은 섬유의 Flexibility를 높여준 것으로 판단된다.

2.4 폐 골판지 섬유의 분리사용(Fiber Fractionation)

폐 골판지 섬유의 분리는 오랫동안 많은 관심의 대상이 되어왔으며, 이 기술을 검토해보지 않은 회사들은 거의 없다고 생각된다. 섬유를 분리시키는 목적은 보통 두가지로 분류되는데, 첫째로는 장섬유를 분리하여 장섬유에만 리파이닝 처리를 함으로써 품질의 변화없이 리파이닝 에너지의 감소를 이룩할 수 있다는 개념이며, 또 한가지는 분류된 섬유들을 각기 다른 제품의 제조에 활용함으로써 섬유의 특성을

최대한 활용하는 개념이다. 필자가 근무하던 회사(International Paper Co.)에서도 이 기술을 여러면에서 검토하고 현장 실험을 실시한 바 그 효과가 기대치에 미치지 않아서 이 기술은 여건이 조성되기를 기다리는 기술로 분류되었다. 실제 세계 여러나라에서 이 기술을 검토하고 있으나 두 번째 목적 즉 섬유를 분리하여 서로 다른 제품에 사용하는 경우를 제외하고는 그 효과가 미미하다는 결론을 내고 있다.⁽⁵⁾ 하지만 앞으로 폐 골판지의 섬유의 품질이 여러번의 리사이클 사용에 의해 점점 더 그 품질이 떨어질 상황을 예견해 볼 때, 저급 원료를 처리하여 고급 원료를 공급하는 기술로서 개발 응용할 필요성이 절실하다.

◆ 참고문헌 ◆

1. DeFoe R. J., Refining Variables Relating to OCC Property Development, 1991 TAPPI Pulping Conference, p 463
2. Koning, Jr., T. W., and Godshall, D., Repeted recycling of corrugated containers and its effect on strength properties, TAPPI, Vol. 58, No. 9, Sept., 1975
3. USDA Forest Service Research Paper FPL 223, Recycled fiber properties as affected by contaminants and removal processes, Madison, Wisconsin, 1974
4. Springer, E. L., Spangenberg, R. J., Tan, F., Klungness, J. H., Minor, J. L., Evaluating Methods to Increase the Compressive Strength of Recycled Linerboard, TAPPI, 1993 Recycling Symposium.
5. Putz, H. J., Torok I., Gottsching L., Making High Quality Board from Low Quality Waste Paper, Paper Technology, June, 1989, VI/14