

Journal of KOPAST

Vol.4 No.1 1998

Printed in Korea

라이너지의 산화전분 코팅이 골판지의 물성에 미치는 영향

안병국^{*1} · 안원영^{*2}

신성대학 산업포장과^{*1} · 서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과^{*2}

Effect of Liner Component Coatings by Oxidized Starch on Properties of Corrugated Board

Byoung-Kuk Ahn^{*1} · Won-Yung Ahn^{*2}

Department of Industrial Packaging, Shinsung College^{*1} · Department of Forest Products, College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University^{*2}

Abstract

Coating was carried out on liner components of B flute, single-wall corrugated board(SK180/S120/K200) to examine the effect of liner component coatings by oxidized starch on the properties of corrugated board.

Both bursting strength and edgewise compression strength(ECS) of corrugated board were improved by coating of its liner components with oxidized starch. Bursting strength of corrugated board rapidly increased with an initial increase of coating weight, but as the coating weight further increased, there was no increase in bursting strength. The results showed 30.3% improvement for 2.32g/m² coating on outside liner component, 36.8% improvement for 4.84g/m² coating on inside liner component and 39.9% improvement for 7.16g/m² coating on both liner components in bursting strength of corrugated board. Regardless of treated liner components, ECS of corrugated board was improved by coating of oxidized starch, and especially greater improvement was accomplished when corrugated board was coated on inside liner component or both liner components at low level of coating weight - 11.3% improvement for 1.58g/m² coating on inside liner component and 11.9% improvement for 2.99g/m² coating on both liner components.

Keywords : coating, oxidized starch, properties, corrugated board

I. 서 론

골판지는 골판지의 표면과 이면을 형성하는 라이너지와 파형의 골을 성형한 골심지로 구성되어 있다. 골판지는 골이 성형된 골심지에 라이너지를 접착시켜 강도를 높인 것이 특징이다. 라이너지에 골심지를 접합하는 것은 골판지 제조에 있어서 가장 중요한 공정이며, 골판지의 강성은 사용된 재료의 강직성에 의존하게 되는 데 이 때 특히 바깥층인 라이너지의 강직성에 좌우된다. 일반적으로 중심층 즉, 골심지는 중성아황산반화학펄프나 리사이클된 골판지 상자 같은 고수율펄프로 제조되고 보통 사이즈 처리되지 않으며 바깥층 즉, 라이너지는 미표백 크라프트 펄프나 리사이클된 골판지로 제조된다.¹⁾

이와 같은 골판지는 성형된 골의 구조 역학적 강도가 강하고 완충작용에 의한 상품의 보호기능이 우수하며 이미 사용된 골판지의 재활용이 가능한 특성을 지니고 있어 산업전반에 걸쳐 포장재로서 그 사용범위가 점차 확대되어 왔다. 포장재료 중에서 골판지가 차지하는 비중은 약 24.5%에 해당하며 골판지 포장을 포함한 종이, 판지류는 전체 포장재의 약 44%에 달하고 있다. 국내의 골판지 원지 생산은 라이너지의 경우 연평균 10.4%, 골심지는 10.8%의 증가 경향을 보이고 있는데²⁾ 이와 같은 현상은 골판지 상자가 환경보호 차원에서 플라스틱 용기를 대체하는 것 이외에 목재 상자가 담당하여 온 중량물 포장의 상당 부분이 골판지 상자로 전환되고 있기 때문이다.

한편, 제한된 펄프원료의 수급과 고품질 용으로서 주로 이용되고 있는 골판지 재

료의 성능 향상을 위해 다양한 골판지 물성 개선 연구가 진행되어왔다. Horn과 Koning³⁾은 수피 11%를 포함하는 고수율 loblolly pine 펄프로 제조되고 전분으로 표면사이즈 처리된 라이너지로 부터 제조된 골판지 상자의 충격저항성은 일반 시중 펄프의 라이너지로 제조된 상자보다 양호하였고 top-to-bottom 압축강도는 현저히 저하되었음을 보고하였다. 라이너지와 골판지에 sodium silicate를 처리할 경우 압축강도가 개선되었다는 연구결과도 보고된 바 있으며⁴⁾, 라이너지와 골심지 각각의 왁스 처리에 따른 골판지의 성능 변화도 조사된 바 있다.⁵⁾

따라서 본 논문에서는 종이의 표면사이즈제로 가격이 저렴하고 널리 사용되고 있는 산화전분을 골판지 구성원지인 표면라이너지와 이면라이너지에 각각 코팅하여 산화전분 코팅에 따른 골판지의 물성 변화를 조사, 산화전분 코팅의 효과를 검증하고 골판지 물성 개선 방안을 모색하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

1) 도공액

도공액으로는 시판 중인 산화전분을 호화하여 사용하였으며 그 대표적인 특성은 Table 1에 나타내었다.

2) 골판지 및 골판지 원지

Table 2에 나타낸 바와 같이, 실험에 사용한 골판지는 B골 양면골판지였으며, 표면라이너지(앞라이너)는 180g/m², 이면라이너지(뒷라이너)는 200g/m², 골심지는

Table 1. Properties of oxidized starch

Properties	Measured values
Moisture content(%)	11.8
pH	7.1
Viscosity(CPS)	12(at 50°C), 15(at 40°C)
L, a, b values ^{*1}	100.54, 0.04, 0.65

^{*1}L, a, and b indicate whiteness, redness, and yellowness, respectively.

120g/m²의 평량으로 유통되는 것이었다. 표면라이너지는 6층으로 초지된 다겹지로서 표층으로부터 1층과 2층은 미표백 크라프트 펄프를 사용하였고 나머지 층은 국산 회수골판지(Korean old corrugated container, KOCC)로 구성되었다. 이면라이너지는 2층으로 초지된 이겹지로서 KOCC로만 구성되었고 골심지는 KOCC로 단층으로 초지된 것이었다.

2. 실험방법

1) 도공액의 조제 및 처리

도공액은 3, 5, 7, 10 및 15%의 산화전분 용액을 조제하여 사용하였으며 일정한 두께의 stainless steel wire가 감겨 있는 실험실용 도공 rod(RDS05, Webster, U.S.A.)를 사용하여 균일하게 도공하였다. 골판지는 표면라이너지 도공, 이면라이너지 도공, 표·이면라이너지 도공의 세가지로 구분하여 도공한 다음, 건조시키고 조습처리

를 실시하였다. 이 때 산화전분 용액의 농도별 도공량은 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Coating weights of oxidized starch applied to component linerboards

Concentration (%)	Coating weight(g/m ²)	
	Outside liner (OSL)	Inside liner (ISL)
3	0.87	0.99
5	1.41	1.58
7	2.32	4.84
10	4.53	7.52
15	5.38	8.64

2) 골판지 파열강도 측정

골판지의 파열강도 시험은 KS M 7082-'79(종이 및 판지의 고압파열강도 시험방법)에 의해 실시하였다. 골판지 시험편을 시험기에 완전히 압축, 고정하고 시험편이 파열될 때까지 압력을 가하여 시험편의 파열이 일어나는 시점의 최대압력을 읽어 kg/cm²로 나타내었다.

3) 골판지 수직압축강도 측정

KS M 7063-'90(골판지의 압축강도 시험방법)에 따라 골판지 시험편을 좌어지지 않게 지지구에 부착하여 압축시험기 압축판의 중앙에 놓은 다음, 시험편의 파형이 꺾어질 때까지 압축하중을 가하였으며 다음의 식으로 압축강도를 구하고 그

Table 2. Characteristics of corrugated board

Grammage (g/m ²)	Caliper (mm)	Bursting strength (kg/cm ²)	Edgewise compression		No. of flutes /30cm
			strength (kg/cm)	Flute contour	
548.5	3.1	5.22	3.81	B	48

결과를 kg/cm로 나타내었다.

$$R = \frac{F \times 10}{I}$$

여기에서,

R : 수직압축강도(kg/cm),

F : 최대하중(kg),

I : 시험편 중앙부의 폭(mm).

III. 결과 및 고찰

1. 산화전분 도공이 골판지의 파열강도에 미치는 영향

산화전분 도공량에 따른 골판지의 파열강도 변화를 Figs. 1, 2, 3에 나타내었다. 표면라이너지 부분에 처리한 골판지의 경우와 표면라이너지와 이면라이너지 모두를 처리한 골판지의 경우 파열강도는 일정 수준의 도공량에 도달할 때까지 크게 증가하다가 그 이상에서는 증가하지 않았다. 이와 같은 경향은 이면라이너지 부분에만 처리된 골판지의 경우에도 유사하게 나타났으며 특히, 높은 도공량에서는 파열강도가 약간 감소되었다. 표면라이너지에 처리한 골판지의 경우 도공하지 않은 골판지의 파열강도에 비해 도공량이 2.32 g/m²일 때 30.3%가 증가하였고 이면라이너지에 처리한 경우 도공량이 4.84g/m²일 때 36.8%가 증가하였으며 표면라이너지와 이면라이너지 모두 처리한 경우 도공량이 7.16g/m²일 때 39.9%가 증가하였다. 실측치를 기준으로 할 때 산화전분 용액의 도공은 골판지의 파열강도 개선에 효과적인 것으로 판단된다.

일반적으로 골판지 원지의 파열강도의 합계는 대개 골판지의 파열강도를 결정하고 골심지는 골을 형성하기 때문에 파열강도에 기여하지 못하는 것으로 알려져 있다.⁶⁾ 즉, B골 골판지의 경우 골판지의 파열강도는 다음의 계산식으로 표현할 수 있다.

$$B = B_A + B_I \quad (1)$$

여기서,

B : B골 골판지의 파열강도,

B_A : 표면라이너지의 파열강도,

B_I : 이면라이너지의 파열강도.

(1)의 계산식으로부터 얻은 파열강도의 이론적인 계산치⁷⁾와 실측치를 비교할 경우 두 개 곡선의 변화 형태는 비교적 유사하였으나 전반적으로 실측치가 약간 작은 값을 갖는 것으로 조사되었다. 표면라이너지에 처리한 골판지의 경우 평균 12.9% 정도로 실측치가 낮았으며 이면라이너지에 처리한 골판지의 경우 평균적으로 10.1%, 표면라이너지와 이면라이너지 모두를 처리한 골판지의 경우 15.8% 정도 실측치가 낮았다. 이것은 개별적으로 측정된 라이너지의 파열강도 합계와 골판지의 파열강도는 서로 일치하지 않으며 골판지 상태로 파열될 경우 두 장의 라이너지의 순차적인 파열이 불가피하므로 측정값이 더 낮을 것이라는 가정⁸⁾에 부합되는 결과라고 해석할 수 있다. 실제 골판지 상자를 구성하고 있는 두 장의 라이너지가 동시에 압력을 받을 가능성은 극히 희박하다고 전제할 때 골판지 원지로부터 계산에 의해 골판지의 파열강도를 추정할 경우에 대한 수정이 불가피하며 골판지 파

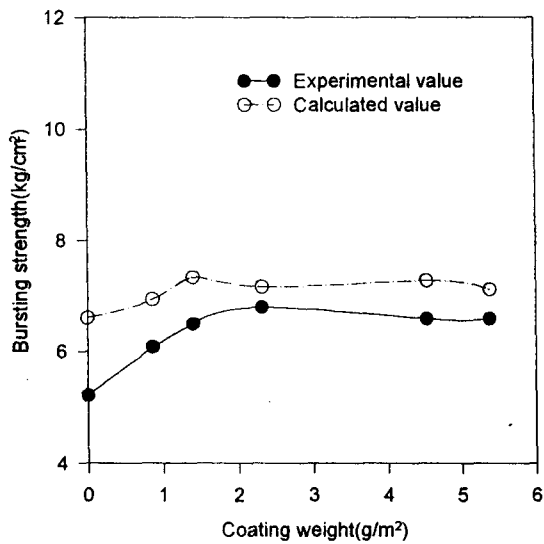


Fig. 1. Bursting strength of combined corrugated board coated on outside liner component.

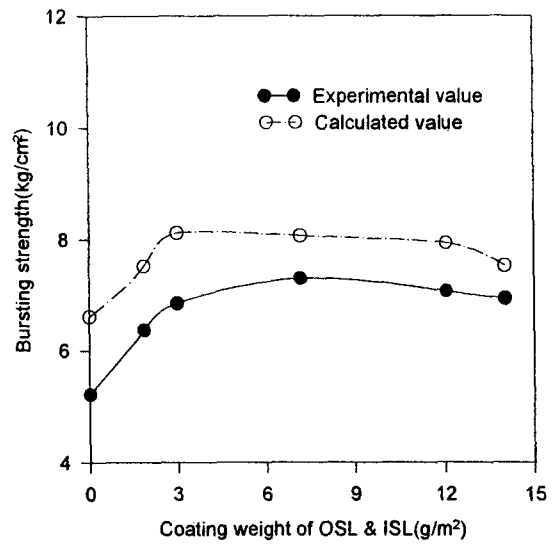


Fig. 3. Bursting strength of combined corrugated board coated on outside(OSL) and inside liner (ISL) components.

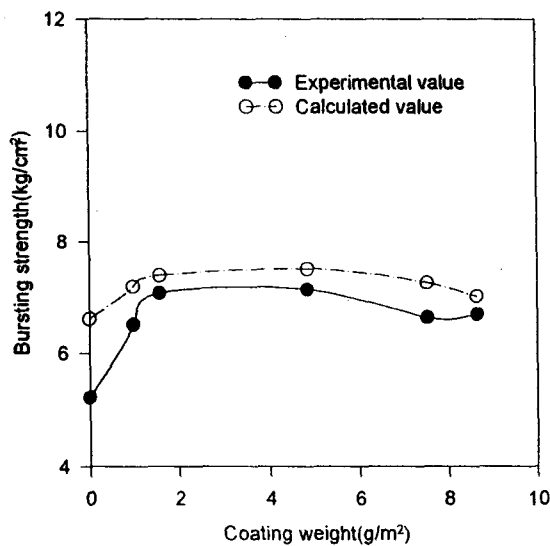


Fig. 2. Bursting strength of combined corrugated board coated on inside liner component.

열강도의 실측치로서 확인하는 것은 의미가 크다고 할 것이다.

한편, 표면라이너지, 골심지, 이면라이너지의 순으로 순차적으로 파괴되는 골판지의 파괴순서를 감안해 볼 때, 골판지 원지 중 맨 나중에 파괴되는 이면라이너지의 파괴강도가 특히 중요한 의미를 가지는 것으로 나타났다. 즉, 골판지 파괴강도 실측치와 이론적인 계산치 간의 평균편차를 살펴보면 이면라이너지에 처리한 골판지의 경우가 가장 작은 10.1%를 나타냄으로써 제일 근접한 결과를 나타내었고 이면라이너지 부분에 처리된 골판지의 경우 낮은 도공량에서 산화전분 도공이 이면라이너지 자체에서보다 골판지 상태에서 파괴강도에 미치는 영향이 더 컸으며 이면라이너지의 파괴강도가 최대점을 보인 도

공량 1.58g/m^2 과 4.84g/m^2 구간에서 골판지 파열강도 실측치와 이론적인 계산치 간의 평균편차인 10.1%보다 작은 4.43%, 5.16%를 각각 나타냄으로써 이론치에 훨씬 근접하는 결과를 나타내었다. 따라서 소량의 산화전분 도공으로도 효과적으로 강화된 이면라이너지의 영향으로 이면라이너지에 처리한 골판지의 파열강도도 낮은 도공량에서 크게 개선되는 결과를 나타내었으며 향후 골판지 파열강도를 극대화할 수 있도록 골판지 원지의 파열강도를 효과적으로 조절하거나 원지의 구성을 최적화하는 연구를 수행하는 것이 요구된다.

2. 산화전분 도공이 골판지의 수직압축강도에 미치는 영향

파열강도는 골판지 인성에 관련된 성질로서 인장강도와 신장률의 복합성질이며 파열강도에 영향하는 인자로 종이에 존재하는 섬유양, 내부 사이징, 표면처리 등이 있다. 제품을 포장하고 보호하는 골판지 상자의 성능이 골판지의 압축강도에 의해 좌우된다는 인식이 확산되고 있는 가운데 골판지 포장업체에서는 통상 파열강도와 평량을 기준으로 골판지 상자를 제조하고 있는 실정이다.⁹⁾ 따라서 이런 기준을 적용하는 것은 상자의 성능을 정확히 예측하지 못하는 원인이 된다.

산화전분 용액의 도공에 따른 골판지의 수직압축강도 변화를 Figs. 4, 5, 6에 나타내었다. 표면라이너지 부분에 처리된 골판지의 경우 1.41g/m^2 의 도공량까지 수직압축강도가 증가하는 경향을 나타내었다. 이면라이너지에 처리된 골판지의 수직압축강도는 1.58g/m^2 의 도공량까지 큰 증가를

보이다가 그 이상의 도공량에서 더 이상의 증가는 일어나지 않았으며 표면라이너지와 이면라이너지가 모두 처리된 골판지의 경우 수직압축강도는 2.99g/m^2 의 도공량까지 큰 증가를 보이다가 그 이상의 도공량에서 수직압축강도는 큰 증가를 보이지 않고 일정하게 유지되었다.

본 연구에서는 컬럼압축강도 시험으로 측정된 골판지 수직압축강도와 골판지 구성원지의 압축강도로부터 계산에 의해 얻은 예측치를 비교하였다. 즉, 골판지 구성원지의 압축강도로부터 골판지의 수직압축강도를 계산하는 공식은 다음과 같다

$$ECT = \eta_{ECT} C_P (RCT_A + w RCT_W + RCT_I) \quad (2)$$

여기서,

- ECT : B골 골판지의 수직압축강도,
- η_{ECT} : 0.9,
- C_P : 1.1,
- w : 1.37,
- RCT_A : 표면라이너지의 링크러시 강도,
- RCT_W : 골심지의 링크러시 강도,
- RCT_I : 이면라이너지의 링크러시 강도.

(2)의 계산식에 골판지 원지의 링크러시 강도를 대입하여 계산된 수직압축강도의 예측치⁷⁾를 구하였다. 이와 같은 관계식으로부터 구한 계산치와 실측치를 비교해보면 골판지의 도공면에 관계없이 전반적으로 실측치가 계산치보다 낮게 나타났다. 표면라이너지에 처리한 골판지의 경우 평균 5.36% 정도로 실측치가 낮았으며 이면라이너지에 처리한 골판지의 경우 평균적으로 6.87%, 표면라이너지와 이면라이너지 모두를 처리한 골판지의 경우 6.73% 정도 실측치가 낮았다. 양면골판지의 경우

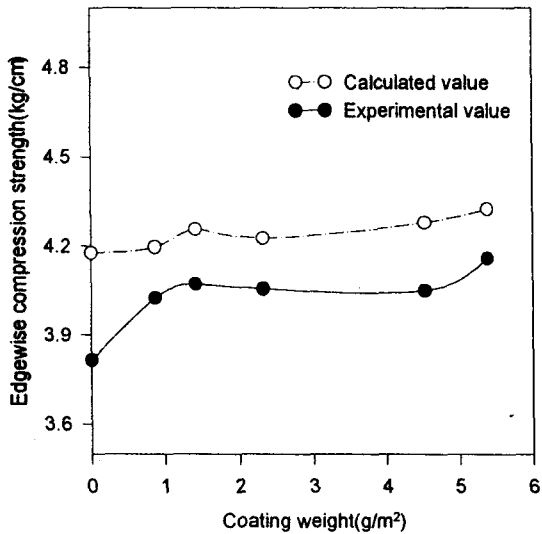


Fig. 4. Edgewise compression strength of combined corrugated board coated on outside liner component.

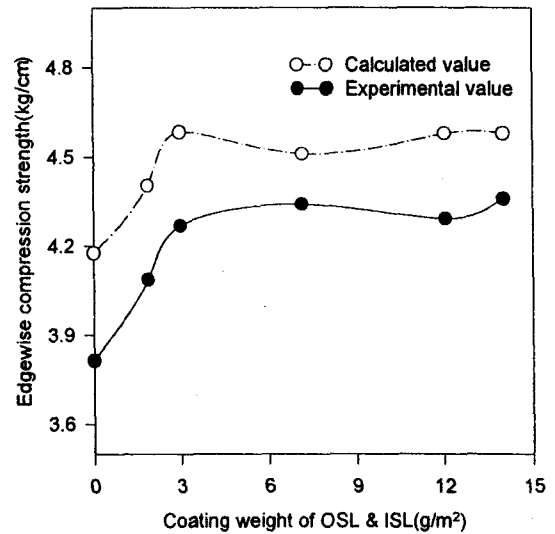


Fig. 6. Edgewise compression strength of combined corrugated board coated on outside(OSL) & inside liner(ISL) components.

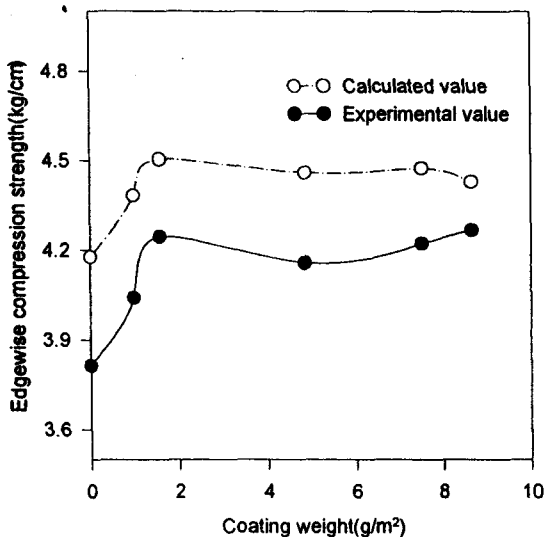


Fig. 5. Edgewise compression strength of combined corrugated board coated on inside liner component.

골판지의 수직압축강도는 골판지를 구성하고 있는 원지들의 압축강도의 병렬효과로 볼 수 있으며 골심지의 압축강도를 두 장의 라이너지 압축강도에 더함으로써 기본 계산이 이루어진다. 즉, $X_c = X_{L1} + X_{L2} + \alpha X_F$ (여기서, X_c 는 CD방향 양면골판지 압축강도, X_L 은 라이너지의 압축강도, α 는 take-up factor, X_F 는 골심지의 압축강도)로 표현되는 압축강도 추정식을 고려할 때 수직압축강도에 대한 추정치와 실제 실험실에서 측정된 수직압축강도의 불일치는 시험 실시전 미리 골판지가 하중을 받음으로써 피상적인 겉보기 압축강도가 감소되거나 골판지의 구성원지가 국부적으로 좌굴되어 외견상 강도가 감소되어 발생하는 것으로 분석되고 있다.¹⁰⁾ 한편, 골판지의 수직압축강도 실측치와 골판

지 원지의 링 크러시 합계에 근거한 계산치의 그래프 변화 형태가 전반적으로 유사한 것으로 나타나 산화전분 도공에 있어서 골판지의 수직압축강도 실측치는 구성 라이너지의 링크러시 변화를 반영하고 있는 것으로 판단된다.

일반적으로 파열강도는 70년 이상 골판지 품질의 평가척도로 사용되어 왔으나 골판지 상자 구조가 해명되면서 상자 이용에 있어서 중요한 의미를 갖지 못하는 것으로 평가되고 있다. 파열강도는 수직압축강도에 영향을 미치는 라이너지와 골심지의 기본성질에 영향을 받으며 그 예로써 같은 골 형태에서 파열강도 수치가 높으면 대체로 수직압축강도가 높다. 그러나 파열강도 자체는 압축성질을 좌우하지 못하는 것으로 알려져 있다. 실제 라이너지와 골심지의 압축강도는 골판지의 수직압축강도와 상자압축강도를 결정하며 최근의 연구에서는 골판지의 수직압축강도에 대한 라이너지와 골심지의 압축강도의 관계에 관심을 보이고 있다. 일반적으로 라이너지의 비대칭적인 구성은 골판지 수직압축강도에 영향을 미치지 않으며 왁스처리, 라이너지의 강화 등을 통해 수직압축강도가 상승하게 되는 것으로 보고되고 있다.¹¹⁾

골판지에 대한 고분자 침지는 높은 파열강도를 갖는 방향보다는 강한 압축강도를 갖는 방향으로 연구가 진행되어 왔는데 이와 같은 고강도 상자는 저평량인 원지를 사용하면서도 강도를 증가시킬 수 있는 이점이 있다. 본 연구에서는 높은 수준에서 고분자 용액에 침지할 경우 우려되는 골판지의 수직압축강도 개선 저하 혹은 감소 현상은 발생하지 않았으며 골

판지의 라이너지 처리면에 관계없이 산화전분 도공에 의해 전반적으로 골판지의 수직압축강도가 증가하였다. 특히, 이면라이너지에 처리한 경우 도공량이 $1.58\text{g}/\text{m}^2$ 일 때 11.3%가 증가하였고, 표면라이너지와 이면라이너지 모두 처리한 경우 도공량이 $2.99\text{g}/\text{m}^2$ 일 때 11.9%가 증가되어 이면라이너지에 처리한 경우와 표면라이너지와 이면라이너지 모두 처리한 경우 소량의 산화전분 도공에 의해서도 수직압축강도가 크게 개선되었다.

IV. 요약

산화전분을 골판지 구성원지인 표면라이너지와 이면라이너지에 각각 코팅하였으며 산화전분 코팅에 따른 골판지의 물성변화를 조사, 산화전분 코팅의 효과를 분석한 결과는 다음과 같았다.

산화전분의 코팅에 의해 골판지의 수직압축강도 뿐만아니라 파열강도도 동시에 개선될 수 있었다. 골판지의 파열강도는 구성 라이너지의 처리면에 관계없이 일정 수준의 도공량에 도달할 때까지 크게 증가하다가 그 이상에서는 더 이상의 증가를 보이지 않았다. 표면라이너지에 처리한 골판지의 경우 도공하지 않은 골판지의 파열강도에 비해 도공량이 $2.32\text{g}/\text{m}^2$ 일 때 30.3%가 증가하였고 이면라이너지에 처리한 경우 도공량이 $4.84\text{g}/\text{m}^2$ 일 때 36.8%가 증가하였으며 표면라이너지와 이면라이너지 모두 처리한 경우 도공량이 $7.16\text{g}/\text{m}^2$ 일 때 39.9%가 증가하였다. 산화전분의 코팅은 골판지 원지의 섬유간 결합을 증가시키는데 기여하고 강직성을 개선시켜 골판지 수직압축강도의 개선을 가져왔다.

구성 라이너지의 처리면에 관계없이 골판지의 수직압축강도는 산화전분 도공에 의해 전반적으로 증가하였는데, 이면라이너지에 처리한 경우 도공량이 1.58g/m^2 일 때 11.3%가 증가하였고, 표면라이너지와 이면라이너지 모두 처리한 경우 도공량이 2.99g/m^2 일 때 11.9%가 증가되어 소량의 산화전분 도공에 의해서도 수직압축강도가 크게 개선되었다.

인 용 문 헌

1. Lepoutre, P. and Inoue, M.: Glueability at the corrugator. Tappi, 72(11), 113(1989).
2. 김준현, 이재덕, 권열호: 2000년대 골판지 포장산업의 발전전략, 산업연구원, p.36 (1994).
3. Horn, R. A. and Koning, J. W., Jr.: Corrugated fiberboard containers from high-yield roughwood kraft linerboard pulp. Tappi, 59(2), 125(1976).
4. Walthy, G. J.: Paperboard chemical enhancement for strength and other benefits. Tappi, 70(10), 35(1987).
5. Maltenfort, G. G.: Corrugated shipping containers: An Engineering Approach, Jelmar Publishing Co., Inc., NY, p.174(1988).
6. Kroeschell, W. O.: Understanding box compression strength as related to the revised Rule 41 and its alternatives. Tappi, 75(10), 77 (1992).
7. Tenzer, H. -J. and Großmann, V.: Modelle zur Abschätzung der Festigkeit von Dreifach-Wellpappe. Papier und Druck, 30(8), 125(1981).
8. Bessen, A. H.: Design and Production of Corrugated Packaging and Displays, Jelmar Publishing Co., Inc., NY, p.139(1990).
9. Crofts, B. W.: Michigan State University M.S. Thesis, The effect of simulated handling on the compression performance of corrugated fiberboard containers(1989).
10. Westerlind, B. S. and Carlsson, L. A.: Compressive response of corrugated board. Tappi, 75(7), 145(1992).
11. Eriksson, L. -E.: A review of the edge crush test of corrugated board- Part II. Boxboard Containers, 86(9), 64(1979).