

## 산화전분 코팅이 골판지 원지의 물성에 미치는 영향<sup>1</sup>

안 병 국<sup>\*2</sup> · 안 원 영<sup>\*3</sup>

## Effect of Coatings of Oxidized Starch on Properties of Linerboard<sup>\*1</sup>

Byoung-Kuk Ahn<sup>\*2</sup> · Won-Yung Ahn<sup>\*3</sup>

### ABSTRACT

Two linerboards consisting of corrugated board were coated with oxidized starch solutions to investigate the change of their properties and analyze the effect of coating on them. The coating of linerboards with oxidized starch resulted in improvement in the properties related to corrugated board properties by increasing fiber bonding and rigidity. The improvement of ring crush strength by coating was greater in inside linerboard than in outside linerboard. Burst index of linerboards rapidly increased with an initial increase of coating weight, but as the coating weight further increased, there was no increase in burst index. Coating on linerboards with oxidized starch at low coating weight improved stiffness of them. There were no significant changes in tearing resistance of linerboards by coating of oxidized starch. The coating resulted in increase in air resistance and sizing degree of linerboards.

**Keywords** : linerboards, coating, oxidized starch, properties

### - 요약 -

산화전분을 골판지 구성원지인 표면라이너지와 이면라이너지에 각각 코팅하고 물성변화를 조사하였다. 산화전분 코팅에 의해 골판지 물성과 관련된 각 라이너지의 물성이 개선되었고 링 크러시 강도의 경우 표면라이너지보다 이면라이너지에서 개선의 효과가 더욱 컸으며 도공하지 않은 경우에 비해 최대 19.7%의 증가를 보였다. 비교적 낮은 도공량으로도 파열지수는 증가하였으며 일정 수준의 도공량 이상에서는 더 이상 증가하지 않는 것으로 조사되었다. 파열강도가 증가함에 따라 링 크러시 강도도 증가하는 경향을 보였다. 표면라이너지, 이면라이너지 각각 1.41g/m<sup>2</sup>, 1.58g/m<sup>2</sup>의 도공량에 이를 때까지 TEA는 크게 증가하였으며 인장강도가 증가함에 따라 링 크러시 강도도 대체적으로 증가되었다. 낮은 도공량에서 stiffness가 증가하였으며 도공처리로 라이너지의 투기도는 감소하였지만 원지 간 결합에 장애를 일으킬 만큼의 염려는 없을 것으로 판단되었다.

<sup>\*1</sup> 접수 1999년 9월 6일, Received Sep. 6, 1999

<sup>\*2</sup> 신성대학 산업포장학과 Department of Industrial Packaging, Shinsung College, Dangjin-goon, Chungnam 343-860, Korea.

<sup>\*3</sup> 서울대학교 농업생명과학대학 College of Agriculture & Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

## 1. 서 론

골판지는 표면과 이면을 형성하는 라이너지와 파형의 골을 성형한 골심지로 구성되어 있다. 골판지 및 골판지 원지의 품질은 골판지 상자의 품질과 직결된다. 국산 골판지 원지는 외국 제품에 비해 상대적으로 원지의 질이 낮은 것으로 보고되고 있다(김 등, 1994). 이와 같이 미국산 라이너지가 국산 제품에 비해 강도적 성질이 우수한 것은 펄프원료에 있어서 미표백 크라프트 펄프의 사용비율이 높고 지력이 우수한 고지를 사용하는 것이 주된 이유라 할 수 있다. 최근 포장에서 요구되는 골판지 상자의 여러 성질 중 적재와 관련되어 있는 압축강도의 개선에 관심이 집중되면서 한정되어 있는 섬유자원의 사용을 최소화하면서도 강도의 향상을 꾀할 수 있는 방법의 연구가 필요하게 되었으며 고품질의 라이너지, 고품질의 골심지를 사용하는 것에 관심이 많아지고 있다. 그러나 이것은 캐나다, 미국, 스웨덴, 핀란드 등 목재 자원이 풍부하고 종이 사용량이 많으며 아울러 펄프의 가격이 저렴한 경우에는 큰 문제가 되지 않으나 목재자원이 빈약하고 대부분의 천연펄프자원이 수입되는 국가의 경우에는 골판지에 사용되는 종이의 평량 증가는 골판지 상자의 가격을 크게 상승시키는 이유가 되므로 제조업계에서는 골판지 품질을 저하시키지 않고 원지의 평량과 비용을 낮출 수 있는 방법의 개발이 하나의 커다란 과제가 되고 있다. 그 방안의 하나로 코팅처리를 고려해 볼 수 있는데 일반적으로 코팅은 마모나 마찰을 적게 하고 내수성을 증가시키기 위한 것으로 코팅을 통해 외관을 개선하고 인쇄품질을 높이며 표면의 청결, 내유성 및 고습도하에서의 기계적 성질을 개선시키는 목적을 달성하고 있다. 골판지의 수분민감성을 감소시키기 위한 왁스처리는 가장 오래된 코팅방법 중의 하나이지만 균일한 표면도공이 되기 어려우며 재활용시 반점 발생의 원인이 되고 강도 또한 크게 향상시키지 못하는 것으로 알려져 있다(Miltz 등, 1989).

따라서 본 연구에서는 종이의 표면사이즈제로 가격이 저렴하고 널리 사용되고 있는 산화전분을 골판지 구성원지인 표면라이너지와 이면라이너지에 코팅하여 산화전분 코팅이 라이너지의 물성 변화에 미치는 영향을 조사하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 도공액

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

Table 1. Properties of oxidized starch

Properties	Measured values
Moisture content(%)	11.8
pH	7.1
Viscosity(cPs)	12(at 50℃), 15(at 40℃)
L, a, b values <sup>1</sup>	100.54, 0.04, 0.65

<sup>1</sup>L, a, and b indicate whiteness, redness, and yellowness, respectively.

#### 2.1.2 라이너지

라이너지는 골판지 생산 현장에서 직접 채취하였는데, 이 때 표면라이너지(앞라이너)는 180g/m<sup>2</sup>, 이면라이너지(뒷라이너)는 200g/m<sup>2</sup>의 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 구성되었으며 각 라이너지의 특성은 Table 2에 나타내었다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 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. 표면라이너지와 이면라이너지 각각의 표면에 도공한 다음 건조하였으며, 이 때 산화전분 용액의 농도별 도공량은 Table 3에, 그리고 도공처리에 따른 원지의 두께변화는 Table 4에 나타내었다. 건조된 각 라이너지는 물성 시험을 위해 KS M 7012-71(시험용지의

산화전분 코팅이 골판지 원지의 물성에 미치는 영향

Table 2. Characteristics of linerboards

Characteristics	Outside liner (OSL)	Inside liner (ISL)
Basis weight(g/m <sup>2</sup> )	182.1	199.2
Caliper(mm)	0.1920	0.2320
Moisture content(%)	6.95	7.43
Bursting strength(kg/cm <sup>2</sup> )	3.11	3.50
Ring crush(kg)	24.21	25.61
Tensile strength(kg/15mm), MD	15.46	15.84
Tensile strength(kg/15mm), CD	5.40	5.60
Stiffness(g · cm)	52.13	71.75
L	66.83	59.04
a	3.10	5.46
b	20.36	18.63
Tear(g), MD	160	148
Tear(g), CD	199	204
Folding endurance(times), MD	187	61
Folding endurance(times), CD	62	12

Table 3. Coating weights of oxidized starch applied to linerboards

Concentration(%)	Coating weight(g/m <sup>2</sup> )	
	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

Table 4. Changes in thickness of linerboards by oxidized starch coating

(unit : mm)

Liner	Concentration of oxidized starch solution(%)					
	0	3	5	7	10	15
OSL	0.1920 <sup>*1</sup>	0.1956	0.2013	0.2040	0.2058	0.2122
	(0.0122) <sup>*2</sup>	(0.0062)	(0.0050)	(0.0189)	(0.0094)	(0.0209)
ISL	0.2320 <sup>*1</sup>	0.2341	0.2406	0.2476	0.2527	0.2560
	(0.0131) <sup>*2</sup>	(0.0071)	(0.0036)	(0.0183)	(0.0209)	(0.0147)

<sup>\*1</sup> Average.

<sup>\*2</sup> Standard deviation.

전처리)에 의거 상대습도  $65 \pm 2\%$ , 온도  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 조습처리하였다.

### 2.2.2 라이너지의 물성 측정

#### 2.2.2.1 파열강도

파열강도는 KS M 7017-'80(종이 및 판지의 저압파열강도 시험방법), KS M 7082-'79(종이 및 판지의 고압파열강도 시험방법)를 참조하여 물렌형 파열강도 시험기에 시험편을 고정하고 이것이 파열될 때까지 압력을 가하였으며 이 때의 최대 압력을 측정하였다.

#### 2.2.2.2 링 크러시 강도

링 크러시 강도는 KS M 7051-'79(판지의 압축강도 시험방법)에 따라 측정하였다.

#### 2.2.2.3 인장강도 및 신장률

라이너지의 인장강도는 KS M 7014-'80(종이 및 판지의 인장강도 시험방법)에 따라 측정하였고 신장률은 KS M 7015-'80(종이 및 판지의 신장률 시험방법)에 따라 측정하였다. 인장강도 시험시 시험편의 길이는 200mm, 시험편의 폭은  $15.0 \pm 0.1\text{mm}$ , grip간 간격은 150mm, load cell은 50kg, grip의 이동속도는 50mm/min로 하였다.

#### 2.2.2.4 Stiffness

Taber식 stiffness 시험기(Teledyne Taber Model 150-B, N. Tonawanda, N.Y., U.S.A.)에 시험편을 고정한 다음 stiffness를 측정하였다.

#### 2.2.2.5 인열강도

KS M 7016-'80(종이 및 판지의 인열강도 시험방법)에 따라 인열강도를 측정하였다.

#### 2.2.2.6 투기도

KS M 7020-'80(종이의 투기도 시험방법)에 따라 투기도를 측정하였다.

#### 2.2.2.7 사이즈도

KS M 7025-'63(종이의 사이즈도 시험방법(스테키히트))에 따라 사이즈도를 측정하였다.

화를 Fig. 1에 나타내었다. 이 때, 링 크러시 강도는 측정된 최대압축하중을 원지의 평량으로 나누어 표시하였다. 표면라이너지의 경우 도공량이 증가함에 따라 링 크러시 수치는 전반적으로 약간 증가하는 경향을 나타내었다. 도공량이  $1.41\text{g}/\text{m}^2$ 일 때 비교적 급격한 증가현상을 보인 것을 제외하고는 도공량 증가에 따라 링 크러시 수치는 직선적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 링 크러시의 급격한 증가는 산화전분이 섬유 결합에 효과적으로 작용하여 강직성이 개선된 것으로 해석할 수 있다. 이면라이너지의 경우에는 일정 수준의 도공량에 도달할 때까지 링 크러시 수치는 큰 증가를 보이다가 그 이상에서는 증가하지 않는 현상을 보였다. 링 크러시는  $1.58\text{g}/\text{m}^2$ 의 도공량에서 가장 높은 수치를 나타내어 무처리에 비해 19.7%의 증가를 보였다. 한편, 무처리의 경우 표면라이너지와 이면라이너지 간의 링 크러시 값에는 큰 차이가 없었으나 도공에 의해 이면라이너지의 링 크러시 강도가 표면라이너지에 비해 상대적으로 크게 증가하는 결과를 나타내었다. 즉, 이면라이너지의 경우 산화전분 용액의 도공에 의해 압축강도가 더 많이 상승될 수 있음을 보여주었고 도공량이 비교적 낮은 수준에서도 그 효과를 거둘 수 있는 것으로 분석된다.

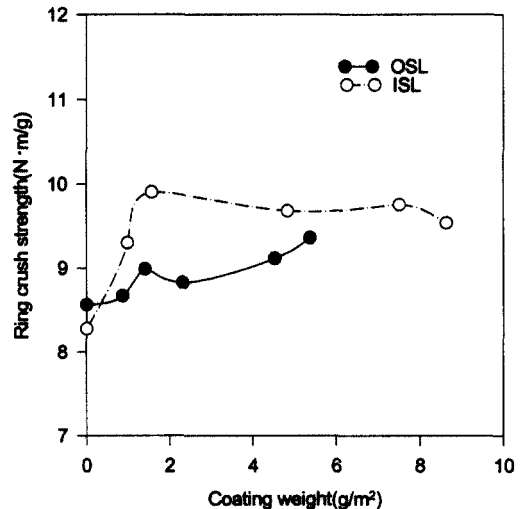


Fig. 1. Changes in ring crush strength of linerboards with various coating weights of oxidized starch.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 링 크러시 강도

산화전분 도공량에 따른 라이너지의 링 크러시 변

### 3.2 파열강도

산화전분 도공량에 따른 라이너지의 파열지수 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 표면라이너지의 경우 비교적 낮은 도공량으로도 파열지수는 증가하였으며 일정 수준의 도공량 이상에서는 더 이상 증가하지 않는 것으로 조사되었다. 특히, 링 크러시의 급격한 증가를 보인 1.41g/m<sup>2</sup>의 도공량에서 파열지수 또한 급격히 증가하였다. 이면라이너지의 경우에 있어서도 유사한 변화 형태를 보여 낮은 도공량에서 파열지수는 증가하다가 도공량이 높아지면서 일정 수준을 유지하거나 오히려 감소하는 경향을 보였다. 본 연구에서 산화전분 도공에 의한 파열강도의 증가는 일반적으로 산화전분을 처리함으로써 섬유 결합이 증가되어 파열강도 등이 개선되었다는 연구결과(Metha 등, 1973)와 유사한 것으로 분석된다.

일반적으로 파열강도는 섬유 상호간의 결합력, 섬유간 마찰강도, 섬유 자체의 강도 등이 복합적으로 구성된 물리적 강도로서 전분을 사용한 표면사이징 처리에 의해 파열강도는 약간 증가되며 접착제를 사용한 표면사이징 처리에 의해 파열강도는 크게 증가되는 것으로 알려져 있다(Casey, 1981).

산화전분 용액의 도공처리에 있어서 파열강도와 링 크러시의 관계를 살펴보면 Fig. 3에 나타난 바와 같이 전반적으로 파열강도가 증가함에 따라 링 크러시 강도도 증가하는 경향을 보였다. 재생섬유의 함량이

증가할 경우 동일한 파열강도를 얻기 위해서는 라이너지의 평량을 증가시키는 것이 필수적인 것으로 알려져 있는데(Jönson, 1995), 산화전분의 소량 사용으로 파열강도가 효과적으로 개선된 본 연구의 결과를 근거로 한다면 산화전분 도공을 통해서 라이너지 평량을 증가시키지 않고도 이와 유사한 파열강도 개선의 효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다.

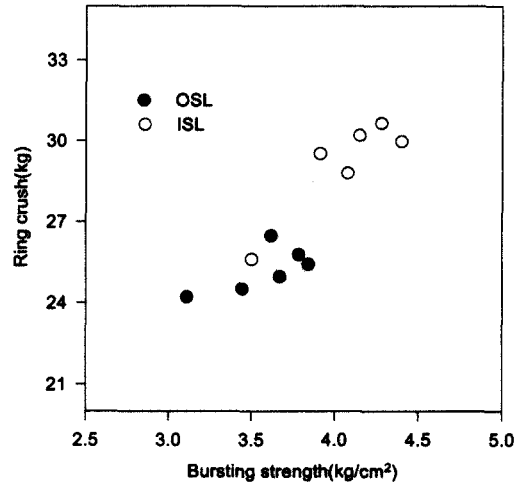


Fig. 3. Relationship between ring crush and bursting strength of linerboards.

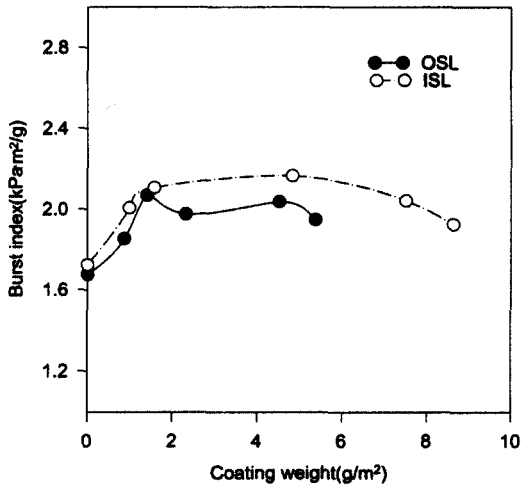


Fig. 2. Changes in bursting strength of linerboards with various coating weights of oxidized starch.

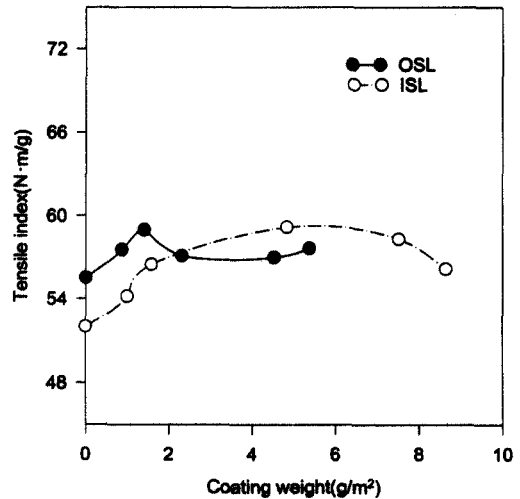


Fig. 4. Changes in tensile strength of linerboards with various coating weights of oxidized starch.

### 3.3 인장강도, 신장률 및 TEA

산화전분 도공량에 따른 라이너지의 인장지수와 신장률의 변화, TEA 변화를 Figs. 4, 5 및 6에 나타내었다. 표면라이너지의 경우 도공량이 1.41g/m<sup>2</sup>에 이를 때까지 인장지수는 증가하는 경향을 보였으며

이면라이너지의 경우에는 4.84g/m<sup>2</sup>의 도공량에 이를 때까지 인장지수는 점차 증가하는 경향을 보이다가 그 이상의 도공량에서는 더 이상의 증가없이 다시 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 한편 신장률은 표면라이너지와 이면라이너지 각각 1.41g/m<sup>2</sup>, 1.58g/m<sup>2</sup>의

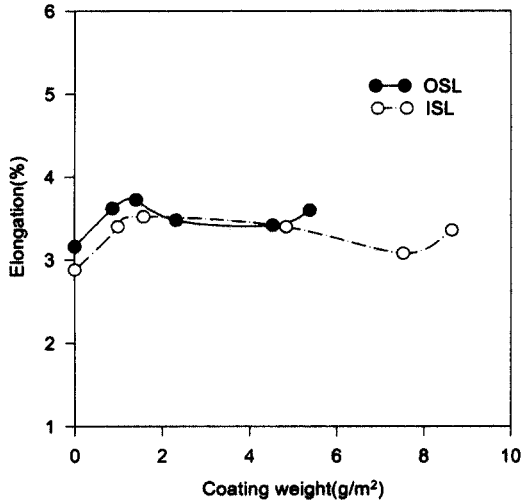


Fig. 5. Changes in elongation of linerboards with various coating weights of oxidized starch.

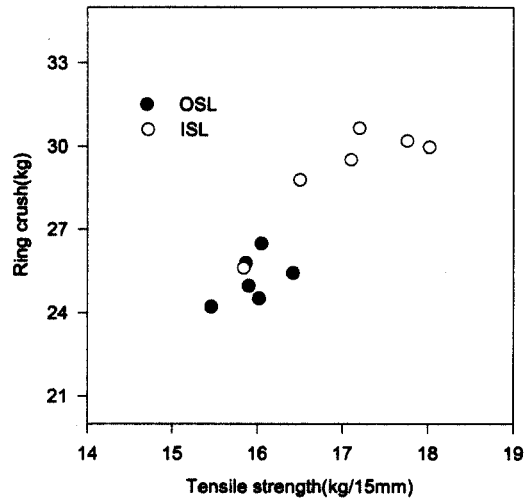


Fig. 7. Relationship between ring crush and tensile strength of linerboards.

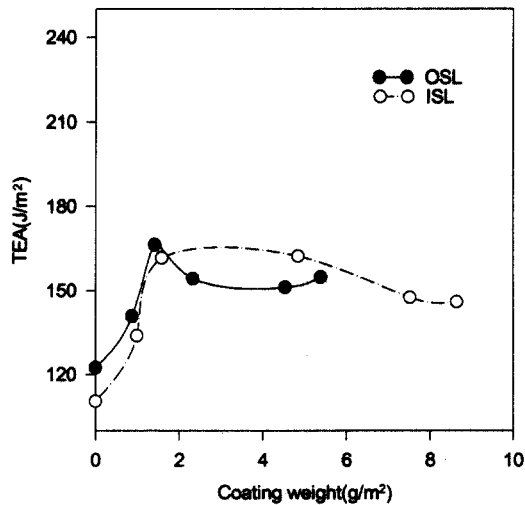


Fig. 6. Changes in tensile energy absorption of linerboards with various coating weights of oxidized starch.

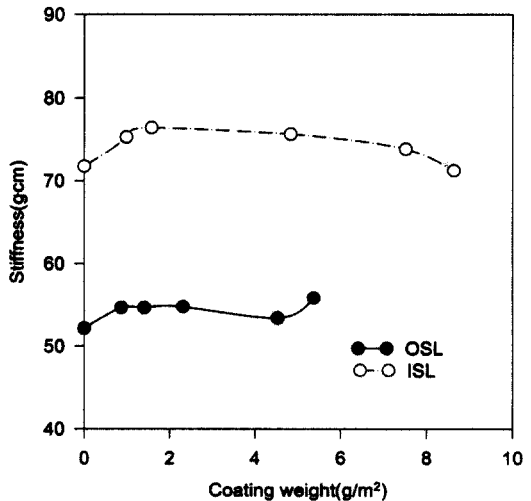


Fig. 8. Changes in stiffness of linerboards with various coating weights of oxidized starch.

도공량에 이를 때까지 증가하였으며, 이 때 표면라이너지가 이면라이너지에 비해 약간 높은 결과를 보였고 그 이상의 도공량에서 신장률은 더 이상 증가하지 않았다. 최대변형시까지 인장변형에 따른 인장에너지 흡수총량인 TEA(tensile energy absorption) (Maltentfort, 1988)의 변화를 살펴보면 표면라이너지, 이면라이너지 각각  $1.41\text{g/m}^2$ ,  $1.58\text{g/m}^2$ 의 도공량에 이를 때까지 TEA는 크게 증가하였고, 이 때 표면라이너지가 이면라이너지에 비해 약간 높은 결과를 보였으며 두 라이너지 모두 도공량이 많아질 경우 오히려 TEA가 감소되는 경향을 보이기도 하였다. 본 연구에서는 무처리에 비해 낮은 도공량일 경우 인장강도, 신장률, TEA 모두 증가, 개선되었으나 도공량이 높아지면서 오히려 감소하는 경향을 나타내었다.

산화전분의 도공량에 따른 인장강도와 링 크러시 강도의 관계를 살펴보면 Fig. 7에 나타낸 바와 같이 표면라이너지와 이면라이너지에 있어서 인장강도가 증가함에 따라 링 크러시 강도도 대체적으로 증가되었다.

### 3.4 Stiffness

산화전분 도공량에 따른 라이너지의 stiffness 변화를 Fig. 8에 나타내었다. 표면라이너지, 이면라이너지 모두 낮은 도공량에서는 stiffness 수치가 증가하였으며 도공량이 증가하면서 표면라이너지의 경우에는 일정하게 유지되다가 다시 증가하는 것으로 나타났고 이면라이너지의 경우 일정한 값을 유지한 후 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 전반적으로 이면라이너지의 stiffness가 표면라이너지의 경우보다 높은 것으로 조사되었다. stiffness는 종이의 두께에 크게 좌우되는 성질로서 일반적으로 장섬유로 제조된 종이보다 단섬유로 제조된 종이 가 더 큰 stiffness를 갖는 것으로 알려져 있으며 얇은 종이의 stiffness는 섬유 각각의 강직성에 의존하지만 두꺼운 종이의 stiffness는 섬유 결합에 크게 영향을 받아 전분 등을 첨가할 경우 stiffness가 증가되는 것으로 알려져 있다(Casey, 1981). 또한, 탄성계수는 골판지 라이너지의 가장 중요한 성질의 하나로서 라이너지의 탄성계수를 증가시킬 경우 골판지의 stiffness가 증가하고 따라서 압축 저항성이 높은 강직한 골판지 상자를 제조할 수 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구 결과에 따르면 라이너지에 대한 산화전분 도공에 있어서 낮은 도공량으로도 stiffness를 효과적으로 개선할 수 있었으며 특히, 이면라이너지의 경우에는 이 효과가 뚜렷하였다.

### 3.5 인열강도

산화전분 도공량에 따른 라이너지의 인열지수 변화를 Fig. 9에 나타내었다. 표면라이너지의 경우 도공량의 증가에 따라 인열지수는 큰 변화가 없었으며 이면라이너지의 경우 일부 도공량에 있어서는 무처리 라이너지에 비해 낮은 인열지수를 나타내었다. 일반적으로 인열강도는 파열강도와 밀도에 반비례하며 stiffness와도 반비례하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 전분과 같은 첨가제의 사용은 섬유 stiffness를 증가시켜 인열강도를 감소시키게 된다. 본 연구에서도 일부 도공량에서 무처리에 비해 인열강도가 저하되는 결과를 나타내었는데 이는 섬유간 결합의 효과가 있는 산화전분의 사용이 섬유의 강직성을 증가시키고 이에 따라 인열 중 섬유의 파괴를 일으키는 하중이 작은 면적에 집중하게 되어 결국 인열강도 저하가 발생하는 것으로 사료된다.

### 3.6 투기도

산화전분 도공량에 따른 라이너지의 투기도 변화를 Fig. 10에 나타내었다. 표면라이너지의 경우 도공량이 증가함에 따라 투기도는 전반적으로 감소하였으며 특히 도공량이 많을 경우 크게 하락하였다. 이면라이너지의 경우에도 도공량이 증가함에 따라 투기도는 전반적으로 감소하는 결과를 나타내었으며 높은 도공

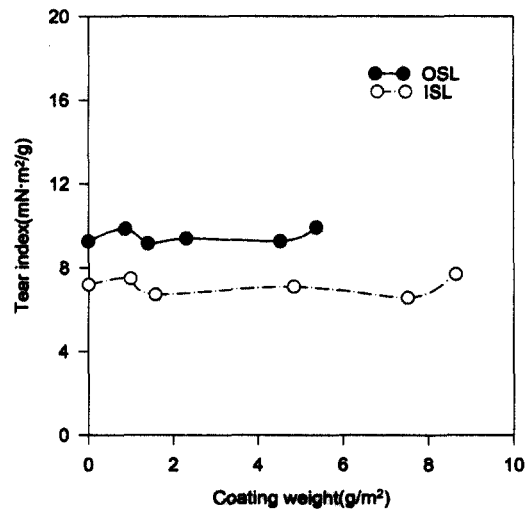


Fig. 9. Changes in tearing resistance of linerboards with various coating weights of oxidized starch.

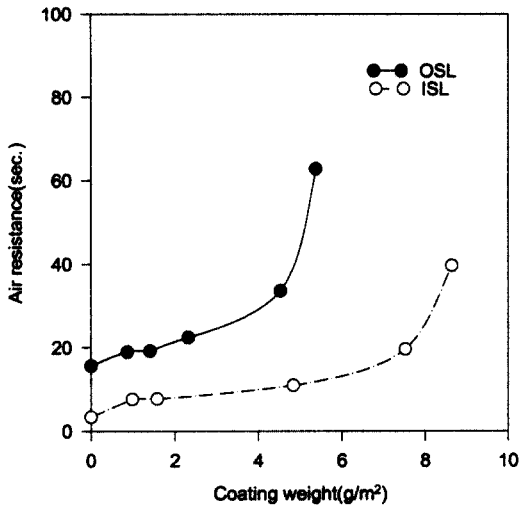


Fig. 10. Changes in air resistance of linerboards with various coating weights of oxidized starch.

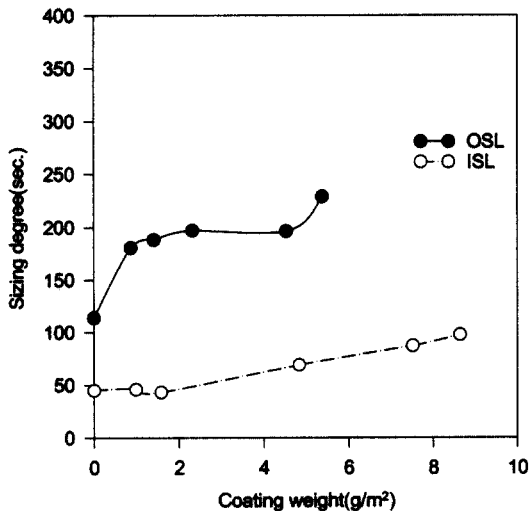


Fig. 11. Changes in sizing degree of linerboards with various coating weights of oxidized starch.

량일 때 투기도는 급격히 하락하였다. 일반적으로 고성능 라이너지는 구조가 치밀하여 골심지와외의 고속 접착공정상에 장애가 있을 수 있으므로 결합력을 높이기 위해서는 라이너지의 투기도를 조절하는 것이 필수적이며 Gurley형의 투기도 시험에서 100초 미만

일 경우 적절한 원지 간 결합이 가능한 것으로 보고 된 바 있다(Kroeschell, 1992). 따라서 본 연구에서 수행된 도공처리로 라이너지의 투기도는 감소하였지만 원지 간 결합에 장애를 일으킬 만큼의 염려는 없을 것으로 판단된다.

### 3.7 사이즈도

산화전분 도공량에 따른 라이너지의 사이즈도 변화를 Fig. 11에 나타내었다. 표면라이너지의 경우 도공량의 증가에 따라 사이즈도는 전반적으로 크게 증가하는 경향을 나타내었으며 이면라이너지의 경우에도 전반적으로 증가하는 결과를 나타내었다. 또한, 무처리의 경우에도 표면라이너지와 이면라이너지 간의 사이즈도 차이는 크게 존재하였지만 도공에 의해 그 차이가 더 커졌으며 이것으로 보아 표면라이너지의 경우 산화전분 코팅에 의한 사이즈도 효과가 더 크게 나타나는 것으로 이해할 수 있다.

## 4. 결 론

산화전분을 골판지 구성원지인 표면라이너지와 이면라이너지에 각각 코팅하였으며 산화전분 코팅에 따른 골판지 구성원지의 물성변화를 조사, 산화전분 코팅의 효과를 분석하였다. 산화전분 코팅에 의해 골판지 물성과 관련된 각 라이너지의 물성이 개선되었고 링 크러시 강도의 경우 표면라이너지보다 이면라이너지에서 개선의 효과가 더욱 컸으며 도공하지 않은 경우에 비해 최대 19.7%의 증가를 보였다. 비교적 낮은 도공량으로도 파열지수는 증가하였으며 일정 수준의 도공량 이상에서는 더 이상 증가하지 않는 것으로 조사되었다. 파열강도가 증가함에 따라 링 크러시 강도도 증가하는 경향을 보였다. 표면라이너지, 이면라이너지 각각 1.41g/m<sup>2</sup>, 1.58g/m<sup>2</sup>의 도공량에 이를 때까지 TEA는 크게 증가하였고, 두 라이너지 모두 도공량이 많아질 경우 오히려 TEA가 감소되는 경향을 보이기도 하였으며 인장강도가 증가함에 따라 링 크러시 강도도 대체적으로 증가되었다. 낮은 도공량에서 stiffness가 증가하였고 도공량의 증가에 따라 인열지수는 큰 변화가 없었으나 이면라이너지의 경우 일부 도공량에 있어서는 무처리 라이너지에 비해 낮은 인열지수를 나타내었다. 도공처리로 라이너지의 투기도는 감소하였지만 원지 간 결합에 장애를 일으킬 만큼의 염려는 없을 것으로 판단되었다. 도공량의



증가에 따라 사이즈도는 전반적으로 증가하는 경향을 나타내었다.

## 참 고 문 헌

1. Casey, J. P. 1981. Pulp and Paper. Vol. 3. Wiley-Interscience : 1508, 1792, 1795, 1808.
2. Jönson, G. 1995. Corrugated Board Packaging. Pira International. UK : 44~45.
3. Kroeschell, W. O. 1992. Understanding Box Compression Strength as Related to the Revised Rule 41 and its Alternatives. *Tappi* 75(10) : 77~78.
4. Maltenfort, G. G. 1988. Corrugated Shipping Containers : An Engineering Approach. Jelmar Publishing Co. Inc. NY : 88~92, 241.
5. Mehta, H. U. and P. C. Mehta. 1973. Oxidized Starch for Paper Industry. *Indian Pulp & Paper* 27(11) : 16~17.
6. Miltz, J., Y. Segal, and S. Atad. 1989. The Effect of Polymeric Impregnation on the Properties of Paper and Corrugated Board. *Tappi* 72(7) : 63~66.
7. 김준현, 이재덕, 권열호. 1994. 2000년대 골판지 포장산업의 발전전략, 산업연구원 : 36~39.