

백판지의 제함적성에 관한 연구(제2보)

– 패선/구부림 가공 작업조건이 제함적성에 미치는 영향 –

임원석 · 김창근^{*1} · 이용규[†]

(2008년 7월 24일 접수:2008년 10월 24일 채택)

Studies on the Foldability of Coated Board(II)

– Influence of operating conditions in creasing and folding process
on the foldability of duplex board –

Won Seok Lim, Chang Keun Kim^{*1}, and Yong-Kyu Lee[†]

(Received July 24, 2008: Accepted October 24, 2008)

ABSTRACT

When coated paperboard is printed, pressed into a groove with a creasing rule and folded, white line cracking occurs along the crease due to intensive mechanical pressure. The cracking will deteriorates product quality and waste resources. Effects of creasing pressure and ink dosage on the foldability of coated board were investigated. It was shown that applying an optimum pressure is important during creasing. When the pressure was too low, the crease formed was not sufficiently deep enough to enable precise folding. When an excess pressure was applied, fiber bonding was destroyed, resulted in unsatisfactory cracking. When the coated board was folded in machine direction (MD), long cracks were formed along MD. When it folded in cross direction (CD), the cracks were shorter and formed perpendicular to CD. Printing promoted cracking due to the decrease in flexibility of coated board. In addition, uneven ink film layer on the coating layer caused worse cracking.

Keywords : *foldability, creasing, folding, ink dosage, creasing pressure*

• 본 연구는 2007년도 강원대학교 학술연구조성비로 연구하였음.

• 강원대학교 제지공학과(Department of Paper Science & Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea)

*1 강원대학교 창강제지기술연구소(Chang-Gang Paper Research Institute, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea)

† 주저자(Corresponding Author):E-mail:yklee@cc.kangwon.ac.kr

1. 서론

제품이 생산, 상품화되어 소비되기까지 여러 과정을 거친다. 포장에 대한 요구는 시대 변화에 따라 다양하지만, 물류적·상업적 유통에 있어서 반드시 필요한 내용물의 보호와 포장의 상품효과는 변함없이 요구되고 있으며, 제품의 미적 효과를 높이기 위한 고품질의 인쇄적성이 요구되기 때문에 고급 포장재인 경우 도공된 포장용재인 백판지를 사용하게 된다.

인쇄적성이 요구되는 백판지는 인쇄한 후 꺾선(creasing)을 넣고 구부림 공정(folding)을 거칠 때, 높은 기계적 압력으로 인해 터짐(cracking)이 발생하기도 한다.¹⁾ 즉, 구부리는 면의 표면적 증가와 내부에서 외부로 향하는 응력에 의하여 종이의 구부린 부분에서 원지층과 코팅층의 분열로 인하여 표면이 터지는 현상이다.¹⁻⁴⁾ 아무런 처리를 하지 않은 일반 판지에서도 꺾선을 넣은 부분에서 터짐이 발생하는데, 도공 백판지의 경우 그 발생빈도가 더욱 잦다. 오프셋 인쇄를 하게 될 경우 잉크층의 터짐이 발생한다. 최근 미적가치를 높이기 위한 오버코팅으로 자외선(UV) 경화용수지를 도포하는데, 이 UV 경화용 수지층이 경화되면 신축성이 매우 떨어져 터짐 현상이 더 심각해진다. 결과적으로는 인쇄물 외관의 미적인 손실과 포장 재료로서의 강도적 손실에 의해서 포장 재료로서의 기능을 상실하게 되어 포장제품으로서 모든 것에 악영향을 주게 된다.⁵⁾ 일상에서 사용하는데 지장이 없을 만큼 튼튼하더라도 디지털 인쇄산업이 발달한 현재, 실용적인 측면보다는 미적인 면이 더욱 문제가 되기 때문에 모든 공정을 거친 최종 생산물에 터짐이 발생하면 소비자가 구매를 꺼리게 된다.⁴⁾

1999년 Lindblom은 두꺼운 등급의 종지와 얇은 등급의 종이 사이엔 두 개의 상이한 메커니즘이 존재한다고 발표하였다.⁶⁾ 2000년 Papeer는 오프셋 인쇄시 발생하는 문제를 분류하였는데, 그중 구부릴 때 발생하는 터짐이 38%를 차지하고 있다고 발표하였다.⁷⁾ 2002년 Barbier는 경량 도공지의 경우 현미경으로 관찰한 결과 터짐 발생 영역이 도공층 표면의 접힌 줄을 따라 생긴다고 보고하였고, 여러 제품의 품질 차이는 원지의 작업 전 보관 상태에 의해서 좌우된다고 하였다. 강도가 약한 원지의 경우, 구부린 부분에서 섬유들이 파열되었고, 섬유와 인접한 결합들이 깨졌으며, 반대로 좋은 품

질의 원지는 과하게 구부러졌을 뿐 섬유는 온전하였다고 발표하였다.^{2,4,8,9)}

따라서, 본 논문에서는 판지의 꺾선 터짐을 방지하면서 구부림 가공을 우수하게 하기 위해 판지에 요구되는 여러 가지 특성 중 제함가공회사의 입장에서 접근하기 쉬운 잉크 전이량과 꺾선작업 압력 변화를 주어 작업 조건이 터짐 현상에 미치는 영향에 대해 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

2.1.1 백판지

본 연구에서 사용된 백판지 원지는 H사 230 g/m², C사 240 g/m², I사 230, 240 g/m² 제품을 분양받아 사용하였다. (이하 H사 230 g/m²은 230H, C사 240 g/m²은 240C, I사 230 g/m²은 230I, 240 g/m²은 240I로 표시하였다.)

2.1.2 잉크

본 연구에서 사용된 잉크는 D사의 Cyan(입도 19 μm) 잉크를 분양받아 사용하였다.

2.2 실험 방법

2.2.1 백판지 물성 측정

거칠음도 (roughness, L&W, PPS tester model 165, Sweden)와 내부결합강도 (internal bond, Scottbond tester, U.S.A.), 두께 (Thickness tester, Amityville model 19-70, Testing Machines Inc. U.S.A.)를 측정하였고, 실험실용 회화로 (Electric Furnace, SCEF-301, 신생(주), Korea)를 사용하여 700°C에서 5시간 동안 완전히 소각시킨 후에 남은 회분 양을 측정하였다.

2.2.2 인쇄

인쇄는 실험실용 인쇄기 (AKIRA, RI-II, Japan)를 사용하여 1도 민인쇄하였다. 잉크의 양은 일반적인 실험에서 사용하는 정량(0.4 cc)외에 과량(0.6 cc)과 미량(0.2 cc)을 3분간 연속시켜 인쇄하였다.

2.2.3 꺾선 / 구부림

꺾선작업은 인쇄한, 인쇄하지 않은 도공 백판지를

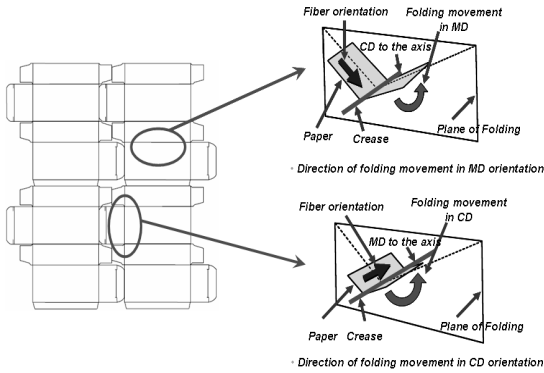


Fig. 1. Folding process.¹⁰⁾

제합가공회사에서 사용하고 있는 평판 타발기 (YT-1040NCS, YOUNG SHIN Machinery, Korea)를 사용하여 일반적인 작업압력의 100%, 90%, 110% 압력으로, 속도 1800 sheet/hr로 패선작업을 하였다.

구부림 작업은 슈퍼캘린더 (Beloit, Model 753, U.S.A.)를 사용하여 MD/CD를 축으로 패선작업이 된 시편을 터짐이 발생하도록 님 사이의 압력을 50 psi로 조절하여 접지하였다.

2.2.4 이미지 분석

이미지 분석은 CCD 카메라가 장착된 화상분석기 (Video Microscope System iCamscope 305B, Sometech (주), Korea)를 사용하여 패선/터짐이 발생한 부분을 촬영한 후 패선부위를 포함시킨 크기(150 pixel × 480 pixel)로 동일하게 편집하여 아래에 나타낸 바와 같이, 흑백영상 전환 → 영상반전이라는 이미지 변환 절차를 거쳐 터진 화상을 분석하고, 이미지 분석 곡선 중 패선의 면적에 반하여 터짐의 면적을 계산하는 방식으로 threshold값은 1.75로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 백판지의 물성 측정 결과

Table 1은 분양받은 도공백판지의 물성을 나타낸 것이다. 위 표로 보아 수입지인 230I와 240I의 실평량이 상당히 낮은 것을 알 수 있었다. 240C < 240I < 230H < 230I 순으로 밀도가 높은 것을 확인할 수 있었고, 평량 240 g/m²의 제품들이 평량 230 g/m²의 제품들에 비해 내부결합강도가 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 230I와

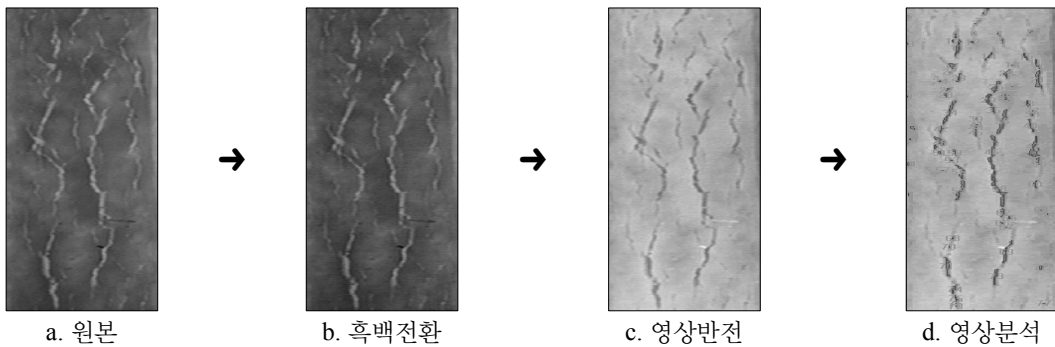


Fig. 2. Cracking image analysis.

Table 1. Coated board properties

	Unit	230 H	230 I	240 C	240 I
Basis weight	g/m ²	222.5	211.5	230.5	226.0
Density	g/cm ³	0.80	0.86	0.75	0.77
Thickness	μm	277	246	307	294
Ash	%	10.75	8.52	13.63	7.24
Internal bond	J/m ²	74	72	56	58
PPS	μm	1.60	1.35	2.35	1.44

240I가 상대적으로 낮은 회분함량을 나타내었다.

3.2 과선 / 구부림

3.2.1 백판지의 터짐 이미지

Fig. 3, 4는 도공 백판지에 인쇄를 하지 않고 과선작업압력을 일반적인 작업압력(100%), 미달압력(90%), 초과압력(110%)으로 달리하여 MD, CD로 과선, 구부림 가공을 하여 터짐이 발생한 결과를 나타낸 것이다. 사진에서 보는 바와 같이 MD, CD로 접은 시편들 모두 제함가공회사에서 일반적으로 작업하는 과선작업압력이 미달압력과 초과압력에 비해 구부림 가공 시 터짐이 양호한 것을 확인 할 수 있었다. MD로 접은 시편이 길이방향으로 길게 갈라진 것을 확인할 수 있었고, CD로 접은 시편들은 터짐이 발생한 빈도수가 적었으며 MD로 접은 시편들에 비해 갈라진 부분의 길이가 비교적 짧음을 확인할 수 있었다. CD로 접은 시편보다 MD로 접은 시편에서 더 많은 터짐과 갈라짐이 발생한 것을 확인할 수 있었다.^{4,11,12)} 이것은 도공 백판지의 과선 공정이 섬유 배향에 의존적이고, CD로 접지할 때 보다

MD로 접지할 때가 판지의 뺏뺏함이 더 높기 때문이며, Kainulainen, Christophe등의 뺏뺏함의 정도는 CD로 접지할 때가 MD로 접지할 때 보다 더 떨어진다는 연구결과와 일치하는 것이다.^{1-4,8,9,11,13,14)}

3.2.2 잉크층의 터짐 면적 분석

가) 0.4 cc 잉크량

- MD로 접지

Fig. 5는 정량의 잉크를 인쇄한 시편에 과선작업압력을 일반적인 작업압력, 미달압력, 초과압력으로 달리한 것들 중에서 MD로 접은 것의 터짐 면적을 나타낸 것이다.

그래프를 보면 제함가공회사에서 일반적으로 작업하는 과선작업압력이 미달압력과 초과압력에 비해 구부림 가공 시 터짐이 양호한 것을 확인 할 수 있었다. 미달압력으로 과선작업을 하면 과선으로부터 판지로 일정량의 압축력이 가해지지 않았다는 것을 의미하는 것이다. 이것은 die-cutter의 과선에 의한 골눌림이 완전한 과선을 만들만큼 양옆부분에서 충분한 신장력과 압

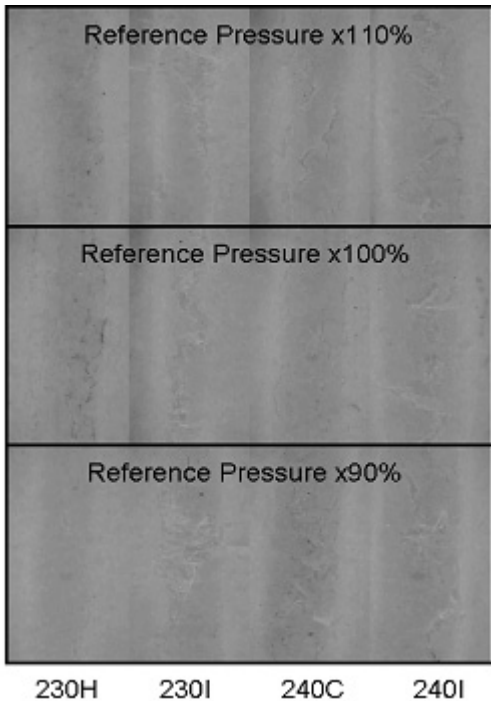


Fig. 3. Cracking image of coated board at MD.

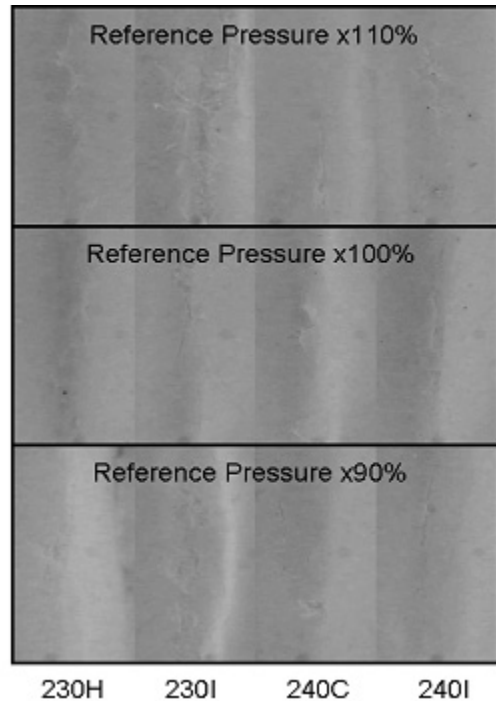


Fig. 4. Cracking image of coated board at CD.

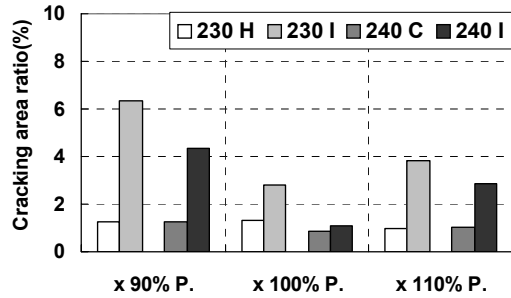
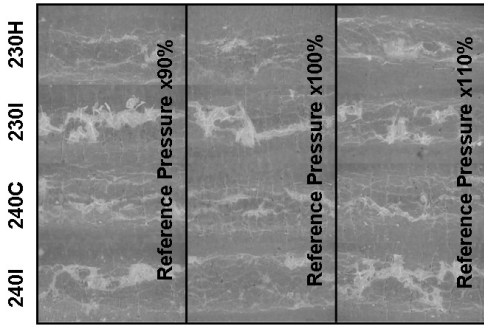


Fig. 5. Cracking image of ink dosage 0.4cc at MD.

축력이 발생하지 않아서 골늘림의 깊이가 낮게 형성되었다는 Hine의 의견과도 일치한다.^{1-4,11,12,14,16)}

반대로 초과압력으로 패선작업을 하면 골늘림이 너무 깊게 형성되어 적당한 신장이 일어나야 되는 부위가 패선작업만으로 섬유결합에 붕괴를 가져와 불량한 터짐적성을 갖게 된 것이라 사료된다.¹⁶⁾

- CD로 접지

Fig. 6은 정량의 잉크를 인쇄한 시편에 패선작업압력을 일반적인 작업압력, 미달압력, 초과압력으로 달리한 것들 중에서 CD로 접은 것의 터짐 면적을 나타낸 것이다. MD로 접은 것에 비해서 터짐 면적이 줄어든 것을 확인할 수 있었다. 초지 시 섬유배향성의 원인으로 CD의 뺏빳이가 MD보다 낮기 때문에 CD로 접지 시 양호한 패선, 구부림 적성을 보이는 것이며, Kainulainen, Christophe 등의 뺏빳함의 정도는 CD로 접지 할 때가 MD로 접지 할 때 보다 더 떨어진다는 연구결과와 일치하는 것이다.^{1-4,8-11,13,14)}

그래프를 보면 평량 230 g/m² 시편보다 평량 240 g/m² 시편이 양호한 터짐적성을 보여주고 있는데, 이것은 다층구조의 고평량지일수록 밀도가 낮고, 내부결합강도가 낮아 층간분리가 잘 일어나 터짐의 위험도가 낮아진다는 Christophe, Autopatens 등의 견해와 일치하는 결과를 보여주는 것이다.^{3,4,8-11,14)}

나) 0.2 cc 잉크량

- MD방향 접지

Fig. 7은 미량의 잉크를 인쇄한 시편에 패선작업압력을 일반적인 작업압력, 미달압력, 초과압력으로 달리한 것들 중에서 MD로 접은 것의 터짐 면적을 나타낸 것이다.

그래프에서 보는 바와 같이 전체적으로 가장 불량한 터짐 면적의 수치를 보이고 있는 것을 알 수 있었다. 0.2cc의 잉크를 잉크롤에 연옥, 인쇄하여도 0.2 cc의 잉크가 모두 피인쇄체인 종이에 전이되는 것이 아니기 때문에 잉크가 전이되는 과정에서 고른 잉크 피막을 형성

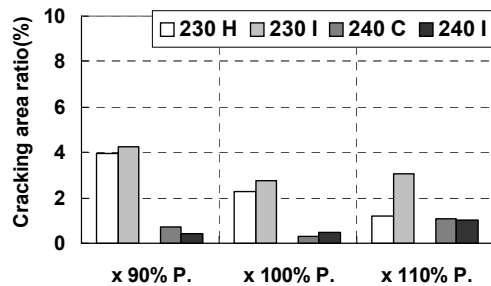
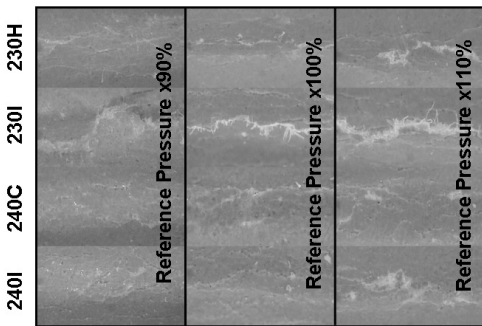


Fig. 6. Cracking image of ink dosage 0.4cc at CD.

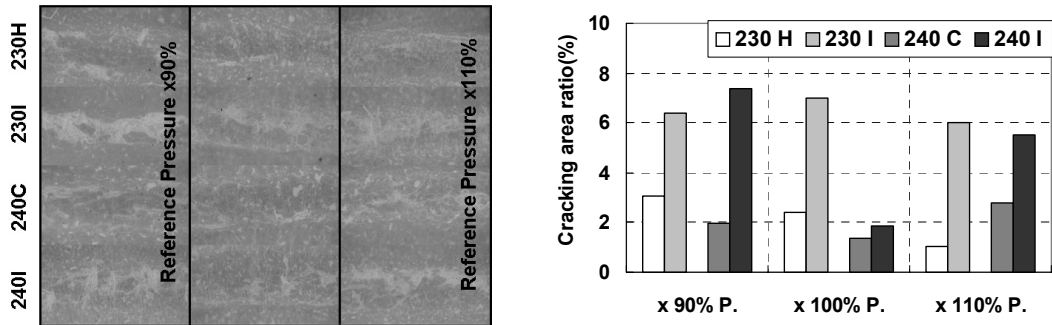


Fig. 7. Cracking image of ink dosage 0.2cc at MD.

하지 못하였다. 일반적으로 잉크롤에 연속된 잉크량의 약 60%가 전이 된다고 알려져 있는데, 도공층 위에 전이되는 잉크량이 적을 경우 잉크필름이 고르게 형성되지 못하여 패선공정과 구부림 공정 시 골눌림의 인쇄된 부분과 인쇄되지 않는 부분이 동일한 외력을 받지 못하고 불균일한 신장력이 생성, 전체적인 물성과는 상관없이 종종 터짐이 발생하게 되기 때문에 잉크를 소량 사용하여 인쇄할 경우 불량한 터짐적성을 보이는 것^{3,7,11,16)}이라는 Hine¹⁶⁾의 의견과 일치하였다.

230I, 240I는 동일 평량의 230H, 240C와 비교하였을 때, 두께가 얇고 밀도가 높아서 불량한 터짐적성을 보여주었다. 이것은 Christophe등이 서술한 불량한 패선적성 요소를 모두 갖춘 것이다.^{3,4,8-11,14,16)}

- CD 방향 접지

Fig. 8은 미량의 잉크를 인쇄한 시편에 패선작업압력을 일반적인 표준 작업압력, 미달압력, 초과압력으로

로 달리한 것들 중에서 CD로 접은 것의 터짐 면적을 나타낸 것이다.

그래프를 보면 초과압력을 가한 시편들이 양호한 터짐적성을 보여 줌을 확인할 수 있는데, 이는 0.2 cc의 연속, 인쇄로 잉크가 시편에 골고루 전이되지 않았지만 초과 압력을 받아서 인쇄된 부분과 인쇄되지 않은 부분 모두 골눌림 부위에 신장력이 증가하여 응력차이가 비교적 적게 되었기 때문이라 판단된다.¹³⁾ 위의 결과 역시 MD로 구부림 가공한 시편보다 양호한 터짐적성을 보여주었다.^{1-4,8-11,13,14)} 하지만 전체적으로 연속시킨 잉크량이 적을 때 MD와 CD 모두 구부림 적성이 불량한 것으로 나타났다.

다) 0.6 cc 잉크량

- MD방향 접지

Fig. 9는 과량의 잉크를 인쇄한 시편에 패선작업압력을 일반적인 작업압력, 미달압력, 초과압력으로 달

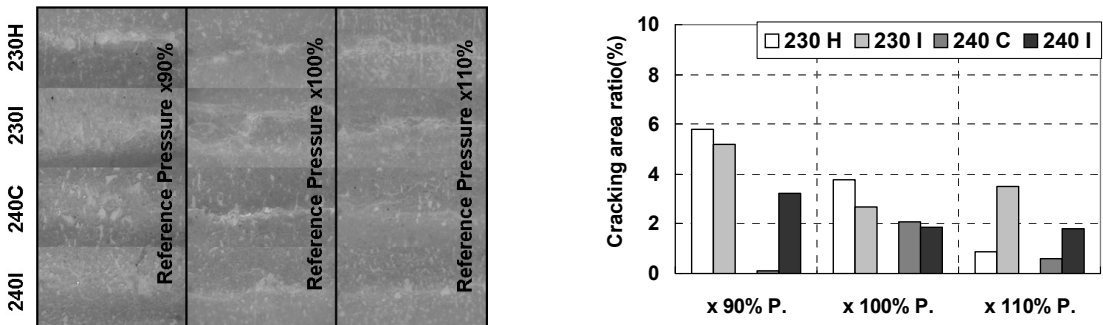


Fig. 8. Cracking image of ink dosage 0.2cc at CD.

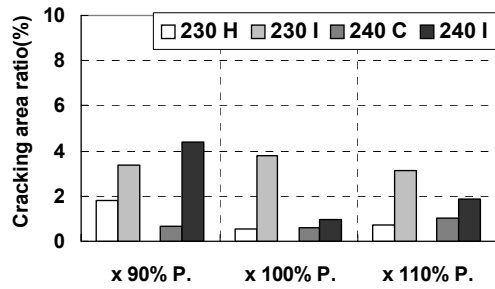
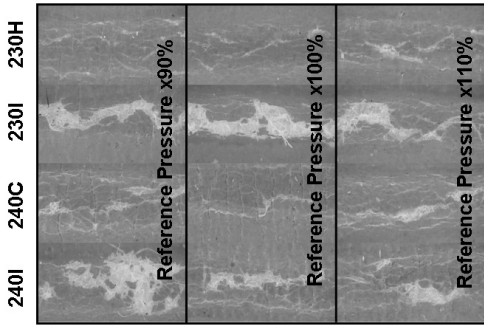


Fig. 9. Cracking image of ink dosage 0.6cc at MD.

리한 것들 중에서 MD로 접은 것의 터짐 면적을 나타낸 것이다.

그래프를 보면 0.6 cc의 잉크량을 연속, 인쇄한 시편이 Fig. 5의 0.4 cc의 잉크를 연속시켜 인쇄한 백판지에 비해 터짐 면적이 낮게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 이것은 0.6 cc의 잉크를 연속, 인쇄하였을 경우, 0.4 cc를 연속, 인쇄하였을 때 보다 판지의 도공된 표면층 위에 고르게 잉크 피막을 형성하여 양호한 터짐적성을 보인 것이라 생각된다. 잉크량이 0.2 cc부터 0.6 cc까지 그래프를 보면 비례적으로 터짐이 감소하는 것을 확인할 수 있는데, 이것은 잉크필름의 도포상태가 균일해져서 골닐림 부위에 균일한 신장력이 발생되었기 때문이라 판단된다.^{3,7,11)}

- CD방향 접지

Fig. 10은 과량의 잉크를 인쇄한 시편에 과선작업압력을 일반적인 작업압력, 미달압력, 초과압력으로 달리한 것들 중에서 CD로 접은 것의 터짐 면적을 나타낸

것이다.

그래프를 보면 가장 양호한 터짐 면적을 볼 수 있다. 이것은 CD로 접을 때의 터짐 저항성이 MD보다 양호하고,^{1-4,8-11,13,14)} 잉크가 도공층 위에 필름층을 고르게 형성하여 골닐림 부위에 동일한 신장력이 발생,^{3,7,11)} 터짐에 대한 저항성을 준 것 때문으로 사료된다.

MD와 CD 구부림 적성을 분석한 결과 중에서 가장 양호하였고, Fig. 9, 10 모두 일반적인 작업압력에서 터짐적성이 매우 양호하였다.

4. 결론

본 연구에서는 도공 백판지의 잉크량과 작업압력을 달리하여, 과선, 구부림 가공적성에 미치는 영향에 관하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 미달압력으로 과선작업을 하면 과선이 완전한 골닐림을 만들만큼 압축되지 못하여 불량한 터짐적성을

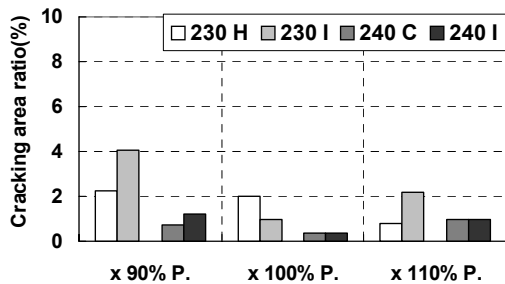
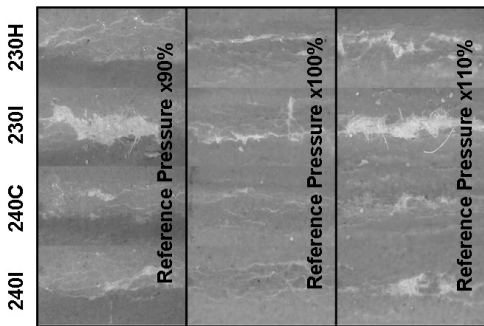


Fig. 10. Cracking image of ink dosage 0.6cc at CD.

보였고, 초과압력으로 과선작업을 하면 골놀림이 너무 깊게 형성되어 과선작업만으로 섬유결합이 붕괴되어 불량한 터짐적성을 나타내었다. die-cutter의 압력에 의한 과선작업적성을 확인할 수 있었다.

2. MD로 구부렸을 경우에는 길이방향으로 길게 갈라짐이 발생하고, CD로 구부렸을 경우에는 짧고 축 방향에 직각으로 터지는 차이를 보였다. 이것은 도공 백판지의 과선 공정이 섬유 배향에 의존적이고, MD보다 CD로 접지할 때 판지의 뺏뺏이가 조금 더 낮았기 때문이다. 초지기가 랜덤한 섬유배향성을 가지지 않는 한틀(die)을 제작할 때 원지의 결을 고려해야 할 것으로 사료된다.

3. 인쇄한 시편을 접지 할 경우 잉크 필름층에 의한 유연성 감소로 시편의 터짐 현상이 더욱 심한 것을 확인할 수 있었다. UV잉크와 UV 바니쉬가 도공층의 큰 공극에 흡수되면서 도공 백판지를 깨지기 쉬운 상태로 만들기 때문에 잉크를 제작할 때에도 인쇄물의 유연성을 고려해야 할 것으로 사료된다.

4. 금번 연구로 최적의 잉크 전이량을 측정하지 못하였는데, 금후 도공층위에 고른 잉크필름을 형성할 수 있는 최대치가 얼마인지 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

인용문헌

1. Kainulainen M., Finish pulp and paper research institute. Personal communication.
2. Barbier C., Lennart P-L., Östlund S., Experimental investigation of damage at folding of coated papers, Nordic Pulp and Paper Research Journal, 17(1):34 (2002).
3. Sappi Fine Paper Europe, "Folding and Creasing - Finishing of Coated Papers after Sheet-Fed Offset Printing", www.sappi.com/Knowledgebank.
4. Barbier C., Lennart P-L., Östlund S., Eklund J., "Folding of printed papers : experiments and results", TAPPI Preprints 2003 International Paper Physics Conference, September 7-11, Victoria, BC, Canada (2003).
5. R. N. Jopson and K. Towers, "Improving fold quality in coated papers and boards - The relationship between basestock and coating", 1995 Coating Conference, TAPPI Press p.459-477.
6. Lindblom H., "Digitalt slutar manuellt", AGI, p.255-268 (1999).
7. Papeer G., Hilden G., Glittenberg D., Hintermayer J., Folding problem with coated offset printings - the papermakers perspective, PTS-Streicherei-Symposium, München, ALLEMAGNE 128(19):1314-1320 (2000).
8. Barbier C., Lennart P-L., Östlund S., "On the effect of high anisotropy at folding of coated papers", Report KTH 6(14): 374 (2004).
9. Barbier C., Lennart P-L., Östlund S., "Manufacturing of paperboard and corrugated board packaging", 2004 Report KTH, www.hallf.kth.se.
10. Autopatens, '102' Series, Bobst, Lausanne (1993).
11. StoraEnso, "Paperboard Guide - 6. Converting and Finishing" www.storaenso.com.
12. Mohawk Paper Mills, "Die-cutting, scoring and folding tips" www.mohawkpaper.com.
13. Christer F., Mats F., Pia W., Die-cutting toughness and cracking of corrugated board, Tappi J. 75(4) (1992).
14. Barbier C., Lennart P-L., Östlund S., Numerical investigation of folding of coated papers, Composite Structures 67(4): 383-394 (2005).
15. Riikka J., Seppo M., "Cartonboard package manufacturing and applications", Chapter 8, Paper and Paperboard Converting, Book 12, Papermaking Science and Technology, TAPPI Press, pp.228-234 (1999).
16. Hine D.J., Verpackungs-Rundschau, 15(2):9 (1964).