

냉각된 종이의 잉크수리 문제에 관한 연구

전성재[†], 홍기안, 윤종태

[†]한솔제지 기술연구소, 부경대학교 공과대학 화상정보공학부

(2008년 1월 15일 접수, 2008년 2월 22일 최종 수정본 접수)

Ink Transfer Problem on a Cooled Paper

Sung-Jai, Jeon[†], Gi-Ahn Hong, Jong-Tae Youn

[†]R&D Center, Hansol Paper Co.,

Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University

(Received 15 January 2008, in final from 22 February 2008)

Abstract

Paper stock could be situated in a cooled environment seasonally and/or regionally otherwise it is stored in a controlled warehouse. In this paper, printing problems on a cooled paper are investigated and characterized in terms of paper properties. For this purpose, various kinds of sample are cooled down under a specially designed freezing device and printed for observing their printability. Causes for poor ink transfer on a cooled paper are suggested due to condensation, surface inactivity, and rheological change in ink film. Paperboards with higher amount of binder, thick and/or multi-coated layers are more vulnerable to poor ink trap. Severe drying of wet coating could cause a similar result as that of the coatings with higher binder formulation. It is shown that more absorptive porous structure is desirable for better ink receptivity in a cooled status. Printing on a dampened surface may be an indicator for ink transferability on a cooled paper. Finally, desirable directions for papermaker and printshop are suggested.

1. 서 론

계절적으로 다양하게 변화하는 기후조건은 인위적으로 제어되지 않는 한, 인쇄환경에도 큰 영향을 주게 됨으로써 인쇄 작업성과 품질에 커다란 영향을 미친다. 즉, 온도나 습도의 높고 낮음, 일교차 등은 모든 인쇄의 원재료 특성과 기계조건을 변화시키고, 사람에게까지 영향을 주기 때문이다.¹⁾ 용지의 치수안정성,^{2~3)} 잉크의 유동성 변화, 인쇄기 계상의 기상안정성과 잉크-습수의 유화특성변화⁴⁾ 등이 대표적인 예이다.

일반적으로 국내의 경우 저온 저습한 겨울철에는 여러 가지 인쇄문제가 더욱 빈번히 발생되고 있으며, 특히 환경적으로 이상기후의 영향에 따라 더욱 길고 추운 혹서기는 이러한 문제를 더욱 부각시키고 있다. 그러나 현실적으로 창고보관을 위한 공간의 부족이나, 사용조건에 적합한 보관조건의 유지비 발생은 바람직한 조건과의 격차를 벌려놓고 있다. 따라서 냉혹한 환경에 노출된 인쇄재료의 인쇄적성에 대한 관심이 필요 하지만, 아직까지 냉각된 용지의 인쇄적성에 대한 문헌이나 보고는 찾아보기 어렵다. Yoon 등⁵⁾은 비정상 상태에서 종이내 수분확산에 대한 실험과 모델을 통하여 종이의 공극율과의 관련성을 나타내었으나, 시료의 포괄성이나 본고가 다루고자 하는 현실적 냉각조건을 포함하기 어렵다.

따라서 본 논문에서는 저온환경에 노출된 용지의 잉크수리성에 대하여 문제의 원인을 제시하고, 종이측면에서 영향을 주는 요소를 파악하고자 하였다. 먼저 상황 재현을 위한 실험실적 환경을 구성하였고, 저온상태의 종이 위에 인쇄할 때 발생될 수 있는, 잉크수리성의 문제를 파악하였으며, 이 문제의 직접적인 요인을 탐색하였다. 또한 다양한 용지를 도입하였고, 물리화학적 특성변화를 나타낼 수 있는 시료를 제조하여 저온조건 인쇄 실험을 실시하였다. 이를 통하여 저온상태에 노출된 종이의 잉크수리성에 영향을 주는 요소와 품질특성 및 바람직한 방향을 제시하고자 하였다.

2. 실 험

2-1. 실험 재료

실험용지는 시중에 유통 중인 백상지, 아트지, 판지를 수거하여 사용하였고, 각각 F, A, P로 구분하여 표기하였다. 종이 코팅용 바인더는 한솔케미칼(주)로부터 제공받아 사용하였고, 실험을 위해 제작된 샘플은 실험실 매엽 코터와 CLC코터를 사용하였으며, 또한 잉크는 별도의 표기가 없는 한 Cyan잉크(Best One, 한국특수잉크)를 사용하였다.

2-2. 실험 방법

실험에 사용된 제품 및 샘플은 TAPPI 표준에 준하여 측정하였다. 이 때 코팅층의 구조를 측정하는 방법으로 Mercury porosimetry를 사용할 수 있으나, 각기 상이한 원자층의 영향을 고려하여 본 실험에서는 Mineral oil를 적용한 Bristow absorption tester⁶⁾를 사용하여 실험하였다.

또한 Fig. 1과 같이 인쇄 전에 용지의 냉각을 위하여 별도의 냉각장치를 고안하였다. 특히 각 Chamber에 드라이아이스를 투입할 수 있도록 하였고, 독립적으로 샘플을 냉각하거나, 인쇄적성 실험기(Printability Tester, SMT Co.)의 샘플거치대 위에 설치하여 냉각 후에 곧바로 인쇄를 실시할 수 있도록 하였다. 인쇄조건은 각 결과에 별도 표기하였으며, 실험환경은 TAPPI 표준조건에 준하였다. 냉각시간은 별도의 표기가 없는 한 2분으로 고정하였고, 냉각온도는 냉각직후 비접촉 온도계(Raytek)를 사용하여 측정하였다. 또한 동결처리 후 샘플에서 일어나는 변화는 중량법과 수분센서(DMA, Fibro)를 사용하여 검출하였다.

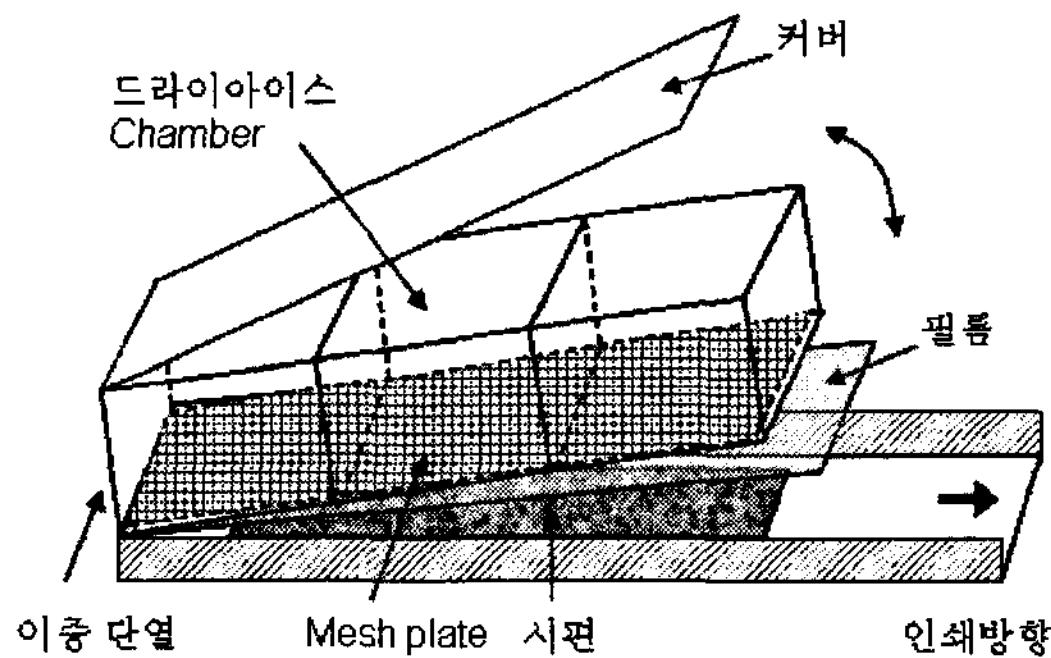


Fig. 1. A fabricated freezing device.

3 결과 및 고찰

3-1. 동결된 종이의 잉크수리성

Fig. 2는 시중에 유통되고 있는 여러 백상지, 아트지, 판지를 동결처리한 후 인쇄(이하 동결인쇄)를 실시한 결과이다. 판지와는 달리 백상지, 아트지는 잉크수리성 문제가 거의 나타나지 않았다. 수리성의 정도차이는 시장에서 보고된 문제현황(P-a: 불량, P-e: 양호)과 일치함으로써 동결 잉크수리성에 대한 실험실적 재현성을 확인하였다.

서로 다른 지종 사이는 동일한 조건에서도 동결에 대한 민감도가 다르며, ‘판지>아트지>백상지’의 순으로 동일한 동결시간(90초)에서 냉각온도가 각각 0.4, 2.2, 4.8°C로 낮게 나타났다. 이 차이가 동결 잉크수리성에 일부 영향을 미친 것으로 판단되지만, 상이한 지종사이에서 동결에 대한 영향요소를 찾아낼 경우 고려요소가 너무 많아지게 된다. 따

라서 본 연구에서는 문제가 심하고, 제품별 차이가 두드러진 판지에 중심을 두고 문제에 접근하였다.

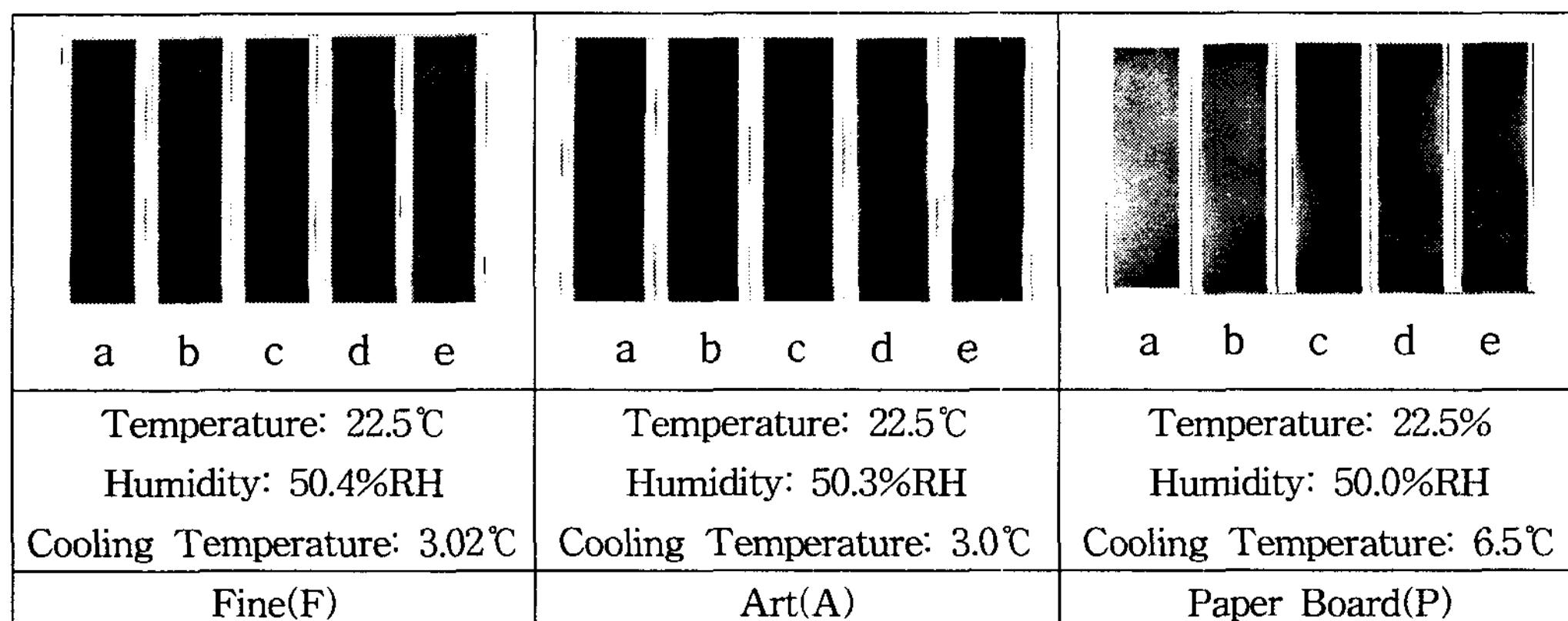


Fig. 2. Ink receptivity of cooled papers (Fine, Art, Paperboard from left, respectively).

3-2. 동결된 종이의 인쇄적성을 저해하는 원인

동결된 종이 위에 잉크의 전이를 저해하는 원인에 대하여 다음과 같이 3가지 측면으로 가정하고, 검증하였다.

3-2-1. 표면의 응결수분 형성에 따른 전이방해

차가운 종이가 온후한 실내로 이송 개장되면, 조건에 따라 표면에 응결수분이 형성될 수 있다.¹⁾ 판지샘플 'P-a'에 대하여 6°C 동결전후의 수분함량 변화를 중량 측정한 결과, 1.25g/m²의 수분함량 변화가 나타났다.

이 결과는 다색 오프셋인쇄에서 습수 전이량의 범위이므로 잉크수리성에 유의한 영향을 준다고 볼 수 있다. 또한 Fig. 3과 같이 동결전후의 수분함량 변화를 수분센서를 통하여 검출한 결과, 종이에 응결수가 형성됨을 알 수 있었다. Fig. 4의 결과처럼 시편을 동결후 인쇄 직전에 샘플의 표면에 흡습지를 살짝 대었을 때, 이 부분에서는 잉크수리가 비교적 원활히 이루어지는 것을 확인하였다. 이것은 흡습지의 표면 응결수분 처리 효과에 의한 결과라 판단되지만, 이 과정에서 Boundary층의 교란 및 일부의 열전달에 따른 효과는 염밀히 구분하기 어려웠다.

3-2-1. 저온상태에서의 상호작용 감소

일반적인 코트지를 동결처리한 후 물에 대한 동적접촉각(DST1100, Fibro)을 측정하여 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5와 같이 젖음과 흡수가 진행되지 않는 것을 확인

할 수 있었다. 또한 Fig. 6에서도 동결된 시편에 습수를 가한 부분은 잉크수리를 하지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 일정 시간이 경과된 후 인쇄를 하게 되면, 습수를 가한 부분이 그렇지 않은 부분보다 잉크수리성이 더 양호한 것으로 관찰되었다.

따라서 습수를 가한 부분은 습수의 양이 많지만 해동이 더욱 빨리 이루어짐으로써 표면의 활성화가 동결 잉크수리성에 영향을 준 결과라 판단된다.

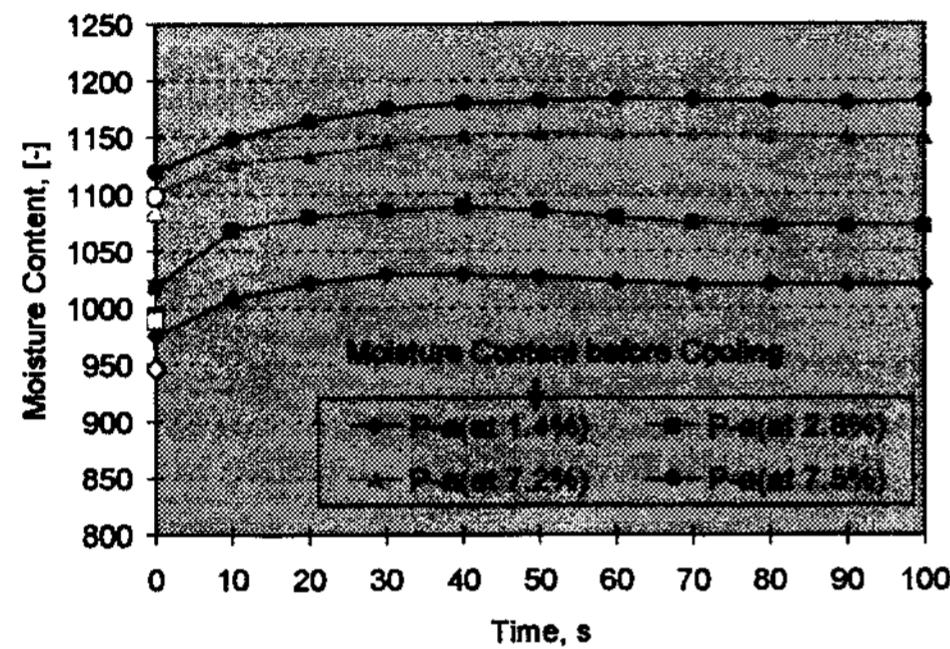


Fig. 3. Moisture change of cooled paperboards ($6^{\circ}\text{C} \rightarrow 23^{\circ}\text{C}$).

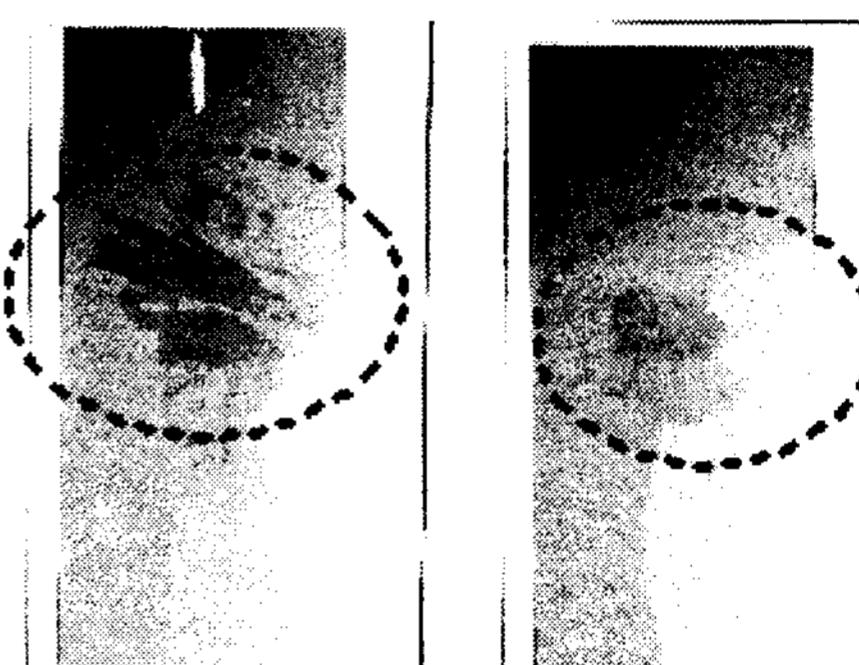


Fig. 4. Printed surface touched with blotting paper just before printing.

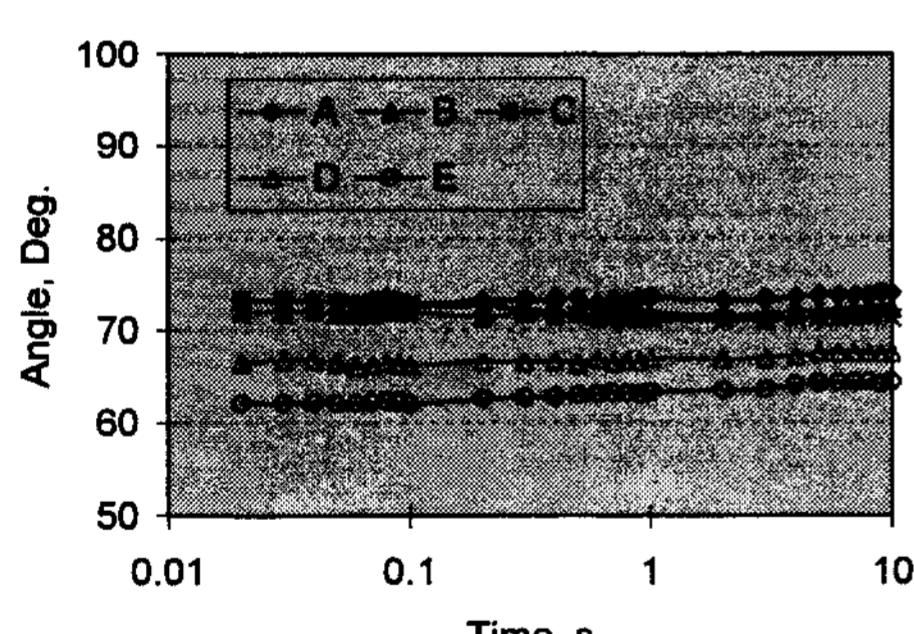


Fig. 5. Dynamic contact angle of paperboards at a cooled status.

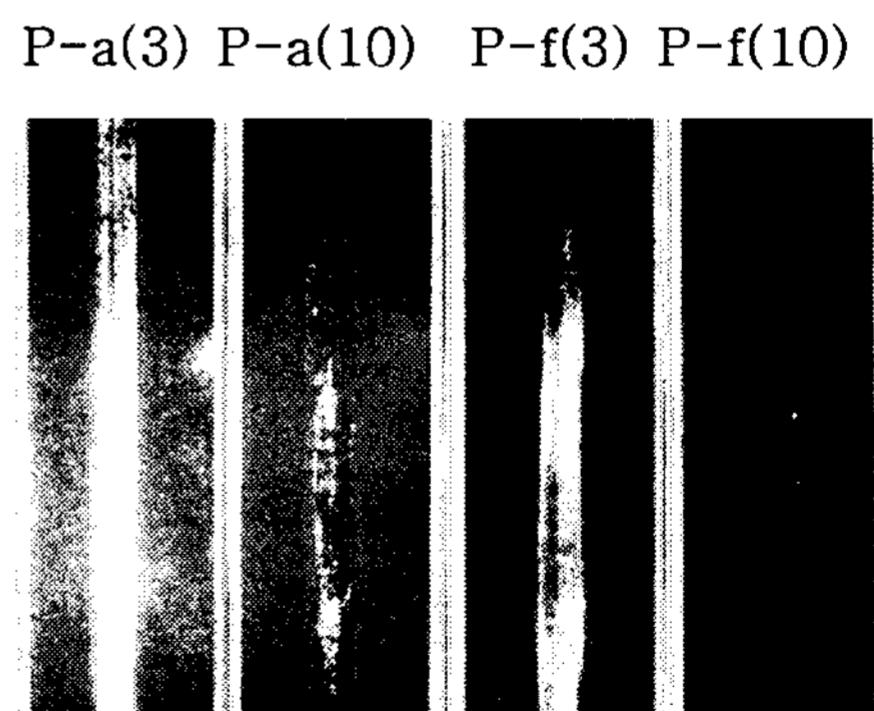


Fig. 6. Wet ink repellence after cooling.
(Number in parenthesis: delay in sec.).

3-2-3. 온도저하에 따른 잉크전이 특성저하

동결된 시편의 표면을 접하게 되는 잉크는 온도하락으로 인해 순간적으로 점도와 Tack이 상승하게 된다. 높은 점도는 잉크전이를 저해하며, Tack의 상승은 용지의 상대적인 표면강도를 낮추게 되어 뜯김을 유발하게 되는 것은 일반적인 사실이다. 실제 몇몇

샘플에서 뜯김 문제가 확인되었으며, 이것은 겨울철 차가운 잉크로 인쇄를 할 수 없는 것과 유사한 상황으로 볼 수 있거나, 엄밀하게 말해 뜯김과 수리성은 구분되어야 한다.

따라서 동결 잉크수리성 문제는 앞서 각각의 가정이 독립적이지 않으므로, 이러한 현상들의 복합적인 결과에서 비롯된 것이라 생각된다.

3-3. 동결 잉크수리성에 영향을 주는 종이특성

3-3-1. 코팅층의 구성 (안료와 라텍스)

재료에 따라 열전도 특성⁷⁾이나 흡수특성을 달리하므로 이에 대한 검증이 필요하다. 라텍스 필름은 과량의 응결된 필름을 형성하기 때문에, 라텍스 자체만으로 동결인쇄 적성을 파악하는 것은 어렵다. 코팅의 안료 배합비율을 조절하고, 앞서 실험에서 수리성이 불량한 판지제품(P-a)과 그렇지 않은 제품(P-e)에 사용된 라텍스를 사용하여, 실험실 코터로 샘플을 제작하고, 이들의 동결인쇄 결과를 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7의 결과로부터 라텍스‘P-a’와 ‘P-e’는 각각 CaCO_3 와 Clay-rich 배합에서 다소 유리하게 나타났으나, 라텍스의 종류보다는 함량이 동결 잉크수리성에 더욱 영향을 주는 것으로 나타났다. 라텍스‘P-a’를 사용한 각기 다른 조합에서의 결과를 Fig. 8에 나타내었다.

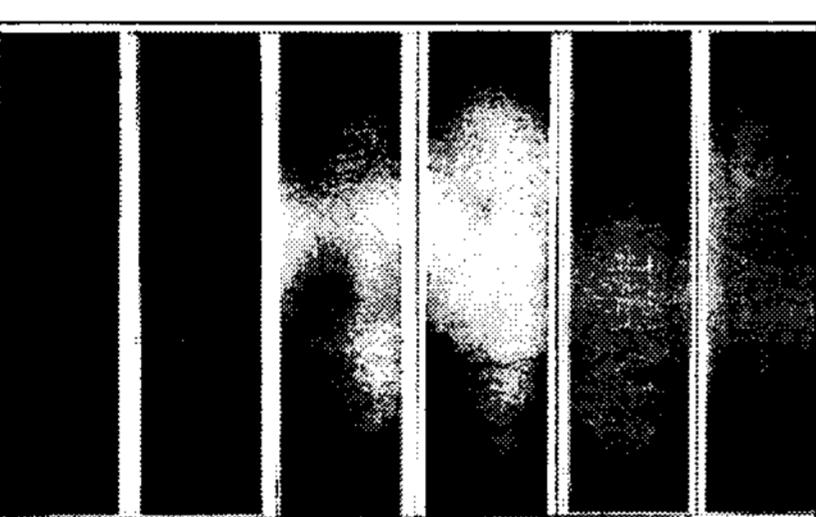
23.2°C	
50%RH	
Cooling Temperature	
6.0°C	
Latex	a e a e a e
	10pph 14pph 14pph
CaCO_3	100 50
Clay	0 50

Fig. 7. Freeze printing for coatings with different pigments and binders

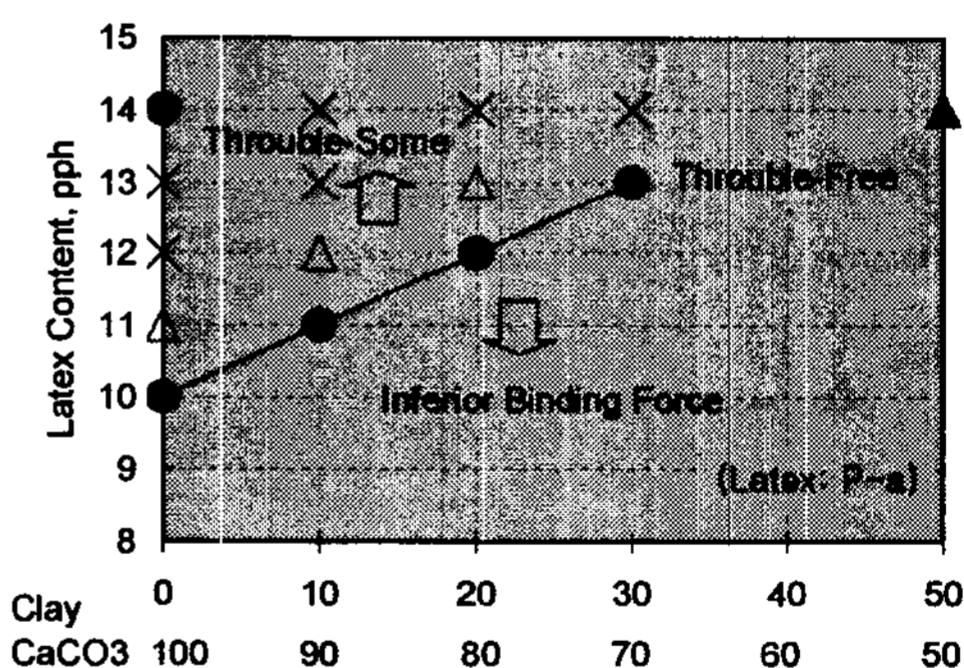
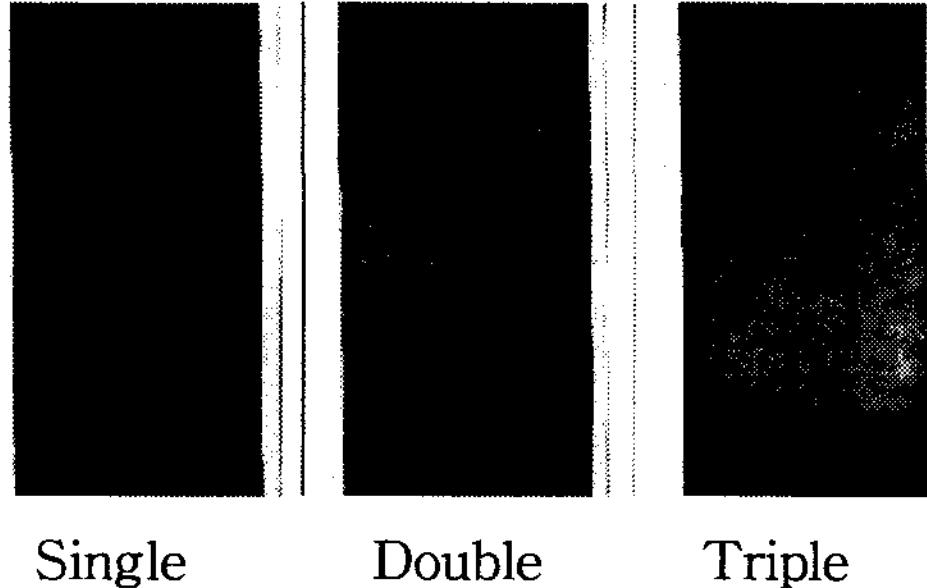


Fig. 8. Print Problem for different formulations

3-3-2. 코팅층의 형성 (코팅량 / 코팅층 / 건조조건)

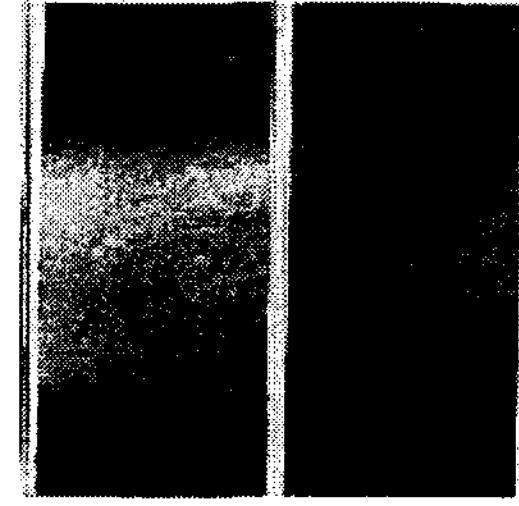
Fig. 9는 문제를 보이고 있는 P-a제품의 코팅컬러를 별도 조제하여 실험실 매엽코터로 제작한 샘플의 동결인쇄 실험결과이다. 코팅 횟수 또는 코팅량을 증가시켜 나갈수록 동결 잉크수리성이 나빠지는 것으로 나타났어나, 동일한 코팅량이 아니므로 코팅층 형성 과정에 관한 영향은 좀 더 살펴볼 필요가 있다.

또한 동일한 코팅량에서 코팅 횟수의 차이를 두고 제작된 샘플에 대한 동결인쇄 평가 결과, Fig. 10과 같이 코팅층 수가 많은 샘플은 잉크수리성이 저하되어 나타났다. 이것은 코팅횟수 증가와 함께 코팅층의 치밀성이나, 코팅층 형성과정에서 바인더의 분포에 영향을 준 결과라 생각되고, 또한 코팅구조에 의한 영향은 후술하도록 하겠다.



Single Double Triple

Fig. 9. Freeze printing for various coating layers/weight.



Triple Double

Fig. 10. Freeze printing for coatings with multiple layers of the same coat weight.

Fig. 11은 건조조건을 달리하여 실험실에서 제조된 샘플의 동결 인쇄결과이다. Fig. 11과 같이 건조조건이 가혹할 경우, 동결 잉크수리성이 저하되고, Mottling 경향이 강하게 나타났다. 따라서 이런 가혹한 건조조건하에서는 표층으로의 바인더 전이에 따라 밀폐된 층을 형성하고, 앞서 라텍스 증량과 같은 효과를 나타낸 결과라 판단된다.

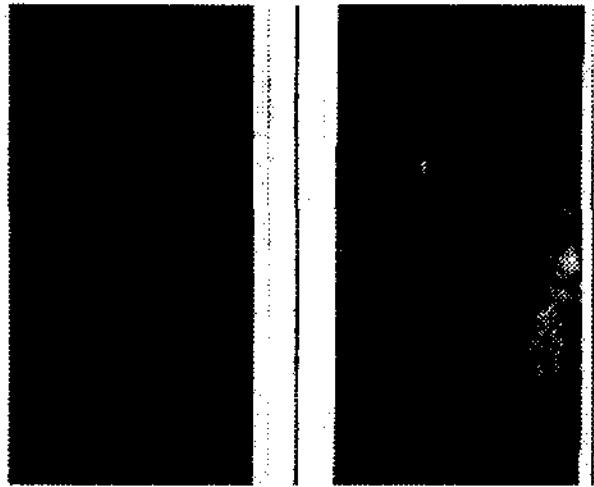


Fig. 11. Freeze printing for coatings dried at different temperature(left: 140°C, right: 200°C).

3-3-3. 코팅층의 특성

앞의 결과에서 동결 잉크수리성에 대한 코팅층의 치밀성 또는 구조의 영향을 간접적으로 나타내었다. 또한 이를 검정하기 위하여 코팅구조를 나타낼 수 있는 Oil 흡수 실험 결과와 동결인쇄 결과를 Fig. 12에 나타내었다. Fig. 12의 결과로부터 흡수성(공극율)이 낮은 제품일수록 동결 잉크수리성이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 즉, P-a제품의 경우 초기 흡수속도가 느려지지는 않았으나, 5초 전후로 흡수가 멈추고 있으므로 공극구조가 제한적인 것을 알 수 있었다.

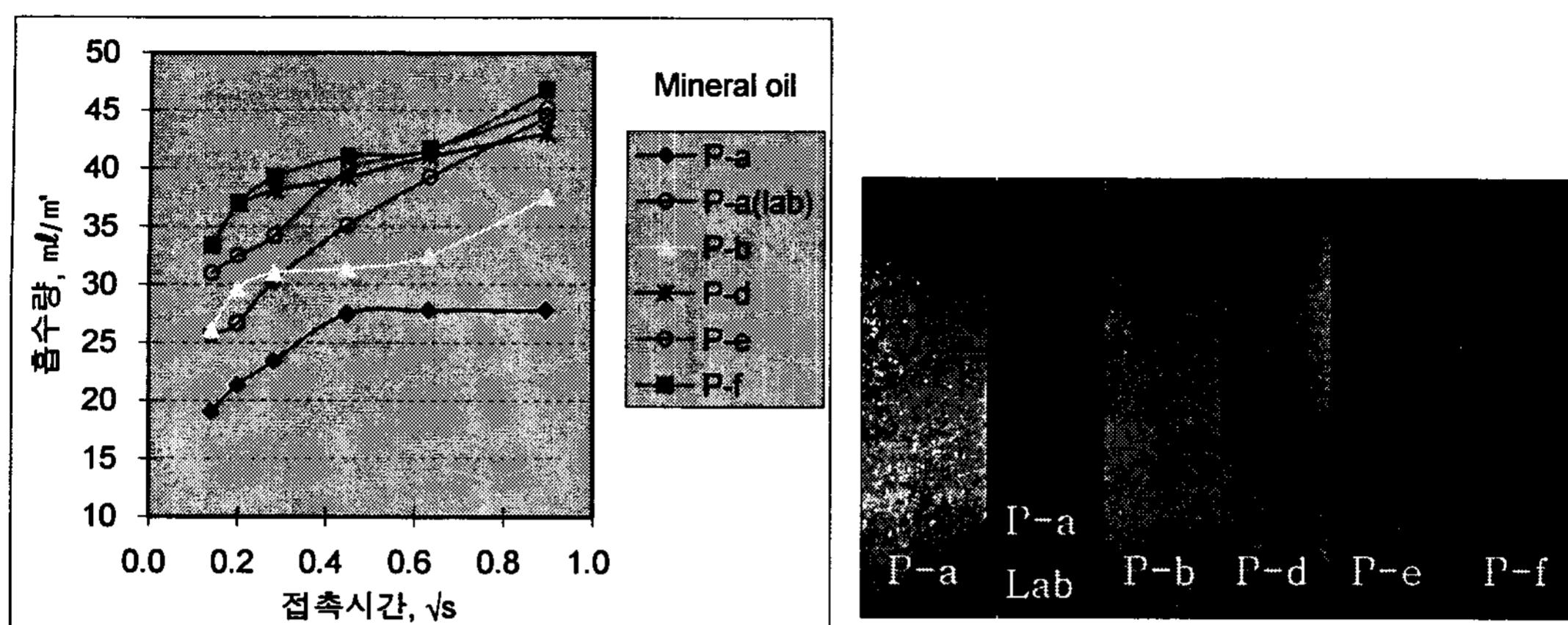


Fig. 12. Structural oil absorption and freeze printing of paperboards.

또한 표면에 형성되는 응결수분에 의해 수리성이 악화되는 것이라면, 동결인쇄 적성은 종이의 습수수리성과 관련성이 검정될 필요가 있다. 여러 판지제품의 습수수리성을 실험하고, 이를 동결 잉크수리성과 비교한 결과 Fig. 13과 같았다. Fig. 13의 결과로부터 습수수리성과 동결 잉크수리성은 상당부분 일치하는 것을 알 수 있었고, 이러한 결과는 여러 실험실 샘플에서도 확인되었다.

따라서 동결 잉크수리성은 종이 표면상 수분의 이동에 밀접한 관련이 있다고 생각된다.

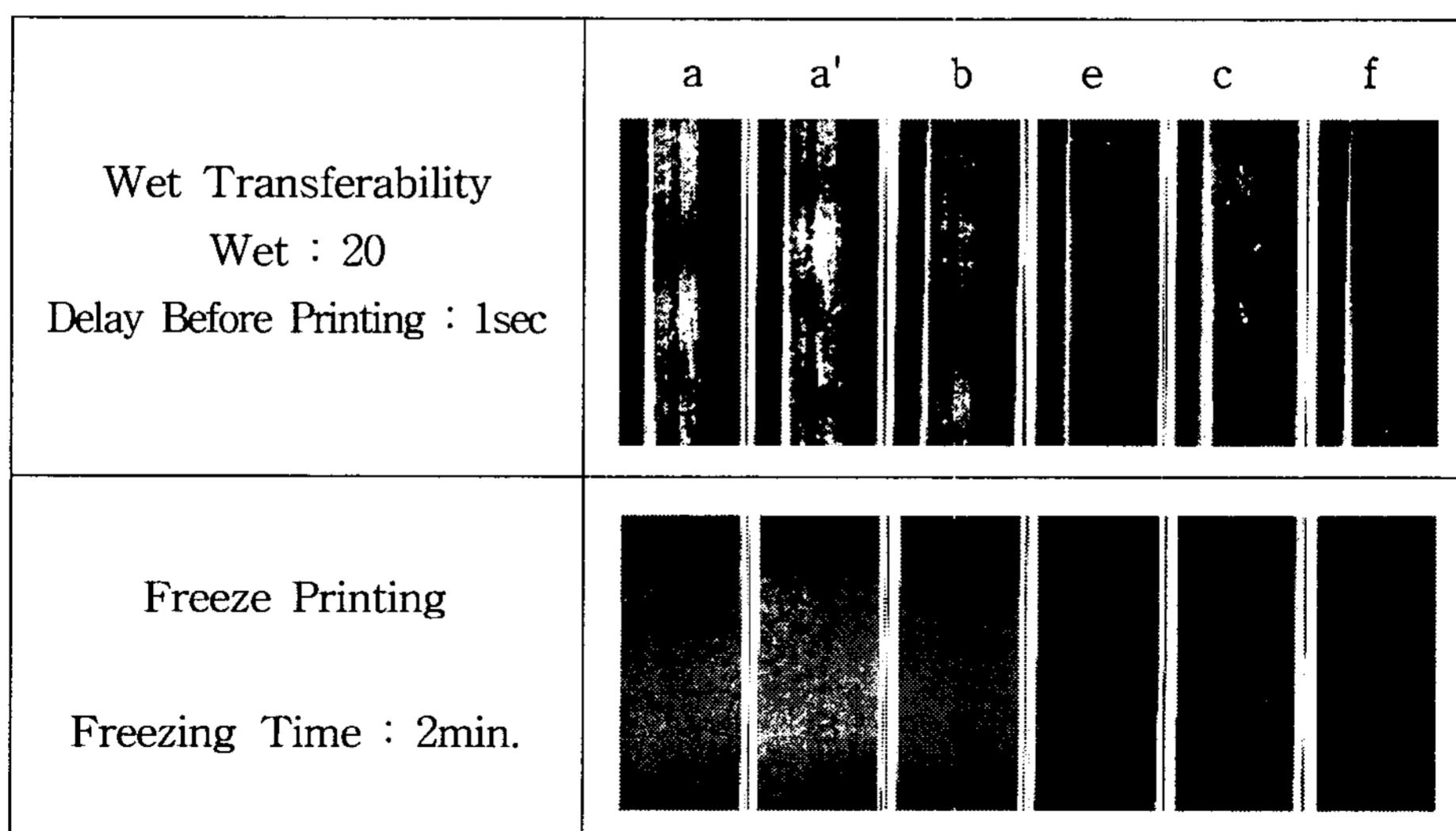


Fig. 13. Wet ink repellence and freeze printing.

3-3-4. 그 밖의 특성

원지를 포함한 전체적인 제품구조의 영향을 살펴보고자, 실험에 포함된 제품과 제작된 모델시료에 대하여 캘린더링 처리를 한 후 동결인쇄적성을 실험하였으나, 별다른 차이를 나타내지 않았다. 또한 원지층의 원료특성과도 관련성이 의구되었으나, 판지에 사용되는 고지의 특성을 선별적으로 제어하는 것은 현실성이 결여되므로 따라서 관련성을 검정하지 않았다.

4. 결 론

종이는 계절적으로나 지역적으로 언제든 냉혹한 저온환경에 노출될 수 있고, 동결 인쇄문제는 냉각된 종이가 따뜻한 주위환경에 노출되면서, 심각한 잉크수리성 문제를 수반할 수 있다. 이에 대하여 가장 바람직하고, 근본적인 제어수단은 용지를 제조조건이나 사용조건에 부합하는 적절한 조건에서 보관하고, 관리하는 것일 것이다. 그러나 종이는 언제든지 일정부분 통제가 가능하지 않은 환경에 노출될 수 있는 것도 사실이다. 따라서 가혹한 환경조건에서 종이의 인쇄적성에 대한 접근이 없었던 바, 본 연구를 통하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

- (1) 동결인쇄 문제의 직접적인 원인으로 표면 응결수의 형성, 재료의 비활성화, 잉크의 유동성 악화를 제시하였다.
- (2) 동결 인쇄적성에 대하여 코팅의 구성, 코팅층의 형성, 종이의 구조 및 흡수성과의 영향성을 제시하였다. 이로부터 바인더의 함량, 코팅량, 코팅층의 수가 높을수록 동결 잉크수리성이 떨어지는 것으로 나타났으며, 이는 근본적으로 코팅층의 구조가 치밀하고, 흡수성이 저하되기 때문인 것을 제시하였다.

따라서 이러한 결과로부터 종이 제조측면에서 최적화된 코팅량 제어와 라텍스 조합, Mild한 건조조건 유지, 제품구조를 Bulky하게 유도하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 흡수성과 관련하여 구조적 측면이 중요하므로 지나친 친수성의 증가는 습수나 응결수분에 의한 결합력 저하와 함께 코팅층의 Pick을 수반할 수 있음을 경계해야 한다. 또한 재료측면에서는 동결조건에 보다 내성을 나타낼 수 있는 연구개발이 필요하다. 무엇보다 궁극적인 것은 동결인쇄 문제에 완벽한 재료는 없으므로 환경에 대한 문제인식을 갖고, 철저한 관리와 대응을 하는 것이 가장 바람직할 것이다.

참 고 문 헌

- 1) Thompson Bob, Printing Materials: Science and Technology, pp. 283~296, Pira International, UK (1998).
- 2) Kajanto I. and Niskanen K., "Dimensional Stability, in Paper Physics, Papermaking Science and Technology Series, Book 16, Ed, Kaarlo Niskanen, Fapet Oy, Finland, pp. 222~259, (1998).
- 3) Eldred, NR, Changes in temperature and relative humidity directly affect paper, GATFWORLD (May-June), pp. 39~42 (1990).
- 4) Benoist A., Blayo A., Pineaux B., Lind J., 'The effect of applying various temperature on the sheetfed press on the resulting print quality', TAGA conference (2002).
- 5) Yoon, S. H., Park, J. M, and Lee, B. C., Molecular Diffusion of Water in Paper. IV. Mathematical model and fiber-phase moisture diffusivities for unsteady-state moisture diffusion through paper substrates, *J. of Korea TAPPI*, 34(3):17~24 (2002).
- 6) Bristow, J. A., Paper, structure and properties, Ed, Bristow J. A. and Kolseth P., Marcel Dekker, New York, pp. 183~201 (1986).
- 7) Leskela M. and Simula S., Transport phenomena, in Paper Physics, Papermaking Science and Technology Series, Book 16, Ed, Kaarlo Niskanen, Fapet Oy, Finland, pp. 284~317 (1998).