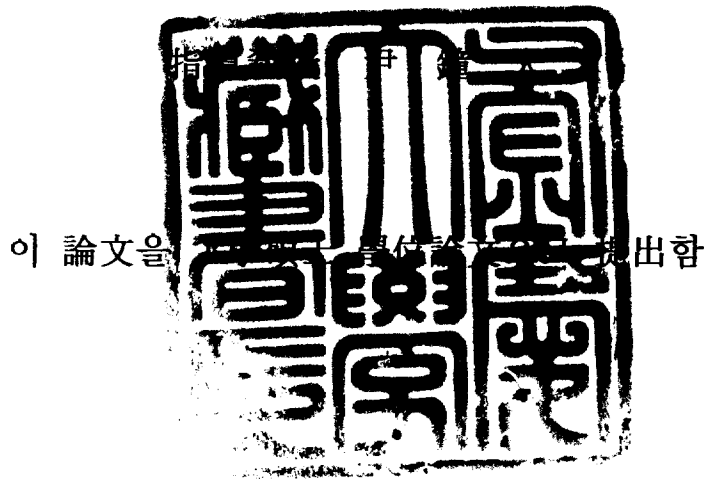


工學碩士 學位論文

Calendering 조건 變化에 따른
印刷用紙의 印刷적성에 관한 研究



2006 年 2月

釜慶大學校 大學院

印刷工學科

權 寧 淙

權寧淙의 工學碩士 學位論文을 認准함

2006 年 2 月 24 日

主 審 工學博士 具 哲 會



委 員 工學博士 南 壽 龍



委 員 工學博士 尹 鐘 太



목 차

목 차	i
List of figures	iv
List of tables	vi
Abstract	vii
1. 서 론	1
1-1. 연구 배경 및 목적	1
1-2. 연구 범위 및 목표	2
2. 이 론	3
2-1. 비도공지의 캘린더링	3
2-1-1. 캘린더링 방법	3
2-1-2. 캘린더링의 효과	4
2-2. 도공지의 캘린더링	5
2-3. 인쇄적성	6
2-3-1. 인쇄광택	6
2-3-2. 콘트라스트	7
2-3-3. Color Control Bar	8
3. 실 험	10

3-1. 신문용지의 캘린더링 조건 변화	10
3-1-1. 신문용지의 물성 측정	10
3-1-2. 인쇄 실험	10
3-2. 코트지의 캘린더링 조건변화	11
3-2-1. 코트지의 물성 측정	12
3-2-2. 잉크의 수리성 측정	12
3-2-3. 인쇄 실험	12
4. 결과 및 고찰	13
4-1. 신문용지의 물성 변화	13
4-1-1. Bulk	13
4-1-2. 불투명도(Opacity)	14
4-1-3. 기공도(Porosity)	15
4-1-4. 거칠음도(Roughness)	16
4-1-5. 평활도(Smoothness)	17
4-2. 비도공지의 인쇄적성 변화	18
4-2-1. 잉크 전이량 실험결과	18
4-2-2. 잉크 전이율 실험결과	18
4-2-3. 잉크농도 실험결과	18
4-2-4. 잉크 뒷문음 실험결과	20
4-2-5 인쇄측정 결과에 따른 캘린더링 조건평가	21
4-3. 인쇄적성과 종이의 표면특성과의 상관관계	21

4-3-1. 전이량과 종이 표면특성과의 상관관계	21
4-3-2. 전이율과 용지특성과의 상관관계	24
4-3-3. 인쇄농도와 종이 표면특성과의 상관관계	26
4-3-4. 뒷문음과 종이 표면특성과의 상관관계	29
4-4. 코트지의 물성 변화	31
4-4-1. 저평량 코트지의 종이물성 변화(120g/m ²)	31
4-4-2. 중평량 코트지의 종이물성 변화(150g/m ²)	34
4-4-3. 고평량 코트지의 종이물성 변화(250g/m ²)	34
4-5. 인쇄적성의 변화	39
4-5-1. 저평량 코트지(120g/m ²)의 인쇄적성	39
4-5-2. 중평량 코트지(150g/m ² Matt)의 인쇄적성	41
4-5-3. 고평량 코트지(250g/m ²)의 인쇄적성	44
5. 결 론	47
참고문헌	48

List of figures

Fig. 1. Construction of hard nip and soft nip	3
Fig. 2. Construction of super calender	5
Fig. 3. IGT printability tester C1	11
Fig. 4. Results of bulk by change calendering condition	13
Fig. 5. Correlation from temperature and pressure	14
Fig. 6. Results of opacity after change calendering condition	15
Fig. 7. Results of porosity after change calendering condition	15
Fig. 8. Results of roughness after change calendering condition	16
Fig. 9. Results of smoothness after change calendering condition	17
Fig. 10. Results of ink transfer amount after change calendering condition ·	18
Fig. 11. Result of ink transfer rate after change calendering condition	19
Fig. 12. Result of ink density after change calendering condition	19
Fig. 13. Result of set-off after change calendering condition	20
Fig. 14. Correlation between ink transfer amount and bulk	21
Fig. 15. Correlation between ink transfer amount and porosity	22
Fig. 16. Correlation between ink transfer amount and smoothness	23
Fig. 17. Correlation between ink transfer amount and roughness	23
Fig. 18. Correlation between ink transfer rate and bulk	24
Fig. 19. Correlation between ink transfer rate and porosity	25
Fig. 20. Correlation between ink transfer rate and smoothness	25
Fig. 21. Correlation between ink transfer rate and roughness	26
Fig. 22. Correlation between ink density and bulk	26
Fig. 23. Correlation between ink density and porosity	27
Fig. 24. Correlation between ink density and smoothness	28
Fig. 25. Correlation between ink density and roughness	28
Fig. 26. Correlation between set-off and bulk	29

Fig. 27. Correlation between set-off and porosity	29
Fig. 28. Correlation between set-off and smoothness	30
Fig. 29. Correlation between set-off and roughness	30
Fig. 30 Results of absorptiveness compare top-side with wire-side by croda ink and profbau tester for 120g/m ² coated paper	33
Fig. 31. RI test results of ink density for 120g/m ² coated paper	33
Fig. 32. Results of absorptiveness compare top-side with wire-side by croda ink and profbau tester for 150g/m ² coated paper	36
Fig. 33. RI test results of ink density for 150g/m ² coated paper	36
Fig. 34. Results of absorptiveness compare top-side with wire-side by croda ink and profbau tester for 250g/m ² coated paper	38
Fig. 35. RI test results of ink density for 250g/m ² coated paper	38
Fig. 36. Results of printed density for 120g/m ² coated paper	39
Fig. 37. Results of printed trapping for 120g/m ² coated paper	40
Fig. 38. Results of printed contrast for 120g/m ² coated paper	40
Fig. 39. Results of printed gloss for 120g/m ² coated paper	41
Fig. 40. Results of printed density for 150g/m ² coated paper	42
Fig. 41. Results of printed trapping for 150g/m ² coated paper	42
Fig. 42. Results of printed contrast for 150g/m ² coated paper	43
Fig. 43. Results of printed gloss for 150g/m ² coated paper	43
Fig. 44. Results of printed Density for 250g/m ² coated paper	44
Fig. 45. Results of printed trapping for 250g/m ² coated paper	45
Fig. 46. Results of printed contrast for 250g/m ² coated paper	45
Fig. 47. Results of printed gloss for 250g/m ² coated paper	46

List of tables

Table 1. Changing of Calendering Condition.	10
Table 2. Results of 120g/m ² Paper Properties after Change Calendering Condition.	32
Table 3. Results of 150g/m ² Paper Properties after Change Calendering Condition.	35
Table 4. Results of 250g/m ² Paper Properties after Change Calendering Condition.	37

A Study on the Printability of Printing Paper according to the Changing of Calendering Condition

Young-Jong Kwon

*Dept. of Graphic Arts Engineering, Graduate school,
Pukyong National University*

Abstract

Generally, machine calendering are used change of paper surface properties. During machine calendering, dry paper passes between the rolls under pressure, thereby improving the surface smoothness and gloss. These improvements make the paper better suited for printing and decreasing problems during the printing, such as delayed dry and set-off.

Then we investigated newspaper properties by the changing of machine calendering condition, and relationship printability. Properties of each samples were examined in accordance with KS and TAPPI standard test method i.e, basic weight, bulk density, thickness, porosity, opacity, brightness, smoothness and roughness. IGT printability tester was used to obtain ink requirement of newspaper, printed density and set-off.

Results of in this study, we have proposed the optimizes range of newspaper calendering condition. Useful optimize calendering condition was pressure 55 kN/m, temperature 130°C.

1. 서론

1-1. 연구배경 및 목적

종이의 제조과정을 보면 모든 용지는 제조에 있어서 초지부를 지나 건조부를 통과하고 광택(gloss)을 부여하기 위한 최종 공정에 해당하는 캘린더링(calendering) 공정을 거치게 된다. 캘린더링 공정은 도공지와 비도공지에 따라 그 방법을 달리하며, 무광(matt)과 유광에 따라서도 그 방법을 달리하게 된다.

신문용지와 같은 비도공지의 경우에는 머신캘린더(machine calender)와 같은 인라인(in-line) 형식의 캘린더를 사용하고 가장 큰 목적은 종이에 필요한 만큼의 평활성을 주고 기계 폭방향의 종이 두께 차이를 줄여주고 bulk를 크게 해주는 일이다.

인쇄용지와 같은 도공지의 경우에는 슈퍼캘린더(super calender)와 같이 캘린더 롤이 많은 오프라인(off-line) 형식의 캘린더를 사용하고 있다.

캘린더링의 기본 작용은 코팅층의 재배열을 유도하며, 표면에 돌출된 섬유는 코팅층 내부로 들어가 평탄한 면을 형성하게 된다. 코팅량이 미량인 경우 피복도가 떨어지거나 슈퍼캘린더링에 의해 코팅 층이 재배열되어 미도피 부분이 감소하게 되고 평활성 및 광택이 좋아지게 된다.¹⁾

이러한 캘린더링 공정은 광택과 같은 용지의 광학적인 특성 뿐 아니라 용지의 bulk, 투기도(porosity), 평활도(smoothness), 거칠음도(roughness)등 용지의 표면 특성에 많은 영향을 주는 공정으로, 이러한 인쇄용지의 특성변화는 인쇄적성에 주요한 영향을 미치는 인자로서 작용한다.

특히, bulk, 투기도, 평활도 및 거칠음도와 같은 인자는 인쇄농도(print density)나 잉크 전이(ink transfer)에 영향을 주며 잉크 전이율에 따른 잉크 건조성 등 인쇄적성에 큰 영향을 준다. 인쇄적성이 나빠지게 되면 효율적인 인쇄관리가 되지 못함에 따라 용지의 손실, 잉크의 손실, 작업시간의 지연 등 작업효율이 떨어지게 된다. 또한 잉크의 건조가 더디게 진행되며 뒷물음(set-off)과 같은 인쇄사고를 유발하게 된다.

이에 본 연구에서는 캘린더링의 조건변경에 대한 인쇄적성의 변화를 알아보고 종이의 물성과 인쇄적성의 상관관계를 확인하여 최적의 인쇄적성을 위한 캘린더링 조건을 찾는 것이 이 연구의 목적이다.

1-2. 연구범위 및 목표

도공지와 비도공지의 캘린더링 조건을 변경시키고 이에 따라 변화하는 용지의 물성을 체크하여 캘린더링 조건변화에 따른 용지 특성의 변화과정과 상관관계를 이해하고 변화된 용지의 특성에 따른 인쇄적성의 변화를 알아봄으로서 캘린더링이 인쇄적성에 미치는 영향을 알 수 있다. 이에 부가적으로 사용되는 비용의 손실을 줄이면서 초지 공정에서의 변화가 인쇄용지의 표면 특성 및 인쇄적성에 어떠한 영향을 주는지를 알아보고자 본 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 우선 비도공지의 경우, 초지기에서 생산된 신문 용지에 압력과 온도를 달리하여 캘린더링을 하고, 얻어진 시료에 대한 기본적인 표면 특성 값을 구하여 인쇄적성 실험을 통하여 얻어진 잉크 전이율, 인쇄농도 및 뒷문음의 관계를 고찰하는 방법으로 연구를 수행하였다. 도공지의 경우에는 초지기에서 생산된 인쇄용지를 캘린더링 과정에서 온도는 고정하고 압력만을 상승시켜 변화된 용지에 인쇄적성 실험을 함으로서 캘린더링 조건변화에 따른 인쇄적성을 고찰하는 방법으로 연구를 수행하였다.

따라서 본 연구에서 얻어진 결과는 인쇄용지 제조에 있어 현장 적용에 관한 기초 자료로서 활용이 용이할 뿐만 아니라 인쇄적성 향상에도 도움이 될 것으로 사료된다.

2. 이론

2-1. 비도공지의 캘린더링

2-1-1. 캘린더링 방법

종이의 캘린더링은 점탄성인 종이를 다단의 회전롤 사이를 통과 시키는 것을 말한다. 이러한 조작으로 가압과 마찰을 주어 종이의 표면 평활성과 두께를 조절한다. 이밖에 캘린더군의 기능으로서 캘린더 사이즈제²⁾를 첨가하는 일이다.

광택처리는 롤로 압착한다는 의미의 일반적인 용어이다. 기계 광택 처리 혹은 간단히 광택처리라 불리는 가장 일반적인 작업은 Fig. 1의 왼편과 같이 한 세트의 철제롤로 이루어진 닙(nip)에 종이를 통과시키는 것으로 초지기에서 수행되는 기본적인 처리방법이다.

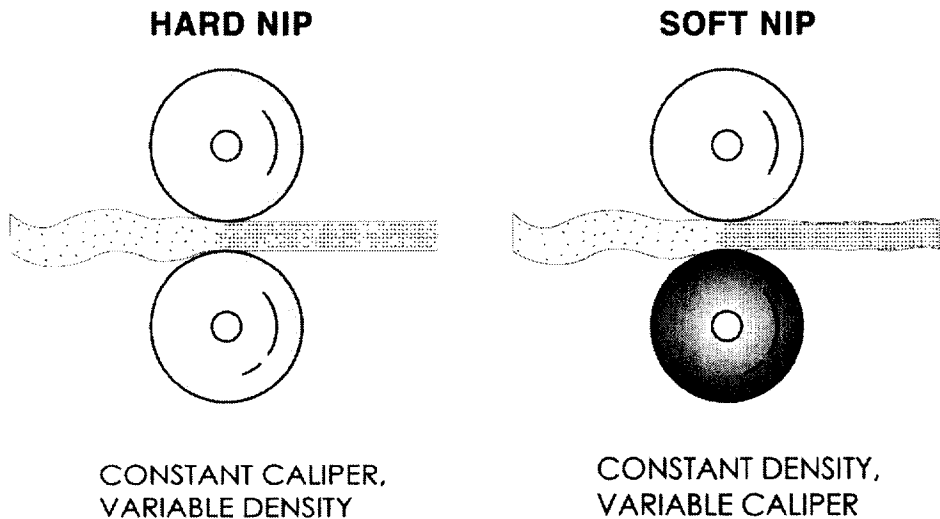


Fig. 1. Construction of hard nip and soft nip.

기계 광택처리의 주요 목적은 요망되는 수준까지 종이의 두께를 줄이고 동시에 두께의 변이를 막을 뿐 아니라 주로 평활도와 같은 표면 특성을 부여하는 것이다.³⁾

광택 처리의 종류에는 첫째 기계 광택 처리로 철판으로 만들어진 하나 또는 그 이상의 낱 사이로 종이를 통과시키는 것을 말하며 둘째, 초광택 처리로 하나의 철판 롤과 압축성 섬유질로 제조된 롤로 구성된 하나 또는 그 이상의 낱 사이로 종이를 통과하는 것을 말한다. 셋째, 광택 처리로 비교적 무른 고무롤과 경면 처리된 강철 또는 판금 롤로 이루어진 하나 또는 그 이상의 낱 사이로 종이를 고온의 조건에서 통과시키는 것을 말하며, 넷째, 무광택 처리로 광택을 그다지 증가시키지 않고 평활한 표면을 만들어 주는데 사용되는 기술을 말한다.

다섯째, 마찰광택 처리로 하나의 낱 또는 두 개의 낱 사이로 종이를 통과하며 이때 각 롤은 독립적으로 운전되어 표면 속도차가 10~30%가 되도록 하는 것을 말한다. 여섯째, 브러시 광택 처리로 백롤을 대거나 지필을 인장시켜 종이가 원통형 브러시에 압착되도록 하는 방법으로 브러시의 원주 속도는 지압의 속도보다 수배 크게 조절한다.⁴⁾

1990년대에는 온머신(on-machine)상의 캘린더를 탄성 고무롤러를 이용하는 기술이 보급되고 Fig. 1의 오른편과 같은 원리로서 종이의 bulk를 일정하게 유지시켜 줌으로서 공극 구조를 파괴하지 않는 이점을 얻을 수 있다.⁵⁾

2-1-2. 캘린더링의 효과

캘린더의 사용 목적은 앞에서 말한 바와 같이 종이에 필요한 만큼의 평활성을 주고 기계 폭 방향의 종이 두께 차이를 줄여주며 bulk를 크게 해주는 일인데 이러한 종이 품질 향상은 롤의 압력과 회전마찰에 의한 것이다. 이것은 낱 압력, 초속, 롤 직경에 의해 좌우된다. 종이의 두께에 대한 캘린더 작용의 효과는 식 (1)에 따르는 것이 일반적으로 인정되고 있다.

$$C = \frac{1}{\frac{1}{Co} + mP_n} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 C는 두께이고 Co는 압력을 주지 않을 때의 종이 두께이다. P는 압력이며, m과 n은 낱을 통과하는 지중에 따라 결정되는 상수이다.

캘린더 스택(calender stack)을 지나가는 종이는 두께의 변동에 따라 부분적으로 발열이 다르게 일어나는데 이 결과로 롤 폭방향으로 압력 얼룩이 생겨 완성

된 종이 품질에 변동이 생긴다. 이것을 방지하기 위해 롤에 부분적으로 냉풍을 불어주게 하는 냉각 장치 및 마찰 가열 장치가 설치되어 있다. 오늘날에는 압축을 부분적으로 조절할 수 있는 슈프레스(shoe press)의 사용이 일반적이다.

2-2. 도공지의 캘린더링

수퍼캘린더의 목적은 코팅지(coated paper)의 광택과 평활도를 향상시키는 것이 주목적이다. 머신캘린더는 필드롤(filled roll)로만 구성되어 있으나 Fig. 2의 수퍼캘린더는 소프트롤(soft roll)과 필드롤(filled roll)을 번갈아가며 스택을 이루고 있으며 롤 수가 일반적으로 9개에서 12개로 머신캘린더 보다 많다.

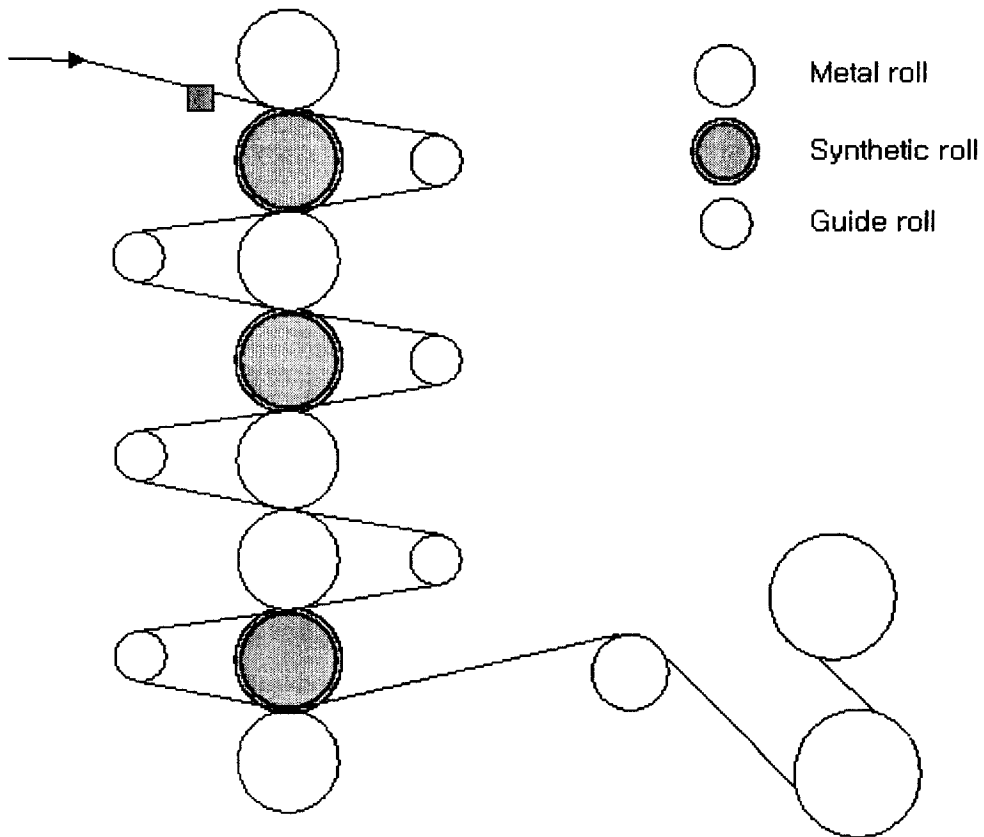


Fig. 2 Construction of super calender.

머신캘린더는 두께감소와 평활도 향상이 주목적이나 수퍼캘린더는 평활도 및 고광택이 그 목적이다. 수퍼캘린더는 님부위에 하중이 가해지면 필드롤은 탄성롤을 압착시켜 탄성롤의 변형을 가져오며, 롤이 회전하게 되면 찌그러졌던 부위가 원상태로 회복된다. 이같이 필드롤 표면에 대한 탄성롤 표면의 변형에 따른 상대적 움직임이 종이 표면에 전해져 고광택이 얻어진다. 캘린더링은 압력, 온도, 소성유동을 포함하는 기계적 프로세스이다. 도공지의 캘린더링 응답은 코팅층과 원지의 특성에 의해 결정된다.⁶⁾

캘린더의 기본 작용은 코팅층의 재배열을 유도하는데 코팅층 내 접착제는 안료 입자간 빈 공간을 찾아서 채워지게 된다. 또한 표면에 돌출된 섬유는 코팅층 내부로 들어가 평탄한 면을 형성하게 된다. 코팅량이 미량인 경우 피복도가 떨어지거나 수퍼캘린더링에 의해 코팅층이 재배열되어 미도피 부분이 감소하게 된다.⁷⁾

따라서 코팅층 두께의 균일성이 개선되고 코팅층의 bulk가 커짐에 따라 인쇄시 잉크보류성이 좋아져 인쇄광택이 개선된다.⁸⁾ 수퍼캘린더의 온도와 압력을 올리면 광택과 평활도는 향상되지만 불투명도, 백색도 및 K&N 잉크 수용성은 저하되며 일반적으로 온도에 의한 영향이 압력에 의한 영향보다 큰 것으로 알려져 있다. 원지의 지합 상태가 좋고 부피가 커서 탄성이 있는 원지 일수록 쿠션을 제공하여 강도의 저하 없이 코팅액의 재배열을 용이하게 할 수 있다.⁹⁾

2-3. 인쇄적성

2-3-1. 인쇄광택

인쇄광택의 발현은 원리적으로 백지광택과 유사하며 거울 면에 가까운 매끄러운 인쇄면일수록 높은 인쇄광택을 나타낸다. 일반적으로는 백지광택이 높을수록, 도공량이 많을수록 인쇄면 평활도가 향상되고 인쇄광택도 올라가지만, 동일 지종에서 도공량이 같은 수준으로 비교했을 때 인쇄광택이 반드시 높아진다고 할 수 없다. 그것은 인쇄광택에 영향을 주는 요인이 백지 평활성 만이 아니라 여러 가지 요인이 복합적으로 작용하기 때문이다. 인쇄 직후 잉크의 셋팅이 된 직후 민짜 인쇄면의 인쇄광택은 백지광택보다도 15~20Points 정도는 높으나 건조가 진행됨에 따라 광택은 서서히 감소하는데(dry down) 이것은 용제의 침투

에 의해 인쇄면의 평활성이 낮아지기 때문이다. 따라서 용제의 침투속도에 따라 최종적인 인쇄광택이 달라진다.¹⁰⁾¹¹⁾

백지광택에 비해 인쇄광택이 높을수록 인쇄물은 선명하게 보이고 좋은 시감을 느끼게 하므로 무광을 요구하는 특수한 목적의 인쇄물을 제외하고는 인쇄물의 광택은 높아야 한다. 오프셋인쇄의 경우 잉크와 습수의 balance가 안정하게 유지되지 않으면 인쇄농도 및 광택의 변화로 균일한 인쇄물을 얻을 수 없으며 다색기를 통과하는 인쇄물의 경우 인쇄유닛을 통과하면서 인압과 습수의 영향에 따른 광택의 하락이 적어야 한다.

인쇄광택의 측정은 입사광에 대한 반사광의 경면 방사율을 측정하는데 입사광에 대해 20~75°에서 반사광을 측정한다. 일반적으로 비도공지의 경우는 75°에서 측정하며 고광택 용지일수록 20°에 근접한 측정각을 유지한다.¹²⁾ 인쇄광택의 측정은 1색 또는 2, 3색으로 이루어진 민짜 인쇄면을 측정하는 것이 가장 바람직하지만, 표준실험 화상(test chart film)을 사용한 경우가 아닌 일반 인쇄물에서는 적합한 화상부를 선택하기가 어려우나, 반드시 동일한 부분을 측정해야 한다. 인쇄물의 광택을 평가하려면 용지와 인쇄물의 광택차를 식(2)에 의해 Δ -Gloss로서 표현한다.

$$\Delta\text{-Gloss} = \text{인쇄물의 광택} - \text{백지의 광택} \dots\dots\dots (2)$$

코트지는 광택의 정도에 따라 다음과 같이 분류된다. Glossmeter 75°로 측정하였을 때 1~20%까지는 Matt, 20~40%는 Dull, 40~55%는 Mid Gloss, 55% 이상은 Gloss 용지로 하며 80% 이상일 때를 Art 용지로 구분한다.¹³⁾

2-3-2. 콘트라스트

콘트라스트(contrast)는 인쇄화상의 계조재현에서 특히 어두운 부분에서의 명암대비를 의미하며, 인쇄공정 상에서 잉크량 및 인압과 종이물성 등에 따른 망점면적율에 많은 영향을 받는다. 따라서 인쇄시 최적 잉크량을 결정하는 중요한 인자가 되며 만약 적정잉크량보다 적으면 인쇄물의 색상강도(color intensity) 저하가 발생하는데 망점부보다는 민짜인쇄부에서의 색상강도의 감소량이 커져 결과적으로 콘트라스트가 감소하고 색감이 줄어들어 힘이 없는 인쇄물이 된다.

반대로 잉크량이 많으면 하프톤부에서 망점이 굵어져서 결과적으로 새도우부와 민짜인쇄부의 구별이 어렵게 되므로 하프톤부의 콘트라스트가 감소하며 인쇄물은 잉크색상이 어둡고 지저분해진다. 콘트라스트의 계산은 식(3)과 같다.¹⁴⁾

$$K \text{ Value}(\%) = \frac{(\text{민짜 인쇄농도} - \text{망점면적 } 75\% \text{ 인쇄농도})}{\text{민짜 인쇄농도}} \times 100 \dots\dots\dots (3)$$

민짜인쇄면의 반사농도에 대한 75% 망점면적부의 농도의 비율로 상대 콘트라스트를 측정한다.

2-3-3. Color Control Bar

교정인쇄 및 본인쇄시 인쇄물의 농담 및 색상을 조정하기 위하여 인쇄물의 여백에 control bar를 넣어 인쇄한다. Control bar는 인쇄기계 메이커(Heidelberg 등), Prepress 관련 기기 메이커(X-Rite, 3M, GRETAG 등), 인쇄관련 연구소(GATF 등) 등에서 개발하여 보급하고 있으며 control bar의 일반적인 구성은 다음과 같다.¹⁵⁾¹⁶⁾

- ① 민짜 영역(solid area) : 인쇄된 잉크량과 CD(cross direction) 방향으로의 잉크 농도균형을 조절할 수 있도록 각 색의 민짜인쇄영역이 다수 분포되어 있다.
- ② Dot gain 영역 : 인쇄시 dot gain은 피할 수 없는 것이지만 기준 이상 또는 이하의 dot gain은 색상 및 농도에 영향을 주게 된다. 인쇄물의 dot gain을 관리할 수 있는 영역으로 통상 중간 톤의 망점으로 되어 있다.
- ③ Slur 영역 : 블랭킷의 패킹, 인압, 그리퍼 등의 셋팅이 정확하지 않으면 인쇄시 망점의 밀림(slur) 혹은 더블링(doubling)이 발생하게 된다. Slur 영역은 원형, 가로와 세로선이 동일한 두께 혹은 스타타겟(star target)으로 되어 있어 이 같은 문제를 육안으로 쉽게 판단할 수 있도록 해준다.

④ Contrast 영역 : 인쇄물의 품질 중 어두운 부분의 명암 표현이 잘되었는지를 평가하는 항목이 콘트라스트이고 이를 위해서 대부분 75~80%의 망점부를 제공한다.

⑤ Trapping 영역 : 컬러인쇄에서 잉크의 중첩 효율을 측정할 수 있는 영역으로 R, G, B로 되어 있다.

⑥ Micro line 영역 : 인쇄판 제작시 판의 해상력을 점검할 수 있는 영역이다.

⑦ Micro dot : 미세한 하이라이트망점으로 통상 1~5%의 망점으로 구성되어 있어 인쇄시 하이라이트부의 재현을 확대경으로 확인할 수 있는 영역이다.

⑧ Color balance 영역 : 3색 잉크(C, M, Y)가 서로 중첩되는 영역으로 망점으로 구성되어 있는 경우가 많다.

위의 구성요소는 일반적인 사항을 요약한 것으로 각 메이커에 따라 특별한 역할을 하는 영역을 설계하기도 한다. 각 영역의 크기는 5~10mm가 대부분이며, 농도계에 의해 평가하거나 확대경(루페)으로 평가한다.

3. 실험

3-1. 신문용지의 캘린더링 조건 변화

일반적인 신문용지의 캘린더링(soft nip calendering, SNC) 조건은 sample 1에
서와 같이 압력 50에서 온도 140℃를 기본으로 하고 있으며, 압력이 증가하면 온
도는 낮아지고, 온도가 높아지면 압력을 낮추어야 하기 때문에 시료의 제작에 있
어서도 동일한 방법으로 시료를 제작하였다. 신문용지의 물성 및 표면 특성 변화
를 보기 위한 캘린더링 조건 변화를 Table 1에서 나타내었다.

Table 1. Changing of Calendering Condition

Sample Condition	1	2	3	4	5	6	7	8
Pressure (KN/m)	50	55	55	50	45	45	40	40
Temperature (℃)	140	140	130	150	160	150	170	160

3-1-1. 신문용지의 물성 측정

평량측정은 TAPPI T-410, 두께측정은 TAPPI T-411의 방법을 따랐다. 거칠음
도는 Paker Print Surface를 이용하여 측정하였고 광택의 측정은 TAPPI T-480
의 방법에 따라 75° 각도로 측정하였다. 또한 평활도는 BEKK smoothness를 이
용하여 TAPPI 497의 방법을 선택하였다. 측정은 시료를 각 20매씩 채취하여
측정하고 평균값으로 나타내었다.

3-1-2. 인쇄 실험

각각의 시료를 한국 S 잉크 흑색으로 인쇄적성 시험기인 Fig. 3의 IGT(Stiching
Instiut Voor Grafixdhe Techniek) printability tester(Model C1)를 사용하여 민

짜 인쇄하였다. 인쇄 조건으로 인쇄 속도는 1m/sec, 압력은 200N으로 하였으며, 공급한 잉크량은 IGT 실험법에 의거하여 0.6cc로 공급하였다. 뒷문을 측정을 위하여 인쇄 직후 1분이 경과한 뒤에 인쇄된 시료 위에 인쇄되지 않은 신문용지를 놓고 200N의 압력을 가하여 묻어나는 잉크량을 측정하였다.

인쇄된 시료의 농도 및 뒷문음은 반사 농도계(X-Rite 418, 미국)로 측정하였다. 인쇄적성 실험은 동일한 방법으로 5회 반복 실험하여 평균값으로 나타내었다.

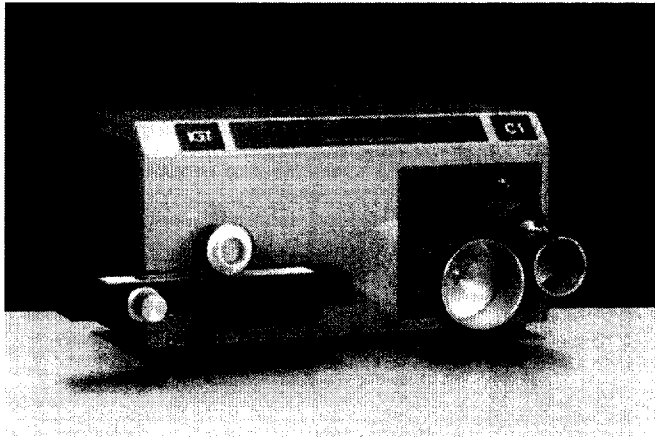


Fig. 3. IGT printability tester C1.

3-2. 코트지의 캘린더링 조건 변화

코트지의 캘린더는 초지기상에서 base paper를 생산한 다음, 코터에서 도공액을 코팅하게 되는데 이때 마지막 공정에 설치된 캘린더에서 가공을 하게 된다. 본 실험은 상업용으로 양산되는 제품에 대하여 캘린더링 조건에 변화를 주게 되므로 과도한 조건 변화를 주기는 어려웠으며 상업 목적에 위험을 가하지 않는 범위에서 캘린더링의 압력에 변화를 주었다.

저평량 코트지는 캘린더의 하단에 인가되는 선압을 150KN/m에서 160KN/m로 변동하여 생산된 시료를 채취하였고 고평량 코트지는 120KN/m에서 125KN/m로 변화를 주었다. 중평량인 150 Matt지는 생산 특성상 다단 캘린더의 닙 중 하나의 닙에서만 압력을 주는 것이 보통이며 광택을 주지 않기 위함이 목적이므로 50KN/m에서 55KN/m로 변동을 주었다.

3-2-1. 코트지의 물성 측정

코트지의 물성측정 방법은 비도공지의 물성측정 방법과 동일하게 측정하였다.

3-2-2. 잉크의 수리성 측정

잉크의 수리성은 croda 잉크와 profbau 시험기를 이용한 오프셋용 잉크를 이용하여 측정하였다. Croda 잉크의 잉크 수리성 측정은 croda 잉크를 백지에 일정한 두께를 도포한 다음, 2분 후에 표면에 잔류한 잉크를 깨끗이 제거하고 백색도를 측정하여 백지와 흡수면의 차이를 일반화시켜 나타내었다. Profbau 인쇄적성 시험기에서는 오프셋 잉크를 잉크 연육롤러에 $2\text{g}/\text{m}^2$ 를 문힌 다음, 2분간 연육 하여 종이로 전이하였다.

인쇄 속도는 1m/s , 인압은 $200\text{N}/\text{cm}$, 블랭킷 지질을 받침으로 사용하였다. Wet 잉크 수리성은 RI tester를 이용하였는데 먼저 1번 전사 롤에 물을 보급하여 종이 위에 물을 흡수시킨 다음 2번 롤에 오프셋 잉크를 문혀 종이로 전사시켰다. 잉크의 양은 0.6cc 를 인가하였고 물은 증류수를 사용하였다. 인쇄 수리성 실험은 각각 5회 실시하여 평균값을 표시하였다.

3-2-3. 인쇄 실험

인쇄 실험은 Roland 700" 4 color 모델에서, 각각 1,200매씩 top-side와 wire-side를 단면 인쇄로 수행하였다. 인쇄판은 CTP(Fuji)로 출력하여 사용하였고 인쇄 즉시 X-Rite ATD(X-Rite auto scan densitometer)를 이용하여 color control bar를 측정하였다. 측정 샘플 수는 인쇄상태가 안정화 되는 1,000매 이후에서 연속 샘플로 30매를 채취하여 측정하여 평균값을 나타내었다.

4. 결과 및 고찰

4-1. 신문용지의 물성 변화

신문용지의 생산에서 온라인상에 있는 SNC의 온도를 130도~170도, 압력을 40KN/m~55KN/m로 조정했을 때 종이의 광학적, 물리적 성질의 변화를 측정한 결과 다음과 같이 나타났다.

4-1-1. Bulk

Fig. 4에서처럼 bulk는 $1.32\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.36\text{g}/\text{cm}^3$ 으로 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ 의 오차를 보이며, 비슷한 경향을 보여주고 있다. 초지공정의 모든 조건을 동일하게 유지하고 캘린더링의 온도와 압력을 변화하였을 때 bulk는 온도와는 비례하고 압력과는 반비례하는 것으로 나타났다.

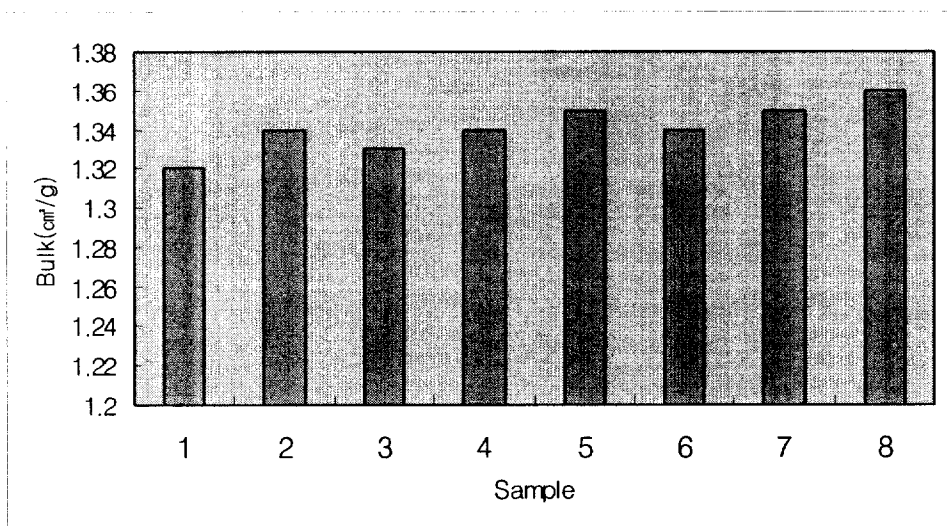


Fig. 4. Result of bulk by change calendering condition.

Fig. 5에서 온도가 상승하면 bulk도 증가하며 결정계수가 0.62로 나타나 직접적인 영향 인자로 볼 수 있다. 온도가 130℃에서 170℃로 상승하는 동안 신문용지의 bulk는 1.32에서 1.36으로 상승하여 약 3%의 증가를 보였다.

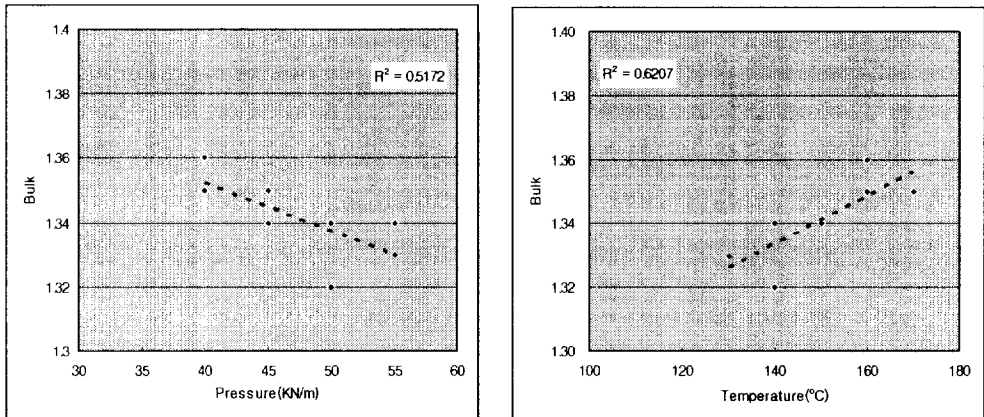


Fig. 5. Correlation between temperature and pressure.

한편 캘린더링의 선압이 증가하면 bulk는 감소하는 것으로 나타났는데 결정계수가 0.52로 압력 또한 직접적인 영향 인자로 나타났다. 캘린더링의 압력이 증가하면 종이의 두께가 감소하는 것은 충분히 예측할 수 있는 것이나 온도가 상승하였을 때 두께의 증가가 나타나는 것은 온도에 의해 섬유 내부의 수분이 증기로 변환되는 비율이 높아 섬유를 부풀어 오르게 하기 때문으로 사료된다.

4-1-2. 불투명도(Opacity)

Fig. 6은 캘린더링 조건 변화에 따른 불투명도의 차이를 나타낸 것으로 샘플 2, 4, 5 그리고 7은 다른 샘플에 비하여 불투명도가 낮게 나타났다.

온도와 압력의 변화가 신문용지의 불투명도에 미치는 영향을 나타낸 것으로 150도 45KN/m가 가장 불투명도가 좋은 조건으로 나타났으며 140도 55KN/m가 가장 열악한 조건으로 나타났다.

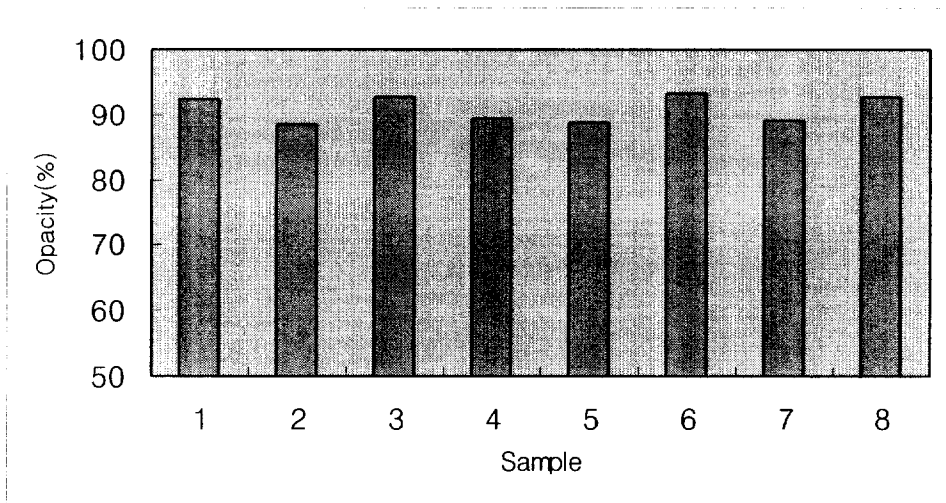


Fig. 6. Result of opacity after change calendering condition.

4-1-3. 기공도(Porosity)

Fig. 7은 캘린더링 조건변화에 따른 기공도 측정결과를 나타낸 것으로 온도나 압력이 상승하면 기공도는 저하되는 것으로 나타났다.

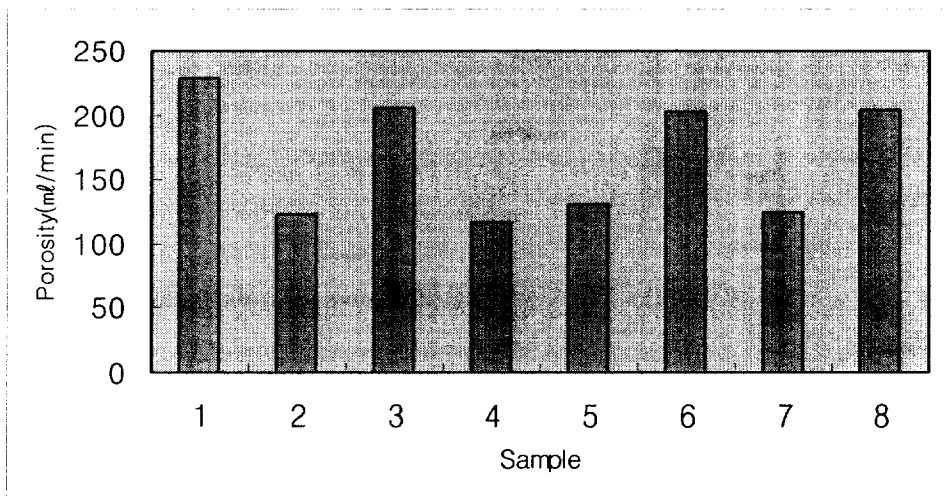


Fig. 7. Result of porosity after change calendering condition.

종이의 물성 중 기공도는 섬유장의 고해 정도 및 초지 조건 중 탈수에 의해 영향을 많이 받는 것으로 각 시료의 여수도를 측정해 본 결과 샘플 1, 3, 6, 8은 200ml에서 205ml 정도로 높게 나타났고, 나머지 샘플은 187ml로 낮게 나타났다.

이것은 지료 조성이 같은 경우 사용되는 첨가제의 영향으로 사료되는데, 회분 함량을 비교해 본 결과 앞의 샘플들은 1.16에서 1.17정도이며 투기도가 낮게 나타난 샘플들은 1.06으로 나타났다. 기공도는 종이의 거대공극이 발달할수록 높은 값을 보이고 있으며 종이 섬유의 미세해리(Micro 피브릴)가 증가되면 기공도는 저하되는 것으로 알려져 있다.

온도의 상승은 종이 섬유의 체적을 크게 하여 거대 공극의 발달을 저해하므로 기공도의 저하가 나타난 것으로 판단된다. 또한 캘린더링의 압력이 높아도 용지의 기공도는 저하됨을 알 수 있다. 캘린더의 압력과 온도는 두 가지 인자 모두 기공도에 많은 영향을 주는 것으로 나타났다.

4-1-4. 거칠음도(Roughness)

Fig. 8에서는 top-side에서 캘린더링의 온도가 상승하면 거칠음도도 상승하는 것으로 나타났다.

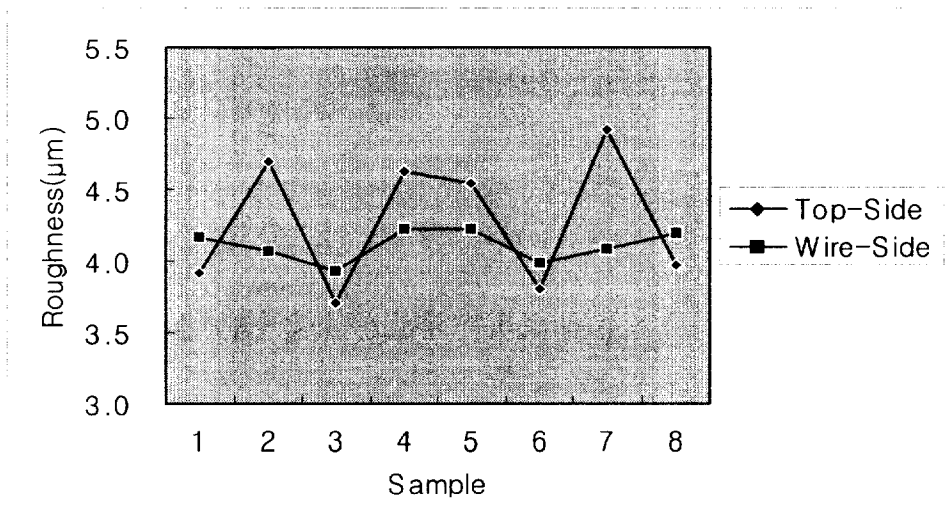


Fig. 8. Result of roughness after change calendering condition.

거칠음도는 bulk의 상승과 비슷한 경향을 나타내고 있으며 캘린더링의 온도 상승은 종이의 체적을 늘어나게 만들고 표면도 거칠게 유도하는 것으로 판단된다. 반면 압력의 변화는 거칠음도에 영향이 거의 없는 것으로 나타났다.

반면 wire-side에서는 top-side 보다 캘린더링의 영향을 덜 받는 것으로 확인되었다. 이는 압력의 변화에서도 비슷한 경향으로 나타나 top-side와 wire-side가 압력과 온도의 영향 정도가 다르게 미치는 것으로 나타났다. 이는 초지조건이 장망식이므로 탈수가 되는 wire-side의 모세관 구조가 거칠고 미세섬유의 분포가 top-side 대비 적게 되어 온도와 압력에 의한 영향이 미미한 것으로 판단된다.

4-1-5. 평활도(Smoothness)

Fig. 9는 캘린더링의 조건 변화에 따른 평활도를 측정한 결과 그래프이다.

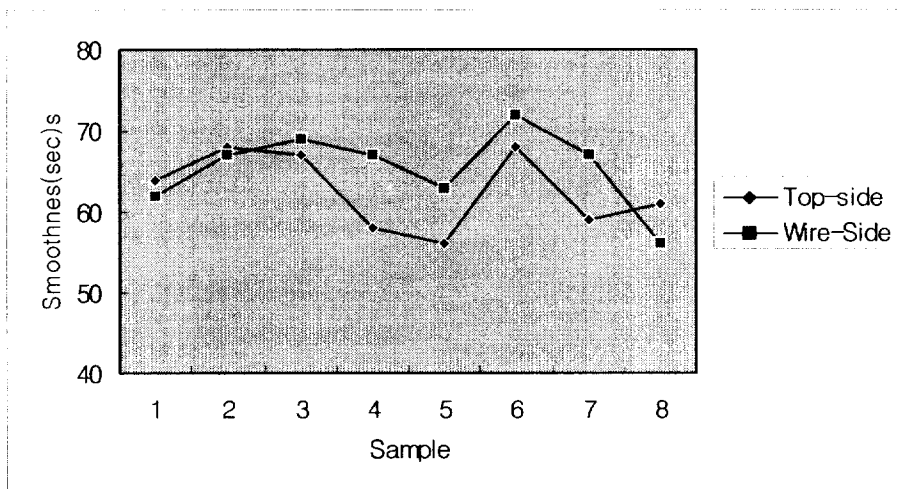


Fig. 9. Result of smoothness after change calendering condition.

온도가 증가하면 평활도는 하락하고, 반면 압력에 대해서는 압력이 증가하면서 평활도도 향상되는 것으로 나타났다. 평활도는 거칠음도와 상반되는 개념으로 결과도 상반되게 나타났다.

4-2. 비도공지의 인쇄적성 변화

초지기에서의 SNC의 조건 변화가 인쇄적성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 IGT를 이용하여 전이실험을 한 결과는 다음과 같다.

4-2-1. 잉크 전이량 실험 결과

IGT를 이용한 전이량 실험 결과 Fig. 10과 같이 나타났다.

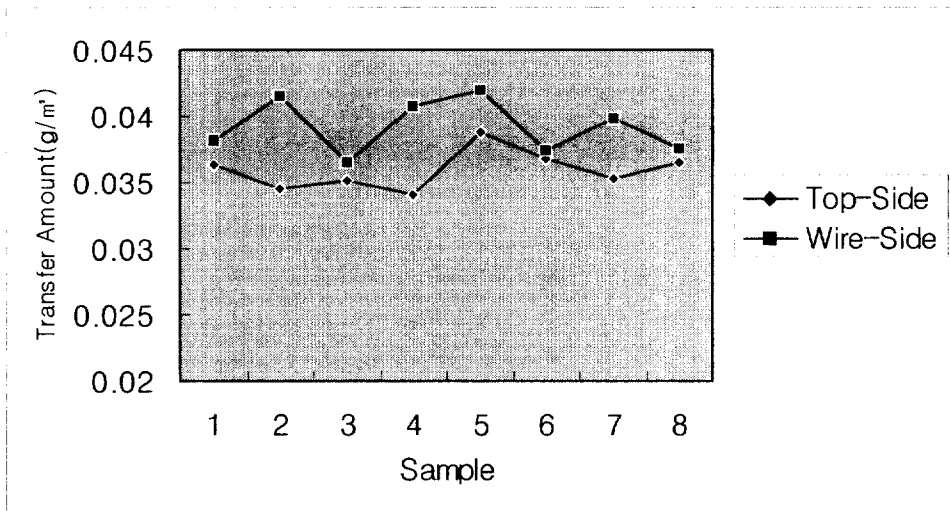


Fig. 10. Result of ink transfer amount after change calendering condition.

Wire-side에서의 전이량이 전반적으로 높은 것으로 나타났으며 샘플 1, 3, 6, 8의 캘린더링 조건이 top-side와 wire-side의 전이량 편차가 적음을 알 수 있었다.

4-2-2. 잉크 전이율 실험결과

Fig. 11은 캘린더링 조건 변화 후 채취한 샘플을 IGT 인쇄적성 시험기를 이용하여 전이율을 실험한 결과이다. Top-side보다 wire-side에서의 전이율이 높게 형성되고 있으며, 전이율에서도 전이량과 같이 샘플 1, 3, 6, 8의 캘린더링 조

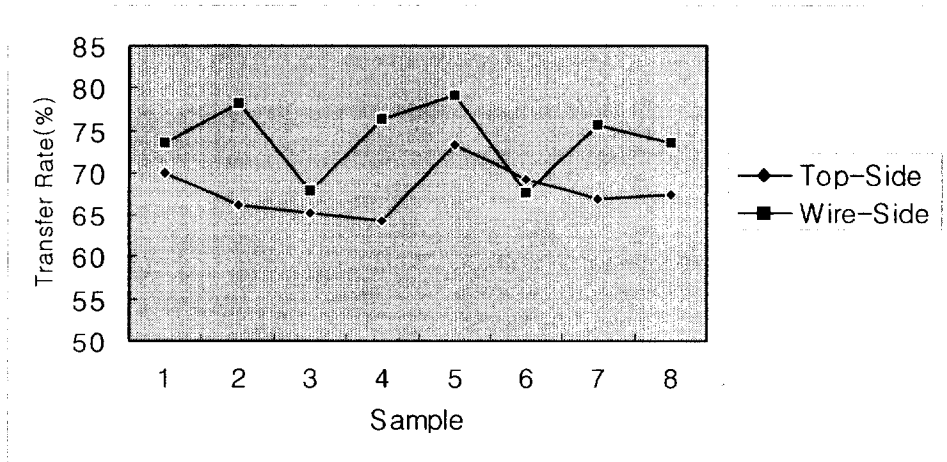


Fig. 11. Result of ink transfer rate after change calendering condition.

건에서 top-side와 wire-side의 편차가 가장 적은 것으로 확인하였다.

Fig. 12는 전이 실험 후 인쇄된 인쇄농도를 측정한 결과이다. Top-side의 인쇄농도가 wire-side사이드의 인쇄농도보다 전반적으로 높게 나타났는데 전이율과 전이량의 결과와는 반대로 나타났다.

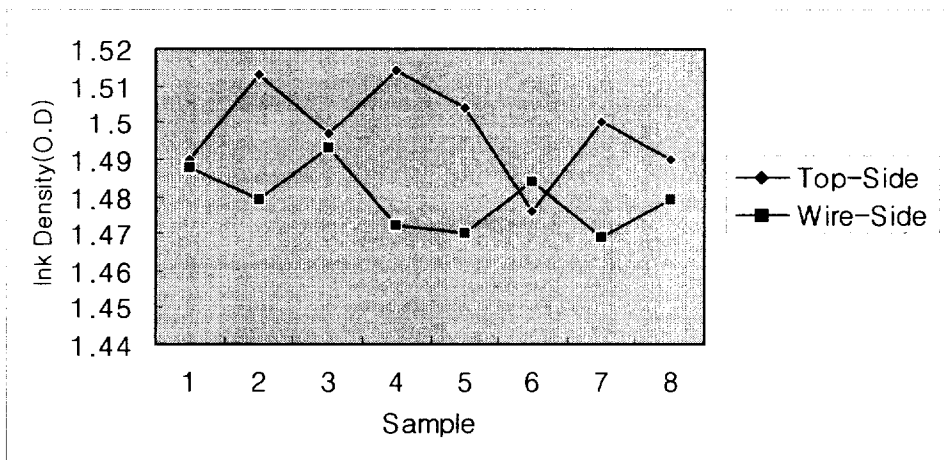


Fig. 12. Result of ink density after change calendering condition.

이는 종이의 구조가 top-side와 wire-side가 서로 다르게 되어 있음을 보여주는

것이고 잉크량이 많이 전달되어도 공극 구조나 표면의 거칠음에 따라 실제로 표현되는 인쇄농도는 다르게 될 수 있음을 의미한다. 인쇄농도 측정을 통하여 샘플 1, 3의 캘린더링 조건에서 top-side와 wire-side의 인쇄농도 차이가 가장 적은 것으로 확인되었다.

4-2-4. 잉크 뒷문음 실험결과

Fig. 13에서는 IGT 인쇄적성 시험기에서 전이 실험 후 뒷문음 실험을 실시한 결과이다. Top-side 에서 뒷문음이 샘플 1, 8을 제외하고는 높게 나타났는데 이는 인쇄농도가 top-side가 높았기 때문으로 판단되며, 특히 샘플 1의 경우에는 Fig. 10과 Fig. 12의 전이량과 인쇄농도 측정결과에서는 양호한 적성을 보였지만 뒷문음에서는 top-side와 wire-side의 편차가 크게 나타났다.

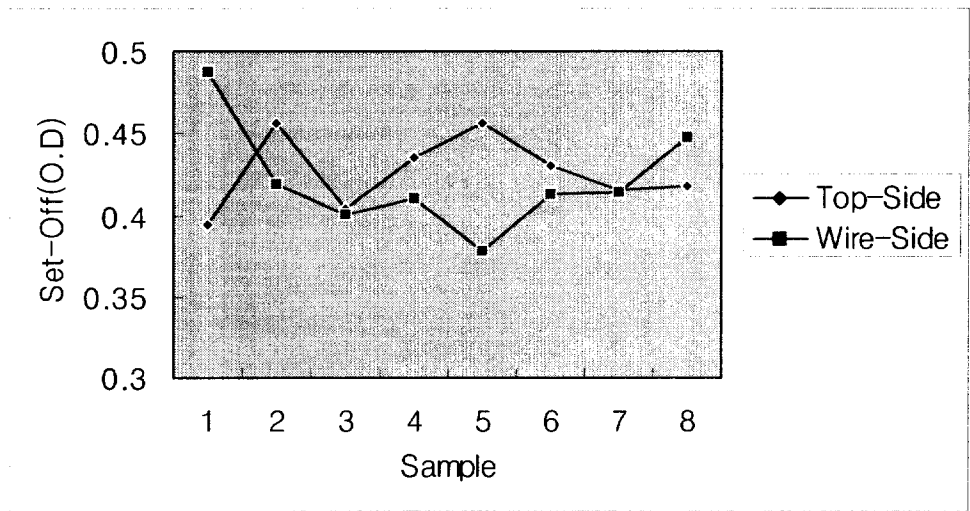


Fig. 13. Result of set-off after change calendering condition.

4-2-5. 인쇄측정 결과에 따른 캘린더링 조건평가

비도공지의 캘린더링 조건변화에 따른 인쇄적성을 확인한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 전이량과 전이율에서는 샘플 6, 3, 1의 캘린더링 조건이 top-side와 wire-side 의 편차가 가장 적었고 인쇄농도와 뒷문음의 경우에는 샘플 3, 7의 캘린더링 조건에서 top-side와 wire-side 의 편차가 가장 적은 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구에서는 샘플 3의 캘린더링 조건에서 인쇄적성이 가장 좋은 것으로 확인되었다.

4-3. 인쇄적성과 종이의 표면특성과의 상관관계

4-3-1. 전이량과 종이 표면특성과의 상관관계

Fig. 14에서 bulk와 전이량과의 상관관계를 보면 wire-side에서는 상관관계가 있다고 볼 수 있으며 top-side에서는 상관성이 있다고 보기 어렵다.

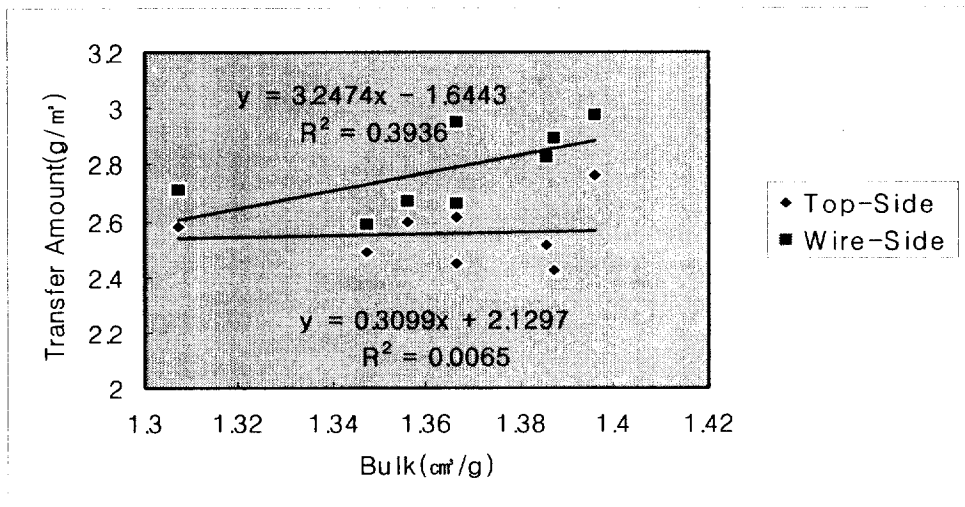


Fig. 14. Correlation between ink transfer amount and bulk.

전이량이 증가함은 동일 공급량에서 표면의 거칠음도가 증가하거나 종이의 공극 구조가 거대해졌을 때 나타나는 것으로 bulk가 높아지는 것은 종이가 동일 평량에서 두께가 증가하게 되므로 공극이 보다 거대해짐을 예상할 수 있었다.

Fig. 15는 기공도와의 상관성을 나타내었는데 기공도는 종이를 투과하는 공기의 양을 측정한 결과로서 top-side에서의 전이량과의 상관성은 거의 없는 것으로 나타났지만 wire-side에서는 비교적 높은 상관성을 보였다. 상관성을 보인 결과가 두개의 그룹으로 나뉘어 표현되고 있고 두 그룹 사이에 측정값이 고루 분포되지 않아 유의성이 높다고 보기 어렵다.

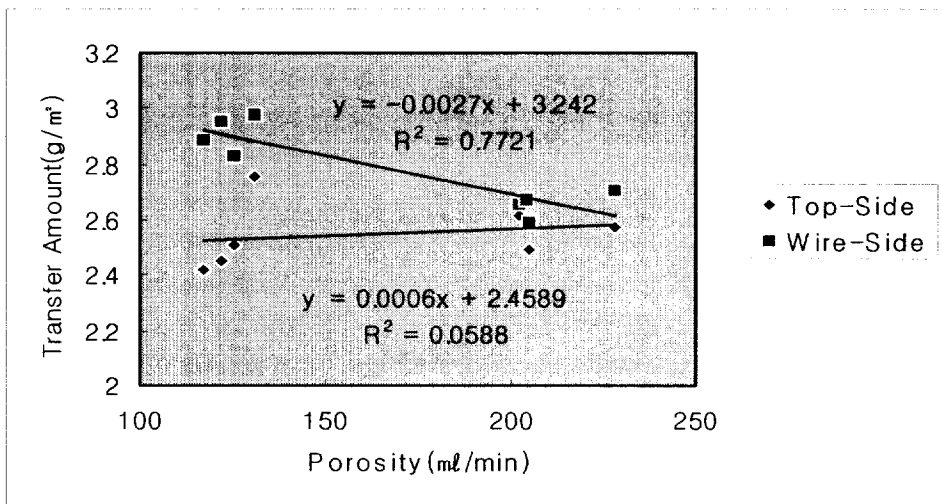


Fig. 15. Correlation between ink transfer amount and porosity.

Fig. 16에서 나타난 결과와 같이 비도공지에서 평활도와 잉크의 전이량과의 상관성은 top-side와 wire-side 모두 상관관계가 크지 않은 것으로 나타났다.

Fig. 17 에서 top-side 거칠음도와 표면에서 전이량과의 상관성은 없는 것으로 나타났지만 wire-side에서는 상관성이 나타났다. Fig. 14에서 wire-side의 bulk와 전이량이 비례하는 것으로 나타난 것과 Fig. 17에서의 결과는 관련성이 있는 것으로 판단되며 bulk의 증가가 wire-side의 거칠음도의 증가로 이어져 전이량이 상승된 것으로 사료된다.

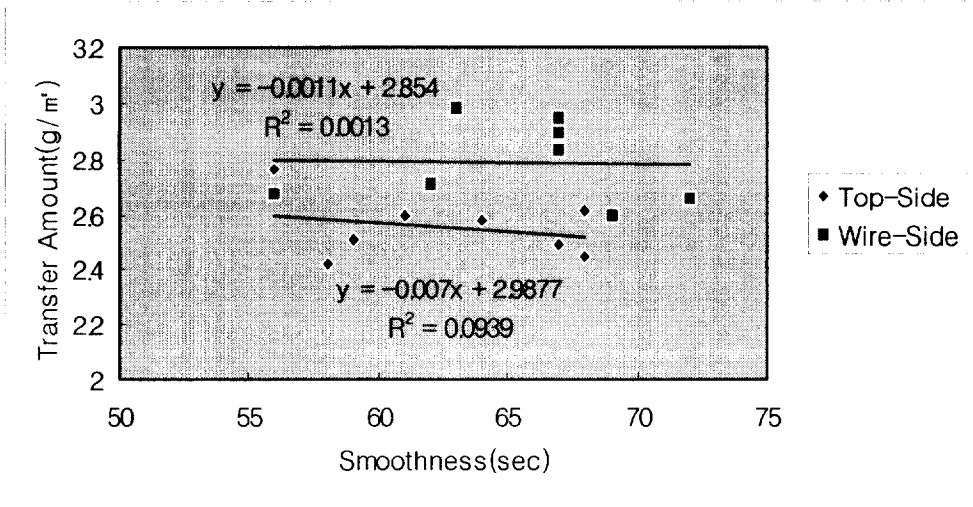


Fig. 16. Correlation between ink transfer amount and smoothness.

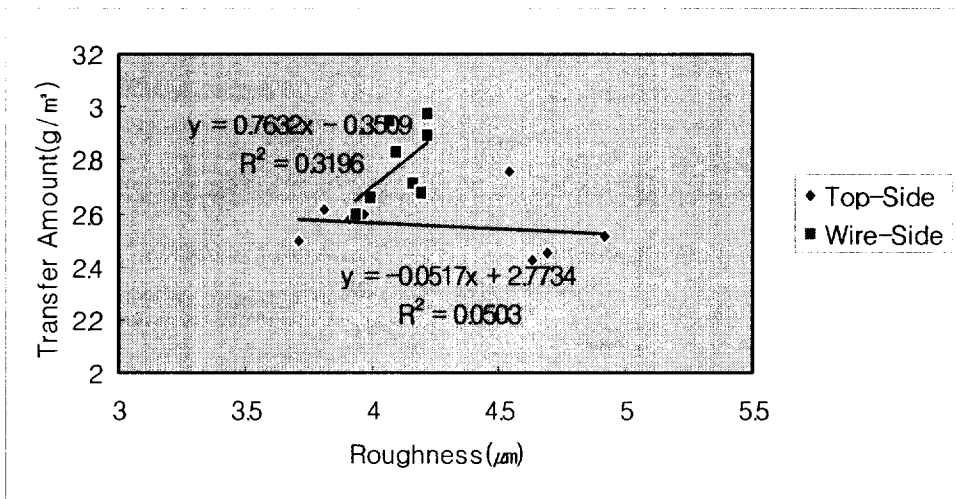


Fig. 17. Correlation between ink transfer amount and roughness.

4-3-2. 전이율과 용지특성과의 상관관계

Fig. 18에서는 잉크전이율과 bulk와의 상관성을 나타내었는데 top-side 와 wire-side 모두에서 상관관계가 크게 나타나지 않았다. 전이량과 bulk의 관계에 서는 wire-side 에서 상관성으로 보인 반면 전이율에서는 크게 나타나지 않았다. 일반적으로 전이량이 많아지면 전이율이 높아지는 것이지만 종이 구조에 따라 최대 전이점의 위치에 따라 다르게 나타나는 경우도 있는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 최대 전이점을 구하지 못하여 이를 확인하지 못하였다.

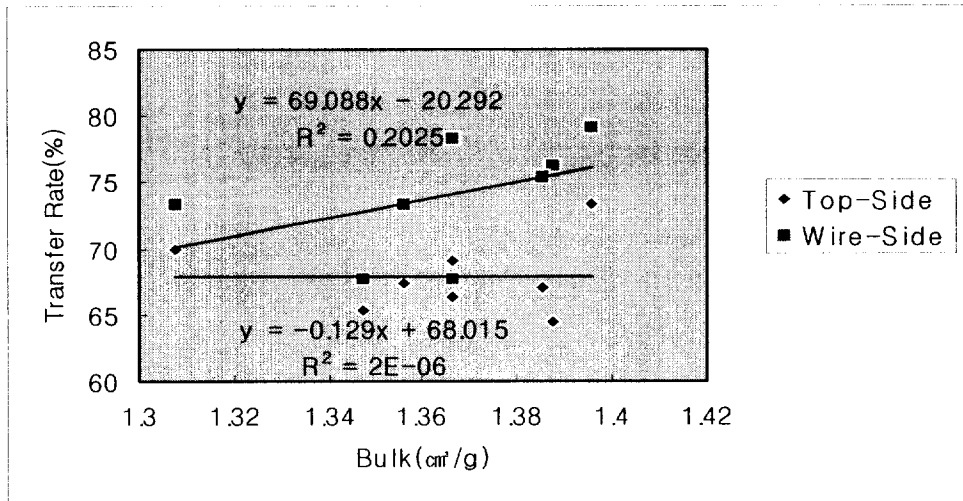


Fig. 18. Correlation between ink transfer rate and bulk.

Fig. 19의 전이율과 기공도의 관계에서는 wire-side 에서는 상관성을 보인 반면 top-side 에서는 상관성이 나타나지 않았다. 또한 기공도가 높아지면서 전이율은 오히려 하락하는 것으로 나타났으며 두개의 그룹으로 나타난 것도 전이량과의 결과와 일치하였다.

Fig. 20은 평활도와 전이율의 관계를 나타낸 것으로 top-side 와 wire-side 에서 모두 상관성이 없는 것으로 나타났다. 이는 종이의 생산과정에서 중요하게 관리되는 평활도 항목이 잉크의 전이율이나 전이량과 같은 실제 조건에서는 전이 특성에 큰 영향을 주지 못하는 것으로 사료되며 본 실험에서 이에 관한 충분한 데이터를 제시할 수 없으므로 보다 보강 실험이 필요한 것으로 판단된다.

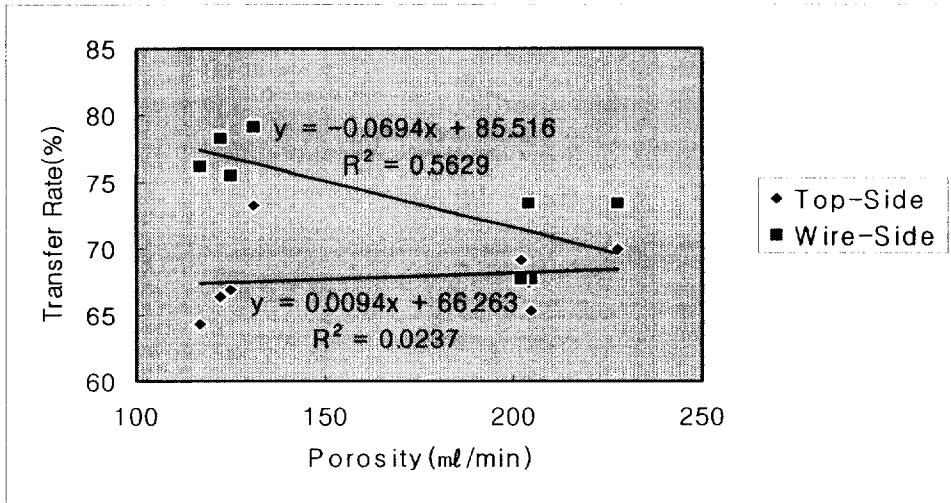


Fig. 19. Correlation between ink transfer rate and porosity.

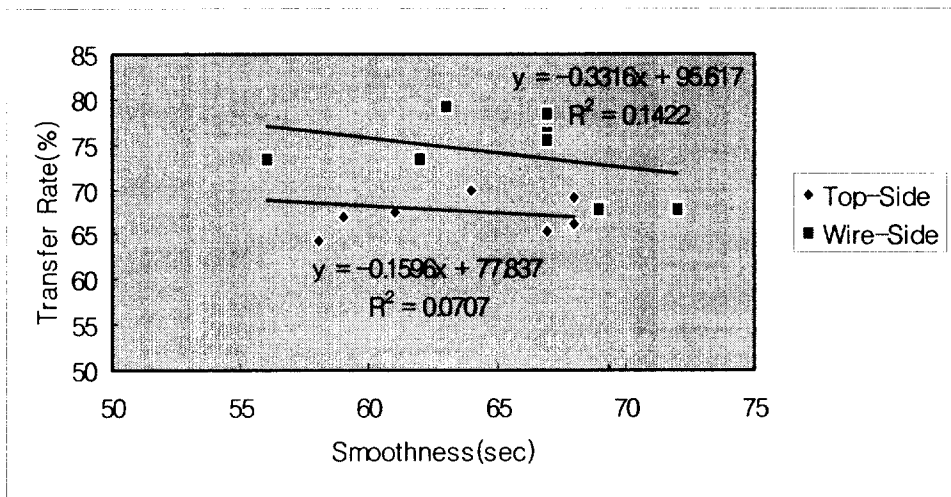


Fig. 20. Correlation between ink transfer rate and smoothness.

Fig. 21은 전이율과 거칠음도를 나타낸 것으로 top-side에서는 상관관계 크지 않은 것으로 확인되었다. 반면 wire-side에서는 상관성이 있는 것으로 나타났다. 이는 캘린더링 조건변화에 따른 거칠음도의 특성의 변화와는 다른 형태로 나타나 직접적인 상관관계가 없다고 사료된다.

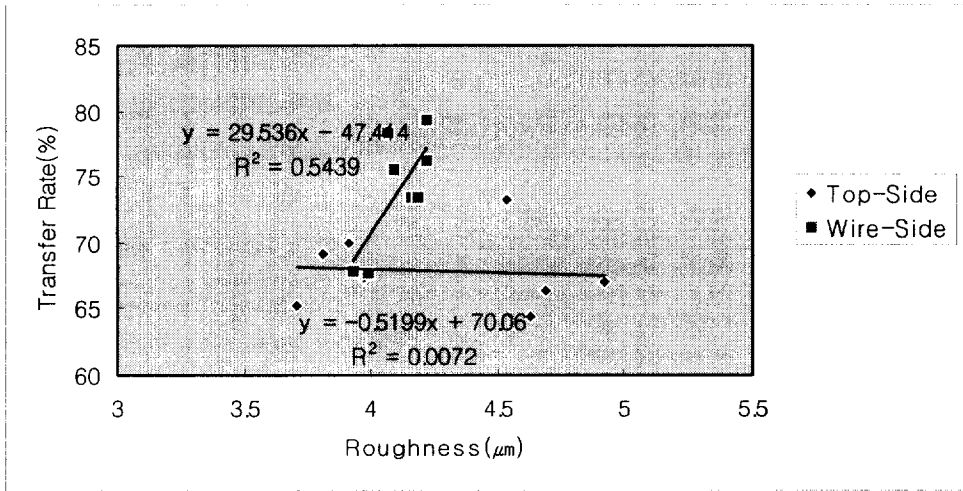


Fig. 21. Correlation between ink transfer rate and roughness.

4-3-3. 인쇄농도와 종이 표면특성과의 상관관계

Fig. 22는 IGT 실험결과중 인쇄농도와 종이의 측정물성 중 bulk와의 상관관계를 나타낸 것으로 top-side에서보다 wire-side에서의 상관관계가 더 높게 나타났다. 이는 캘린더링의 온도와 압력의 변화는 top-side 보다는 wire-side에서

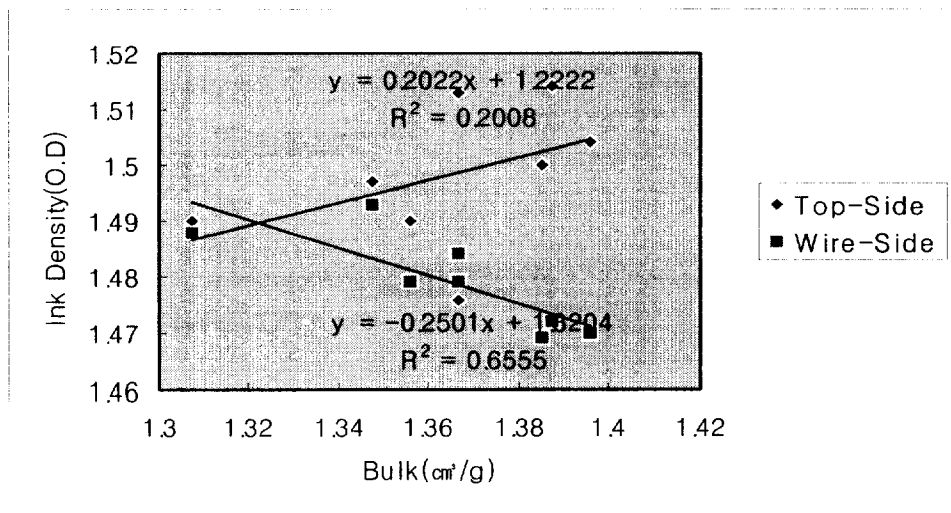


Fig. 22. Correlation between ink density and bulk.

보다 민감하게 영향을 미치는 것으로 판단된다. Bulk가 높아지면 종이의 체적이 증가하는데 주로 wire-side에서 발생되는 것으로 판단되며 인쇄농도가 낮아지는 것은 잉크의 전이량이 2.5g/m² 내외이므로 신문용지를 완전 피복했다고 볼 수 없다. 따라서 bulk가 증가하는 것은 잉크의 불완전 피복을 증가시키는 방향으로 영향을 주기 때문에 인쇄농도의 저하가 나타난 것으로 판단된다.

Fig. 23의 기공도와 인쇄농도의 상관성은 다른 특성에 비해 상당히 높은 상관성이 있는 것으로 측정되었다. Top-side와 wire-side모두 상관성이 높게 나타난 것은 다른 용지특성에 비해 기공도가 인쇄농도에 미치는 영향이 큰 것으로 사료된다.

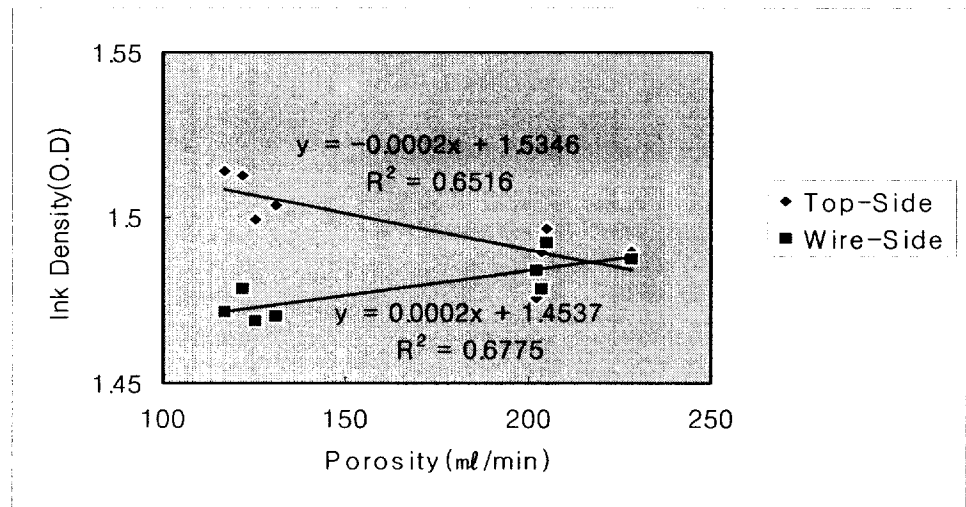


Fig. 23. Correlation between ink density and porosity.

Fig. 24의 평활도와 인쇄농도와의 상관관계는 top-side에서는 미미한 상관관계가 있는 것으로 나타났지만, 전반적으로 평활도와 인쇄농도의 상관성은 작은 것으로 판단된다.

Fig. 25에서 거칠음도와 인쇄농도는 top-side와 wire-side모두에 상관성이 큰 것으로 나타났다. 하지만, top-side와 wire-side에서 서로 상반된 결과를 보였고 Fig. 8의 종이표면특성과 비교할 때 거칠음도의 편차가 크지 않아 유의성있는 결과로 보기 어렵다.

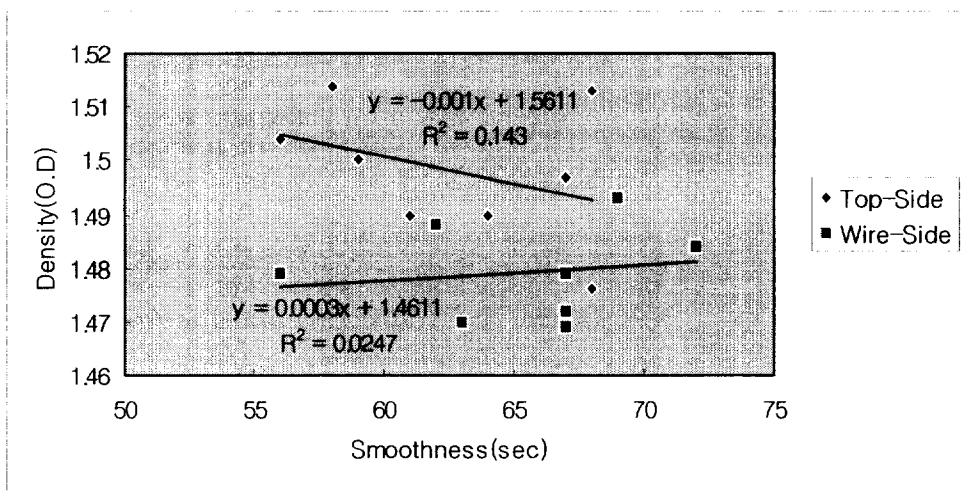


Fig. 24. Correlation between ink density and smoothness.

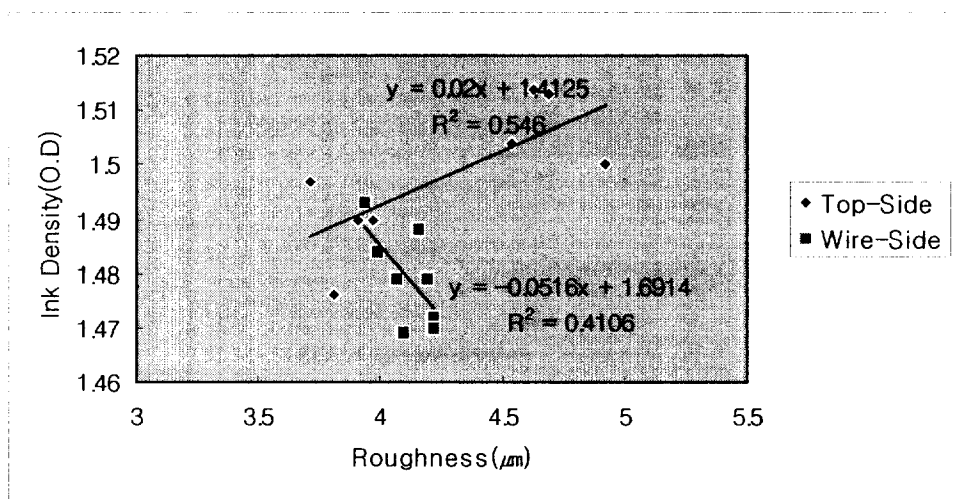


Fig. 25. Correlation between ink density and roughness.

4-3-4. 뒷물음과 종이 표면특성과의 상관관계

Fig. 26은 뒷물음과 bulk의 상관관계를 측정한 결과이다. Bulk와 뒷물음의 상관관계는 다른 인자에 비해 큰 것으로 나타났다. Fig. 27의 뒷물음과 기공도의 상관관계에서도 다른 인자에 비해 상관성이 높은 것으로 나타났다.

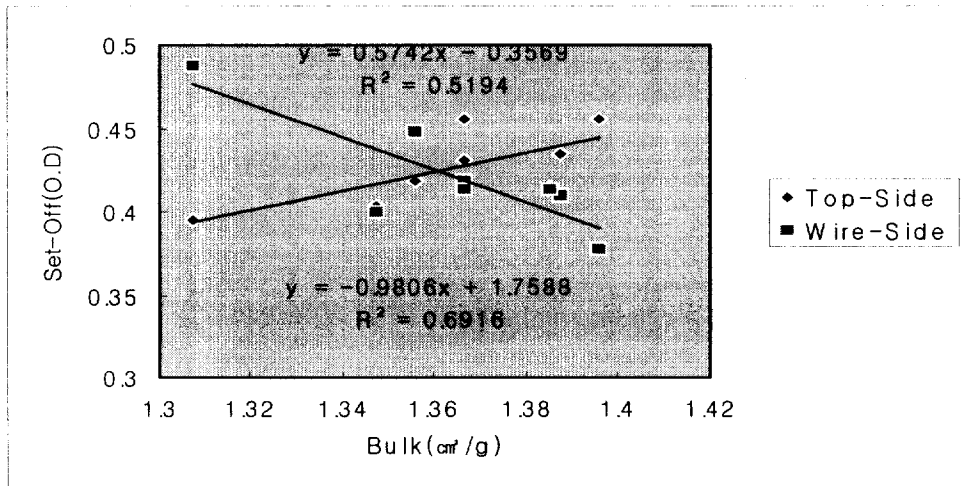


Fig. 26. Correlation between set-off and bulk.

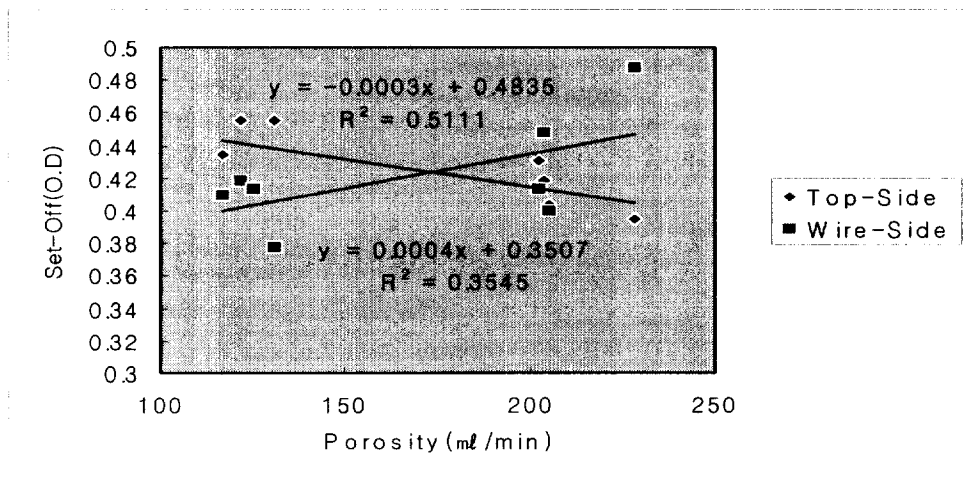


Fig. 27. Correlation between set-off and porosity.

Fig. 28에서 평활도와 뒷물음의 상관성은 나타나지 않았다. 또한 Fig. 29에서 거칠음도와 상관성도 나타나지 않았다. 이는 뒷물음 실험이 인쇄 후 1분 경과한 다음 실험 한 것이며 또한 뒷물음 측정시 값이 0.4~0.5 수준으로 변별력이 그리 크지 않았기 때문으로 판단된다.

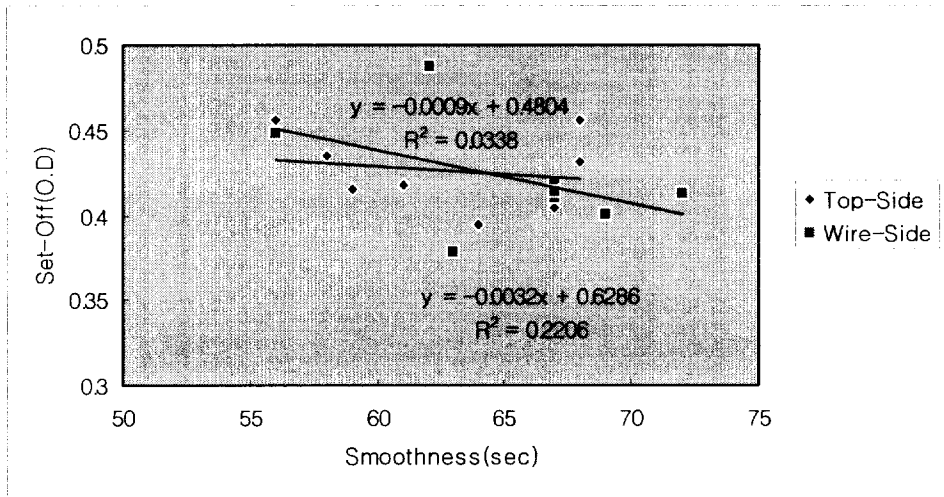


Fig. 28. Correlation between set-off and smoothness.

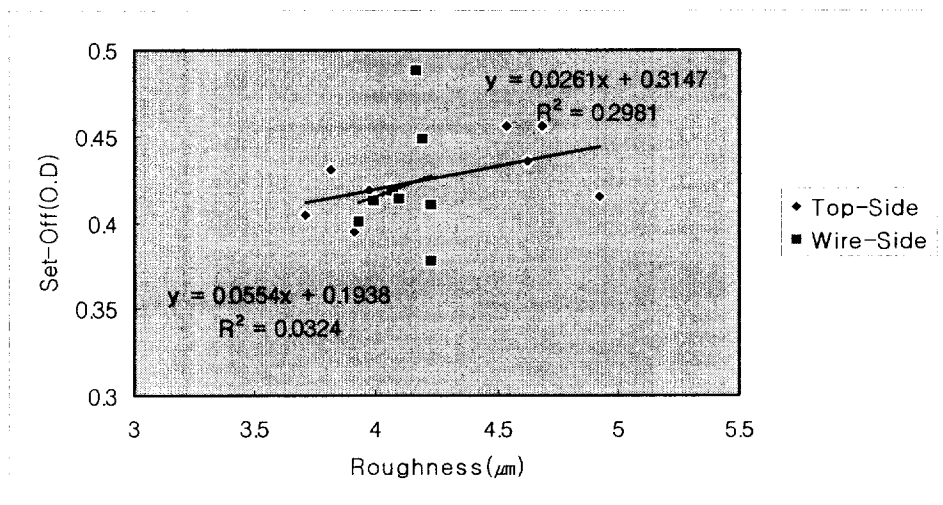


Fig. 29. Correlation between set-off and roughness.

Fig. 14에서부터 Fig. 28까지의 종이표면특성과 인쇄적성의 상관관계에서 확인할 수 있듯이 비도공지의 표면특성에 대한 인쇄적성의 상관관계가 있음을 알 수 있다. Bulk는 뒷물음과 인쇄농도, 거칠음도는 인쇄농도, 기공도는 인쇄적성과 큰 상관관계가 있음을 확인하였다.

이는 캘린더링 조건변화가 종이의 특성에도 영향을 주지만 인쇄적성에도 영향을 미친다는 것을 상관관계를 통하여 다시 한번 확인하였다.

4-4. 코트지의 물성 변화

코트지에 대한 캘린더링 압력변화의 실험은 상용 생산용지를 대상으로 시행하였으므로 급격한 변화를 주지 못하였으며 저평량으로는 120g/m² Art지를 중평량으로는 150g/m² Matt지, 고평량으로는 250g/m² Art지를 대상으로 하였고 도공 후 캘린더 공정에서 상용 선압보다 5~10 KN/m를 더 인가하여 종이의 물성변화를 확인하였다.

4-4-1. 저평량 코트지의 종이물성 변화(120g/m²)

저평량 아트지의 물성은 Table 2와같이 캘린더의 선압이 증가하면 bulk가 감소하며 특히 평활도가 대폭 개선되는 효과를 보였다. 거칠음도도 20% 이상 개선 효과가 있는 것으로 나타났으며 종이의 백지 광택 역시 10% 이상 개선되는 것으로 나타났다. 도공 후 캘린더링을 하기 때문에 종이의 표면에 영향을 많이 주는 것이 확인된 반면 종이의 친수성을 평가하는 접촉각 실험에서는 오히려 캘린더 압력 증가 후 친수성으로 변화하는 것으로 나타났다. 이는 캘린더링 압력이 증가됨으로서 도공층의 바인더 마이그레이션 차이로 추정된다.

저평량 아트지에 대한 croda 잉크의 흡수 비교결과는 Fig. 30의 왼편에 나타내었다. 캘린더의 선압이 증가되면 잉크의 흡수성이 향상됨을 알 수 있다. 또한 profbau 인쇄적성 시험기를 이용한 잉크 흡수성 실험 결과도 top-side와 wire-side 모두 유사하게 나타났다. 이는 평활도와 거칠음도의 향상으로 잉크가 표층에 밀집되는 현상이 증가하면서 종이의 완전피복 비율이 향상되기 때문으로 판단된다.

Table 2. Results of 120g/m² Paper Properties
after Change Calendering Condition

Measurement	Unit	Side	120g/m ²	
			Normal	Pressure
CP grammage	g/m ²	–	119.5	118.7
Thickness	μm	–	100.0	97.6
Bulk	cm ³ /g	–	0.84	0.82
Density	g/cm ³	–	1.19	1.22
Gurley stiffness	gf	MD	265.3	220.2
		C D	173.1	164.4
Smoothness	sec	Top	2500	4025
		Wire	2263	4375
Roughness	μm	Top	1.04	0.80
		Wire	1.06	0.90
Ink receptivity	O.D	Top	0.41	0.47
	Croda	Wire	0.30	0.42
Ink receptivity	O.D	Top	1.74	1.92
	Profbau	Wire	1.77	1.80
Ink set-off	O.D	Top	0.22	0.20
	Profbau	Wire	0.22	0.17
Wet ink receptivity	O.D	Top	0.45	0.34
	RI	Wire	0.43	0.35
Contact angle	°	Top	70.7	62.0
		Wire	75.3	62.0
Gloss, %	Top	Paper	67.9	79.7
		Print	62.4	68.5
	Wire	Paper	69.0	78.9
		Print	66.2	70.7

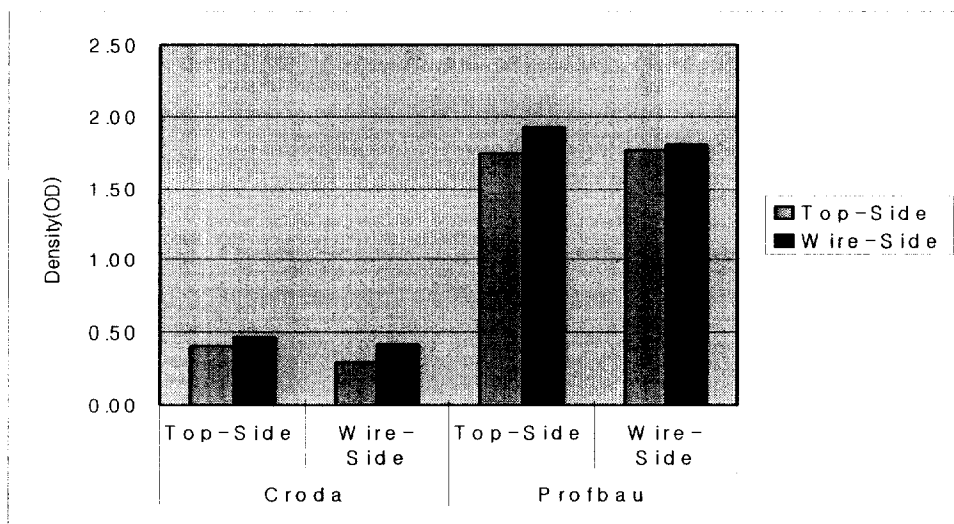


Fig. 30. Results of absorptiveness compare top-side with wire-side by croda ink and profbau tester for 120g/m' coated paper.

Fig. 31은 RI 전색 실험기를 이용하여 종이에 먼저 물을 도포한 다음 잉크를 전이 시킨 결과이다. RI tester 에서는 Fig. 30의 croda와 profbau의 잉크흡수성 결과와는 반대로 top-side와 wire-side 모두 캘린더링의 선압이 증가하면서 인쇄농도가 감소하는 것으로 나타났다.

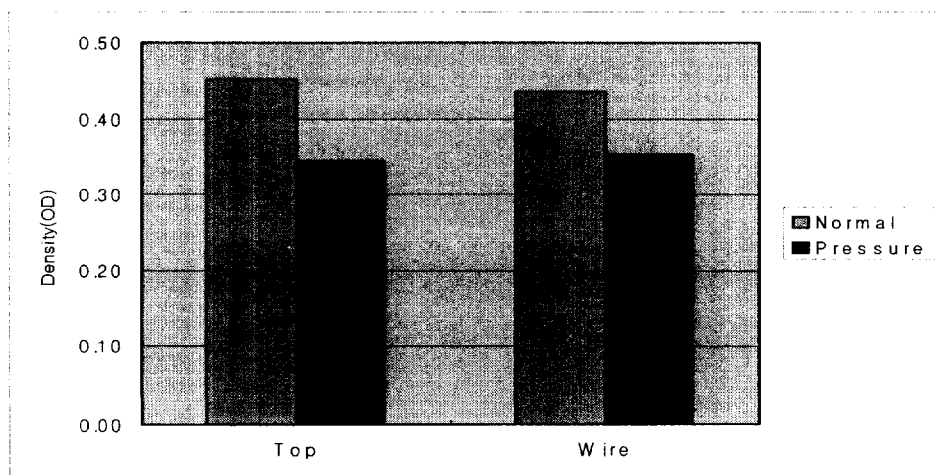


Fig. 31. RI test results of ink density for 120g/m' coated paper.

4-4-2. 중평량 코트지의 종이물성 변화(150g/m²)

중평량 Matt지를 이용한 결과는 Table 3과 같이 캘린더 압력의 증가가 종이의 물성에 큰 영향을 주지 못하는 것으로 나타났으며 평활도와 거칠음도 및 광택은 증가하는 것으로 나타났다. Matt지는 종이의 표면에 광택을 제거하기 위해 캘린더의 압력을 거의 사용하지 않기 때문에 캘린더의 압력 증가는 종이 표면의 요철만 영향을 받고 모세관 구조는 영향을 받지 않기 때문으로 판단된다.

Fig. 32에서 croda 잉크의 흡수성과 profbau 잉크 흡수성에서 캘린더링 압력의 증가 전 후가 거의 차이가 나타나지 않았다. 반면 wet 잉크 흡수성을 RI 시험기에서 수행한 결과는 현저하게 증가한 것으로 Fig. 33와 같이 나타났다. 저평량에서는 접촉각의 개선이 wet 잉크의 흡수성을 떨어뜨리는 반면 Matt지에서는 잉크의 증가로 나타나는 것은 거칠음도의 감소에 의한 표면 요철부가 작아지므로 잉크의 표면 수용 능력이 향상된 것으로 사료된다.

4-4-3. 고평량 코트지의 종이물성 변화(250g/m²)

고평량에서 캘린더링의 압력을 종이의 bulk를 유지하기 위해 저평량보다 낮게 유지하는데 본 실험에서 5KN/m로 인가하였고 그 결과 종이의 물성은 Table 4와 같다. 고평량에서 캘린더의 압력을 조절하였을 때 bulk나 두께의 변화는 거의 나타나지 않았으며 평활도는 top-side 는 다소 개선되었지만 wire-side 는 오히려 나빠진 것으로 나타났다. 또한 거칠음도에서 top-side 는 변화가 거의 없었으며 wire-side는 다소 개선된 것으로 나타났다. 광택 역시 거의 변화가 나타나지 않았으며 접촉각 결과도 차이가 없었다. 이는 압력의 차이가 실제 종이의 물성에 거의 영향을 미치지 못한 것으로 판단된다.

고평량에서 croda잉크와 profbau 인쇄 실험 결과 Fig. 34에서처럼 큰 변화가 나타나지 않았다. Fig. 35에서 wet 잉크 흡수성에서 압력의 변화가 다소 영향을 주는 것으로 나타났지만 편차가 크지 않다.

Table 3. Results of 150g/m² Paper Properties
after Change Calendering Condition

Measurement	Unit	Side	150g/m ²	
			Normal	Pressure
CP grammage	g/m ²	–	148.6	151.2
Thickness	μm	–	147.4	147.3
Bulk	cm ³ /g	–	0.99	0.97
Density	g/cm ³	–	1.01	1.03
Gurley stiffness	gf	MD	615.3	547.6
		C D	468.5	462.9
Smoothness	sec	Top	571	841
		Wire	558	810
Roughness	μm	Top	1.99	1.68
		Wire	2.08	1.74
Ink receptivity	O.D	Top	0.37	0.35
	Croda	Wire	0.35	0.34
Ink receptivity	O.D	Top	1.81	1.82
	Profbau	Wire	1.83	1.84
Ink set-off	O.D	Top	0.25	0.25
	Profbau	Wire	0.23	0.19
Wet ink receptivity	O.D	Top	0.13	0.16
	RI	Wire	0.16	0.22
Contact angle	°	Top	84.7	60.7
		Wire	80.0	60.7
Gloss, %	Top	Paper	31.3	43.6
		Print	54.5	58.2
	Wire	Paper	31.3	43.2
		Print	53.7	58.2

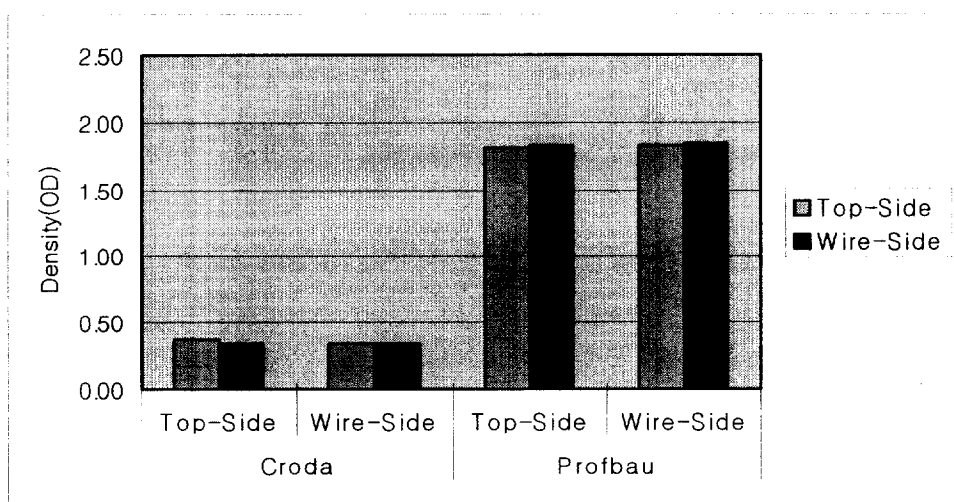


Fig. 32. Results of absorptiveness compare top-side with wire-side by croda ink and profbau tester for 150g/m² coated paper.

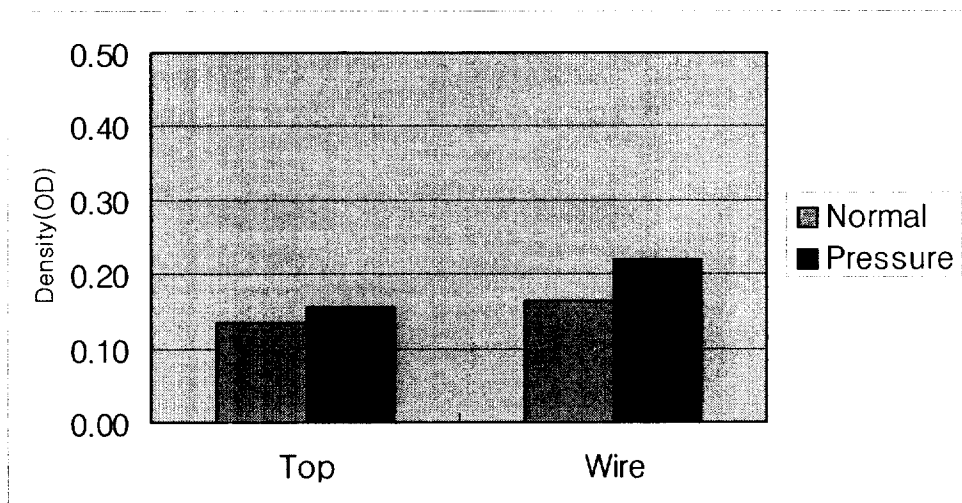


Fig. 33. RI test results of ink density for 150g/m² coated paper.

Table 4. Results of 250g/m² Paper Properties
after Change Calendering Condition

Measurement	Unit	Side	250g/m ²	
			Normal	Pressure
CP grammage	g/m ²	–	248.9	245.4
Thickness	μm	–	224.7	221.0
Bulk	cm ³ /g	–	0.90	0.90
Density	g/cm ³	–	1.11	1.11
Gurley stiffness	gf	MD	2088.7	2009.7
		C D	1411.3	1366.1
Smoothness	sec	Top	2988	2781
		Wire	2550	2875
Roughness	μm	Top	1.07	1.06
		Wire	1.22	1.13
Ink receptivity	O.D	Top	0.26	0.36
	Croda	Wire	0.31	0.30
Ink receptivity	O.D	Top	1.91	1.91
	Profbau	Wire	1.88	1.94
Ink set-off	O.D	Top	0.24	0.14
	Profbau	Wire	0.21	0.15
Wet ink receptivity	O.D	Top	0.29	0.29
	RI	Wire	0.24	0.22
Contact angle	°	Top	64.0	62.0
		Wire	64.0	63.7
Gloss, %	Top	Paper	76.9	77.2
		Print	80.2	79.7
	Wire	Paper	71.1	74.3
		Print	79.3	79.5

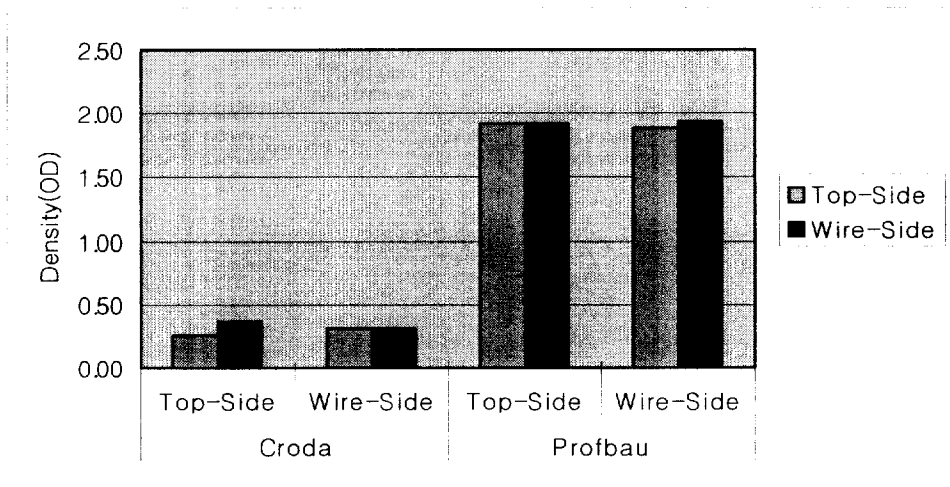


Fig. 34. Results of absorptiveness compare top-side with wire-side by croda ink and profbau tester for 250g/m² coated paper.

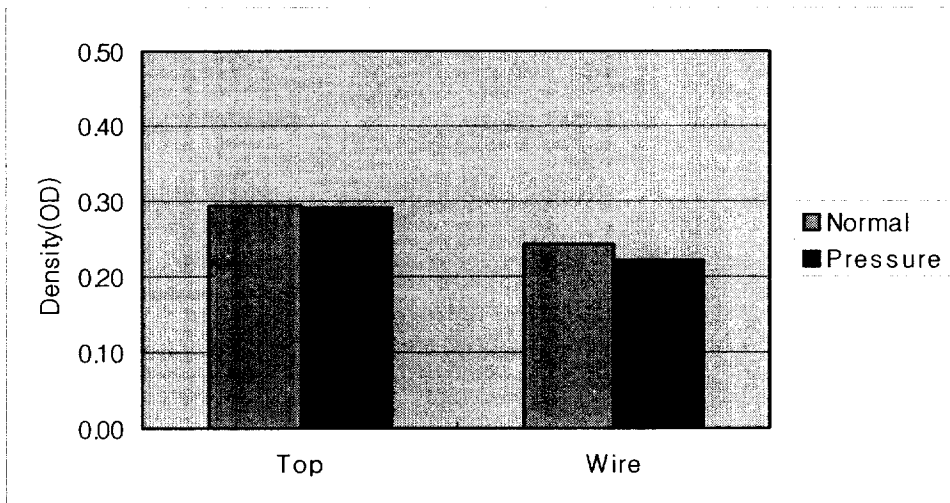


Fig. 35. RI test results of ink density for 250g/m² coated paper.

4-5. 인쇄적성의 변화

4-5-1. 저평량 코트지(120g/m²)의 인쇄적성

실제인쇄는 상용조건에서 수행하였으며 민짜 인쇄농도를 측정된 결과 캘린더링의 압력을 증가한 편에서 Fig. 36과 같이 민짜 인쇄농도가 낮게 측정되었다.

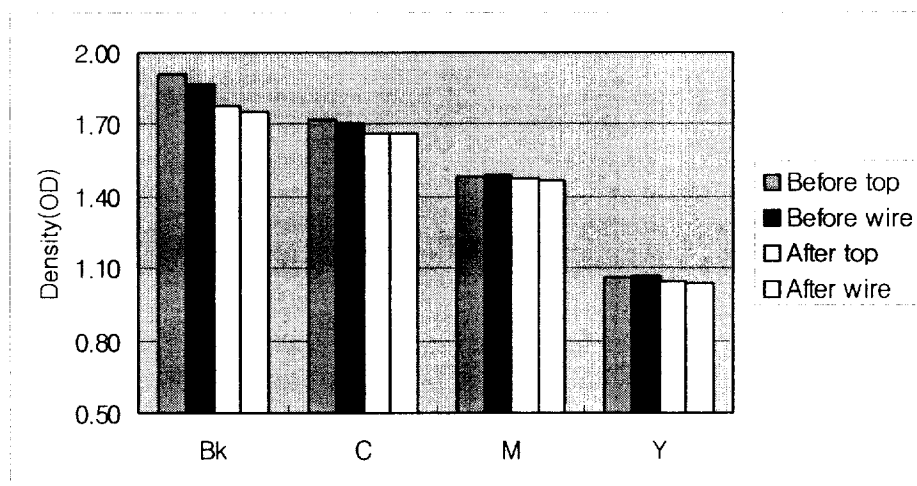


Fig. 36. Results of printed density for 120g/m² coated paper.

이는 종이 물성의 접촉각 결과와 wet 잉크 흡수성의 결과와 동일한 것으로 실제 인쇄 조건에서는 잉크가 유화되어 물의 입자로 인해 종이의 표면에서 물의 침투가 선행되고 있다고 사료된다. 따라서 캘린더링의 조건은 백지의 물성보다 화학적 변화도 충분히 고려되어야 할 것으로 판단된다.

Fig. 37에서는 인쇄물의 중첩 효율을 측정된 것으로 캘린더링 압력 증가한 편이 다소 좋은 것으로 나타났다. 중첩 효율은 1차색의 민짜 인쇄농도가 높을수록 떨어지는 것으로 보고 되고 있고¹⁷⁾ 본 실험에서 민짜 인쇄농도가 압력이 높은 편이 낮아졌으므로 중첩효율은 상승한 것으로 판단된다.

Fig. 38에는 콘트라스트의 변화를 나타내었으며 전반 유닛에서는 캘린더링의 압력 변화가 영향을 주는 것으로 나타났지만 후반 유닛에서는 큰 차이를 보이지 않고 있다. 전반 유닛에서의 콘트라스트 변화도 2.5% 수준으로 그다지 크지

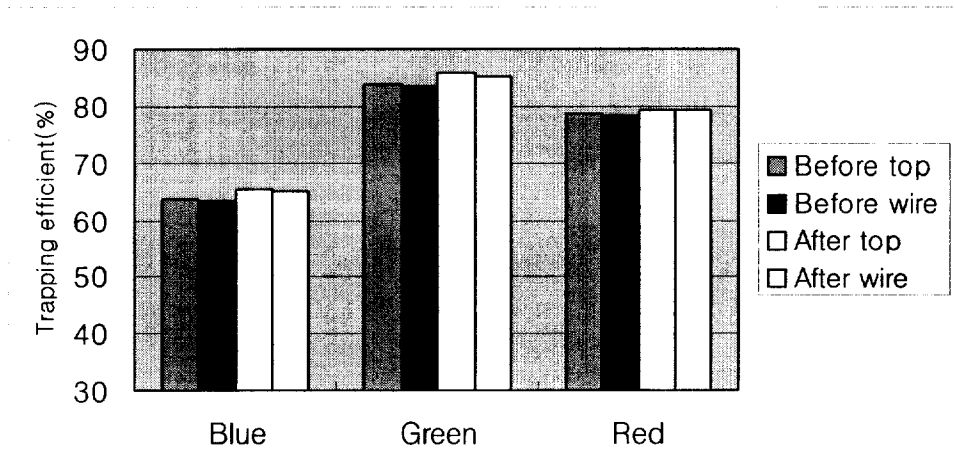


Fig. 37. Results of printed trapping for 120g/m² coated paper.

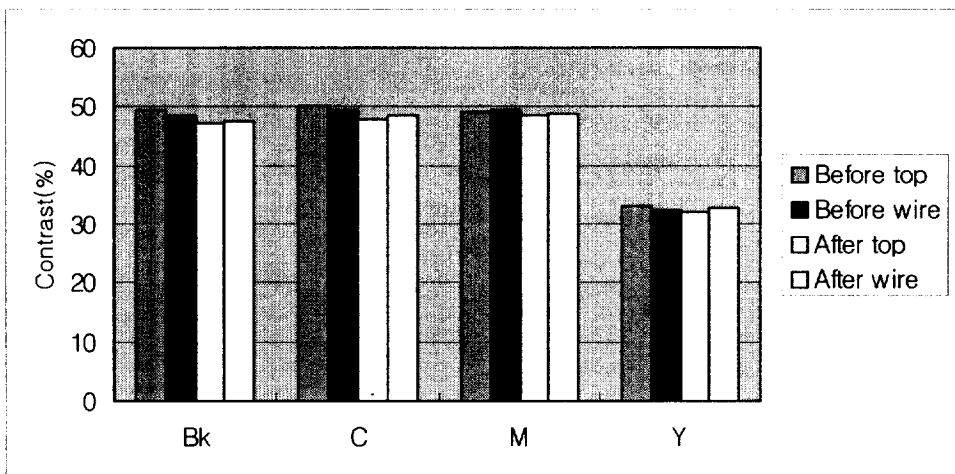


Fig. 38. Results of printed contrast for 120g/m² coated paper.

않은 것으로 나타났다. 콘트라스트의 변화는 민짜 인쇄의 농도 차에 의해 발생 되는 것이다.

Fig. 39에서는 백지광택과 인쇄광택의 변화를 나타내었다. 캘린더링의 압력 증가시 백지광택의 두드러진 상승이 나타났고 인쇄광택도 다소 증가함을 보이고 있어 광택에는 긍정적으로 영향을 주는 것으로 판단된다.

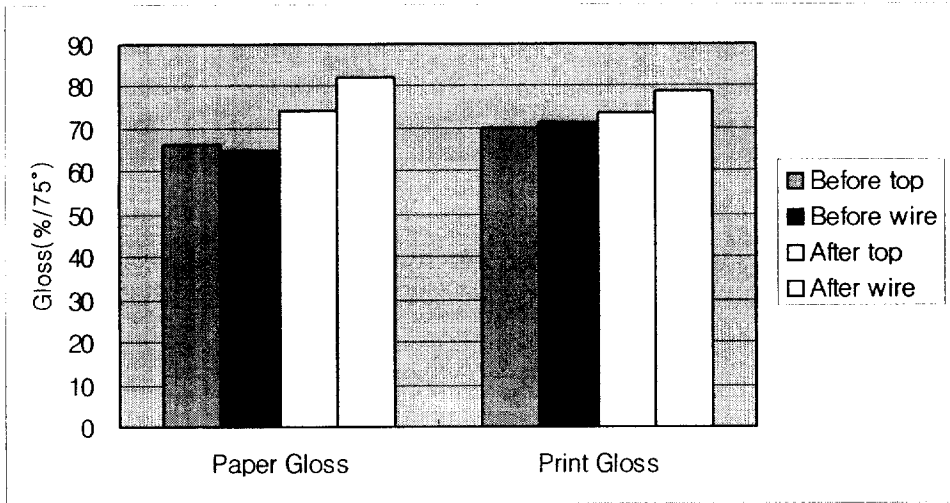


Fig. 39. Results of printed gloss for 120g/m² coated paper.

4-5-2. 중평량 코트지(150g/m²)의 인쇄적성

Matt지는 백지물성의 변화가 평활도와 거칠음도에서 개선되었지만 bulk에서는 큰 변화가 없는 것으로 나타났지만 wet 잉크의 흡수성에서 증가한 것으로 나타났으며 실제인쇄 결과 민짜 인쇄농도의 변화도 동일하게 나타났다.

Fig. 40에서 전반 유닛의 농도 차이가 후반 유닛보다 큰 것으로 나타났다.

Fig. 41에는 중평량 matt의 인쇄 중첩효율을 나타낸 것으로 캘린더링의 압력 차이에 따른 변화가 나타나지 않고 있다. 미약하지만 blue에서는 영향이 나타나고 있으나 green과 red에서는 나타나지 않고 있어 이는 민짜 인쇄농도의 차이가 황색에서 거의 발생하지 않았기 때문으로 판단된다.

Fig. 42에 나타난 결과는 각 유닛의 형태가 서로 다르고 콘트라스트의 편차가 작아 캘린더링 선압 상승에 인한 영향으로 보기 어렵다.

광택의 효과에서는 Fig. 43에서와 같이 캘린더링의 압력 상승이 백지 광택 및 인쇄 광택에도 긍정적으로 미치는 것으로 나타났다.

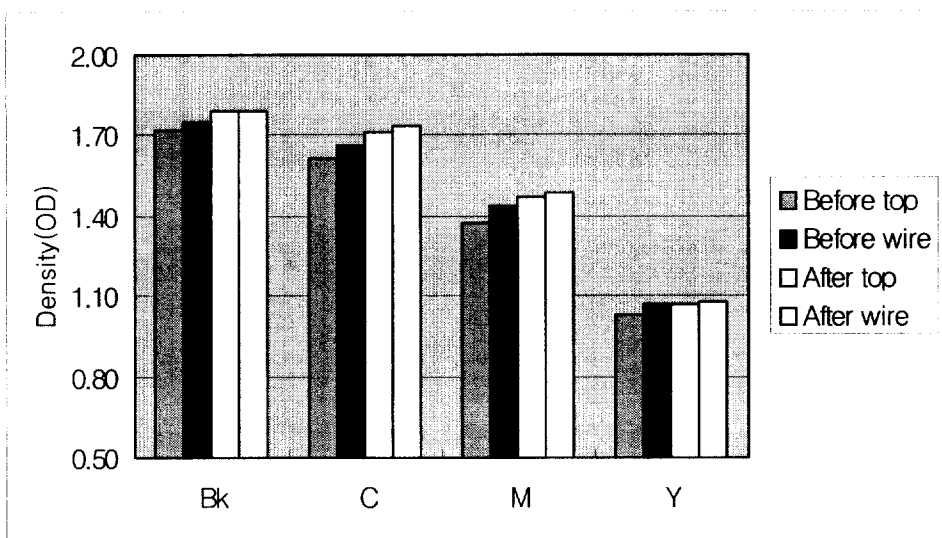


Fig. 40. Results of printed density for 150g/m² coated paper.

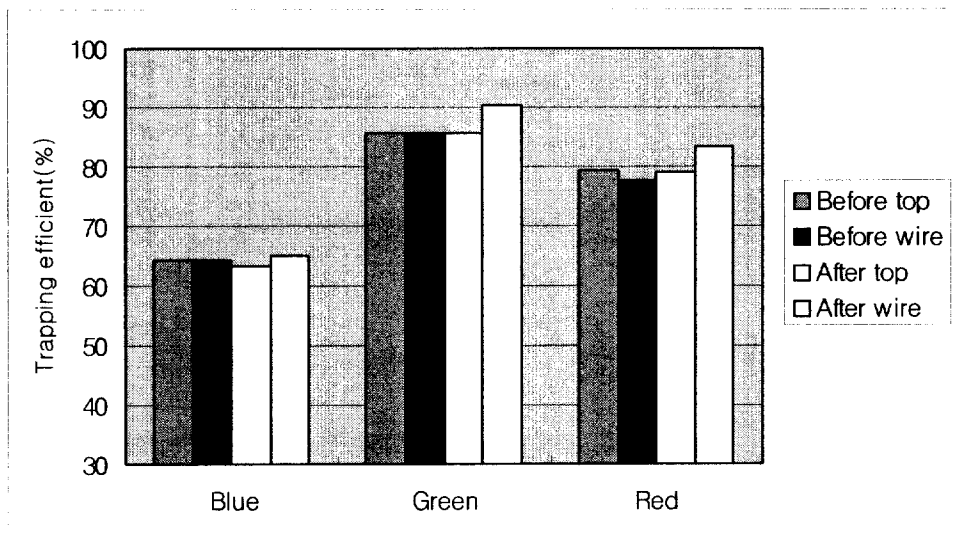


Fig. 41. Results of printed trapping for 150g/m² coated paper.

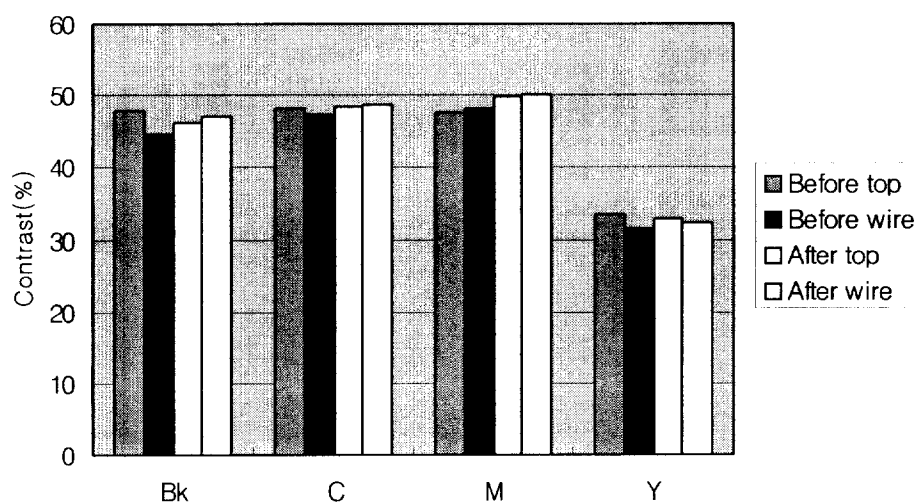


Fig. 42. Results of printed contrast for 150g/m² coated paper.

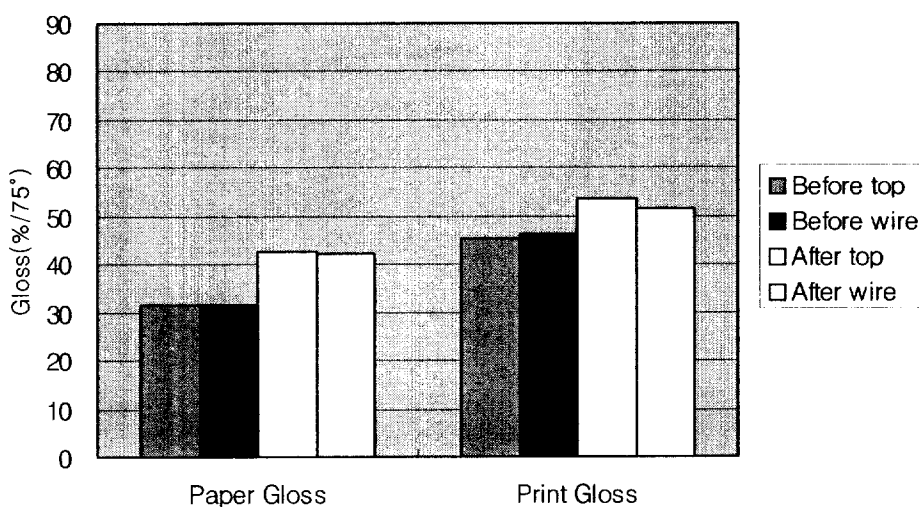


Fig. 43. Results of printed gloss for 150g/m² coated paper.

4-5-3. 고평량 코트지(250g/m')의 인쇄적성

고평량 아트지에서 캘린더링의 압력 변화는 종이의 물성에서 큰 편차를 보이지 않았으며 접촉각의 차이와 wet 잉크 흡수성에서 작은 차이를 보였는데 실제 인쇄 결과 Fig. 44와 같이 인쇄농도가 감소하는 wet 잉크 흡수성과 유사하게 나타났다. 이는 저평량 아트지에서와 동일한 원인으로 사료된다.

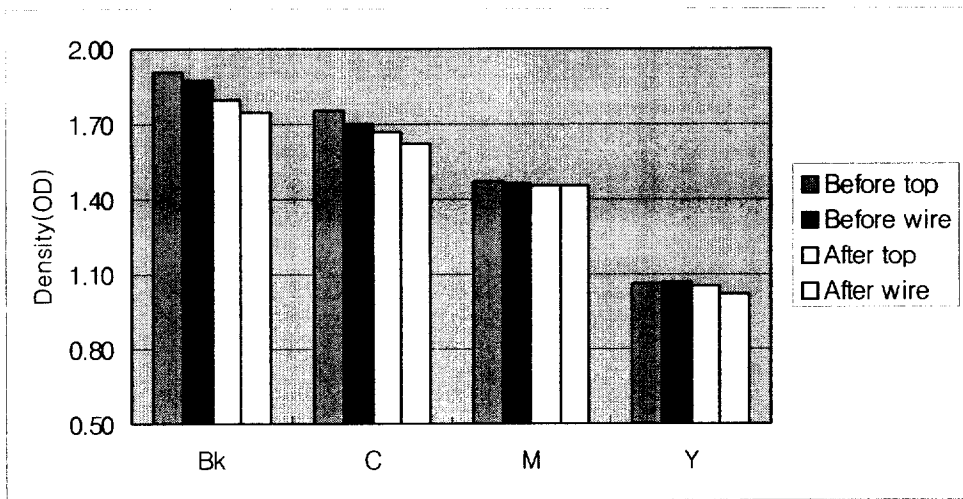


Fig. 44. Results of printed Density for 250g/m' coated paper.

저평량 코트지와 마찬가지로 캘린더링 선압이 상승함에 따라 고평량 코트지에서도 중첩효율은 Fig. 45와 같이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 민짜 인쇄의 농도가 저하함에 따라 중첩효율이 개선되는 것으로 사료된다.

고평량에서 실제인쇄 결과 Fig. 46과 같이 콘트라스트의 차이는 1.7%수준으로 큰 변화가 없는 것으로 확인되었다.

고평량 아트지 생산시 캘린더링의 조건 변화는 백지 광택과 인쇄광택에서 Fig. 47과 같이 일관된 결과를 보여주지 못하고 있다. 종이 물성의 측정은 종이 생산 직후 실험실에서 하였으나 실제 인쇄물의 광택 측정은 인쇄 후 수거된 샘플을 측정하게 되므로 이동 과정에서 오염 등의 불안정 요인이 있으며 이로 인하여 측정값의 일관성이 나타나지 않은 것으로 판단된다.

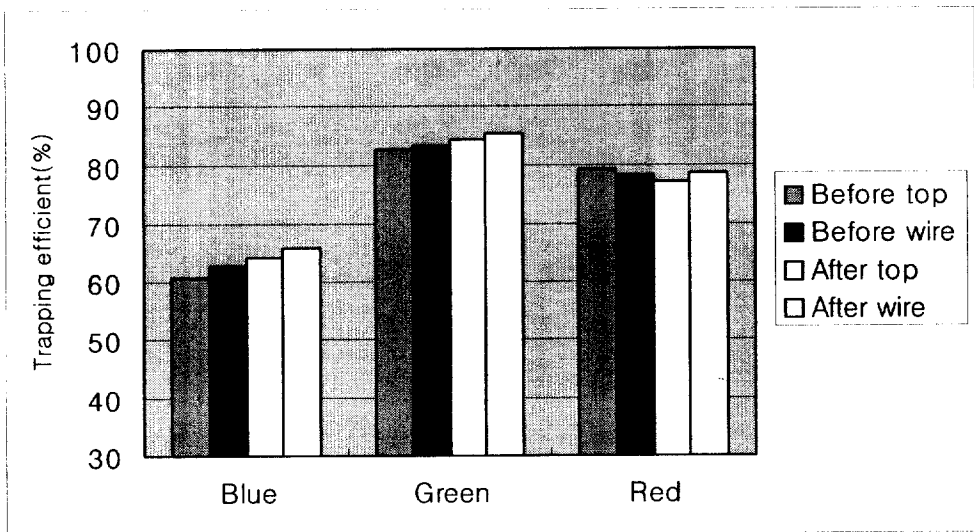


Fig. 45. Results of printed trapping for 250g/m² coated paper.

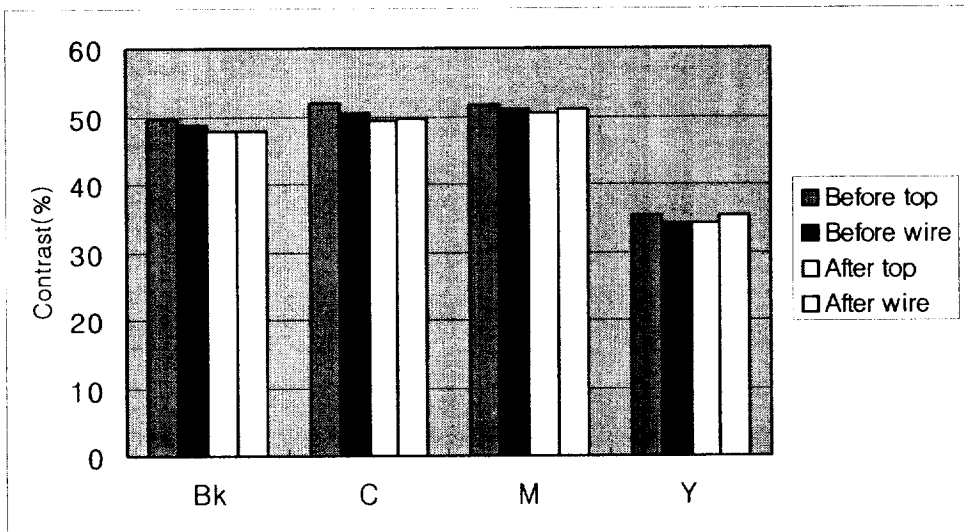


Fig. 46. Results of printed contrast for 250g/m² coated paper.

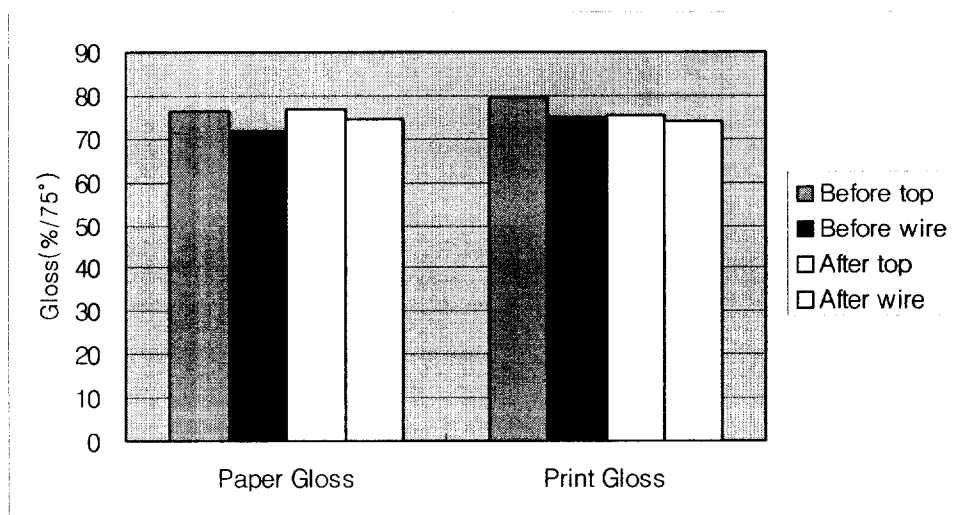


Fig. 47. Results of printed gloss for 250g/m² coated paper.

5. 결 론

캘린더링은 신문 용지 및 모든 용지의 제조공정의 최종 공정이며, 이는 인쇄 용지의 표면특성에 큰 영향을 미친다. 캘린더링 조건에 의하여 변화되는 용지의 물성과 이에 따른 인쇄와의 상관관계를 연구함으로써 용지 제조공정의 최적 캘린더링 조건을 찾았고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 초지공정의 모든 조건을 동일하게 유지하고 캘린더링의 온도와 압력을 변화하였을 때 bulk는 온도와는 비례하고 압력과는 반비례하는 것으로 나타났으며, 압력보다는 온도에 더 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다. 비도공지의 캘린더링 온도와 압력의 조건변화는 불투명도, 평활도에는 큰 영향을 주지 못하는 반면 기공도, bulk, 거칠음도에는 많은 영향을 미치며 특히, top-side보다는 wire-side에 더 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다.

2. 도공지의 경우 캘린더링의 선압이 증가하면 잉크농도는 감소하게 되지만 용지의 표면특성인 백색도, 평활도가 상승하고 wet 트래핑 적성이 좋아져 실제 인쇄시 모틀개선의 효과가 있음 알 수 있었다.

3. 캘린더링은 용지의 특성을 향상시키고 인쇄적성도 향상시키기는 하지만 조건을 너무 높은 온도나 압력을 가하면 종이의 표면 특성이 변화하여 수리성, 전이성, 뒷문음등 인쇄적성에 악영향을 미쳐 인쇄적성이 나빠짐을 알 수 있었다.

본 연구에서 비도공지의 캘린더링 최적조건은 압력 55KN/m일 때 온도 130℃이며, 도공지의 경우 120g/m²에서는 온도가 80℃~100℃일때 160KN/m이며, 150g/m²에서는 55KN/m이고 250g/m²에서는 125KN/m가 가장 좋은 인쇄적성을 보여주는 캘린더링 조건임을 확인하였다.

참고문헌

- 1) J. Gullichsen and H. Paulapuro, Papermaking Science and Technology, Book 10 : Papermaking Part3, pp. 14~35, 2000
- 2) R. D. Harvey and T. Small, Surfer Sizing Agent, *Chemical Processing Aids in Papermaking*, pp. 82~91, Tappi Press (1992)
- 3) R. H. Crotogino, Supercalendered and Conventionally Calendered Newsprint, *Tappi Journal*, pp.101~105 (1981)
- 4) Hansol Paper Co. Ltd, Fundamental of Paper Making Technology, pp. 229~303, Institute of Hansol Technology, 1991
- 5) H. L. Lee, S. Y. Lee and K. S. Park, Evaluation of Nip Pressure Profile and Analysis of Heat Tranfer on Soft Nip Calender, *K-Tappi*, Vol. 32(2) (2000)
- 6) J. P. Casey, Pulp and Paper, *Chemistry and Chemical Technology*, 3rd Ed, Vol 4, pp. 2172~2173 (1983)
- 7) R. Vyse, J. Backstrom, P. Neill and T. Steele, Supercalender Control Strategies, *Tappi Spring Technical Conference & Trade Fair*, pp. 301~303 (2003)
- 8) D. I. Lee, A Fundamental Study on Coating Gloss, *Tappi Coating Conference Proceedings*, pp. 97 (1974)
- 9) A .G. Hiorns, N. J. Elton, L. Coggon and D. J. Parsons, Analysis of Differences in Coating Structure Induced through Variable Calendering Conditions, *Tappi Coating Conference proceeding*, pp .583~602 (1998)
- 10) J. P. Casey, Pulp and Paper, *Chemistry and Chemical Technology*, 3rd Ed, Vol 4, pp. 2183 (1983)
- 11) T. Kishida, T. Fukui, K. Azuma and S. Kanou, Influence of Coating Pore Structure and Ink Set Property on Ink Dryback of Sheet-fed Offset Printing, *Tappi Coating & Graphic Arts Conference & Trade Fair*, pp. 213~229 (2001)
- 12) ISO, 5-3:1995(E)
- 13) J. P. Casey, Pulp and Paper, *Chemistry and Chemical Technology*, 3rd Ed, Vol 4, pp. 2178 (1983)

- 14) H. J. Saarelma and P. T. Oittinen, Fundamentals of Printing Technology, p. 190, Helsinki Univ of Tech, 1994
- 15) D. Bann & J. Gargan, How to Check and Correct Color Proofs, pp. 67~77, Quarto Publishing plc, 1994
- 16) G. A. Bassinger, Test form Analysis User Guide Book, pp. 3~17, GATF, 1997
- 17) M. G. Lee, A Study on the Improvement of Printability for the Offset Printing Press in Korea, pp .20~27, Pukyong Univ, 2005

감사 의 글

이 논문을 발표할 때까지 많은 분들의 도움이 있었습니다. 일일이 찾아 뵙고 인사를 드려야 하지만 지면으로나마 도와 주신분들께 진심으로 감사의 마음을 전합니다.

우선 이 논문의 큰 틀과 나아갈 방향을 제시해주시고 지도해주신 윤종태 지도 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 논문 심사를 해주신 구철회 교수님, 남수용 교수님께도 감사드립니다. 또한, 제가 논문을 쓸 수 있도록 함께 실험하며 적극적으로 도와 주신 이만교 박사님, 하영백 박사님, 신호제지 이세현 연구원, 한솔제지 전성재 선임연구원께 머리 숙여 감사를 드리며, 지금껏 공부 할 수 있도록 도와주신 (주)중앙문화인쇄 유영호 사장님, (주)지피피 구종회 회장님, (주)태신인팩 서명현 사장님, (주)대한프린테크 황선관 사장님, (주)인컴 신관중 사장님, (주)굿프린팅 서한근 부사장님, (주)아이템플 장윤환 이사님, 삼육인쇄(주) 서준모 사장님, (주)원당 도경호 부사장님, 대륙상사 이천수 사장님께 감사 드리며 특히 제가 지금껏 공부 할 수 있도록 길을 열어주시고 적극 후원해주신 (주)대원잉크화학 김성미 사장님께 진심으로 감사 드립니다.

그 동안 함께 하며 도와준 인쇄적성실 이순심님, 이미정님 그리고 업계에서 항상 많은 도움이 되어 주신 신은주 과장님, 위명복 공장장님, 문건실 부장님, 김재현 과장님, 박종훈 대리님, 홍기안 연구원님께 감사의 마음을 전하며 저를 믿고 따라주고 제가 공부할수있도록 자기자리에서 묵묵히 일해준 (주)자이텍인터내셔널 배성균님, 우난경과장님께도 진심으로 감사의 마음을 전합니다. 아울러 제가 대학원까지 진학 할 수 있도록 이끌어 주신 친구대 오성상 교수님께 진심으로 감사 드립니다.

그리고 못난자식을 사랑으로 지켜봐주시며 저에게 항상 힘이 되어주시는 아버지 權正好님, 어머니 李胎姬님, 聘父 禹珍默님 께 감사드리며 결혼후 10년 동안 아무 불평없이 큰딸 세정이 와 아들 세인이를 키우면서 제가 공부할 수 있도록 뒤에서 묵묵히 지켜준 사랑하는 아내 禹乃權 님에게 진심으로 감사의 마음을 전합니다.

이외에도 이번논문에 도움을 주신 모든 분들께 감사의 마음을 전하며, 마지막으로 저를 올바른 길로 인도하시고 공부시키기 위해 당신의 모든 것을 다 바치시고, 저를 지극히도 아끼시고 사랑 하셨던 祖父 故 權重烈 님과 저를 각별히 사랑해 주셨던 聘母 故 朴洪順 님의 영전에 이 논문을 바칩니다.

2005년 12월
(주)자이텍인터내셔널
權寧浚 拜上