

도공지 흡수성 조절에 따른 인쇄 모틀 개선에 관한 연구

이세현, 김용식, 유성종, *윤종태

신호제지(주) 중앙연구소, *부경대학교 공과대학 화상정보학부

A Study on the Prevention of Print Mottle by Means of the Liquid Absorptivity Controlling in Coated Paper

*Se-Hyun Lee, Young-Sik Kim, Sung-Jong Yoo, *Jong-Tae Youn*

Shinho Paper MFG co., R&D Center

*Division of Image and Information, College of Engineering, Pukyong National University

Abstract

Development of the paper coating technologies to prevent print mottle is needed to obtain high quality printing. Printing mottle is recognized as the most common printing problems in using coated paper and which is one of the most difficult problems to solve in offset printing. Print mottle is one of the most important quality properties of printed products and manufacturers strive to improve the paper surface to gain higher and more even print mottle. The prevention of printed mottle requires of coating color formation, especially the minimum of binder migration. The results the uniformity of liquid absorption by paper at very short contact time between paper and testing printing liquids.

1. 서 론

다색 오프셋인쇄(off-set printing)에서 인쇄적성은 인쇄용지의 품질 가운데 매우 중요한 의미를 가진다. 특히 근래에 들어 다색인쇄가 보편화 되고 고속화됨에 따라 육안으로

관찰되는 인쇄 재현성이 고급화 되면서 인쇄품질에 대한 소비자의 요구가 다양해지고 있는 실정이다.¹⁾ 인쇄적성이 우수한 도공지를 원하는 소비자의 욕구가 증가하면서 제지 업체에서는 새로운 도공기술의 개발과 함께 품질표준화를 통하여 보다 화려하고 인쇄적성이 우수한 도공지를 생산하고 있는 실정이다.²⁾ 일반적으로 도공지는 비도공지에 비하여 백색도, 불투명도, 광택도 등이 우수하여 외관이 수려할 뿐만 아니라 표면 평활성, 망점재현성, 잉크 세트성 등의 인쇄적성이 우수하다.

도공지는 비도공지에 비해 인쇄 작업 시 나타날 수 있는 문제점인 픽킹(picking), 세트 오프(set-off), 밀킹(milking), 모틀링(mottling) 등과 같은 인쇄결함이 빈번히 발생하고 있는 실정이다. 여러 형태의 인쇄결함 중에서 인쇄 모틀(print mottle)은 현재 가장 널리 사용되는 인쇄방식인 오프셋인쇄에서 도공지를 다색 인쇄할 경우에 단색 인쇄부나 망점 인쇄부가 균일한 색상이나 인쇄광택을 나타내지 못하고 얼룩진 상태로 인쇄되는 인쇄결함을 의미하는데 이는 도공지 인쇄 시에 가장 흔히 발생하는 매우 중요한 인쇄 결함이다.

인쇄 모틀이란 잉크가 종이에 균일하게 인쇄되지 않고 작은 얼룩점으로 불균일하게 나타나며, 육안상으로도 색상과 농도차가 나타나 불균일한 연속적 형태의 인쇄면을 형성하게 되는 현상으로 단색 인쇄부나 망점 인쇄부에서 균일한 색상을 나타내지 못하며 불규칙하게 나타난다. 이러한 인쇄 모틀을 개선하기 위해서는 원지의 지합, 도공액(도공액 고형분 등) 건조 공정 등을 고려하여 불균일한 바인더 마이그레이션을 억제하는 것이 제안되고 있다.²⁾

인쇄 모틀의 발생 원인으로는 잉크, 습수 및 피인쇄체인 종이에서 찾아볼 수 있으며 인쇄기 자체의 온도나 운전조건도 인쇄 모틀에 영향을 미친다.³⁾ 도공지의 경우가 비도공지 비해서 인쇄 모틀이 발생할 확률이 크게 높는데 이는 잉크와 습수를 받아들일 때 도공지 제조상 불균일한 면을 형성하기 때문이다.

인쇄시의 인쇄 모틀은 매엽인쇄기와 운전인쇄기에서 잉크, 습수, 온도 등과 같은 다양한 변수들에서 많은 영향을 미치는 것으로 보이고 있으며, 특히 잉크의 레올로지 특성과 습수로 사용되는 습수액의 화학적 특성, 그리고 고속인쇄 시 시간흐름에 따른 여러 가지 온도의 변화에 영향을 받는 것으로 판단되어 이에 대한 연구가 동시에 진행되고 있다.³⁾

도공지에서 발생하는 문제점은 도공지를 제작할 때 사용되는 코터기의 종류와 다양한 도공액의 성분 등 다양한 인자들이 복합적으로 영향을 받고 있다. 특히 도공액을 구성하는 성분 중에서 안료로 첨가되는 탄산칼슘과 클레이 조합에 의해 공극크기(pore size)와 공극 체적(pore volume)의 분포는 다색 오프셋 인쇄 시 잉크와 습수의 침투거동 차이에 밀접한 관계가 있다. 또한 도공층을 형성하는 공극 크기와 작은 기공도가 광택에 영향을 주게 되는데 잉크가 세팅된 후 나타나는 인쇄 후 색상과 광택 등^{4), 5)}에서 연관되어 나

타나며 불균일한 바인더 마이그레이션에 의한 불균일한 도공층 형성 등에도 밀접하게 관련 되어 있어 이러한 영향인자에 대한 연구가 꾸준히 진행되어 오고 있다.

블레이드 도공에서 불균일한 바인더 마이그레이션은 종이의 요철, 불균일한 물 침투성의 요인으로 도공직후 원지의 물 침투성이 낮은 부분에 물의 이동이 불규칙하게 일어나 도공층에 바인더가 불균일하게 분포하게 되고 오프셋 인쇄 시 불균일한 습수의 침투성을 유발하게 된다.⁶⁾ 따라서, 본 연구에서는 초지 조건 중 도공지의 원지 사이즈도에 변화를 주어 바인더 마이그레이션을 조절함으로서 도공층 형성구조에 따라 도공지에서 발생하는 인쇄모들의 현상 개선을 이루고자 하였으며, 도공지 원지의 품질에 영향을 미치는 원지의 강도적 성질 및 광학적 특성, 표면 특성, 흡수성 및 균일성에 대한 원인에 대하여 조사함으로서 인쇄모들 발생 원인을 파악하였으며, 또한 도공층을 형성하는 도공성분이나 건조과정에 의해서 많은 영향을 받게 되므로 본 연구에서는 제지업체에서 일반적으로 널리 쓰이는 중질탄산칼슘(ground calcium carbonate : GCC)과 클레이(US No.2 클레이)를 사용하여 안료 배합에 따른 도공층 구조의 변화를 통해서 인쇄 모듈 현상의 개선 가능성에 대하여 연구 하였다.

2. 실험

2-1. 실험 재료

도공액의 성분을 조절하여 코팅하기 위해 사용된 원지는 85g/m²으로 제작되었으며 탄산칼슘의 평균 입자사이즈 1.06 μ m (KFMT-95HS, 95%<2 μ m, 태경산업)와 US No.2 클레이(hydragloss E, hubber사)를 table 1에서 나타난 입자크기와 비율의 안료를 사용하였다. Fig. 1에서 중질탄산칼슘과 클레이의 입자사이즈와 분포를 나타내었다. 바인더는 S/B Latex (KSL-230, 금호석유화학)를 안료(중질탄산칼슘/클레이)의 고형분 농도 100part 대비 12part 고정하여 도공액을 제조하였다.

Table 1. The particle size and fraction of GCC and Clay

particle size		GCC	Clay
< 10	μ m	0.646	0.15
< 50		1.044	0.31
< 90		1.766	1.78
Avg. particle size (Norm Dist 50%, micron)		1.062	0.40
surface area	m ² /cm ²	7.213	22.84

평균 입자 사이즈는 GCC가 1.062 μm 이고 클레이는 0.4 μm 이지만 표면면적은 클레이가 22.84 m^2/cm^3 로 GCC의 7.213 m^2/cm^3 와 비교하여 입자 사이즈는 작으나 표면면적이 큰 분포를 나타내고 있다.

Table 2. The properties of coated paper according to the color formulation

GCC/Clay		50/50	70/30	80/20	90/10	100/0	
Coating Formulations	GCC, pph	50	70	80	90	100	(95% < 2 μm)
	US #2 Clay, pph	50	30	20	10	0	
	S/B Latex, pph	12	12	12	12	12	
Coating Properties	Solid Content, %	68	68	68	68	68	mPas (#4, 60rpm) 2atm, 1min cps(6000rpm, E bob)
	Brookfield Viscosity	2210	1800	1620	1560	1440	
	pH	8.62	8.75	8.85	8.82	8.8	
	Water Retention, g/m^2	116	120.5	126.25	146.25	162.5	
	High Shear Viscosity	35.4	38.5	44	40	33.5	

중질탄산칼슘/클레이 비율을 50/50, 70/30, 80/20, 90/10, 100/0으로 각각 조절하여 도공액을 조제하였으며 도공액의 물리적 특성은 table 2와 같이 나타났다. 클레이의 비율이 올라감에 따라 저전단 점도(brookfield viscosity)는 증가되는 경향을 보였으며 보수성은 떨어지는 것을 알 수 있었다.

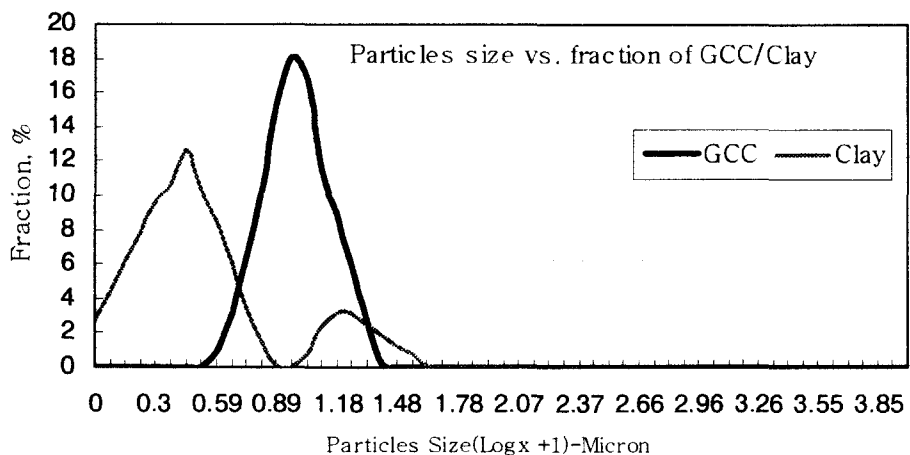


Fig. 1. The particles size and fraction of GCC/Clay.

2-2. 실험 방법

탄산칼슘과 클레이의 배합을 조정하여 도공액을 제조하고 도공액의 Brookfield viscosity (No. 4 spindle, 60rpm)와 pH, 농도, 보수도, 고전단 점도(High shear viscosity)를 측정하였다. 도공지의 제작은 table 3와 같이 반자동 시트 코터를 이용하여 코팅 하였고 이때 도공량은 18g/m^2 편면 코팅 후 캘린더(calender)를 이용하여 2회 통과시켜 도공층 표면을 균일하게 하였으며 table 3과 같은 조건으로 제작하였다.

Table 3. The conditions of experimental SMT coater and calender

parameters		experiment
coater conditions	coating unit	blade type
	coating speed, mm/sec	1600
	dry time, sec	7
	dry temperature, °C	125
calender conditions	roll temperature, °C	43
	pressure, kgf/cm ²	2

도공지의 평량, 두께, 거칠음도(roughness, PPS, 1MPa), 색상(ISO brightness, CIE whiteness, elrepho), 광택(TAPPI 75°, paperlab) 등을 측정하였으며 prufbau 인쇄적성 실험기(KRK사)를 이용하여 잉크필름두께(ink film thickness)는 2g/m^2 으로 하였고, 잉크 전이량 및 잉크 수리성을 반사농도계(gretagmacbath, DI9C)를 이용하여 측정하였다. 도공층의 물에 대한 흡수성을 측정하기 위하여 Penetration dynamics analyzer의 fig. 2에서 나타난 PEA Module(emtec electronic사)을 사용하여 흡수성 편차로 모듈 발생 정도를 예측하였으며 전자현미경(scanning electron microscope)을 이용하여 도공지의 표면 상태를 확대하여 관찰하였다.

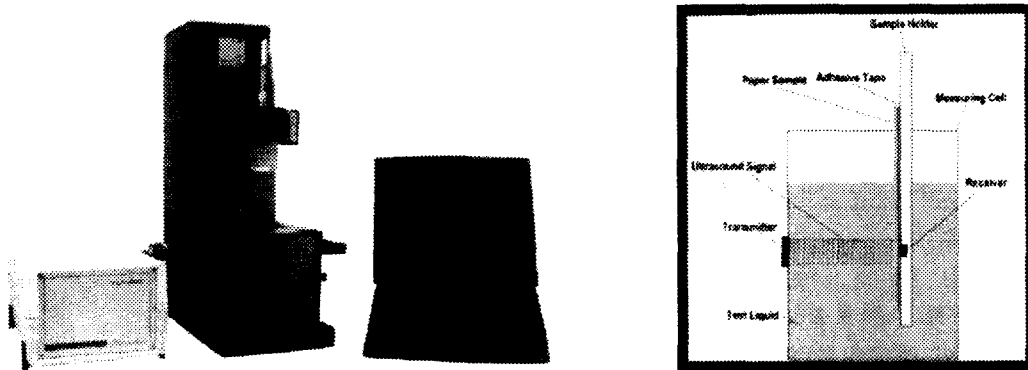


Fig. 2. Measuring device Emtec PDA (Print evenness analyzer).

3. 결과 및 고찰

3-1. 중질탄산칼슘/클레이 배합변경에 따른 도공지 물성결과

도공지의 제작 후 각각의 물리적, 광학적, 인쇄적성을 측정된 결과 table 4와 같이 중질탄산칼슘의 비율이 증가 할수록 밝은 색상 특성을 보였으며, 중질탄산칼슘이 증가됨에 따라 광택은 떨어지는 결과가 나타났으나 잉크 농도는 높게 나타났다.

콤팩트 사이즈도 측정 결과 중질탄산칼슘의 배합이 높아짐에 따라 콤팩트 사이즈도는 떨어지는 것으로 나타났다. 거칠음도는 중질탄산칼슘/클레이의 비율이 70/30인 경우 1.12 μ m로 면이 가장 우수하였으며 백지광택 및 인쇄 후 광택이 우수한 것으로 나타났는데 안료의 배합에서 가장 적절하게 섞이게 되어 밀도가 높아짐에 따라 우수한 면을 재현하였을 것이라 판단된다. 중질탄산칼슘의 사용량이 많을수록 탄산칼슘이 가지고 있는 색상이 클레이 대비 높은 백색도를 가지고 있으므로 광학적 특성과 인쇄적성이 우수한 결과를 보인 것으로 사료된다.

Table 4. The properties of coated paper

GCC/Clay		50/50	70/30	80/20	90/10	100/0	
BP Grammage	g/m ²	85.0	85.0	85.0	85.0	85.0	TAPPI T-410
CP Grammage	g/m ²	103.3	102.9	102.5	102.9	103.1	
Coated Weight	g/m ²	18.3	17.9	17.5	17.9	18.1	
Thickness	μ m	95.6	94.3	94.3	94.6	94.8	TAPPI T-411
Bulk	cm ³ /g	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	
Density	g/cm ³	1.08	1.09	1.09	1.09	1.09	
Roughness - 1MPa	μ m	1.16	1.12	1.15	1.15	1.22	L & W
Cobb Test	g/m ²	35.2	33.7	33.5	31.2	31.6	TAPPI T-441
L*	L/D	93.72	93.99	94.17	94.35	94.51	Elrepho
a*	R/G	-0.47	-0.21	-0.09	0.07	0.26	
b*	Y/B	2.42	1.36	0.95	0.44	-0.07	
CIE Whiteness, D65	%	75.2	82.08	84.95	88.79	92.39	SCAN P-66
ISO Brightness, C	%	81.66	83.6	84.54	85.57	86.6	ISO-2470
Paper Gloss	%	77.60	76.5	74.20	70.70	63.00	PaperLab, 75° Gloss TAPPI T-480
Print Gloss	%	90.9	93.0	90.5	88.2	86.1	
△ Gloss	%	13.30	16.5	16.30	17.50	23.10	
Ink Receptivity	O.D	1.83	1.86	1.87	1.88	1.89	Prufbau, Densitometer
Mottle Index		0.00241	0.002128	0.005908	0.00398	0.00156	PDA

3-2. 도공지의 액체침투성에 따른 인쇄 모듈 특성

도공층의 불균일한 안료 및 바인더의 형성에 의하여 오프셋 인쇄 시 발생하는 불균일한 습수의 침투로 인한 인쇄 모듈의 발생을 측정된 결과 fig. 3에서 나타난 중질탄산칼슘/클레이를 50/50 으로 조제한 샘플에서 나타난 그래프와 같이 가장 불균일한 침투 특

성을 나타내었으며, 이러한 결과는 판상형의 클레이와 방사형의 중질탄산칼슘이 불균일하게 혼합되면서 바인더와 함께 부피가 증가하면서 불균일한 도공층이 형성된 것으로 판단되며 fig. 5와 같이 중질탄산칼슘만을 사용한 제품의 경우가장 균일한 결과를 보였으나 평활성이나 광택 등에서 열악하여 단독으로 사용할 경우 우수한 도공지의 품질을 기대하기는 어렵다. 그러나 모듈 특성에는 우수한 것으로 나타났는데, 이는 중질탄산칼슘 함량이 증가함에 따라 보다 균일한 안료구조를 갖게 되어 도공층이 균일하게 형성된 것으로 판단된다. Fig. 4에서 나타난 중질탄산칼슘/클레이의 70/30의 배합에서도 모듈 특성이 우수한 것으로 나타나는데, 이는 판상형의 클레이와 방사형의 중질탄산칼슘의 배합이 가장 우수한 표면 특성을 형성하여 나타난 결과로 사료된다.

Table 5에서 나타낸 모듈 지수는 중질탄산칼슘 100%를 사용하였을 경우 가장 높은 모듈 지수를 나타내고 있으며 중질탄산칼슘/클레이의 비율 70/30의 비율에서도 우수한 모듈 지수를 나타내고 있다.

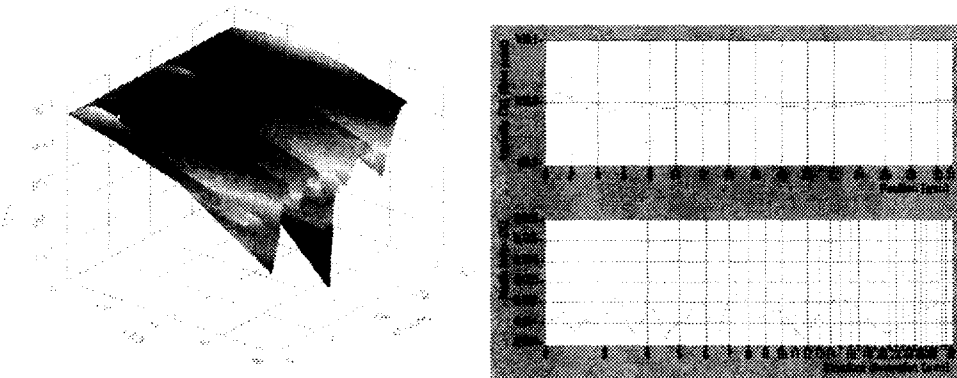


Fig. 3. The result of non-uniformity of liquid absorption I (GCC 50/Clay 50).

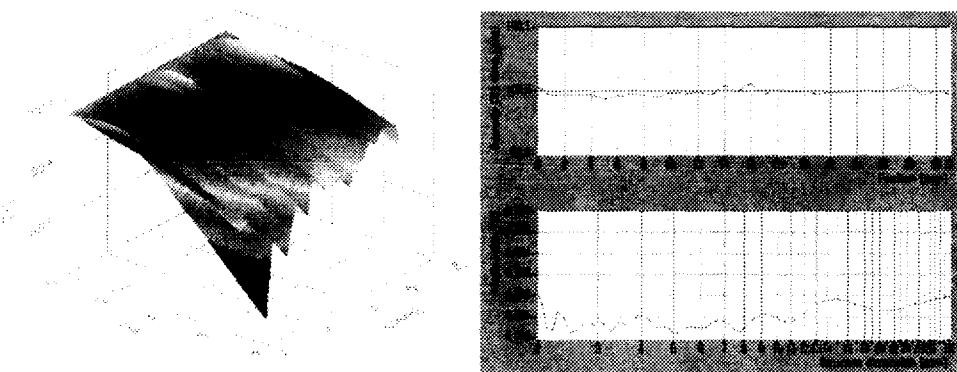


Fig. 4. The result of non-uniformity of liquid absorption II (GCC 70/Clay 30).

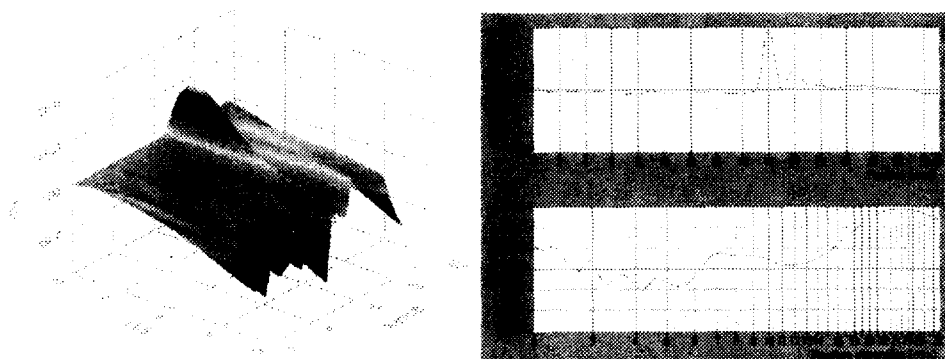


Fig. 5. The result of non-uniformity of liquid absorptionⅢ(GCC 80/Clay 20).

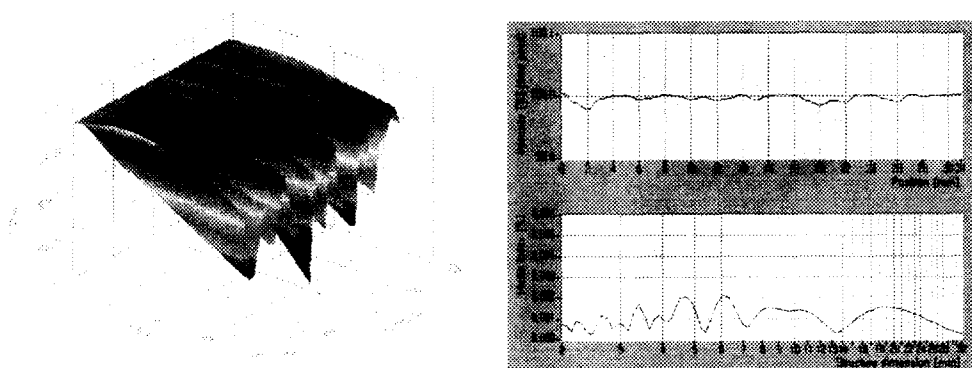


Fig. 6. The result of non-uniformity of liquid absorptionⅣ(GCC 90/Clay 10).

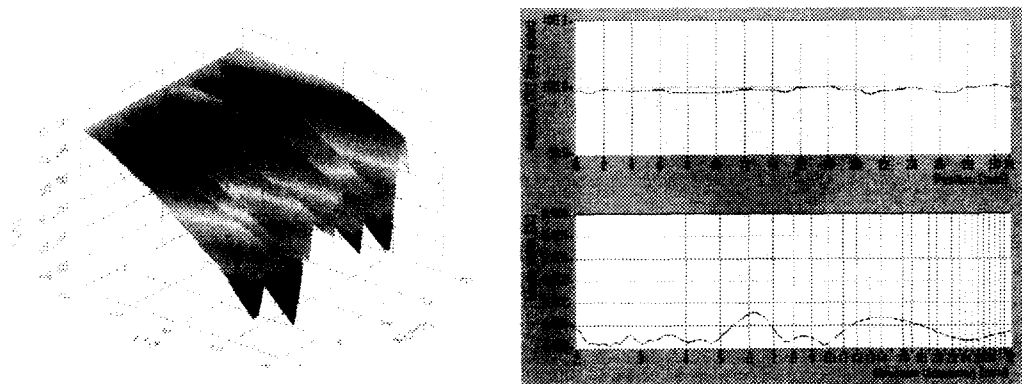


Fig. 7. The result of non-uniformity of liquid absorptionⅤ (GCC 100).

Table 5. The result of mottle index

GCC/clay	50/50	70/30	80/20	90/10	100/0
variance, %	0.000006	0.000005	0.000011	0.000008	0.000004
mottle index	0.00241	0.002128	0.005908	0.00398	0.00156

4-2-3. 도공지의 표면 구조의 형태

Fig. 8에서 보이는 SEM 측정결과 증질탄산칼슘/클레이의 비율이 70/30에서 가장 많은 Pore size와 분포를 나타내고 있으며 증질탄산칼슘 비율이 높아질수록 공극의 분포가 줄어들어 가는 것을 확인 할 수 있었다.

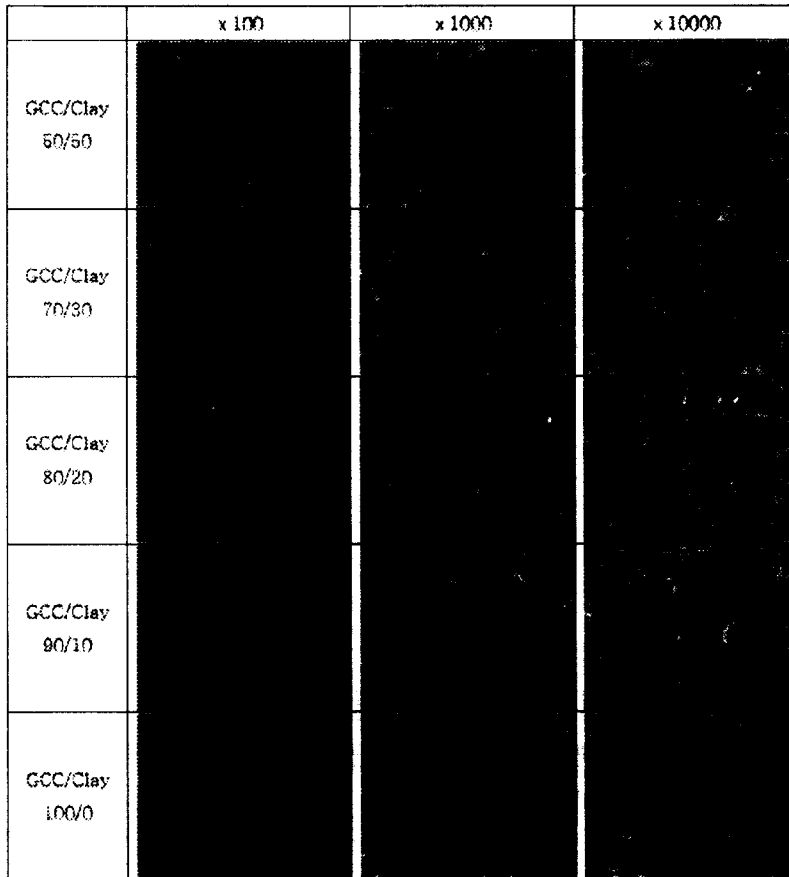


Fig. 8. SEM Images of paper surfaces.

4. 결 론

도공층 구조를 조절하여 도공지가 물을 흡수하는 특성을 파악하고 이에 따른 인쇄 모틀에 대한 영향을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 안료의 종류와 배합에서 중질탄산칼슘과 클레이 비율이 70/30에서 우수한 거칠음도 ($1.12\mu\text{m}$)와 모틀 지수를 얻을 수 있어 고품질의 제작에 도움이 되는 배합을 발견하였다.
- 2) 도공지의 도공 원료에 클레이를 많이 사용할 경우 액체 침투성이 불균일하여 인쇄 모틀이 발생될 가능성이 증가하지만, 반대로 도공지의 우수한 품질을 재현 수 있는 백지광택과 거칠음도 등은 증가하는 것을 알 수 있었다.
- 3) 도공 원료에 탄산칼슘의 사용량이 증가 할 경우 비례적으로 광학적, 인쇄수리성이 올라가는 경향을 보이지만, 반대로 거칠음도와 백지광택, 콤팩 사이즈도 등은 떨어지는 것으로 나타났다. 그러므로 고품질의 인쇄용지에 중질탄산칼슘을 단독으로 사용하기에는 문제점이 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서 실험결과를 토대로 종합적으로 판단하면 도공액을 형성하는 안료의 배합은 도공지의 표면특성과 광학적 특성, 물리적 특성에 영향을 미치게 되며 습수에 의한 인쇄적성에 많은 영향을 미친다. 따라서 우수한 품질의 도공지 제조를 위해서는 적절한 안료의 배합과 특성에 따른 가공기술을 가지는 것이 중요하며, 보다 균일한 도공층의 표면구조를 형성하기 위해서는 사용되는 용도 및 등급에 적합한 안료 배합비를 찾는 것이 중요 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Kenichi Yamazaki, Tetsuo Ishikawa and Yoshihiko Hattori, Fundamental Study on Ink Mottling, Japan Tappi Journal, p. 24~28 (1993).
- 2) Tsutomu Kouno, A Study of Print Mottle(Effect of Under Coated Layer on Double Coated Paper), Japan Tappi Journal, p. 82~87 (2002).
- 3) Amelie Benoist, Anne Blayo, Bernard Pineaux, John Lind : The Effect of Applying Various Temperatures on the Sheetfed Press on the Resulting Print Quality, TAGA Proceedings, p. 522~541 (2002).
- 4) Donigian, D. W., Ishley, J. N. and Wise, K. J. : Coating pore Structure and Offset

Printed Gloss, Tappi J. 80(5), 163 (1997).

- 5) Glatter, T. and D.W. Bousfield, Print Gloss Development on a Model Substrate, Tappi Journal., 80(7) : p. 125~132 (1997).
- 6) Timo Kiiha, Petri Hakanen, Jussi Kangas, Henrik Sunde, Mill Experiences with a new improved short dwell coating head, 2002 Coating and Graphic art conference and trade fair, p. 63~74 (2002).
- 7) Youn, J. T., Introduction to printability, Pukyong University. p. 83~88, 312~323 (2004).
- 8) U. Forsström, E. Saharinen, R. J. Dickson, K. Fagerholm, Coatweight Formation and Coating Color Liquid Phase Penetration in Film Coating, 2002 Coating and Graphic art conference and trade fair, p. 171~186 (2002).
- 9) Youn, J. T.. Introduction of printing science, Pukyong University. p. 127~135 (1995).