

塗工 顔料의 混合과 增粘劑의 特性이 塗工紙의 光澤 發顯性和 構造的 特性에 미치는 影響(I)

- 塗工 顔料의 混合이 物性에 미치는 影響 -

박 종 열*¹ · 이 학 래*² · 김 병 수*³ · 정 현 채*⁴

Effects of Pigment Blending and Thickener Characteristics on Calendering Response and Structure of Coated Paper

- Effect of Pigment Blending on Coating Properties -

Chong-Yawl Park*¹, Hak Lae Lee*², Byeong-Soo Kim*³ and Hyun-Chae Jung*⁴

ABSTRACT

The aim of this work was to investigate the effects of pigment composition on the calendering response and structure of the coated paper. Calendering response of the coated paper was determined from the gloss values of the uncalendered and calendered coated papers, and the relationship between gloss and coating structure was discussed.

The surface and cross section of the coating layer was observed using a scanning electron microscope to examine the coating structure. Coating layers were hardened in epoxy resin and polished with carbimet paper disc for preparing SEM samples.

Maximum calendering response was obtained for the coated paper prepared from 80pph of clay and 20pph of ground calcium carbonate (GCC) as pigments. Photomicrographs of the surface and cross section of the coating layer show that clay tends to form dense coating structure, while GCC tends to form bulky coating layer.

1. 서 론

제지 도공은 안료와 접착제 그리고 여러 가지

기능성 첨가제들로 구성된 도공액을 이용하여 평
활성과 광학적 성질을 개선하고 인쇄 적성을 향상
시키는 데 주요한 목적이 있다. 제지 도공의 대표
적인 안료로서 클레이가 사용되어 왔으나 근래에

*1 경상대학교 산림과학부 임산공학과 (Dept. of Forest Products, Gyeong Sang National Univ., Chinju 660-701, Korea).

*2 서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과 (Dept. of Forest Products, Seoul National Univ., Suwon 441-744, Korea).

*3 메인 유니버시티 화학공학과(Post Doctor) (Dept. of Chemical Engineering, PSSP, University of Maine, Old Town, ME 04468, USA).

*4 순천대학교 산림자원학과 (Dept. of Forest Resources, Sun Chon National Univ., Sunchon 540-742, Korea).

들어 도공 작업성 및 인쇄 적성의 개선을 목적으로 탄산칼슘의 사용이 증가되고 있다. 도공용 안료로서 클레이는 탄산칼슘에 비해 가격이 비싸고 특히 고전단 블레이드 도공 방식에 있어서 미분산 안료 입자와 팽창성 유동 특성으로 인하여 스트릭(streak)이나 스크래치(scratch)의 결함을 발생시키는 문제점을 가지고 있으므로 이를 극복할 수 있는 도공액 설계에 대한 연구가 진행되어 왔다.¹⁻⁵⁾ 클레이는 육각 판상의 형태를 지니고 있기 때문에 우수한 광택을 필요로 하는 도공지의 제조에는 아직도 필수적인 안료^{6,7)}이지만 팽창성 유동으로 인한 고농도 도공의 적용^{8,9)}에 한계를 나타내기 때문에 도공 속도의 증가와 고고형분 도공액 제조를 위해 탄산칼슘을 이용한 도공액의 조제에 관한 연구가 대두되었다.¹⁰⁻¹⁶⁾ 특히 국내에서는 최근들어 우수한 품질의 중질 탄산칼슘이 대량 생산되고 있어 이를 활용한 고품질 도공지의 제조 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

도공지의 특성을 결정짓는 중요한 인자인 도공층의 구조는 도공액의 80% 이상을 차지하는 안료에 의해 가장 큰 영향을 받으며, 안료와 안료의 결합 및 도공층과 원지와와의 결합을 위해 사용되는 접착제의 종류와 사용량, 그리고 합성 및 천연 고분자 화합물인 증점제에 따라 달라진다. 지금까지의 도공층 구조에 대한 연구는 대부분 클레이를 주요 모델로 하여 이루어져 왔기 때문에 최근들어 사용량이 급증하고 있는 중질 탄산칼슘을 안료로 사용한 도공층의 구조 특성 및 품질 특성에 관한 연구는 미흡한 실정이며 또한 첨가제의 상호 작용에 따른 도공 구조의 구명에 관한 연구 역시 미진한 실정이다.

따라서 본 연구는 클레이와 중질 탄산칼슘의 사용 비율 조정, 고형분 농도의 변화 및 증점제의 사용에 따른 도공액의 유동 특성과 도공층의 구조적 특성, 광택 발현성을 각 도공액의 기본적 특성과 주사전자현미경을 사용하여 촬영한 도공층의 표면 및 단면의 구조 분석 및 광학적 특성 평가를 통하여 체계적으로 분석 평가하고자 하였다. 먼저 본보에서는 클레이와 중질 탄산칼슘의 혼합 비율에 따른 도공액 및 도공층의 구조적 특성과 광택 발현성에 대해 고찰하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시 재료

2.1.1 원지

도공지의 제조를 위하여 사용된 원지는 활엽수 펄프와 침엽수 펄프의 혼합 비율을 75:25로 하고 전건 펄프에 대하여 충전제를 15% 첨가하여 제조하였다. 이때 원지의 평량은 $85 \pm 2 \text{ g/m}^2$ 이었으며, KS M 7025-63에 준하여 측정된 스테키히트 사이즈도는 24초로 나타났다.

2.1.2 안료

본 실험에서 사용한 안료로는 일반적으로 제지 도공용으로 널리 사용되고 있는 1급 클레이(Huber)와 중질 탄산칼슘(OMYA)을 공시 안료로 사용했으며, 이들의 기본 물성은 Table 1과 같다. 그리고 두 안료의 입도 분포는 Fig. 1과 같다.

Table 1. Basic properties of pigments

Properties	Pigment	
	Clay	GCC
Particle size Avg. (μm)	3.39	1.25
distribution $< 2\mu\text{m}$ (%)	78.12	85.76
Specific surface area(m^2/g)	2.55	2.91

2.1.3 라텍스

본 실험에서는 한 종류의 합성 S/B 라텍스(KSL-207)를 사용하였으며 기본 물성은 Table 2와 같다. Fig. 2는 입도 분포를 나타낸 것이다.

Table 2. Properties of latex

Total solids content(%)	50
Gel content(%)	78
Tg($^{\circ}\text{C}$)	14
Particle size(μm)	0.29

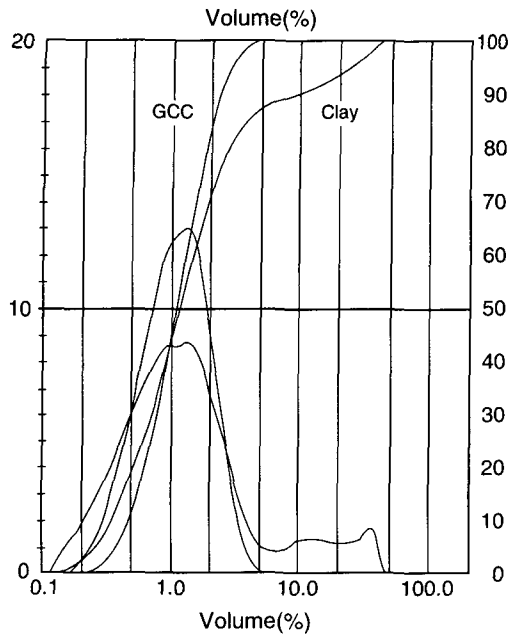


Fig. 1. Particle analysis of pigments.

2.2 실험 방법

2.2.1 도공액의 조제

클레이와 중질 탄산칼슘 두 가지 안료의 혼합에 따른 도공층의 구조와 광택 발현성을 알아보하고자 Table 3과 같은 조건으로 안료의 비율을 조정하였다. 클레이는 분산제로 폴리인산염을 0.06pph 적용하고 고형분 농도 70%로 분산시킨 후 중질 탄산칼슘 슬러리와 혼합하여 도공액을 조제하였다.

Table 3. Pigment blend composition

Items	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Clay(pph)	100	80	60	40	20	0
CaCO ₃ (pph)	0	20	40	60	80	100
Latex(pph)	12	12	12	12	12	12
TSC(%)	65	65	65	65	65	65

2.2.2 도공액의 유동성 측정

각 조건으로부터 조제된 도공액의 유동 특성의 변화를 알아보기 위하여 저전단 영역의 점도를

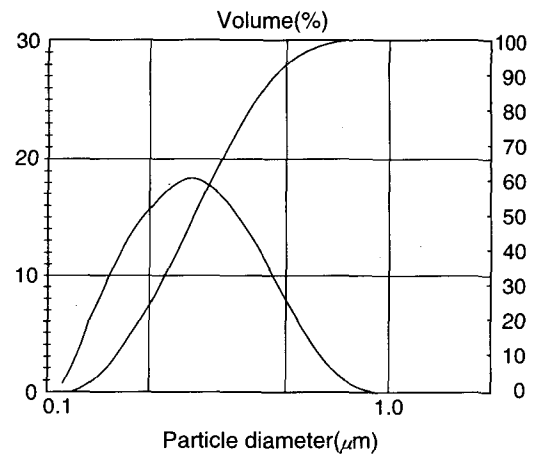


Fig. 2. Particle analysis of latex.

Brookfield 점도계를 사용하여 측정하였으며, 고전단 영역의 유동 특성은 Hercules 고전단 점도계를 사용하여 조사하였다.

2.2.3 도공액의 보수성 측정

(가) 보수성 측정기(Åbo Academi gravimetric water retention tester)에 의한 방법

도공액의 보수성을 측정하기 위하여 가압식 보수성 측정기(ÅA-GWR)를 이용하였다. 도공액 중의 수분만 여과지로 탈수되도록 하기 위해 도공액과 여과지 사이에 평균 공극의 크기가 5μm인 membrane filter를 위치시켰으며 2bar의 압력에 의해 1분 동안 여과지로 탈수된 수분의 양을 구하여 이를 평량으로 환산하여 도공액의 보수성으로 하였다.

(나) IGT를 응용한 방법

GWR에 의해 측정되는 보수성은 정적 상태에서 도공액에 일정한 압력을 가하여 측정되므로 실제 도공기에서 나타나는 탈수 상황과 일치한다고 볼 수가 없다. 동적 상황에서 도공액의 보수성을 파악하기 위하여 IGT 인쇄 시험기를 응용하여 일정한 양의 도공액이 동일한 원지에 도포된 길이로부터 아래의 식에 의하여 계산된 값을 보수성으로 하는 방법¹⁷⁾과 기존의 방식을 비교 고찰하였다.

$$IGT W.R = \frac{a}{b}$$

- a: Length of coating color on the commercial plain paper
- b: Length of coating color on the commercial coated paper

$$k = \frac{100 - G_0}{100 - G_1}$$

여기서 G_0 는 광택 처리 전 광택도이고 G_1 는 광택 처리 후의 광택도이다.

(다) K&N 잉크 흡수성의 측정

2.2.4에서 만들어진 시편의 잉크 흡수성을 측정하기 위하여 시편을 유리판 위에 고정시킨 후 충분히 교반된 K&N 잉크를 종이의 기계 방향으로 도피한 후 2분 동안 방치한 다음 잉크를 닦아 내고 Hunter 백색도 측정기를 사용하여 TAPPI UM 553의 방법으로 K&N 잉크가 도피된 부분과 도피되지 않은 부분의 백색도를 측정 한 후 K&N 잉크의 흡수에 의한 백색도 감소를 잉크의 흡수성으로 하였다.

(라) PPS 거침도 측정

2.2.4에서 만들어진 시편의 표면 평활성은 왕연식 평활도 측정기를 사용하고 표면의 거침도는 Parker Print Surf roughness tester를 사용하여 TAPPI Standard T 547 pm-88의 방법으로 10회 반복한 후 평균값을 PPS 거침도로 하였다.

2.2.4 도공 및 슈퍼캘린더링

2.1.2 및 2.1.3의 조건으로 각각 조제된 도공액을 85g/m²의 도공원지의 표면에 도공량이 15g/m²이 되도록 실험실용 로드를 사용하여 도공한 후 105±1℃로 조절된 건조기 내에서 1분간 건조시키고 TAPPI Standard T 402 om-93에 의거하여 24시간 동안 23±1℃, 50±2%의 조건에서 항온 항습 처리한 다음 압력 10kg/m²과 속도 10m/min로 설정된 실험실용 슈퍼캘린더의 닙(nip)에 4회 통과시켜 광택 처리하였다.

2.2.5 도공지의 기본 물성

(가) 광학적 특성

2.2.4에서 만들어진 도공지는 광학적 특성을 측정하기 위해 Hunter 백색도 측정기를 사용하여 백색도 및 화이트니스(whiteness)를 측정하였으며, 백지 및 인쇄 광택은 TAPPI Standard T 480 om-92의 방법에 의거, Gloss meter를 사용하여 입사각 75°로 광택도를 측정하였다.

(나) 광택 발현성의 계산

광택에 대한 캘린더 처리의 효과는 광택 처리 전과 광택 처리 후의 광택도 차이(ΔGloss)로부터 계산된다. 그러나 각기 다른 도공액을 사용한 도공지의 광택 개선을 비교할 때 ΔGloss는 초기 광택 처리 전의 광택도가 구분될 때만 그 의미가 주어진다. 이는 광택 처리 전의 광택도가 낮은 경우에 광택도의 향상 폭은 초기 광택 처리 전의 광택도가 높은 경우보다 항상 높게 나타나기 때문이다.

이러한 오류를 피하기 위해서는 광택 처리의 효과를 광택 처리 전과 광택 처리 후의 광택도를 이용하여 $(G_1 - G_0)/(100 - G_0)$ 로 나타내는 것이 필요하다. 여기서 $(G_1 - G_0)$ 는 ΔGloss, $(100 - G_0)$ 는 광택 향상 잠재력을 나타낸다. 그러므로 $(G_1 - G_0)/(100 - G_0)$ 는 광택 처리의 효과가 없을 때 0이 되며 G_1 가 100이 될 때 1이 된다. Charles 등¹⁸⁾은 광택 발현성, k를 다음과 같이 정의하였으며 본 연구에서 이를 광택 발현성으로 하였다.

2.2.6 주사전자현미경에 의한 도공 구조의 해석

(가) 시편 처리

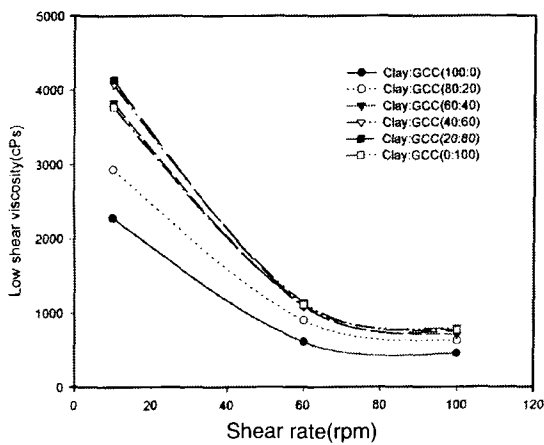
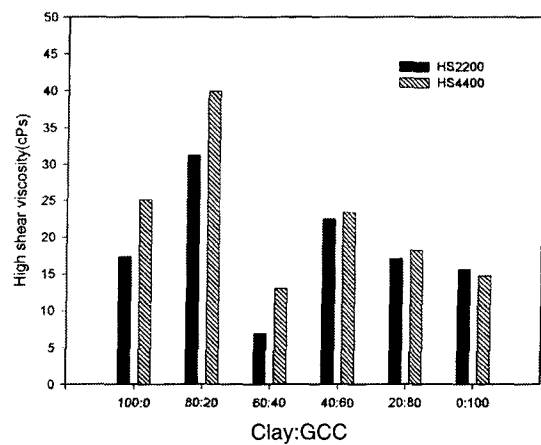
각 공시 도공지의 단면을 촬영하기 위하여 에폭시드 레진과 에폭시드 경화제를 5:1의 비율로 잘 혼합한 다음 측정하고자 하는 샘플의 면을 위로 향하게 하여 샘플 통에 넣은 후 경화제가 혼합된 수지를 충전시키고 6시간 동안 경화시켰다. 수지로 처리하여 경화된 단면 촬영용의 샘플은 거침도가 다른 Carbimet paper disc를 320, 400과 600grit 순서로 연마한 후 800과 1200grit로 처리하고 polishing cloth에서 최종 연마하였다.

(나) 촬영

각 공시 시편의 표면 및 단면의 구조를 파악하기 위하여 일정한 크기로 절단한 후 ion sputter를 사용하여 Ag 이온 코팅 처리하였다. 처리된 시편은 SEM6400(Jeol 사) 주사전자현미경을 이용하여 가속전압 15kV, W.D.(working distance) 15mm의 조건에서 표면 및 단면의 상태를 촬영하여 도공 구조를 파악하는 자료로 하였다.

Table 4. Effect of pigment blends on the rheological properties of coating color

Items		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Low shear viscosity(cPs)	10rpm	2280	2940	3840	4080	4140	3780
	60rpm	610	900	1090	1140	1100	1110
	100rpm	450	624	708	792	750	768
High shear viscosity(cPs)	2200rpm	17.36	31.25	6.95	22.57	17.10	15.63
	Torque	0.574	0.895	0.209	0.652	0.489	0.415
	4400rpm	25.17	39.93	13.02	23.44	18.23	14.76
	Torque	1.504	2.327	0.739	1.322	0.996	0.833

**Fig. 3. Relationship between shear rate and low shear viscosity according to pigment blends.****Fig. 4. Relationship between pigment blends and high shear viscosity.**

3. 결과 및 고찰

3.1 유동성

도공액의 유변학적 거동을 측정한 Table 4의 결과에서 보는 바와 같이 클레이의 혼합 비율이 감소할수록 저전단 점도는 증가하고 있으나 고전단 영역에 있어서 유동성은 개선되어지는 것을 알 수 있었다. 그리고 Fig. 3에는 클레이와 중질 탄산칼슘의 혼합 비율을 달리 했을 때 전단속도의 증가에 대한 점도 거동을 나타내었다. 이 결과에 의하면 클레이의 적용 비율이 60pph 이상에서 제조한 도공액은 저전단 점도가 낮은 것으로 나타났으며 중질 탄산칼슘의 비율이 높아질수록 저전단 점도가 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 클레이에 비하여 상대적으로 평균 입경이 작은 중질 탄산칼슘으

로 제조한 도공액은 비표면적이 증가하게 되고 저전단에서 높은 전단 응력이 발생하게 된 결과로 판단된다. 그러나 도공액에 가해지는 전단속도가 증가함에 따라 안료의 구성 비율 변화에 따른 점도 차이는 감소되는 것을 알 수 있었다.

고전단하에서의 점도 거동은 Fig. 4에서 보는 바와 같이 클레이의 적용 비율이 감소할수록 도공액의 유동성이 뚜렷하게 개선되는 경향을 나타내어 고전단에서는 중질 탄산칼슘의 적용이 바람직하다는 것을 알 수 있었다. 그러나 이 결과에서는 클레이와 중질 탄산칼슘의 적용 비율이 60:40에서 가장 양호한 유동성을 가져왔다. 즉, 두 가지 안료의 혼합에 있어서 고전단 영역의 유동성에 유리한 중질 탄산칼슘의 증가가 항상 안정된 유동 특성을 나타내지는 않으며 오히려 두 가지 특성의 안료를 적절하게 혼합했을 때 전단속도에 대한 전단 응력을 가장 안정되게 가져올 수 있을 것으로 생각된다.

Table 5. Effect of pigment blends on the water retention of coating color

Coating color formulation	F1	F2	F3	F4	F5	F6
WRG ¹ (g/m ²)	184.7	192.8	195.6	197.3	210.8	186.3
WRI ² (k)	0.77	0.62	0.58	0.55	0.45	0.47

*1: Water Retention by AA-GWR

*2: Water Retention by IGT (constant)

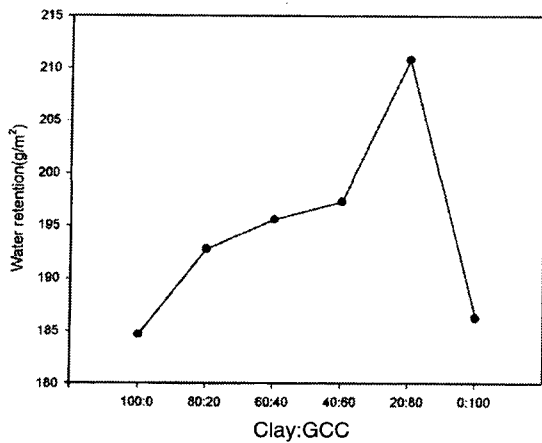


Fig. 5. Relationship between pigment blends and grammage water retention.

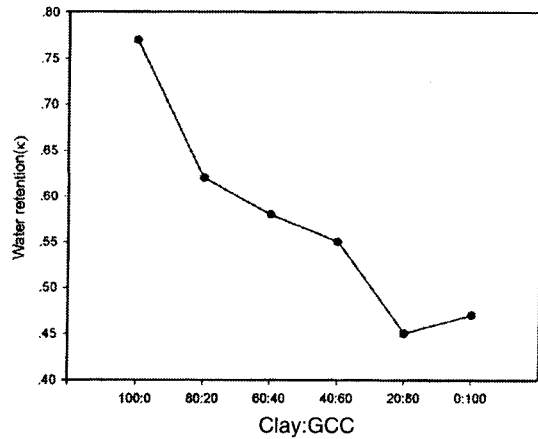


Fig. 6. Relationship between pigment blends and water retention factor calculated by IGT.

3.2 보수성

클레이와 중질 탄산칼슘의 혼합 비율을 달리 했을 때 동일한 고형분 농도에서의 보수성은 Table 5와 같았다. 여기에서 보는 것과 같이 클레이를 100pph 적용했을 경우 184.7g/m²에서 중질 탄산칼슘을 80pph 적용했을 때 210.8g/m²으로 나타났다. 즉, GWR로 측정할 경우 중질 탄산칼슘의 혼합 비율이 증가함에 따라 도공액의 보수성이 감소하는 경향을 보였다. 그러나 Fig. 5에서 보는 바와 같이 중질 탄산칼슘을 100pph 적용한 경우에는 보수성이 클레이를 단독으로 적용한 경우와 거의 동일한 수준을 나타내었다. 이는 두 종류의 안료를 혼합했을 때보다 중질 탄산칼슘 단일 안료로 사용함으로써 팩킹율이 증가한 결과로 생각된다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 IGT를 응용하여 측정한 보수성의 결과에서는 클레이의 감소에 따른 보수성 저하가 보다 뚜렷하게 나타났으며 중질 탄산칼슘을 단독으로 적용한 경우에 있어서도 클레이와 중질 탄산칼슘을 20:80으로 혼합한

경우보다 다소 상승한 결과를 보이긴 하였지만 GWR에 의한 결과에서처럼 클레이를 전량 적용한 경우의 보수성까지는 증가하지 않는 결과를 가져왔다. 따라서 GWR에 의한 측정보다 IGT를 응용한 도공액의 보수 능력을 측정하는 방법이 적당하다고 판단된다.

3.3 거침도

클레이와 중질 탄산칼슘의 혼합 비율 변화에 따른 거침도는 도공 직후 상온과 105℃의 조건에서 각각 건조시킴으로서 건조 온도에 의한 효과와 광택 처리 전후간의 효과에 대하여 검토하였다. 이 결과 Table 6, 7, 8과 9에 나타난 바와 같이 클레이의 혼합 비율 감소가 거침도의 변화에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그리고 Fig. 7에는 각 조건의 변화에 따른 도공지의 광택 처리 전후의 거침도를 나타내었다. 여기에서 보는 것과 같이 광택 처리 전후 모두 상온에서 건

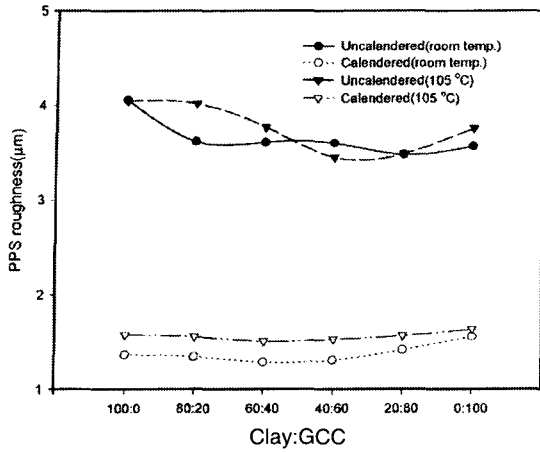


Fig. 7. Effect of pigment blends and drying temperature on the roughness of coated paper.

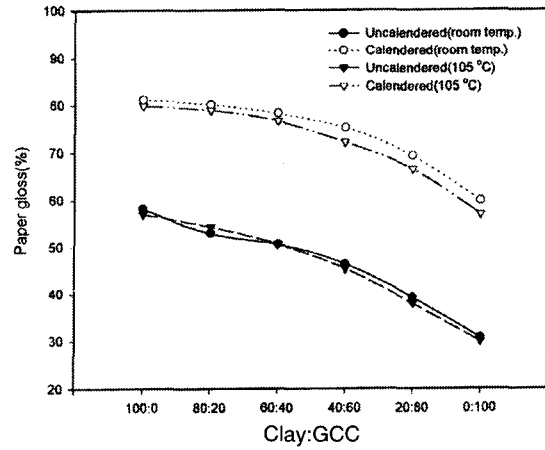


Fig. 8. Effect of pigment blends and drying temperature on the paper gloss.

Table 6. Effect of pigment blends on the properties of uncalendered coated paper dried at room temperature

Items	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Basis weight(g/m ²)	103.3	107.2	104.0	106.6	107.2	109.0
Thickness(µm)	116	116	115	113	111	111
Smoothness(sec)	69	62.5	109	123	112	89
PPS roughness(µm)	4.06	3.62	3.61	3.60	3.48	3.57
Whiteness(%)	76.99	78.46	80.11	81.54	83.15	85.22
Brightness(%)	82.33	82.91	83.75	84.50	85.37	86.17
Paper gloss(%)	58.3	53.0	50.7	46.5	39.3	30.8

조시켰을 때 양호한 거침도를 보였다. 이는 도공 직후 도공층의 건조가 고온에서 진행될 경우에는 안료간에 존재하는 라텍스 필름의 수축이 더욱 크게 발생한 때문으로 판단된다.^{6,19)}

캘린더 전의 거침도는 클레이와 중질 탄산칼슘의 혼합 비율을 40:60으로 하고 고온에서 건조시켰을 때 가장 양호한 결과를 보였으나 광택 처리 후의 결과에 있어서는 이들 안료의 혼합 비율과 거침도 사이에는 상관관계가 나타나지 않았다.

3.4 광택 발현성

Fig. 8에서 보는 바와 같이 클레이의 혼합 비율 감소에 따라 도공지의 광택은 급격하게 저하되었으며 상온에서 건조한 경우가 고온에서 건조된

경우보다 높은 광택 특성을 나타내어 거침도의 결과와 일치하는 경향을 보였다. 이러한 광택도의 거동에 대한 원인은 클레이의 뛰어난 광택도 발현 특성 결과이다. 그러나 이 결과는 클레이의 바인더 요구량이 중질 탄산칼슘에 비해 높기 때문이기도 하다. 바인더 첨가량을 동일하게 유지할 경우 바인더 요구량이 낮은 중질 탄산칼슘을 증가시키면 안료 사이에 존재하는 잉여의 바인더 양이 상대적으로 증가하며, 이는 건조 과정을 거치면서 수축되어 도공지의 표면 평활성을 저하시키게 된다. 이로 인하여 도공 표면의 미세 거침도는 증가하게 된다. 그러므로 이와 같은 현상 역시 중질 탄산칼슘의 증가에 따른 광택도 저하에 영향을 미치는 또 다른 원인으로 파악할 수 있다.

그러나 인쇄 광택은 이와 상반된 결과를 나타내었다(Table 9). 이는 표면에 미세한 요철을

Table 7. Effect of pigment blends on the properties of calendered coated paper dried at room temperature

Items	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Basis weight(g/m ²)	105.8	107.1	107.5	107.5	107.1	108.8
Thickness(μm)	90	88	89	88	88	90
Smoothness(sec)	1338	1463	1454	1313	943	633
PPS roughness(μm)	1.37	1.35	1.29	1.31	1.42	1.56
Whiteness(%)	74.31	76.22	78.10	79.95	81.97	84.63
Brightness(%)	81.35	81.68	82.65	83.67	84.92	86.20
Paper gloss(%)	81.2	80.2	78.3	75.3	69.4	60.0

Table 8. Effect of pigment blends on the properties of uncalendered coated paper dried at 105 °C

Items	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Basis weight(g/m ²)	103.6	106.6	106.4	107.5	106.5	108.4
Thickness(μm)	107	100	106	106	106	106
Smoothness(sec)	50	56	92	121	112	97
PPS roughness(μm)	4.05	4.02	3.77	3.45	3.49	3.76
Whiteness(%)	82.6	77.95	79.34	80.95	82.47	84.70
Brightness(%)	82.60	83.10	83.89	84.64	85.56	86.45
Paper gloss(%)	57.1	54.4	50.7	45.5	38.0	30.0

Table 9. Effect of pigment blends on the properties of calendered coated paper dried at 105 °C

Items	F1	F2	F3	F4	F5	F6	
Basis weight(g/m ²)	105.2	106.9	107.1	107.3	107.7	108.1	
Thickness(μm)	92	94	93	93	93	91	
Smoothness(sec)	950	950	1042	1050	858	676	
PPS roughness(μm)	1.58	1.56	1.51	1.53	1.57	1.64	
Whiteness(%)	76.10	77.98	79.64	81.26	83.05	85.50	
Brightness(%)	81.60	82.23	83.18	84.40	85.07	86.41	
Paper gloss(%)	79.9	79.0	76.7	72.3	66.6	57.1	
Print gloss(%)	blue	82.8	81.4	83.9	86.1	88.3	88.4
	red	91.3	90.2	93.0	94.2	96.6	97.9
	black	89.3	88.0	91.3	93.2	96.7	98.0
	mean	87.8	86.5	89.4	91.2	93.9	94.8
K&N(%)	31.58	32.46	32.62	32.57	32.27	32.27	

지닌 경우 잉크 전이율이 증가하기 때문으로 생각된다. 일반적으로 도공지의 백지 광택과 인쇄 광택의 차이는 특히 이미지 인쇄의 중요성이 요구되는 매트지와 같은 경우에 있어서 중요한 요구 특성 중의 하나이다. 즉, 이들간의 광택 차이가 크게 될수록 인쇄 후 화상의 강조 효과는 도공지 위의 비화선부와 뚜렷한 대조를 이룸으로서 얻어

질 수 있다. 광택 처리 전의 광택도와 광택 처리 후의 광택도로부터 계산된 광택 발현성을 Fig. 9에 나타내었다.

Fig. 9에서는 Fig. 8에 나타난 광택 처리 전과 광택 처리 후의 광택도 변화에 따른 경향과는 다른 점이 있었다. 즉 Fig. 8에서는 클레이의 비율이 감소함에 따라 비례적으로 광택도가 감소하

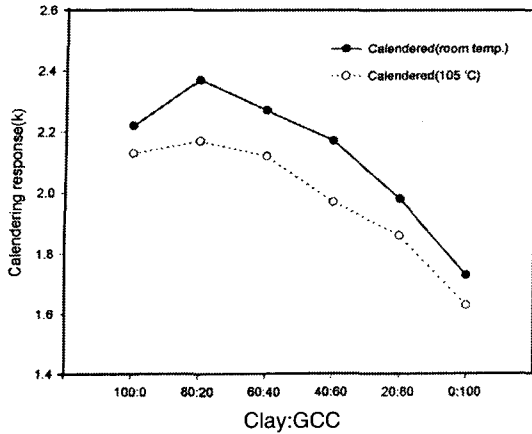


Fig. 9. Effect of pigment blends and drying temperature on calendering response.

는 결과를 나타내고 있으나 Fig. 9에서는 클레이와 중질 탄산칼슘의 비율이 80:20일 때 가장 높은 광택 발현 지수를 나타내는 것으로 나타나 실질적으로 광택 처리에 의한 효과를 단순한 광택 처리 후의 수치만으로 판단하는 것보다는 광택 발현 지수를 충분히 고려한 도공액의 설계와 도공 품질의 평가가 필요하다고 생각되었다.

3.5 도공층의 구조

클레이와 중질 탄산칼슘의 혼합 비율이 달라짐에 따라 형성되는 도공 구조의 변화를 파악하기 위하여 주사전자현미경으로 촬영한 도공층의 표면 및 단면의 결과는 Photo. 1, 2, 3과 4에서 보는 바와 같다. 도공지 표면의 구조적 상태는 Photo. 1의 광택 처리 전의 상태를 촬영한 결과와 Photo. 2의 광택 처리 후의 결과에서 보는 바와 같이 클레이의 팩킹 특성이 잘 나타나 있으며, 중질 탄산칼슘의 비율이 증가함에 따라 표면 구조는 개방형 구조를 형성한다는 것을 알 수 있었다. 이러한 경향은 광택 처리 전의 상태를 촬영한 결과를 나타낸 Photo. 1에서 보다 뚜렷하게 나타났다.

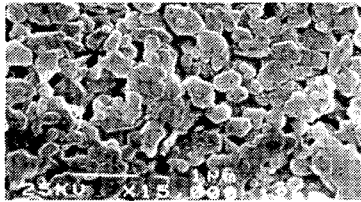
이들의 단면 촬영 결과를 나타낸 Photo. 3과 4에서 보는 바와 같이 단면의 구조적 형태는 중질 탄산칼슘의 비율이 증가됨에 따라 공극성이 풍부한 도공 구조로 변화되었다. 이러한 경향은 광택 처리 전과 후 모두 나타났다. 그러나 이들의 형태

적 관찰만으로 바인더의 필름 수축 현상으로부터 발생하는 미세 공극 구조의 파악은 어렵다고 생각되며 여러 가지의 실험실적 수치들과 함께 이들을 보다 종합적으로 분석하는 것이 도공층의 구조적 파악에 있어서 보다 합리적인 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

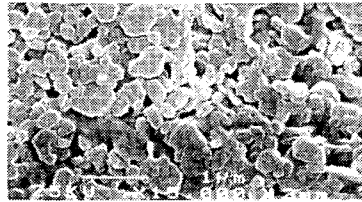
4. 결론

클레이와 중질 탄산칼슘의 사용 비율 조정에 따른 도공액의 유동 특성과 도공층의 구조적 특성, 그리고 각각의 조건에 따른 광택 발현성을 각 도공액의 기본적 특성과 주사전자현미경을 사용하여 촬영한 도공층의 표면 및 단면의 구조 분석 및 광학적 특성 평가를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

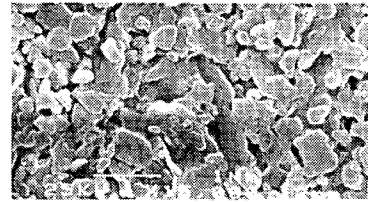
1. 클레이의 혼합 비율을 감소시키고 중질 탄산칼슘의 비율을 증가시킬수록 저전단 점도는 증가하나 고전단 영역에서 도공액의 유동 특성은 개선되며, 중질 탄산칼슘의 적용 비율 증가에 따라 고전단에서의 전단 응력이 감소하였다.
2. 판상구조의 클레이는 보수능력을 지니고 있으나 편평비가 낮은 중질 탄산칼슘은 보수성을 저하시키는 것으로 나타났다. GWR에 의한 도공액의 보수성 측정법보다는 IGT 인쇄시험기를 응용한 동적 상태의 보수성 측정이 보다 현실적인 도공액의 보수성 측정 방법으로 판단되었다.
3. 도공 안료의 혼합이 도공지의 광택 발현성에 미치는 영향을 파악하기 위해 광택 처리 전후의 광택도로 계산된 광택 지수는 클레이와 중질 탄산칼슘의 비율이 80:20인 경우에 가장 높게 나타났다. 광택 처리에 의한 효과는 단순히 광택 처리 후의 광택도만으로 판단하기 어렵기 때문에 광택 처리 전후의 광택 발현성을 고려한 도공액의 설계가 필요하다고 판단되었다.
4. 클레이와 중질 탄산칼슘의 혼합 비율이 도공 구조의 형성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 도공층의 표면과 단면의 주사전자현미경 촬영 결과 클레이의 혼합 비율이 높을수록 밀집된 도공층을 형성함을 알 수 있었다.



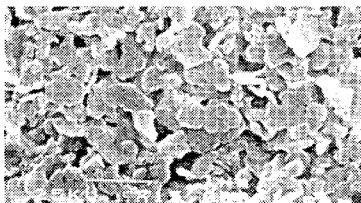
(A) Surface of Clay:GCC(100:0)
($\times 15000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



(B) Surface of Clay:GCC(80:20)
($\times 15000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



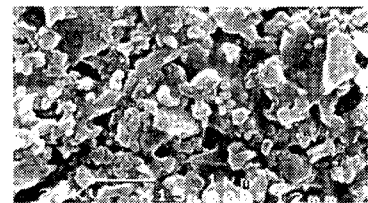
(C) Surface of Clay:GCC(60:40)
($\times 15000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



(D) Surface of Clay:GCC(40:60)
($\times 15000$, Bar = $1\mu\text{m}$)

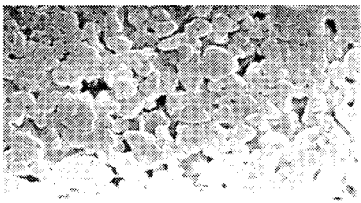


(E) Surface of Clay:GCC(20:80)
($\times 15000$, Bar = $1\mu\text{m}$)

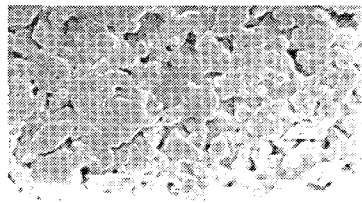


(F) Surface of Clay:GCC(0:100)
($\times 15000$, Bar = $1\mu\text{m}$)

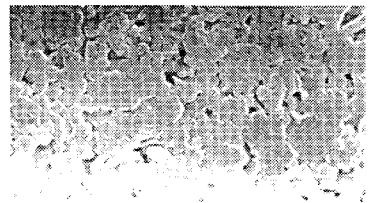
Photo. 1. SEM photomicrographs of uncalendered surface according to pigment blends.



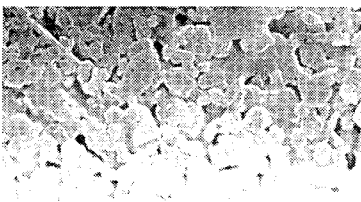
(A) Surface of Clay:GCC(100:0)
($\times 15000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



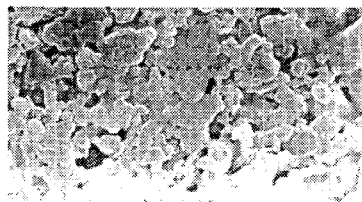
(B) Surface of Clay:GCC(80:20)
($\times 15000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



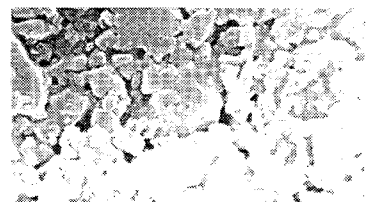
(C) Surface of Clay:GCC(60:40)
($\times 15000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



(D) Surface of Clay:GCC(40:60)
($\times 15000$, Bar = $1\mu\text{m}$)

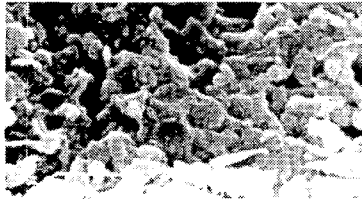


(E) Surface of Clay:GCC(20:80)
($\times 15000$, Bar = $1\mu\text{m}$)

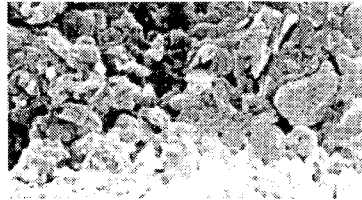


(F) Surface of Clay:GCC(0:100)
($\times 15000$, Bar = $1\mu\text{m}$)

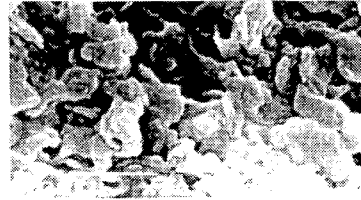
Photo. 2. SEM photomicrographs of calendered surface according to pigment blends.



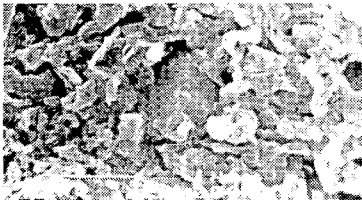
(A) Cross section of Clay:GCC(100:0)
($\times 20000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



(B) Cross section of Clay:GCC(80:20)
($\times 20000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



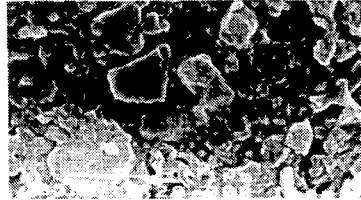
(C) Cross section of Clay:GCC(60:40)
($\times 20000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



(A) Cross section of Clay:GCC(40:60)
($\times 20000$, Bar = $1\mu\text{m}$)

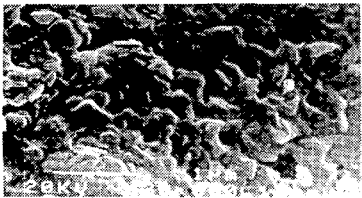


(B) Cross section of Clay:GCC(20:80)
($\times 20000$, Bar = $1\mu\text{m}$)

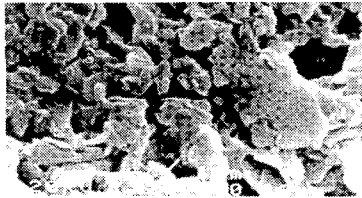


(C) Cross section of Clay:GCC(0:100)
($\times 20000$, Bar = $1\mu\text{m}$)

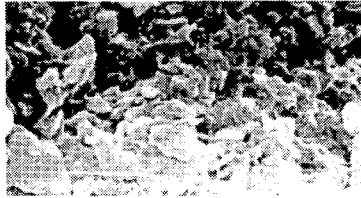
Photo. 3. SEM photomicrographs of uncalendered cross section according to pigment blends.



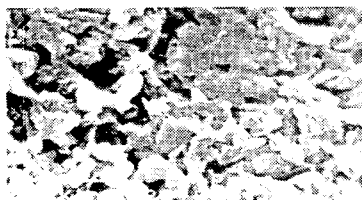
(A) Cross section of Clay:GCC(100:0)
($\times 20000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



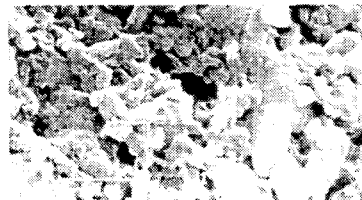
(B) Cross section of Clay:GCC(80:20)
($\times 20000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



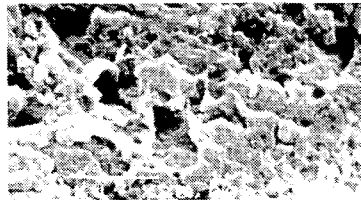
(C) Cross section of Clay:GCC(60:40)
($\times 20000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



(A) Cross section of Clay:GCC(40:60)
($\times 20000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



(B) Cross section of Clay:GCC(20:80)
($\times 20000$, Bar = $1\mu\text{m}$)



(C) Cross section of Clay:GCC(0:100)
($\times 20000$, Bar = $1\mu\text{m}$)

Photo. 4. SEM photomicrographs of calendered cross section according to pigment blends.

인용문헌

1. Crawshaw, D.B., Kahn S. and Clark, P.C., 1982 TAPPI Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, GA, p. 143.
2. Eklund, D.E., Tappi J., 62(5):43-48(1979).
3. Heiser, E.J., Baker, H.M. and Herr, J.W., 1970 TAPPI Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, GA, p. 249.
4. Kurath, S.F. and Larson, W.S., Tappi J., 73(9):235(1990).
5. Lindhjem, C.E., 1991 TAPPI Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, GA, p. 131.
6. Alinec, B. Tappi J., 70(8):95-99(1987).
7. Alinec, B. Paper Technology 12, 12-15 (1991).
8. Morgan, R.J., 1968 TAPPI Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, GA, p. 313.
9. Oittinen, P., 1981 TAPPI Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, GA, p. 113.
10. Alinec, B. and Lepotre, P., 1983 TAPPI Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, GA, p. 201.
11. Canard, P., Tappi J. 57(11):95-100(1974).
12. Hagemeyer, R.W., Tappi J. 43(3):277(1960).
13. Hein, J., 1986 TAPPI Blade Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, GA, p. 43.
14. Lee, D.I. and Reder, A.S., 1987 TAPPI Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, GA, p. 201.
15. Soemers, N.H., 1971 TAPPI Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, GA, p. 223.
16. Stanley, L.O. and Raymond, L.J., 1975 TAPPI Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, GA, p. 77.
17. Kobayashi, T., Okuyama, T. and Koike, T., Tappi J., 49(2):110(1995).
18. Charles, S.K., Linda, H.K., Lee, D.I. and Ronald, L.V., Tappi J., 80(5):191-200(1997).
19. Lee, D.I., 1972 TAPPI Coating Conf. Proceedings, TAPPI Press, Atlanta, GA, p. 97.