

도공 안료에서의 CPVC

양현애, 이용규, 조병욱¹⁾, 김창근²⁾

강원대학교 제지공학과, 1)한국화학연구원, 2)창강제지기술연구소

1. 서론

1949년 Van Loo와 Asbeck가 페인트 도공을 위해 CPVC(critical pigment volume concentration) 개념을 도입한 이래 페인트 분야에서는 이론적으로나 실제적으로나 많이 사용되고 있다.¹⁾ 이 개념이 모든 도공에 있어 보편적으로 적용될 수 있으나 종이 도공에 있어서는 많이 사용되지 않았다.²⁾ PVC는 안료와 바인더의 용적으로 정해지며 특정 PVC를 넘어서면 도공층의 공극은 자연적으로 발생한다. 바인더의 첨가량이 많으면 바인더의 연속한 층 속에 안료 입자가 분산된 형태의 치밀한 구조가 형성되지만, 바인더의 첨가량이 적으면 안료 입자사이에 공극을 메울 수 없게 되어 도공층 속에 미충전 공간, 즉 공극 구조가 나타나게 되는데 이 한계 값을 CPVC라 한다.

CPVC 개념은 도공지의 구조와 공고화, 부동화에서 뿐만 아니라 광학적, 기계적, 인쇄 특성을 설명하는 데 도움을 줄 수 있다. CPVC는 다양한 안료 용적 농도를 지는 도공지를 제조하여 광학적 특성을 살펴봄으로써 구할 수 있다.¹⁾

$$PVC = \frac{\text{Volume of pigment} \cdot 100\%}{\text{Volume of pigment} + \text{Volume of binder}} \dots\dots\dots(1)$$

위에 보이는 식 (1)은 도공액의 PVC를 구하는 식을 나타낸 것이다. 식을 보면 간단해 보이지만 안료와 바인더의 용적을 구하는 것은 생각만큼 간단하지 않다. 안료입자 하나하나가 만나 이루는 용적을 구하기 위해선 안료의 모양과 형상은 어떠한가, 안료의 PSD(pigment size distribution)가 어떠한가, 안료와 바인더가 실제 원지층 위에서 어떻게 쌓이는가와 같은 안료의 기본적인 packing 특성과 더불어 사용되는 라텍스 바인더의 수축도 고려해야 한다.³⁾⁴⁾ 앞서 말한 모든 사항을 고려하여 계산한 PVC를 다양한 안료 용적 농도별로 도공지를 제조하고 제조한 도공지의 여러 광학적 특성을 측정하여 CPVC를 찾는다.

이 논문에서는 종이 도공안료와 라텍스의 PVC에 대한 정의를 PWC(pigment weight

concentration) 즉, 식 (2)와 같이 안료와 바인더의 질량에 대한 농도 값으로써 나타내 보고자 한다. 실제 첨가한 안료와 바인더의 질량에 대한 정의로 바꾸어 나타냄으로써 도공액의 용적을 구하기 위한 계산과정을 줄이고, CPWC(critical pigment weight concentration)을 찾아 기존 CPVC개념과 대체하여 사용할 수 있는지 알아보려고 한다.

$$PWC = \frac{\text{Weight of pigment} \cdot 100\%}{\text{Weight of pigment} + \text{Weight of binder}} \dots\dots\dots(2)$$

여기서는 도공 안료로 가장 많이 사용되고 있는 클레이와 중질탄산칼슘(GCC)에 대해 여러 안료 중량 농도(PWC)로 제조하여 실험을 하였다. 임계 안료 중량 농도(CPWC)를 찾고 임계점 이상과 이하에서 도공지 물성변화를 조사하여 CPVC를 대체하여 사용할 수 있는지 알아보았다. 또한 제조한 도공지에 인쇄실험을 통하여 각 안료에 최적의 바인더 첨가량을 알아보았다.

2. 재료 및 방법

2.1 재료

2.1.1 안료

도공 안료로 국내에서 주로 사용하는 한국오미아의 도공용 GCC와 Huber사의 클레이를 사용하였다. 각 안료의 물리적 특성은 표 1과 같다.

Table 1. Properties of pigment

	No.1 Clay	No.2 Clay	GCC-95	GCC-60
TAPPI Brightness(%)	90 - 91.5	87.5 - 89.0	92.3	93.8
pH	6 - 8	6 - 8	9.25	9.47
Solid contents(%)	99.51	99.52	75.12	75.26
Specific Gravity	2.60	2.60	1.90	1.90
PSD(%<2 μ m)	90 - 96	80 - 85	96.6	62.1
Refractive Index	1.57	1.57	1.49 - 1.66	1.49 - 1.66

2.1.2 바인더와 기타첨가제

바인더는 (주)LG화학, Lutex 701 제품을 사용하였고 물리적 특성은 표 2와 같으며

기타첨가제의 물성은 표 3과 같다.

Table 2. Properties of latex

Surface tension (dyne/cm)	Viscosity (cps)	Tg (℃)	Gel contents (%)
40 - 50	300	0 - 5	75 - 85
Specific gravity	Solid contents (%)	Particle size (Å)	pH
0.95 - 1.05	49.5 - 50.5	1050 - 1250	7.5 - 8.5

Table 3. Properties of additive

	Dispersant	Lubricant	Insolubilizer	Thickner
Solid contents(%)	42.6	50.0	29 - 31	30.2
pH	7.2	11.09	6.5 - 7.5	5.2

2.2 실험방법

2.2.1 도공액 제조

Table 4. Coating color formulation for PWC (unit=part)

Components	Part(php)			
No.1 Caly	100			
No.2 Caly		100		
GCC 95			100	
GCC 60				100
Latex	-			
NaOH	0.05			
Dispersant	0.20			
Lubricant	0.70			
Insolubilizer	0.30			
Thickner	0.05			
Solid contents(%)	60.00			

표 4와 같은 배합비로 도공액을 제조하였다. 바인더는 PWC 60~95%에 맞추어 5%씩 단계적으로 높여가며 첨가하였다. 추가로 기존 첨가량과 대비해 보기위해 바인더 10

part를 넣어 도공액을 제조하였다. 기타 첨가제량은 동일하게 하였다.

2.2.2 코팅과 캘린더링

K-control coater(RK print coat instruments Ltd, Royston, K202 control coater, U.K.)를 사용하여, OHP 필름과 평량 72 g/m² 원지에 15±1 g/m²으로 편면 코팅한 후, 온도 105℃에서 30초간 건조하였다.

캘린더(Beloit Wheeler, Beloit Corporation, Beloit millpro, U.S.A.)를 이용하여 300psi, 70℃에서 2회 슈퍼캘린더링을 하였다.

2.2.3 인쇄

RI(RI-2, Kitashiba electric co., LTD, Japan)에 잉크 0.3cc를 연속하여 인쇄하였다.

2.3 도공지 및 인쇄품질 측정

2.3.1 도공지의 물성 및 인쇄 품질 평가

제조한 도공지의 광택도는 Glossmeter(Technidyne, Model T480A, U.S.A.)를 이용하여 측정하였다. 거칠음도는 PPS(L&W, SE165, Sweden)로 측정하였다.

인쇄광택은 Glossmeter를 사용하여 측정하였고, Ink set-off, Dry pick, Wet pick, Ink repellency의 측정은 육안으로 5점법을 이용하여 평가하였다.

2.3.2 OHP 필름

Glossmeter를 사용하여 OHP 필름 도공면의 광택을 측정하였고, 분광광도계(Elepho 3300, U.S.A.)로 백색도(brightness)와 불투명도(opacity)를 측정하였다. 도공층의 두께를 알아보기 위하여 두께측정기(49-70 series micrometers, U.S.A.)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 OHP 필름

샘플의 이름을 표 5와 같이 정의하였다. Standard라 표시한 샘플은 기존 바인더 배합비인 10part로 하여 만든 도공지이다. 1급 클레이, 2급 클레이, GCC-95, GCC-60의 Standard PWC 값은 각각 83.47%, 83.47%, 86.93%, 86.91%이다.

Table 5. Numbering of samples

PWC	PWC	PWC	PWC	PWC	PWC	PWC	PWC	Standard
60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	
A	B	C	D	E	F	G	H	S

3.1.1 광학적 특성

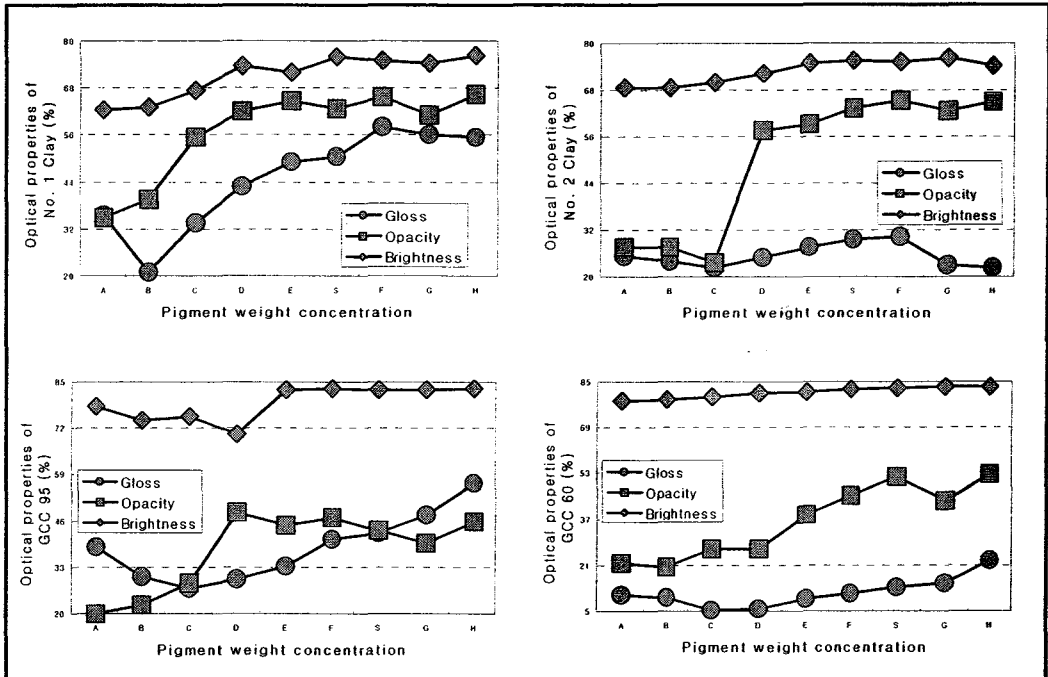


Fig 1. Effect of pigment weight concentration on optical properties of coated OHP film.

CPVC 이하에서는 높은 바인더 함량으로 인하여 안료는 섬, 바인더는 바다와 같은 표면구조를 형성하고 바인더 함량이 증가할수록 평활성이 증가하게 되며, 광택도 또한 동반 상승한다. CPVC 이상에서는 도공면의 평활성과 안료와 바인더 특성에 의해 광택도가 상승하게 되는데 Fig 1은 CPVC 이상과 이하에서 나타나는 변화³⁾와 같게 나타난다. 그래프를 보면 1급 클레이, 2급 클레이, GCC-95, GCC-60는 각각 PWC 65%, 70%, 70%, 75% 부근에서 변곡점이 나타나는걸 알 수 있는데, 이는 도공층의 물리적인 변화가 일어났음을 의미한다. 질량과 부피의 상관관계($Weight = Volume \times Specific\ gravity$ or $Weight = Volume \times Density$)를 고려해볼 때 CPVC지점은 CPVC지점과

같다고 할 수 있고, 이 변곡점을 CPWC라 할 수 있다.

3.1.2 도공층의 두께

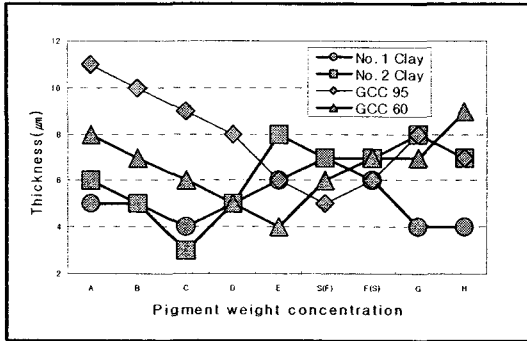


Fig 2. Thickness of coated layer

의 변곡점과 비슷한 결과가 나타났다. 가로 안에 표기는 GCC의 PWC이다.

측정한 도공층의 두께는 Fig 2와 같다. 각각의 안료마다 변곡점이 나타나는데 이는 안료와 바인더가 최밀 packing되기 전까진 두께가 점차 감소하고, CPWC 이상이 되어서 도공층에 발생한 공극으로 인하여 두께가 증가한 것으로 보인다. 1급 클레이, 2급 클레이, GCC-95, GCC-60의 PWC 변곡점은 각각 70%, 70%, 75%, 80%로 광택

3.2 도공지의 물성

3.2.1 도공지의 광택도와 거칠음도

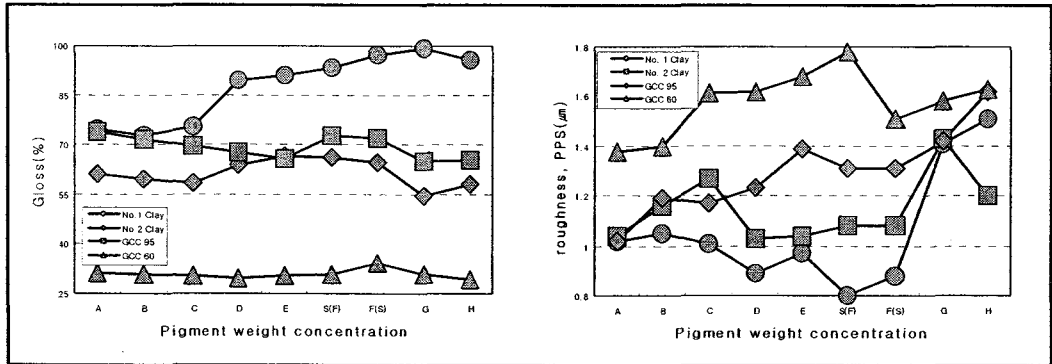


Fig 3. Gloss and roughness of coated paper

도공지의 광택도와 거칠음도를 측정한 결과는 Fig 3과 같다. 광택에 영향을 주는 가장 큰 인자는 입자의 형상이다. 육각 판상 모양을 지닌 클레이 입자는 원지 위에 치밀하게 배향되므로 구형의 GCC보다 평활한 표면을 형성하기 때문에, 클레이가 GCC보다 광택이 높게 나타난다. 거칠음도 측정결과도 광택과 같은 결과를 나타낸다.

3.3 인쇄품질 평가

3.3.1 인쇄광택과 Ink set-off

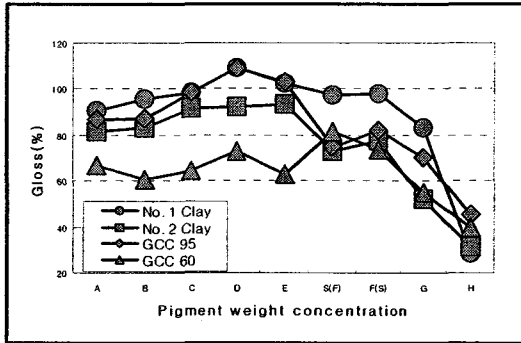


Fig 4. Gloss of printed paper

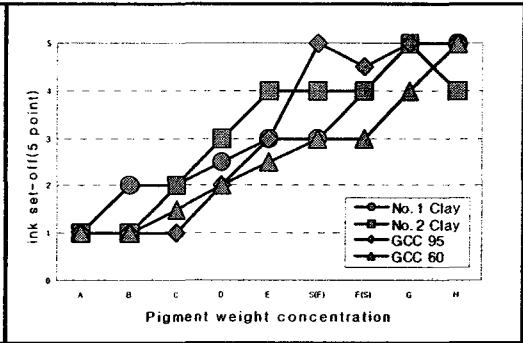


Fig 5. Ink set-off

Fig 4는 도공지의 인쇄광택을 나타낸다. 바인더의 함량이 많으면 라텍스 입자가 도공층 표면에 성막을 형성하고 잉크입자가 도공층 내부로 침투하는 것을 방해하여 높은 인쇄광택을 나타낸다. 도공층에 공극이 형성되면 잉크입자가 도공층 내부로 흡수가 이루어져 망점 재현성에 영향을 주고 인쇄광택이 떨어진다. 도공층 내부로의 잉크 흡수는 안료 입자에 영향을 많이 받으며 잉크 보유성이 GCC에 비해 좋은 클레이가 전체적으로 인쇄광택이 좋게 나온다. Fig 5는 Ink set-off를 나타낸다. 클레이의 경우 PWC가 낮은 영역에서부터 잉크흡수가 이루어졌고, GCC의 경우는 클레이보다는 높은 부분에서 잉크흡수가 일어나기 시작한다. GCC가 클레이보다 공극형성이 느리다는 것을 알 수 있었다.

3.3.2 Dry pick과 Wet pick

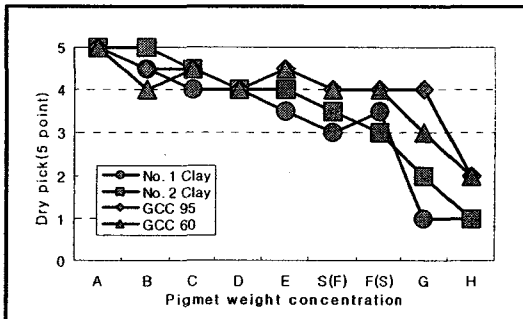


Fig 6. Dry pick

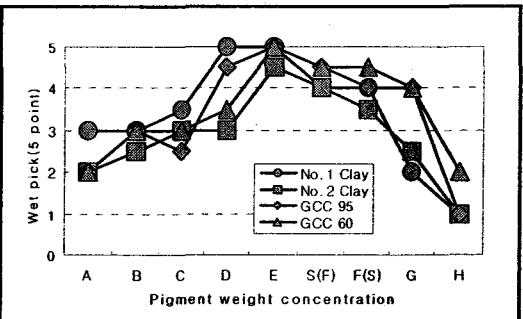


Fig 7. Wet pick

Fig 6, 7은 Dry pick과 Wet pick을 나타낸다. Dry pick은 바인더 함량이 올라갈 수 록 향상되고 Wet pick의 경우 CPWC 이하에서는 도공층 내부로 수분의 흡수가 없고, 축 임물이 묻지 않은 부분에만 인쇄가 이루어져 육안으로 보기엔 인쇄품질이 불량해 보였다. 각각의 CPWC 이상이라 여겨지는 지점부터는 도공층 내부에 공극이 형성되고 물이 흡수되어 Wet pick 인쇄면이 좋게 나타났다. 바인더 함량이 낮은 90%나 95%부분에서는 안료와 안료, 안료와 원지를 잡아주는 바인더의 힘이 약해져 Pick 값이 떨어졌다.

3.3.4 Ink repellency

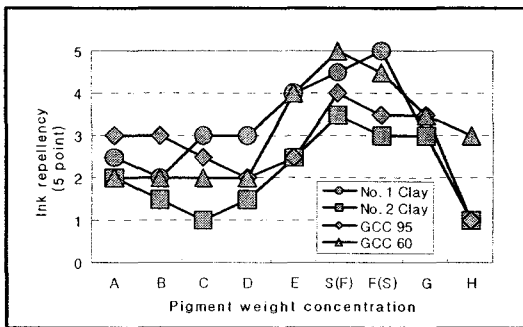


Fig 8. Ink repellency

Fig 8은 Ink repellency 결과를 나타낸 것이다. CPWC라 예상되는 지점 이하와 이상에서 일어나는 인쇄면의 변화는 Wet pick과 같은 경향성을 나타낸다.

4. 결론

1. 도공지의 광학적 특성은 빛의 반사, 산란, 흡수, 투과에 의해 결정되고, 안료와 도공층 구조에 영향을 많이 받게 되며 Fig 1과 같은 변곡점이 나타나게 된다. 질량과 부피의 상관관계를 살펴볼 때, CPVC는 CPWC와 같다고 할 수 있다.
2. 여러 실험 데이터를 종합하여 판단해 볼 때, 본 실험에 사용한 1급 클레이, 2급 클레이, GCC-95, GCC-60의 CPWC는 각각 약 65%, 70%, 75%, 80% 지점으로 생각된다.
3. CPWC는 안료의 종류와 구조에 따라 차이가 있었으며, 안료의 형상이 같아도 입자 크기가 작을수록 CPWC 지점이 낮아졌다.
4. 인쇄 실험을 통한 최적의 바인더 량은 기존 배합비와는 다소 차이가 있었다. 여러 인쇄 품질을 고려해볼 때, 1급 클레이, 2급 클레이, GCC-95, GCC-60의 최적 바인더 레벨은 각각 PWC 85%, 85%, 90%, 86.91%였다.

5. PWC로 PVC를 대체하여 사용한다면 안료와 바인더 종류에 따른 각각의 부피를 계산하는 번잡한 과정을 줄일 수 있고, 각 안료에 맞는 바인더 첨가량을 구하는데 효과적이었다.

5. 인용문헌

1. W. K. Asbeck and Maurice Van Loo, Critical pigment Volume Relationships, *Industrial and Engineering Chemistry*, 41(7), 1949
2. D. I. Lee, Packing of Spheres And Its Effect On the Viscosity of Suspensions, *Journal of Paint Technology*, 42(1970) 579-580
3. D. I. Lee, The Critical Pigment Volume Concentration Concept for Paper Coatings, *Journal of Korea TAPPI*, 34(5), 2002
4. R. F. Fedors and R. F. Landel, An Empirical method of Estimating the Void Fraction in Mixtures of uniform Particles of Different Size, *Powder Technology*, 23(1979) 225-231