

유동성 조절제가 고농도 도공액의 유동특성에 미치는 영향

*유성중, 이용규†

*S. J. Yoo and Y. K. Lee†

ABSTRACT

종이의 도공액이 고농도화 됨에 따라 도공액의 유동학적 특성에 대한 연구가 더욱 더 중요시 되고 있다. 기존의 합성 증점제의 경우는 단순히 증점 보수제의 기능을 가지고 있으므로 고농도/고속 도공시 블레이드하에서 점탄성적인 성질 중 팽윤에 의한 탄성의 성질이 더 강하게 남아있게 되어 다양한 도공 트러블의 원인이 될 수 있다. 최근에는 이러한 단점을 개선하기 위한 표면 흡착형 유동성 조절제가 소개되고 있다.

따라서 본 연구에서는 알카리 팽윤형 합성 증점제와 표면 흡착형 유동성 개량제로 업계에 알려진 2종의 유동성 조절제가 고농도 도공액의 점탄성적인 유동특성에 미치는 영향성을 검토하였고, PDA(Penetration Dynamic Analyzer) 모듈을 이용하여 원지에 흡수되는 흡수 거동을 관찰하였다.

Keyword : Rheology modifier, High solid coating, Viscoelasticity, Storage modulus, Loss modulus, Dynamic penetration.

* EN paper 주식회사(En paper Co. LTD. Nueup-dong Osan-si, Gyeonggi-do, 447-160, Korea)

† 주저자(Corresponding author): E-mail: yklee@kangwon.ac.kr

1. 서론

고농도 도공에 의해 도공지의 품질향상, 생산성 향상 및 생산단가 절감 등과 같은 장점을 취할 수 있다는 점에 대해서는 이론(異論)의 여지가 없다 하겠다. 또한 최근 국내 제지업계에서도 도공액의 고농도화 및 고속화에 박차를 가하고 있는 실정이다.

그러나 많은 경우에 있어 고농도 도공시 블리딩 및 스트리크와 같이 도공액의 유동특성, 침투특성 및 도공액 안정성과 관련된 작업성 문제에 직면하게 되는 것이 현실이다.¹⁻³⁾

과거 70년대에는 전분이 본질적인 점착성 외에도 증점성 및 보수성을 조절하는 용도로서 활발히 사용되었다.⁴⁾ 단 전분 그 자체의 호화농도 (cooking solid)의 한계로 인해 도공농도에 제한요소로서 작용하는 단점이 있었다. 최근 들어 도공용으로 변성된 전분이 개발되고 있으나 이 또한 전분 고유의 열경화(thermosetting) 특성으로 인한 켈린더링 적성 부족으로 인해 백지광택 및 평활도(smoothness) 감소와 같은 문제점은 아직 완전히 극복하지 못하고 있는 실정이다. 또한 건조 후 필름의 비가역적인 수축(shrinking)으로 인한 인쇄모틀 유발도 그 사용상의 제한적인 부분으로 들 수 있다. 따라서 전분의 활용은 언더도공(under coating) 또는 MSP(metering size press)도공 등으로 그 사용이 제한되고 있는 실정이다.⁵⁾

80년대 이후 스타이렌-부타디엔 공중합체 라텍스 (SBL : styrene - butadiene latex)가 출시되었다. 라텍스는 고형분 농도가 50% 정도로 높아 고농도 도공이 가능하다는 장점과 함께 뛰어난 열가소성(thermo plastic)특성으로 인한 켈린더링 적성이 우수한 장점을 보유하여 도공 기술의 개발은 한 단계 더 발전하게 되었다.⁶⁾ 그러나 SB계 라텍스의 보수성 및 증점성의 한계를 보완하기 위하여 전분을 대체할 합성 증점제가 요구되었으며 이에 알칼리 팽윤형 합성 증점제가 개발되어 근래까지 사용되어 왔다.⁷⁻⁸⁾ 그러나 합성 증점제의 경우에도 보수/증점 기작에 있어 전분과 같이 팽윤에 의존하는 근원적 한계는 완전히 극복하지 못하였다. 합성 보수 증점제는 도공액의 고형분 농도를 더블도공(double coating)에서 약 64%, 싱글도공(single coating)에서 67% 정도 올리는 데 그 한계를 나타내었다. 또한 일반적인 투입량이 바인더 역할을 겸하던 전분에 비해서 감소함에 따라서 염료의 캐리어성이 감소되는 단점도 나타나게 되었다.

최근 들어 이러한 합성 증점제의 단점을 개선하기 위한 물리화학적으로 이온성이

양쪽성이며 분자량이 적고, 유리전이온도가 높은 표면 흡착형 유동성 개량제가 개발되었으며, 그 작용기작에 있어 전하로 대전된 안료를 입체적으로 재 분산시켜 원지에 대한 동적 침투 특성 및 도공액의 유동학적 거동을 개선시키는 특징을 갖고 있다.

따라서 본 연구에서는 종이 도공 업계에서 일반적으로 사용되고 알칼리 팽윤형 합성 증점제(ASE type ; alkali swellable emulsion)와 표면 흡착형 유동성 개량제(SAE type ; surface adsorption emulsion)를 사용하여 고농도 도공액에 적용시 유동학적 특성에 미치는 영향에 대한 고찰을 해 보고자 한다.

2. 재료 및 실험

2.1. 공시재료

2.1.1. 안료

도공안료로서 중질탄산칼슘은 T사의 KFMT-95H를 사용하였으며, clay는 E사의 Ultra Gloss LV를 사용하였다. 각 안료들의 물리적인 특성은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Physical properties of coating pigments

Pigments	%, <0.23 μm	%, <0.55 μm	%, <1.09 μm	%, <2.15 μm	Mean particles diameter (μm -d50%)	Surface area (m^2/cm^3)
GCC	0.00	4.82	57.16	97.79	1.025	7.378
Clay	23.60	65.18	68.31	79.65	0.366	19.051

2.1.2. 바인더

도공바인더로서 K사의 SB계 공중합 라텍스를 사용하였으며, 바인더의 자체 특성은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Physical properties of SB latex

Binder	Surface tension (dyne/cm)	Viscosity (cPs)	Tg (°C)	Gel contents (%)	Particle size (nm)
Latex	52.5	350	2	83	110

2.1.3. 유동성 조절제

도공용 유동성 조절제로서 알칼리 팽윤형 합성 증점제와 표면 흡착형 유동성 개량제를 사용하였으며, 이들 특성은 Table 3에 나타내었다.

Table 3. Physicochemical properties of rheology modifiers

Series	ASE type rheology modifier	SAE type rheology modifier
Chemical composition	acrylate polymer	modified acrylate oligomer
Solid content (%)	30	30
pH	3.5	8.1
Viscosity (cPs)	10	150
Ionic charge	anionic	amphoteric
Molecular weight (\overline{M}_w)	> 400,000	< 2,000
Glass transition temperature (°C)	15°C	50°C
Mechanism	alkali swellable thickening	adsorption on pigment surface
Function	water immobilization	steric stabilization of pigment

3. 실험방법

3.1. 도공액의 제조

도공액의 제반 배합비 및 고형분은 동일하게 유지하고 표면 흡착형 유동성 개량제의 도공액 내에서의 유동적 거동을 비교분석 하기 위해 알칼리 팽윤형 합성 증점제와 표면 흡착형 유동성 개량제만을 변경하여 제조하였으며, 투입량은 도공액의 저전단 점도(LSV)를 유사한 수준으로 조정하여 투입하였다. 상세 배합비 및 기초물성은 Table 4에 나타내었다.

Table 4. Coating formulation for evaluating the effects of rheology modifier on the coating color properties

(Unit = part)

Series Components	ASE type rheology modifier	SAE type rheology modifier
Clay	20	20
GCC	80	80
ASE type rheology modifier	0.07	–
SAE type rheology modifier	–	0.20
Latex	11	11
OBA	0.5	0.5
Solid content (%)	70	70
¹ LSV (cPs)	1350	1280
² HSV (cPs)	40.6	34.4
Hysteresis area (cm ²)	13.247	7.962

1:Low shear viscosity, 2:High shear viscosity,

3.2. 도공액의 유동성 평가방법

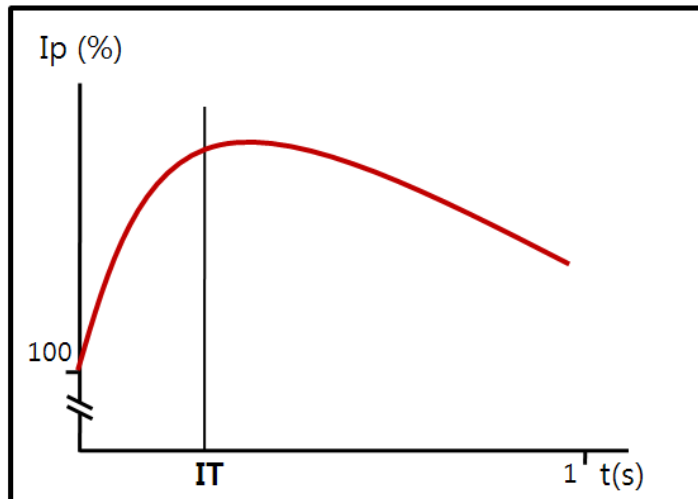
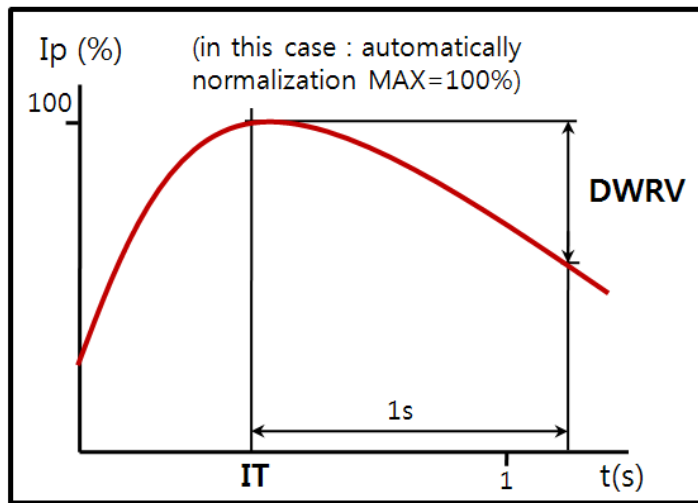
도공액의 기초물성 및 유동성 평가 방법은 아래와 같다.

- 보수성 : 보수성 tester, 10cc, 60sec, 2bar (ÅA-GWR, Kaltec, 미국)
- 저전단 점도 : Spindle No. 4, 60rpm (LV-DV1+, brookfield, 미국)
- 고전단 유동성 : Bob E, 4400rpm (DV-10, Kaltec, 미국)
- 점탄성적 유동성 : Cone & Plate (Stresstech HR, Rheologica, 독일)
Gap 0.20mm, interval 2.000E+1s,
Frequency 1.0E+0 Hz,
Delay time 1.00E+0 sec.

3.3. 도공액의 동적 침투 특성 평가방법

일정 전단 하에서 도공액의 동적 침투 특성은 동적침투성 측정기(Penetration Dynamic Analyzer, PDA Emtec사, 독일)를 사용하여 vibrating shear rate 10^4 s^{-1} 의 조건으로 평가하였다.

동적침투 특성 측정치에 대한 정의 및 물리적인 의미에 대해서 Fig. 1에 나타내었다. 부동화점(IT: immobilization time)은 종축의 값이 최초로 최대치에 이르는 점에서의 횡축값으로 정의한다. 동적보수성(DWRV : dynamic water retention value)는 부동화점과 그로부터 1초 경과한 후의 종축값의 차이로 정의하고 그 값이 클수록 동적침투가 많다고 판단한다. 또 응답곡선에서 기울기가 변하는 변곡점(inflexion point)은 침투속도가 변경됨을 의미하며 이로부터 동적침투의 정석적인 균일성 여부를 판단할 수 있다.



DWR (dynamic water retention) : DWR is defined as a difference in intensity between T_{max} and one second after from it.

IT (immobilization time) : time to reach maximum intensity

Penetration behavior is represented with curve shape.

Fig. 1. Definition and physical meaning of parameter for dynamic penetration.

4. 결과 및 고찰

4.1. 도공액의 점탄성적 거동특성

고농도 도공에서는 도공액의 의소성(pseudo plastic)과 같은 유체역학적 거동(fluid dynamics)외에 점탄성(viscoelastic)과 같은 유동학적(rheology) 유동특성에 대한 고려 또한 매우 중요하다. 고농도 도공은 빠른 부동화 및 건조의 용이성으로 인해 도공속도의 고속화가 이루어지게 되므로 도공액의 점탄성적인 유동학 특성에 대한 관찰은 매우 중요하다 하겠다.

도공액의 점탄성 특성 측정치에 대한 물리적인 의미를 Fig. 2에 정리하여 나타내었다. 점탄성 측정치인 G' (storage modulus)은 탄성(elasticity)적 요소를, G'' (loss modulus)은 점성(viscous)적 요소를 나타낸다. 또한 δ (phase angle)은 전단 변형률(shear strain)과 전단응력(shear stress)의 위상차를 의미하며 0도의 경우 전단변형에 대한 응답 위상차가 없는 완전 탄성체(elastic)를 의미하며, 90도의 경우 전단변형에 대한 위상차가 있는 완전 점성체(viscous fluid)를 의미한다.

실험대상 도공액 2종에 대한 레오미터 실험결과를 Fig. 3과 Fig. 4에 나타내었다. 알칼리 팽윤형 증점제를 적용한 도공액은 Fig. 3에 나타난 바와 같이 전단응력에 대한 위상각(δ)의 변화 기울기가 완만하게 나타나므로 도공액의 탄성이 느리게 감소하는 것으로 나타났다. 또한 Fig. 4에서도 알칼리 팽윤형 증점제를 적용한 도공액은 탄성/점성 계수($G'/G'' = \text{storage modulus/loss modulus}$)의 기울기가 매우 완만하여 전단응력 전반에 걸쳐 탄성이 지배적인 것으로 나타났다. 반면에 표면 흡착형 유동성 개량제를 적용한 도공액은 전단응력이 증가함에 따른 위상각의 변화가 매우 빠르게 나타날 뿐만 아니라 탄성/점성 계수비의 변화가 전단응력에 따라서 감소하여 빠르게 점성유체 거동을 보이는 특성을 나타내었다.

이상의 결과로부터 팽윤형 증점제는 표면 흡착형 유동성 개량제에 비해서 도공액의 탄성이 강한 것을 알 수 있었으며, 이는 팽윤형 증점제는 도공액 내의 물 분자를 독점적으로 흡수하여 팽윤된 스펀지상을 형성하기 때문으로 판단된다. 고농도 고속 도공에서 도공액의 탄성이 강하다는 것은 블레이드 도공에서의 작업성 및 품질적인 문제를 야기할 확률이 높아진다고 판단된다. 즉 도공액의 탄성이 강하다는 것은 블레이드 하에서의 압축에 대한 저항력이 증가된다는 것을 의미하며, 이는 벤트 블레이드(bent

blade) 도공시 도공량의 상승문제 또는 팁 블레이드(tip blade) 도공시 블리딩과 같은 도공작업성 문제가 야기될 확률이 높아진다는 의미로 해석 된다. 또한 탄성이 높다는 것은 응력을 흡수하는 시간에 의존하는 함수인 충격량(impact force) 또한 매우 증가하게 된다는 의미도 내포하고 있다. 이상과 같은 도공액의 탄성 증가와 이에 따른 고농도 도공시의 조업성 문제 및 품질 문제는 물 분자와의 상호작용을 기반으로 하는 천연바인더의 경우에도 도공액의 탄성이 상승하는 문제로부터는 자유롭지 못할 것으로 판단 된다.

반면 표면 흡착형 유동성 개량제는 도공액의 탄성적 특성을 전단력이 가해짐에 따라서 점성유체의 거동으로 전환시키는 특징이 관찰되었다. 이는 표면 흡착형 유동성 개량제의 경우는 계 내에서 국지적인 고농도 상태를 유발시키지 않으므로 계 내에서 탄성을 갖는 팽윤 구조체를 형성하지 아니하는 작용기작 때문으로 판단된다. 도공액의 탄성이 적으므로 고농도 도공에서도 도공량 제어가 용이하며 미터링 후의 팽창이 적어 면성이 우수할 것으로 판단된다.

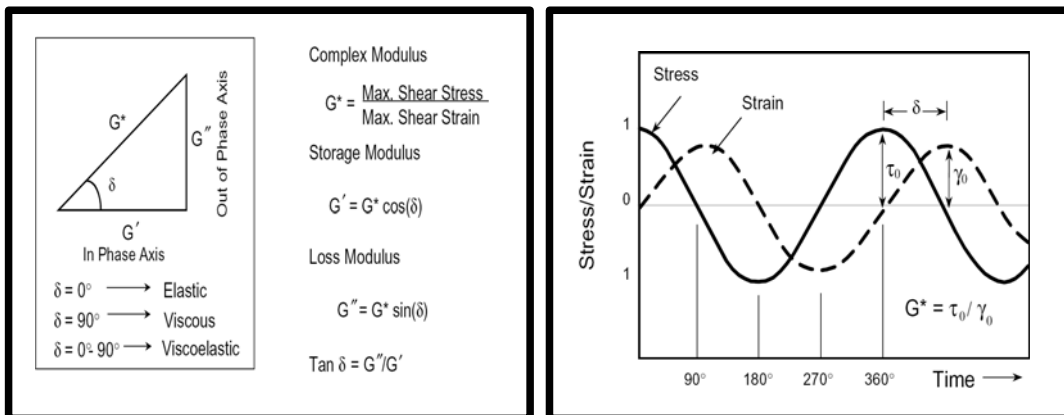
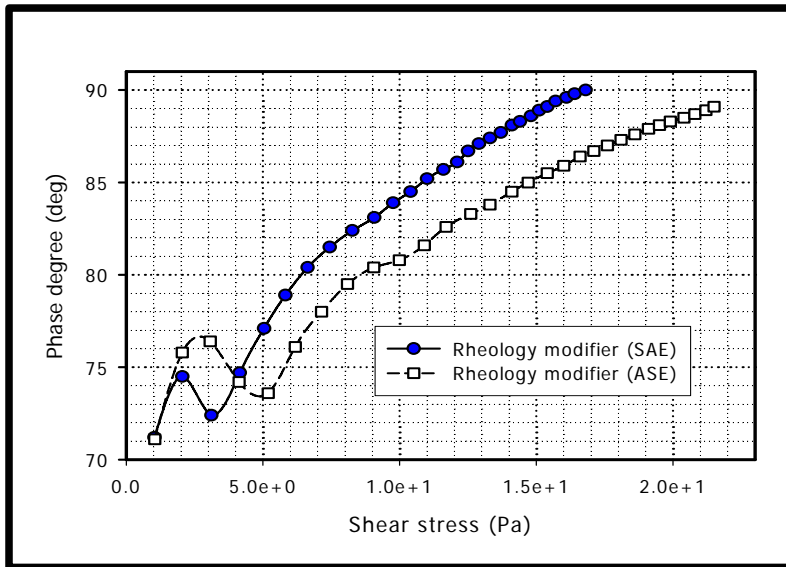
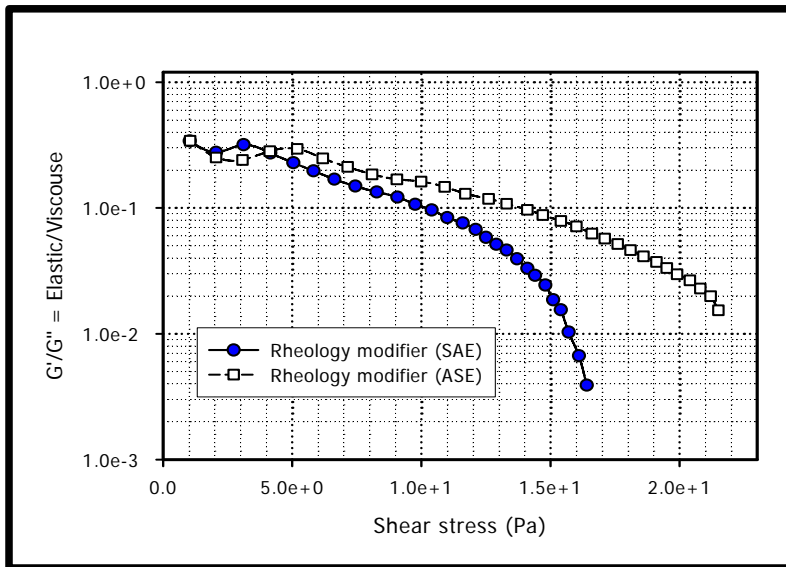


Fig. 2. Definition of viscoelastic parameters.



SAE : surface adsorption emulsion, ASE : alkali swellable emulsion

Fig. 3. Effect of rheology modifiers on the relation between phase degree and shear stress.



SAE : surface adsorption emulsion, ASE : alkali swellable emulsion

Fig. 4. Effects of rheology modifier on the storage modulus and loss modulus ratio.

4.2. 도공액의 고전단 유동특성

고농도 도공시 도공액은 도공액 자체의 비중(specific gravity)이 높아짐에 따라서 보다 높은 충격량을 가지게 되므로 고전단하에서의 유동특성의 중요성은 더욱 높다. 일반적으로 도공액은 전단력에 의해 점도가 감소하는 의사성(pseudoplastic) 유동특성을 나타내고 있으며, 이러한 유동특성은 도공량 제어를 위한 도공작업 조건 뿐만 아니라 도공지 면성에 직접적으로 영향을 미치게 된다.

예를 들어 고농도 도공액의 경우 자체 고형분 농도가 높기 때문에 도공량이 상승하는 경향을 나타낸다. 물론 도공량 상승문제는 블레이드의 종류 및 블레이드 압력과 같은 설비적 요소 및 공정조건 변경을 통해서도 제어가 가능하다. 그러나 이러한 물리적인 방법론은 스트리크, 블리딩과 같은 도공작업성 문제, 평활도 감소 및 인쇄모틀과 같은 품질적인 문제를 야기할 수 있다. 또한 고농도화에 따른 유동특성 열화를 근원적으로 해소하지 않으면 도공액 자체의 물성 열화를 야기하여 상업적인 의미에서의 안정적인 적용을 성취하게 힘들게 한다.

결국 고농도 도공에 있어 가장 효율적이고 합리적인 방법은 도공액의 유동학적 특성을 최적화하는 것이라 할 수 있으며, 이를 위해서는 표면 흡착형 유동성 개량제와 같은 특수 유동성 조절제에 의한 영향을 고찰하는 것이 요구된다.

따라서 알칼리 팽윤형 증점제와 표면 흡착형 유동성 개량제를 적용한 도공액 2종에 대한 고전단 유동성을 평가한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 5의 결과를 보면 알칼리 팽윤형 증점제의 경우 전단속도의 전단속도(shear rate)변화에 따른 응력 프로파일이 표면 흡착형 유동성 개량제에 비해서 매우 높게 형성되는 것으로 나타났으며, Fig. 6에서와 같이 전단속도 상승과 하강에 따른 응력격차 적분면적(hysteresis area) 또한 넓게 나타났다.

이것은 알칼리 팽윤형 증점제는 동일 전단속도에서 블레이드의 저항응력을 높여서 동일한 블레이드 펄스 하에서 도공량의 상승을 유발시킬 수 있다는 것을 의미한다. 이 경우 도공량 제어를 위해서는 블레이드 펄스 및 각도 조정이 필요하며, 공정작업성 문제 및 품질문제에 직면하게 될 가능성이 높으므로 팽윤형 증점제는 고농도 도공에는 적합하지 않다고 판단할 수 있다.

또한 알칼리 팽윤형 증점제는 도공액이 정지된 상태에서부터 최초로 전단력이 가해지는 시점에서 전단력에 저항하려는 힘과 일정 전단력이 가해진 후 전단력이 감소하

는 과정에서의 응력간의 차이가 큰 것으로 나타났다. 이는 도공액의 요변성이 크다는 물리적 의미를 내포하는 것이며, 블레이드 전후에서 도공액의 유동학적 거동이 매우 달라짐에 따른 제반 면성 및 도공면의 균일성에 영향을 미칠 수 있다는 것이다.

상기의 결과에서 합성 증점제의 고전단 유동 저항성이 높게 나타난 것은 증점제 고유의 작용기작 때문으로 판단된다. 합성 증점제는 산성 조건(acidic condition) 하에서는 고분자량의 사슬이 미셀(miscell)내부에 갇혀 있다가 염기성 분위기에서 미셀이 파괴되면서 고분자의 사슬이 팽윤되고, 고흡수성의 스핀지상을 형성하는 기작을 나타낸다.

팽윤형 증점제는 도공액 내의 물 분자를 독점적으로 흡수하므로 도공액 내의 안료 유동성 확보를 위해 필요한 물 분자가 부족하게 된다. 또한 팽윤형 증점제는 이미 도공액 계 내에서도 국지적인 고농도화 상태를 야기하게 되므로 고농도 도공을 하는 경우 균일한 도공면을 구현하기 어렵게 된다는 것을 의미한다. 또한 국지적인 고농도 영역에서의 안료는 상호간의 간격이 좁아지게 되면서 Lennard-Johns potential 이론에서 언급된 바와 같이 상호간의 인력에 의한 무작위적인 응집이 발생하게 된다. 분산성이 열화된 안료는 도공액의 유동성 저하에 직접적인 기여를 하게 된다.

반면 표면 흡착형 유동성 개량제의 경우 고전단 유동성이 상대적으로 우수하게 나타난 것은 알칼리 팽윤형 증점제와 그 작용 기작이 다르기 때문으로 판단된다. 표면 흡착형 유동성 개량제는 도공액 계 내의 안료입자에 흡착하여 안료를 입체적으로 재분산시키되 물 분자와는 약한 극성 회합을 하기 때문으로 판단된다. 이러한 작용기작은 물 분자를 도공액 계 내에 균일하게 분포시켜서 안료의 고형분 농도가 고르게 되므로 고농도 도공시 균일한 도공면의 구현을 가능하게 하는 것으로 판단된다.

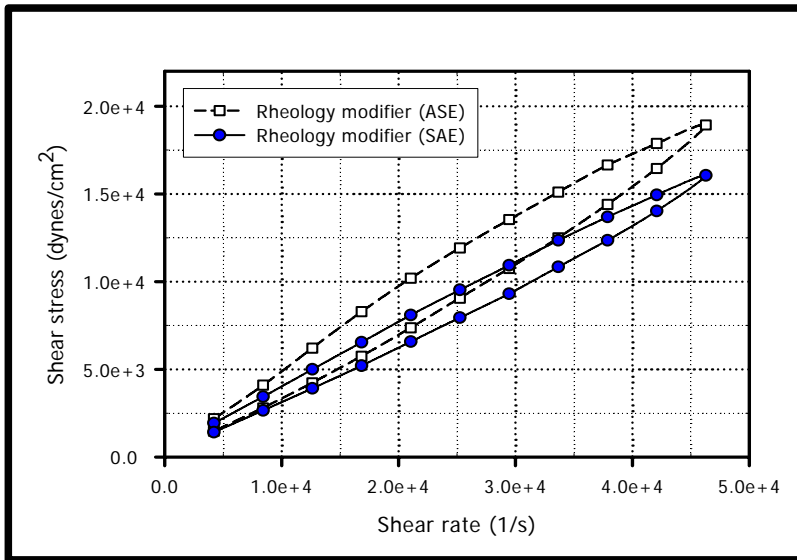


Fig. 5. Effects of rheology modifier on the high shear viscosity.

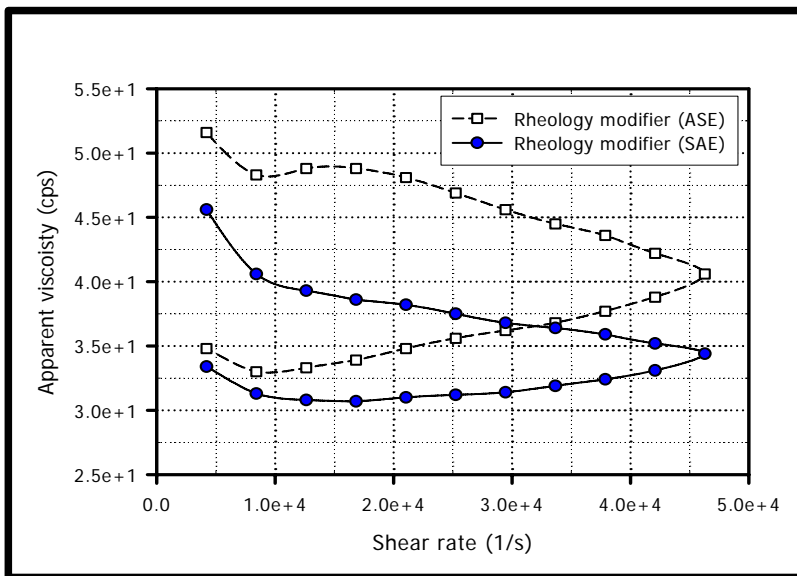


Fig. 6. Effects of rheology modifier on the apparent viscosity and hysteresis phenomena.

4.3. 도공액의 동적 침투특성

앞서 도공액의 점성유체로서의 거동과 점탄성적인 거동에 대해서 고찰하였다. 그러나 도공액의 유체역학적 거동은 피도공 매체인 원지의 기공분포 및 사이즈도와 블레이드의 형태 및 펄스에 의한 기타 조건에 의해서도 영향을 받을 수 있다. 예를 들어 고농도 고속 도공시 도공액은 블레이드의 압력에 의해 원지로의 강제적인 침투가 일어날 수 있으며, 이는 원지의 기공분포도 및 사이즈도와도 상관관계에 영향을 미칠 수 있다고 판단된다.

따라서 본 장에서는 일정 전단 하에서 도공액의 침투특성에 대한 고찰을 실시하였다. 실험 도공액에 대해서 원지로의 침투특성을 동적침투성측정기(PDA)를 통해 분석하고 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 팽윤성 증점제를 적용한 도공액은 원지와 접촉 초기의 응답곡선의 기울기가 표면 흡착형 유동성 개량제를 적용한 도공액에 비해 가파르게 나타나서 접촉초기의 침투가 다소 빠른 것으로 나타났다. 한편 동적보수성 값 또한 표면 흡착형 유동성 개량제를 적용한 도공액에 비해 다소 커서 팽윤성 증점제를 적용하는 경우 침투가 보다 많은 것으로 나타났다. 이는 기존의 정적보수성 측정치 값으로 예측한 것과는 상반되는 결과였다. 또한 침투특성 그래프에서 다수의 변곡점이 나타나서 부동화 과정에서 동적인 침투속도가 변화되는 것으로 나타났다.

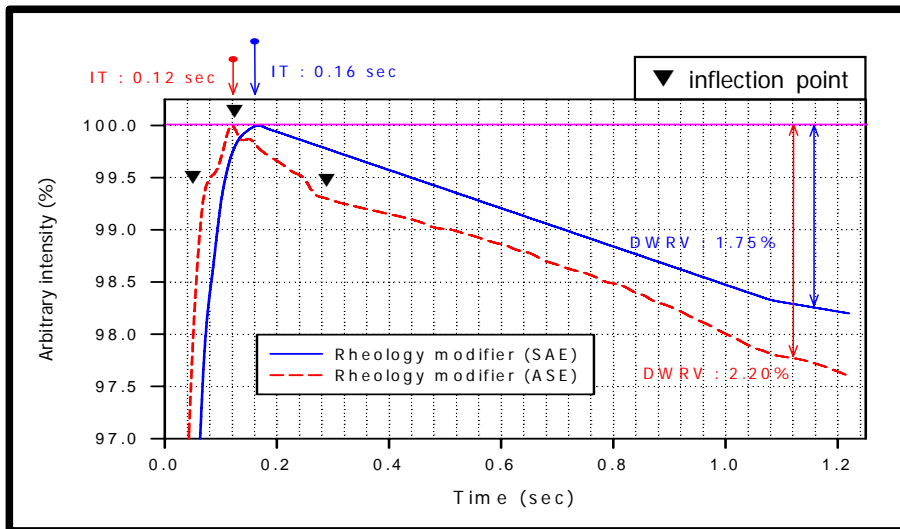


Fig. 7. Dynamic penetration behavior.

이와 같은 팽윤성 증점제의 거동은 도공액 중의 물 분자를 독점적으로 흡수하는 작용기 작으로부터 기인한 것으로 판단된다. 즉 편향된 수분분포로 인해 계 내에는 국부적인 고농도화에 의한 안료의 불균일한 응집이 그 원인으로 사료된다. 즉 안료가 이동성(mobility)을 가질 수 있는 수상(aqueous phase)이 부족해짐에 따라서 안료간의 간격이 좁아지게 되고 이에 따른 분산성 및 이동성 저하로 인해 안료의 불균일한 응집이 쉽게 발생할 수 있다. 불균일한 안료의 응집은 도공액이 원지와 접촉하는 초기 불균일한 필터 케이크(filter cake)층의 형성으로 이어지게 되어 동적보수성의 저하를 가져오게 되는 것으로 판단된다. 이는 동적 침투응답곡선에서 침투속도가 변화하는 변곡점이 나타나는 현상과도 일치하였다.

반면 표면 흡착형 유동성 개량제를 적용한 도공액은 동적침투 응답곡선에서도 부동화점에서의 단일 변곡점만이 관찰되어 침투특성이 균일하였으며, 동적 보수성이 우수한 것으로 나타났다. 이는 표면 흡착형 유동성 개량제의 경우 물 분자를 계 내에 균일하게 분포시키고, 안료에 흡착하여 정전기적으로 분산된 안료를 입체적으로 재분산 시켜주는 작용기작 때문인 것으로 판단된다.

이상의 동적침투특성 평가 결과는 기존의 정적 보수성 측정치의 결과와는 그 현상이 다르게 나타난 것으로, 이는 고농도 고속 도공시의 상황을 기존의 정적 보수성 모델만으로는 완전하게 묘사할 수 없다는 것을 의미한다. 즉 기존의 ÅA-GWR 방식의 정적 보수성 측정은 일정 압력 하에서 일정 시간동안 방치 후의 침투 총량을 계량화하는 것으로 이는 도공액과 원지와 접촉시간이 매우 짧은 고속도공의 경우에 지배적인 판단근거로서는 미흡하다는 것을 의미한다. 실제 도공과정에서는 빠른 전단속도로 인한 압력의 영향 및 원지의 특성이 복합적으로 도공적성에 영향을 미치게 되므로 정적 동적 보수성에 대한 통합적인 고찰이 필요하다고 판단된다.

5. 결론

이상과 같은 실험으로부터 고농도 도공시 유동성 조절제에 의한 유동학적 특성, 동적침투특성 및 도공액의 안정성에 대해서 검토한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

알칼리 팽윤형 증점제는 표면 흡착형 유동성 개량제에 비해서 고농도 도공액에서

탄성이 강한 것을 확인하였고, 반면 표면 흡착형 유동성 개량제는 전단력이 가해짐에 따라 도공액의 탄성적 특성이 점성유체의 거동으로 전환되는 것을 확인하였다.

표면 흡착형 유동성 개량제는 물 분자를 균일하게 분포시켜서 도공액 계 내의 안료 고형분 분포가 고르게 되므로 도공액이 원지로 침투되는 거동과 고전단 유동특성이 상대적으로 우수하여 고농도 도공을 가능하게 하는 것으로 판단되었다.

이상의 결과로부터 기존의 흡수팽윤에 의한 증점 및 보수 기작을 갖는 CMC, 전분과 같은 천연바인더 및 합성 알칼리 팽윤형 증점제의 경우 고농도 고속 도공에 있어 적합하지 않음을 알 수 있었다. 또한 성공적인 고속 고농도 도공을 위해서는 표면 흡착형 유동성 개량제와 같이 안료의 재분산성을 기반으로 하여 유동특성 및 균일한 필터 케이크 형성과 같은 균일한 침투특성을 갖는 유동성 조절제가 보다 적합함을 알 수 있었다.

6. 참고 문헌

1. Kobayashi T., Okuyama T. and Koike T., Japan TAPPI Journal Vol .49(2) 110 (1995).
2. Weigl J. and Grossmann H., TAPPI Journal Vol80(11) 223 (1997).
3. Nishioka T., Japan TAPPI Journal Vol 49(2) 177 (1995).
4. Galliard T., Starch Properties and Potential, Critical Reports on Applied Chemistry Vol.13, Society of Chemical Industry by John Wiley & Sons (1987).
5. Hinago T., Japanese Journal of Paper Technology (11) 10 (1998).
6. Tomas Moore et. al., 2002 Coating Materials: Pigments, Binders & Additives Short Course TAPPI Press, Atlanta (2002).
7. Tsunekawa K. Japan TAPPI Journl Vol 54(6) (2000).
8. Kaji T. JapaneseJournal of Paper Technology (8). 9 (1991).