Immobilization cell을 이용한 도공액 특성 연구

Investigation on the Rheological Properties of Coating Colors by immobilization cell

박시한 · 김경동 · 김송주 · **허용성**

신무림제지(주) 연구소

ABSTRACT

Coater runnability of the paper coating and final product properties can be affected by the immobilization of coating color and the dewatering into the base paper. During the dewatering, the rheological properties and solids content of a coating are dramatically changed. For the purpose of obtaining better coater runnability and high quality of coater paper many papermakers are trying to improve the water retention of paper coatings by using some additives such as thickener and co-binder. In this study, we tried to investigate the rheological properties and the immobilization point of coatings with immobilization cell during the dewatering of coatings.

1. 서 론

최근 코팅공정에서의 작업성과 최종 제품의 품질에 있어서 도공액 물성의 중요성이 점차 강조되고 있다. 블레이드 코팅시 블레이드의 압력과 다공성의 원지 특성에 의해 도공액의 탈수가 진행되며 도공액 부동화가 일어난다. 도공액의 탈수가 진행되면서 고형분이 증가함에 따라 도공액 유동성 변화도 동시에 일어난다. 이러한 도공액 유동성을 조절하고 도공지 품질을 향상시키는 목적으로 합성 증점제와 전분, co-binder 등의 유동성 개선제를 적용하여 도공액의 유동성 및 보수성을 조절하는 방법이 일반적이다. 그리고 도공액의 보수성과 탈수 특성을 측정하는 다양한 실험 방법들이 코팅공정의 작업성을 예측하는데 사용되고 있다. 그러나 가압 탈수방식인 ÅA-GWR와 같은 측정 방법

은 정적인 상태에서 얻은 도공액의 탈수양 만으로 보수성을 평가하는 것으로 블레이드 압력 등의 조건을 고려되지 않았으므로 실제 코팅공정 조건과는 거리가 있었다.

본 연구에서는 immobilization cell을 이용하여 기존 도공액 물성 측정·방법과 다르게 도공액 특성에 영향하는 다른 인자를 파악하고자 하였다. Immobilization cell은 도공용 원지 위에서 도공액의 탈수가 일어나면서 부동화가 진행될 때 도공액에 shear stress를 가하여 코팅칼라의 유동 특성 변화를 관찰할 수 있다. 따라서 이 측정장치를 이용할 경우 도공액의 탈수 및 부동화, 점탄성적 특성 그리고 substrate 특성 등의 영향을 종합적으로 파악하는 것이 가능하다. 이 방법을 이용하여 현장 코팅공정의 작업 조건과 보다 유사한 실험 조건에서 코팅칼라의 탈수가 진행되는 동안 부동화되는 도공액 특성 변화를 파악할 수 있었다.

2. 재료 및 방법

2.1 도공액 원료

도공액 원료 및 배합비는 Table 1과 같고, 도공액 제조시 합성 증점제 투입량을 조절하여 보수성이 다른 도공액을 제조하였다.

Table 1. *Coating color formulations.*

	Ingredients	Parts by weight
Pigment	No.1 Clay	40
	Fine GCC	60
Binder	SBR Latex	12
Additives	Synthetic thickener	variable

2.2 도공액 물성 측정

주요 도공액 물성은 Table 2에 나열한 방식으로 측정하였다.

Table 2. Measurements of coating color properties.

Measurements	Methods
Solid content	Halogen moisture analyzer
Low shear viscosity	Brookfield viscometer (60 rpm)
High shear viscosity	Hercules viscometer (8800 rpm, F Bob)
Water retention	ÅA-GWR (2 bar, 2 min, 3 cc)
Rheological properties & Immobilization time	Physica MCR300 rheometer (plate system) Immobilization cell(TEK IMC-C)

3. 결과 및 고찰

3.1 도공액 주요 물성

도공액의 탈수 특성을 조절하기 위해 합성 증점제 투입량으로 보수성을 다르게 제조한 도공액 주요 물성은 Table 3과 같다.

Table 3. Properties of the coatings with different addition of synthetic thickener.

	Addition of synthetic thickener, parts				
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20
Solid content, %	65.7	65.8	65.8	65.9	65.8
Low shear viscosity, cps	740	1320	1750	2160	2930
High shear viscosity, cps	24.0	25.4	26.6	28.1	29.7
Water retention, g/m^2	299.1	252.8	220.0	201.1	175.0

3.2 Rotation tests with a preset shear stress

Immobilization cell을 이용하여 도공액에서 탈수가 진행되는 동안 시간에 따른 점도 변화를 살펴보았다. 이는 rheometer에서 shear stress(τ=100 Pa)를 일정하게 하여 shear rate 변화에 따른 점도를 측정한 것이다. 도공액에서 기지로 수분 이동이 진행되면서 고형분이 증가하고 부동화가 시작되며 이에 따라 점도가 상승하면서 도공액이 부동화 되는 지점에 이르러서는 점도의 급상승이 나타나게 된다. 도공액의 증점제 투입량에 따라 점도 증가 유형이 다르며, 점도가 급상승하는 시간도 결정됨을 알 수 있다. 이는 Table 3에 보여진 도공액 점도 및 보수성 측정결과와 상관관계가 있었다.

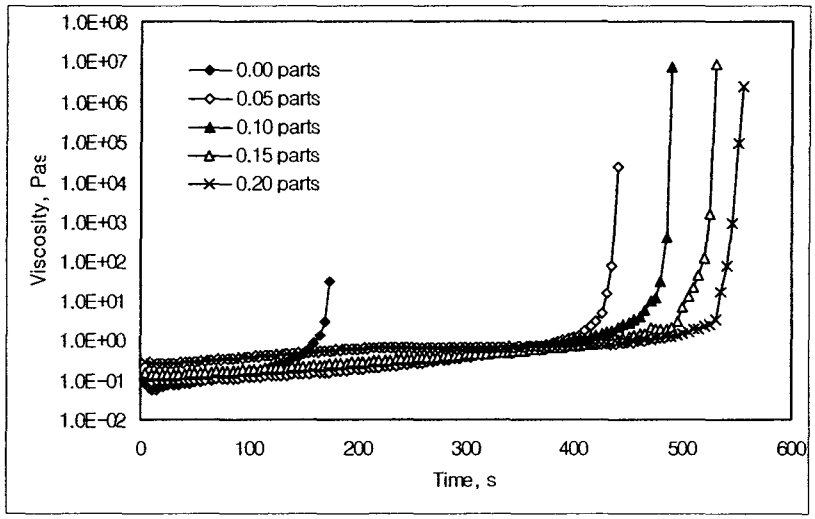

Figure 1. Viscosity vs. time during the dewatering of coating with different addition of synthetic thickener.

3.3 Oscillation tests with a preset direct strain

도공액의 구조를 파괴하지 않는 조건으로 Oscillation test(strain, γ=1%, angular frequency, ω=10 s^{-1})를 실시하여 시간에 따른 점탄성 특성의 변화를 살펴보았다. Immobilization cell을 이용하여 측정된 G′과 G′′으로부터 얻은 tanδ의 변화로 부동화점을 알 수 있다. Rotation test 결과에서 도공액의 탈수가 진행되면서 점도가 상승하는

것을 알 수 있었다(Figure 1). 따라서 Figure 2에서와 같이 도공액의 탈수 초기에는 고형분 증가로 도공액의 점탄성적인 성질이 증가하고, 부동화점에 근접하게 되면서 G'과 G''은 더 급격하게 증가한다. 여기에서 도공액의 점탄성 변화로 phase transition이 나타나는 지점, 즉 tanδ값이 최대가 되는 지점을 도공액의 부동화점(immobilization point)으로 볼 수 있다. 부동화점 이후 도공액은 부동화된 상태에서 더 이상 유동적이지 않으므로 점성을 잃고 탄성적 성질이 우세하게 되어 tanδ는 0에 가깝게 된다. Immobilization cell에서 각 도공액의 부동화점이 나타난 부동화 시간(immobilization time)의 결과를 합성 증점제 투입량에 따른 도공액의 보수성과 비교한 결과에서도 그 경향이 일치하는 것을 볼 수 있다(Figure 3).

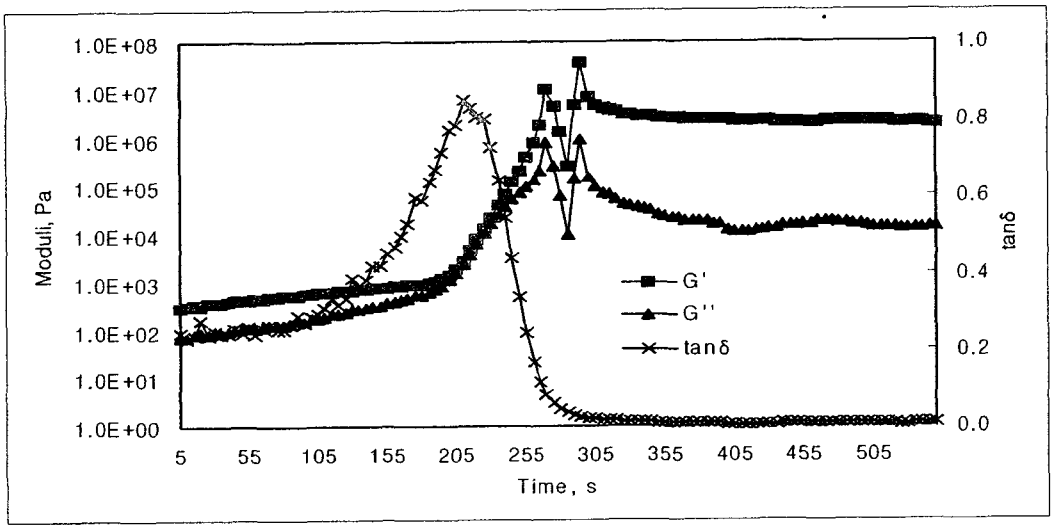

Figure 2. Rheological properties of coating during the dewatering.

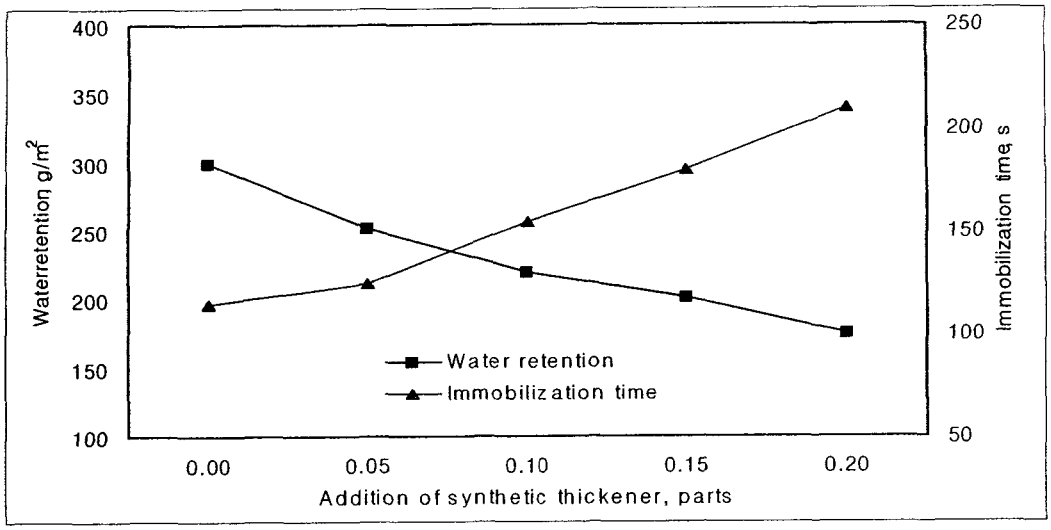

Figure 3. Comparison of water retention with immobilization time of the coating with different addition of synthetic thickener.

Table 4. Properties of the two coatings with same water retention(ÅA-GWR) and different solid content.

	A (0.20 parts)	B (0.10 parts)
Solid content, %	60.3	65.9
Water retention, g/m^2	219.5	220.3

Table 4에 나타낸 것과 같이 도공액의 농도와 합성 증점제 투입량을 조절하여 동일한 보수성을 지니는 도공액 A와 도공액 B를 제조하였고, *immobilization cell*을 이용하여 도공액 부동화 특성을 비교하였다.

ÅA-GWR으로 측정한 두 도공액의 보수성은 같지만 Figure 4와 5에서 보는 것과 같이 immobilization cell을 이용한 oscillation test 결과에서 나타난 도공액 점탄성 특성 변화와 부동화점에서는 차이가 있었다. Immobilization cell에서 도공액의 탈수가 진행

되면서 도공액 B의 경우 점탄성(G′, G′′)의 변화가 도공액 A 보다 먼저 일어나고 부동화점도 더 빠르게 나타났다. 이는 도공액 A에 비해 도공액 B의 고형분이 높기 때문에 같은 양의 수분 이동에도 부동화가 빠르게 진행되는 것이며, 실제로 도공액 B의 G′와 G′′값이 도공액 탈수 초기부터 높고 더 빠르게 증가하는 것으로도 확인할 수 있다.

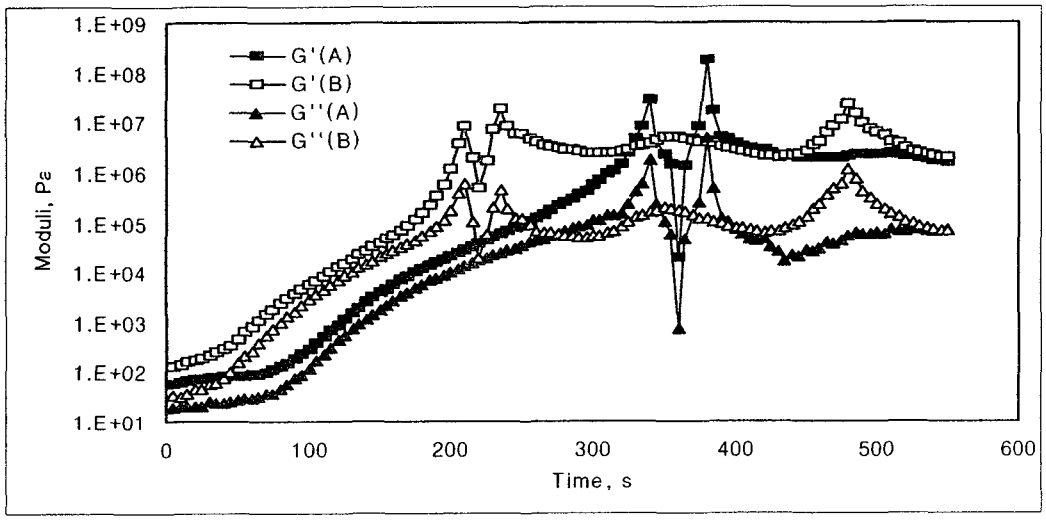

Figure 4. Rheological properties of the two coating color with same water retention(ÅA-GWR) and different solid content.

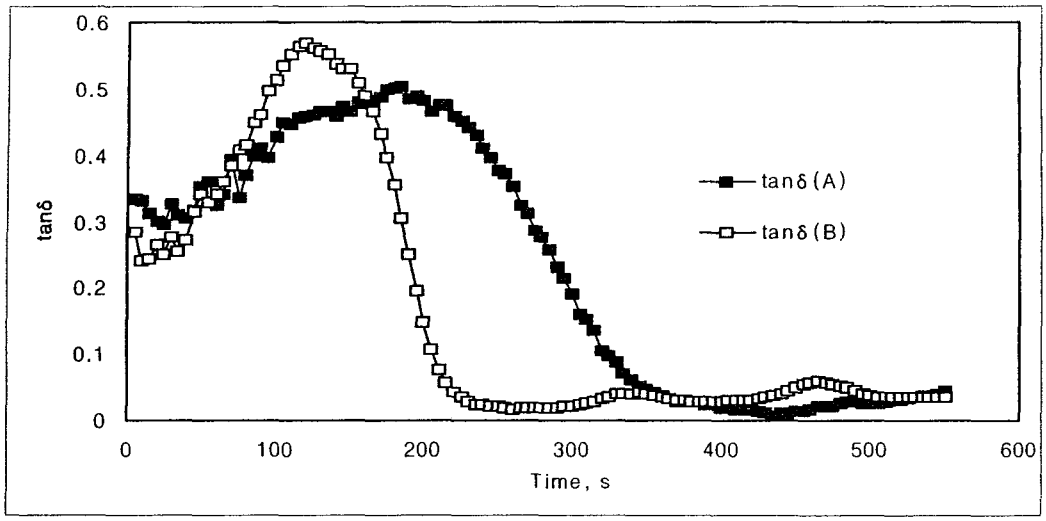

Figure 5. Immobilization time(max. tanδ) of the two coatings with same water retention(ÅA-GWR) and different solid content. (Immobilization time A = 185 s, B = 120 s)

코팅공정에서 도공액의 탈수가 진행되면서 도공액 고형분이 증가함에 따라 일어나게 되는 점탄성 특성 변화가 블레이드 코팅 작업성에 영향을 미친다는 것을 고려할 때 도공액 부동화 특성은 작업성과 연관되는 중요한 인자이다. 본 연구를 통해 기존의 보수성 측정 방법으로 판단할 수 없는 도공액 부동화 특성을 immobilization cell을 이용하여 파악할 수 있었다. 앞으로 이를 이용한 현장 도공액의 특성 변화를 측정시 코팅 작업성 개선 연구의 활성화가 기대된다.

4. 참고문헌

(1) Baumeister, M., *Significance and Implications of the Concept of Immobilization Solids in Relation with Coating Structure.*, 1987 TAPPI Coating Conference Proceedings, p. 84.

(2) Laun, H. M. and Hirsch, G., Rheol. Acta 28:267(1989).

(3) Young, T. S., and Fu, E., Associative Behavior of Cellulosic Thickeners and Its

Implications on Coating Structure and Rheology., 1990 TAPPI Coating Conference Proceedings, p. 395.

(4) Young, T. S., Pivonka, D. E., Weyer, L. G., et al., Tappi J.76(10):71(1993).

(5) Letzelter, P. and Eklund, D., Tappi J.76(5):63(1993).

(6) Bousfield, D. W., Tappi J.77(7):161(1994).

(7) Triantafillopoulos, N. G., Paper Coating Viscoelasticity and Its Significance in Blade Coating, TAPPI Press, Atlanta (1996).

(8) Willenbacher, N., Hanciogullari, H. and Radle, M., Tappi J.82(8):167(1999).