

# 탄산칼슘 함량에 따른 유화된 잉크의 구조 회복성 변화

이규일, \*김성빈, \*\*최정병

(주) 인천 알림방, \*부경대학교 공과대학 화상정보공학부,  
\*\*시립인천대학 화상인쇄과

## The Study of Structure Recovery According to the Concentration of the Calcium Carbonate for Emulsified Ink

*Kyu-Il Lee, \*Sung-Bin Kim, \*\*Jung-Byung Choi*

Classified newspaper Alrimbang co. Ltd

\*Division of Image & Information, College of Engineering, Pukyong National University

\*\*Dept. of Image Printing, Incheon City College

### Abstract

The Rheological properties are important factors in printing process. Specially, emulsification phenomenon is a very important factor that decides the quality of printing products in lithography. In this paper, I investigated the flow characteristics depending on calcium carbonate concentration for emulsified inks. By applying the data of this paper, I wish to predict quality of printing product in practical printing process.

### 1. 서 론

인쇄에 있어서 잉크가 잉크집에서부터 피인쇄체에 전이되어 고착되기 전까지 잉크의 유동특성은 매우 중요한 요소 중 하나이다. 이러한 잉크의 유동특성은 Chou와 Fadner, Bain에 의해 viscosity profile curve로 연구된바 있다.<sup>1)</sup> 또한, 유동특성에 관한 연구가

Durand, Wasilewski<sup>2)</sup>, Desjumaux, Bousfield, Aurenty<sup>3)</sup>과 같은 여러 학자들에 의해서 많이 이루어져 왔다.

특히 평판인쇄에서는 잉크와 물의 유화현상이 인쇄물의 품질을 결정하는 중요한 변수로 작용한다. 유화가 작게 일어나면 잉크의 전이가 불량하고, 스노우플레이크 현상 등이 일어나고, 유화가 많이 일어나면 비화선부에 잉크가 묻는 바탕더러움 등의 인쇄불량이 발생한다. 그래서 많은 학자들에 의해서 유화에 대한 연구가 이루어져 왔다<sup>4)5)6)</sup>. 하지만 유화된 상태에서 잉크의 유동특성에 관해서는 Bassenir와 Shubert에 의해서 연구되어졌으나, 단순히 Yield와 Viscosity profile curve만을 다루고 있다. 그러므로 본 연구에서는 유화가 일어난 잉크의 탄산칼슘 함량에 따른 구조회복을 포함한 전반적인 유동특성을 측정하여 탄산칼슘 함량에 따른 인쇄물의 품질을 예측하고자 한다.

## 2. 실 험

### 2-1. 시료

#### 2-1-1. 안료(체질안료)

실험에 사용된 체질안료는 탄산칼슘(CaCO<sub>3</sub>) Fatty acid Coating처리, Particle Size 0.06 μm로 하였다.

#### 2-1-2. Varnish(Vehicle) 제조

시료에 사용된 varnish는 다음에 나타내어진 조성에 의하여 제조되었다.

Table 1. Varnish Formulation (Heatset type offset Ink용)

Rosin Modified Phenolic Resin	45
Linseed Oil	20
Hydrocarbon solvent	33
Gel agent (AL-CH)	0.7
Total	98.7

\* Hydrocarbon solvent : 증류범위 260 ~ 290℃

\* Rosin Modified Phenolic Resin : Mw 10만

\* Varnish cooking 조건 : 230℃ / 1Hr

#### 2-1-3. 잉크 제조

본 연구에 사용된 잉크는 다음의 조성에 의하여 제조되었다.

Table 2. Ink Formulation

(unit : g)

	Sample ①	Sample ②	Sample ③	Sample ④	Sample ⑤
Varnish	60	60	60	60	60
CaCO <sub>3</sub>	20	25	30	35	40
Hydrocarbon solvent	10	10	10	10	10
Total	90	95	100	105	110

## 2-1-4. 시료(잉크)제조 조건

Table 3. The condition of three roll mill (3pass)

30±2 °C Roll Temperature		
0 Roll gap setting		
10 bar Roll pressure		
Knife Pressure	dispersion Stage	8 bar

## 2-2. 유화율의 측정

고점도용 교반기(max 1,000rpm, AC 220V, 30W)를 300rpm 속도로 잉크 25g과 축임물 약 30cc를 100cc 비커에서 5분 동안 교반하여 유화시켰다. 이때 매 1분마다 적당량(약 0.2g)의 시료를 채취하여 질량을 측정하고, 이를 105°C 건조기에서 2시간 이상 충분히 건조시킨 후 다시 건조된 잉크 질량을 측정하여 식 (1)에 대입하여 유화율을 구하였다.

유화율은 유화된 잉크 중, 잉크만의 질량(A)과 유화된 물(B)의 질량비(water pickup ratio, W.P)로 정의되고 다음과 같은 식(1)으로 나타내어진다.

$$W.P = \frac{B}{A} \times 100(\%) \quad (1)$$

## 2-3. Bingham model에 따른 잉크의 yield value 측정

본 연구에서는 각 시료의 yield stress를 측정하기 위하여 다음과 같은 방법을 사용하였다.

우선 시료에 pre-shear를 가하지 않은 상태에서 10분 동안 0 Pa에서 100 Pa로 shear stress를 점차 증가시켰을 때 shear rate는 Fig.1에서와 같은 소성유동 형태로 나타났고, 그 결과가 소성유동을 하는 유체의 모델 중 가장 대표적인 Bingham model과 거의 일치하므로 항복가 측정을 위해 Bingham model equation에 적용시켰다.

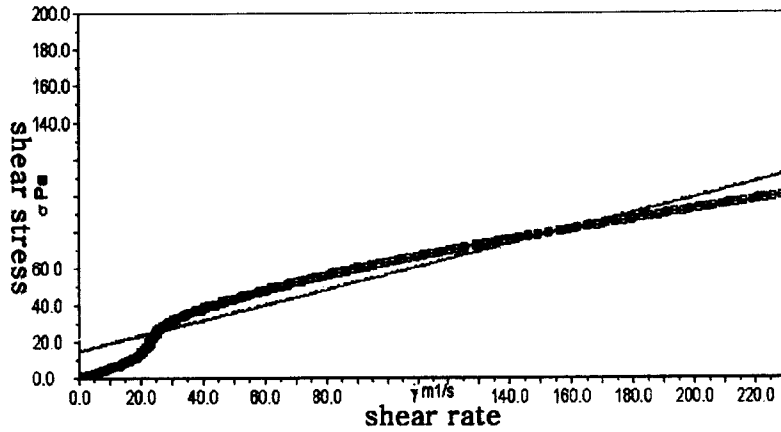


Fig. 1. The shear stress variation of inks according to the shear rate & the application of Bingham model.

여기서 Bingham model equation을 나타내면 다음과 같다.

$$\sigma = \sigma_0 + \eta\gamma \quad (2)$$

( $\sigma$ : shear stress,  $\sigma_0$ : yield stress,  $\eta$ : plastic viscosity,  $\gamma$ : shear rate)

Fig. 1에서 직선의 y 절편은  $\sigma_0$ (yield stress)값이며, 직선의 기울기는  $\eta$ (plastic viscosity)이다.

#### 2-4. 잉크의 구조 회복성 측정

$\text{CaCO}_3$ 의 함량에 따른 잉크의 구조 회복성<sup>7)</sup>을 파악하기 위하여 flow, oscillation 및 creep 항목 등에 대하여 각각 실험하였다. 본 실험에서는  $4^\circ/40$  cone plate가 장착된 Bohlin C-VOR rheometer를 이용하여  $20^\circ\text{C}$ 에서 실험을 하였다.

##### 2-4-1. Flow Measurements

잉크의 구조가 회복되는 동안의 점도 변화를 알아내기 위하여 다음의 조건 하에서 flow measurement를 측정하였다.

우선 유화된 잉크를 균일한 상태로 만들기 위하여  $5 \text{ s}^{-1}$ 의 pre-shear를 120s 동안 주었다. 그 후에 800Pa에서 1Pa로 shear stress를 180s 동안 감소시켰을 때 나타나는 shear stress에 따른 점도 변화를 측정하였다.

##### 2-4-2. Oscillation Measurements

일반적으로 잉크는 점탄성의 성질을 가지게 된다. 여기서는 잉크의 탄성 변형율과 점성

변형율을 파악하여 잉크의 회복성을 평가하기 위하여 잉크에 대하여 다음의 조건으로 oscillation measurement를 측정하였다.

이러한 측정의 방법으로는 유화된 잉크에  $5 \text{ s}^{-1}$ 의 pre-shear를 120s 동안 준 후에 5Hz의 frequency를 500s 동안 주어서 시간에 따른 elastic modulus( $G'$ )와 viscous modulus( $G''$ )의 변화를 측정하였다.

### 2-4-3. Creep Measurements

잉크가 피인쇄체에 전이된 후에 일어나는 잉크의 탄성 회복과 leveling을 측정하기 위하여 본 연구에서는 creep measurement를 다음과 같이 측정하였다.

잉크에  $10 \text{ s}^{-1}$ 의 pre-shear를 120s 동안 준 후에 0Pa의 shear-stress를 500s 동안 일정하게 가하여 시간에 대한 변형을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3-1. 유화율

Fig.2는 평판인쇄 공정에서 필연적으로 발생하는 유화 현상을  $\text{CaCO}_3$  함량 변화에 따른 잉크의 유화율 변화를 나타낸 것이다.

결과에서 볼 수 있듯이 유화시간에 따른 유화율은 증가하고, 일정 시간이 경과하면 일정한 값을 유지하는 것을 알 수 있다. 또한  $\text{CaCO}_3$  함량이 증가할 수록 유화율은 감소하는 경향을 나타내었다.

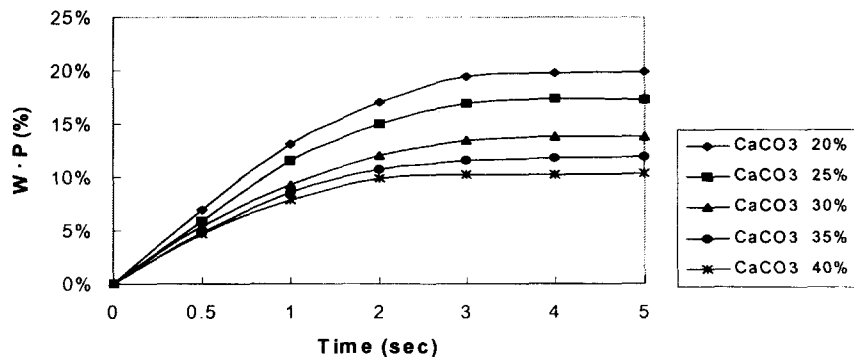


Fig. 2. Emulsification of Inks depend on the concentration of calcium carbonate

### 3-2. Bingham model에 따른 yield value

Fig. 3와 4는 유화된 잉크의 shear rate에 따른 shear stress의 변화곡선에 Bingham model equation을 적용시켜 얻은  $\sigma_0$ (yield stress)의 값과  $\eta$ (plastic viscosity)값을 나타낸 결과이다. 결과에서 볼 수 있듯이 잉크에  $\text{CaCO}_3$ 의 함량이 증가할수록  $\sigma_0$ 값과  $\eta$ 값은 점차 상승하는 것으로 나타났다.

이것은 잉크중에  $\text{CaCO}_3$ 와 같은 고형분이 다량으로 존재하게 되면 외력에 대한 흐름의 저항성이 더 커져 유동성이 저하되므로  $\text{CaCO}_3$  함량이 증가할수록 yield stress와 그때의 plastic viscosity가 점차 상승하는 것으로 생각된다.

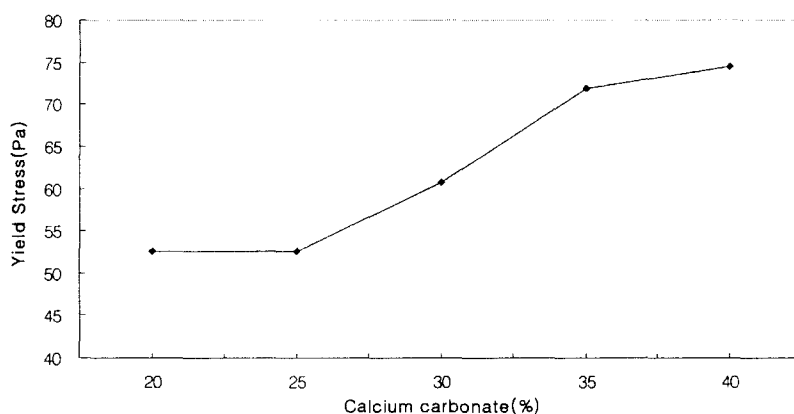


Fig. 3. The yield stress of emulsified inks depend on the calcium carbonate concentration.

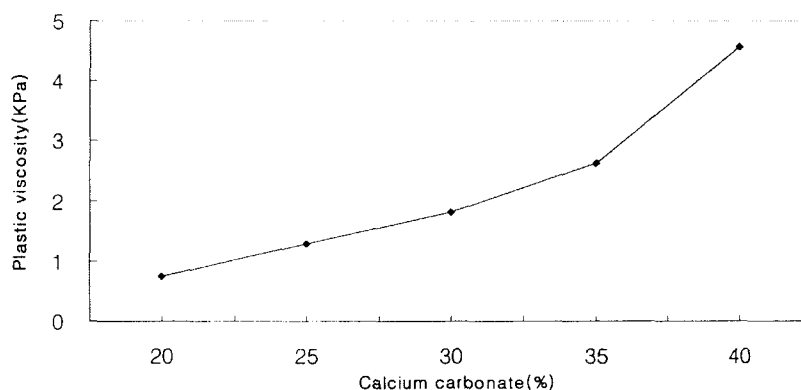


Fig. 4. The viscosity of emulsified inks depend on the calcium carbonate concentration.

### 3-2. Flow Measurements

Fig. 5는 잉크에 shear stress를 제거시킬 때, 점도의 회복성을 측정하기 위한 것이다. 결과에서 볼 수 있는 것은 높은 응력에서의 점도값은  $\text{CaCO}_3$ 의 함량과는 무관하게 거의 비슷한 값을 나타내지만 응력을 점차 제거시킴에 따라  $\text{CaCO}_3$ 의 함량이 많은 잉크가 더 높은 점도를 가지게 된다. 이는  $\text{CaCO}_3$  함량이 많을수록 구조의 회복성이 더 높아진다고 할 수 있다.

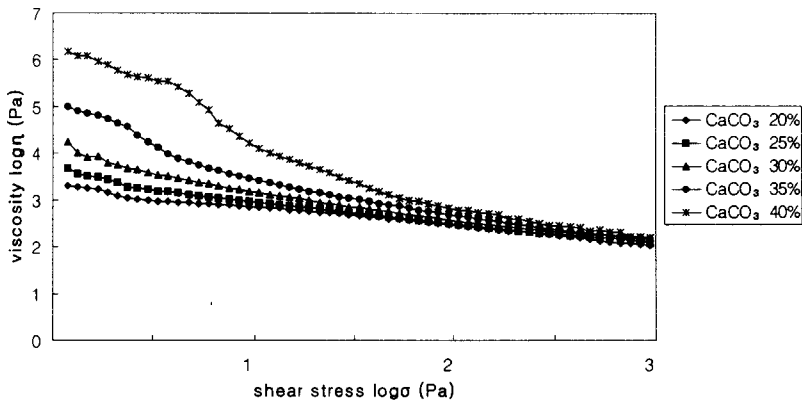


Fig. 5. The viscosity of emulsified inks depend on the calcium carbonate concentration.

### 3-3. Oscillation Measurements

Fig. 6과 7은 시간에 대한  $G'$ (elastic modulus)과  $G''$ (viscous modulus)를 나타낸 것이다. 결과에서 볼 수 있듯이 측정시간이 경과할수록  $G', G''$ 은 점차 상승하는 것을 확인할 수 있다. 이것은 시간이 경과할수록 탄성변형률과 점성변형률이 감소하는 것을 의미한다. 그리고 잉크의  $\text{CaCO}_3$  함량이 많을수록  $G', G''$ 의 값은 더 높은 값을 가지는데, 이것은  $\text{CaCO}_3$ 의 함량이 많을수록 더 낮은 변형률이 나타나게 되므로 유체의 회복속도는 상대적으로 더 빠르다는 것을 알 수 있었다.

### 3-4. Creep Measurements

유체에 일정한 응력을 가한 후 그 응력을 제거하게 되면 유체는 원래의 상태로 되돌아가려는 탄성이 나타나게 된다. 이와 같이 아무런 외적인 힘이 가해지지 않은 상태에서 유체 자체의 거동을 creep이라고 하며, 이러한 성질을 이용하여 본 연구에서는 creep measurement를 실시하였다. 이러한 탄성은 내부구조의 회복을 의미하며 Fig. 8에서는 pre-shear를 주고 난 직후에 0 Pa의 응력을 가했을 때 나타나는 유화된 잉크의 회복성

을 나타내었다.

결과에서 볼 수 있듯이  $\text{CaCO}_3$  의 함량이 많은 잉크의 경우 다량의 고형분으로 인하여 더 튼튼한 내부구조를 가지게되며 회복속도 역시 빠른 회복성을 결과에서 볼 수 있다. 내부구조를 가져 구조 파괴가 작게 일어나고 회복속도 역시 빠르게 나타났다.

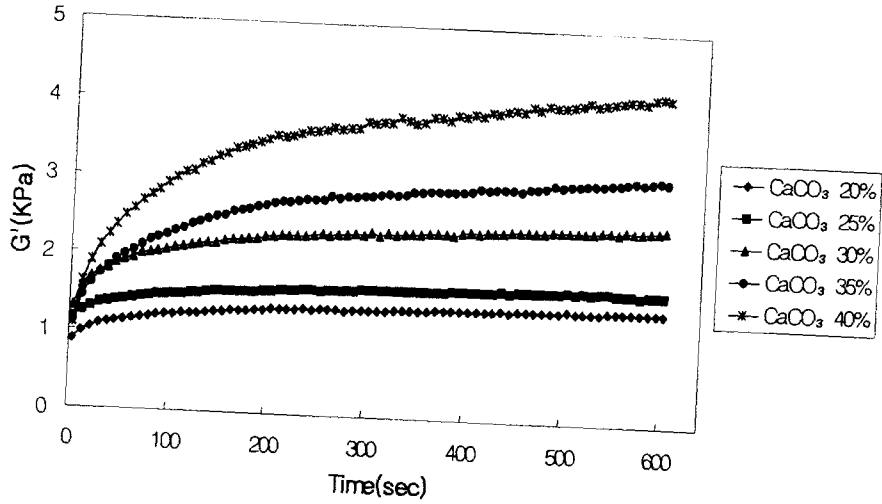


Fig. 6. The  $G'$  of emulsified inks depend on the time.

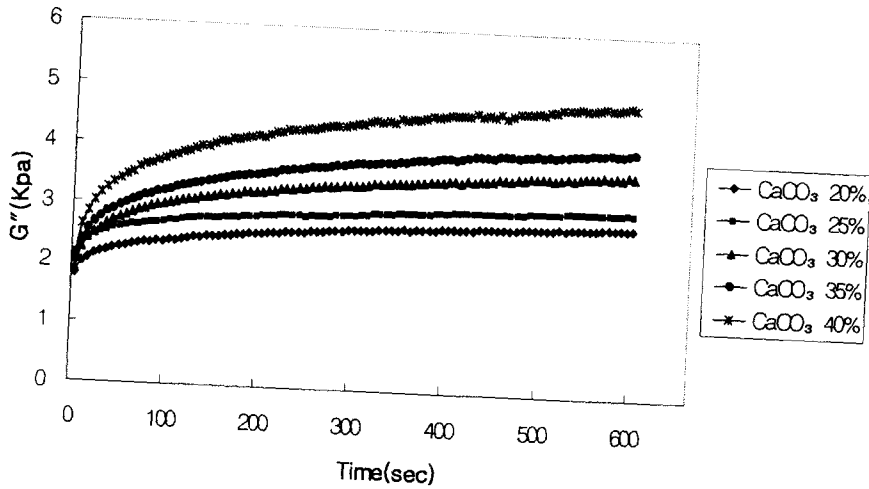


Fig. 7. The  $G''$  of emulsified inks depend on the time.



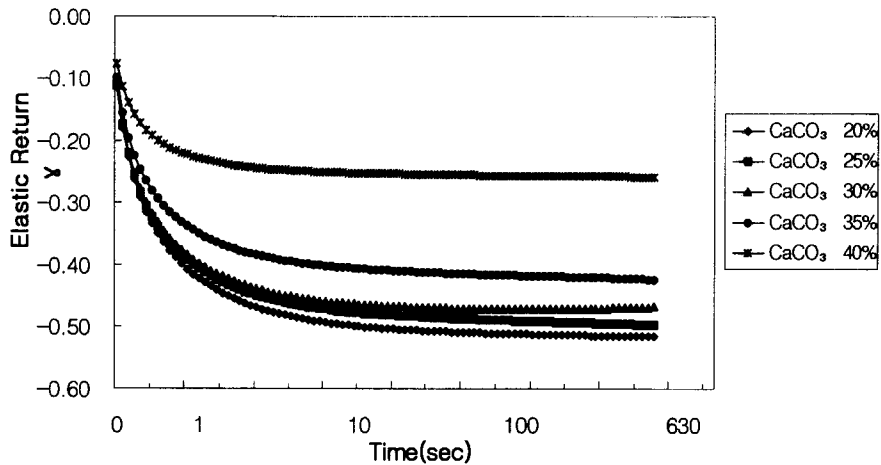


Fig. 8. The elastic return rate of emulsified inks (0Pa).

## 5. 결 론

유화된 잉크의 CaCO<sub>3</sub> 함량에 따른 구조 회복력에 관한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. CaCO<sub>3</sub> 와 같은 고형분의 함량이 많을수록 유화율이 낮아졌다.
2. 유화된 잉크 중에 CaCO<sub>3</sub> 와 같은 안료의 함량이 증가할수록 Bingham model equation에 나타나는  $\sigma_0$ 값과  $\eta$  값은 상승하였다.
3. 응력을 감소시켰을 때, 점도값은 CaCO<sub>3</sub> 함량이 높을수록 빠르게 상승하였다.
4. 유화된 잉크 속에 CaCO<sub>3</sub> 와 같은 고형분의 함량이 증가할수록 oscillation measurement에서의 G'과 G''의 값은 증가하였다.
5. 일정하게 주어지던 응력을 제거하면 모든 시료에 대하여 탄성 변형이 발생하여 구조 회복이 일어나고, 구조회복 속도는 CaCO<sub>3</sub> 의 함량이 높을수록 빠르게 나타난다.

## 참 고 문 헌

- 1) shem M. Chou and Lawrence J. Bain, "Rheological Characteristics Keyless Versus Conventional Litho Newsinks", TAGA Proceeding, pp.354~386 (1998).

- 2) R.R. Durand Jr. and O. Wasilewski, "Viscoelastic Behavior of Printing Inks", TAGA proceeding, pp. 441~454 (1996).
- 3) Daphnê M. Desjumaux, Douglas W. Bousfield and Patrice Aurenty, "Dynamics of Ink Gloss : Influence of Ink Rheology on Leveling", TAGA proceeding, pp. 618~637 (1998).
- 4) 권대환, "축임물 성분이 잉크의 유화에 끼치는 영향에 관한 연구", 한국인쇄학회지, 제19권 제3호, pp. 10~22 (2001).
- 5) Bernard Pineaux, " The Effect of Water Hardness of Dampening Solution on Printing Quality in Offset Lithography", TAGA proceeding, pp. 844~860 (1997).
- 6) Bernard Pineaux, Alessandro Gandini, and Michael Has, "Further Investigation into the Effect of Dampening Solution Hardness on Offset Lithography", TAGA proceeding, pp. 451~466 (1998).
- 7) Daphne M. Desjumaux, "Dynamic of Ink Gloss: Influence of Ink Rheology on Leveling", TAGA proceeding, pp. 618~637 (1998).