

축임물의 경도에 따른 평판인쇄잉크의 유화량 변화에 관한 연구

조진우, 김성빈, 오지만

부경대학교 공과대학 화상정보공학부

(2002년 1월 26일 접수, 2002년 2월 16일 최종본 접수)

Effect of Hardness of Dampening Solution on Emulsification for Lithography Ink

Jin-Woo Cho, Sung-Bin Kim, Ji-Man Oh

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

(Received 26 January 2002, in final form 16 February 2002)

Abstract

The literature often mentions the hardness of water in dampening solutions as possible source of problem. In most literature describes that the water hardness affects print quality. However water hardness affects not only print quality, but also emulsification of ink and dampening solution. Therefore the purpose of this study was to determine if water hardness actually affects the emulsification rate of dampening solution and ink. And this study for the factors determining the emulsion velocity, we have measured water pick-up and calculated emulsion velocity constant 'k' and activation energy.

1. 서 론

현재 가장 널리 쓰이는 인쇄방식 중의 하나인 평판인쇄는 친수성 금속상에 디아조 레

진이나 아지드계 감광제인 감광성 고분자 등을 도포 하여 광중합 반응으로 화선부를 형성시키고 현상과정을 통해 형성된 비화선부에 축입물에 의한 계면화학적 처리¹⁾로써 잉크를 피인쇄체에 전달시켜 인쇄하는 방식이다.

평판인쇄는 잉크와 축입물의 반발작용을 이용한 인쇄법²⁾이라고 할 수 있으나, 실제 인쇄기상에서는 인압, 온도 등으로 인하여 축입물과 잉크가 서로 분산되어 유화가 발생하게 된다. 이러한 유화 현상은 평판인쇄에서 필연적이며, 일정한 범위에서 조절되어야만 고품질의 인쇄물을 얻을 수 있다³⁾.

평판인쇄의 유화현상^{4, 5)}에 대해서는 Surland⁶⁾를 비롯하여 Pineaux^{7, 8)} 등에 의하여 연구되었으며 유화 측정 방법에 관한 연구 또한 MacPhee⁹⁾ 등에 의해 보고되었다. 특히 Pineaux 등은 축입물의 정도에 따른 평판인쇄에서의 유화율 변화와 잉크의 레올로지 특성에 관한 연구를 행한 바가 있다. 그러나 이상의 연구에서는 축입물의 정도범위를 0, 70, 140, 200ppm으로 한정하여 실험하였다.

본 연구에서는 축입물의 정도에 따른 유화율의 측정에 있어 정도 범위를 0~200ppm으로 하되 좀더 세부적인 정도변화에 따른 축입물에서의 유화량의 변화를 측정하고 그에 따른 유화율 변화의 경향을 확인하기 위해 축입물 제조에 사용되는 물의 정도를 조절하여 유화시간에 따른 유화량의 변화를 실험하였다.

2. 실험

2-1. 시료

인쇄 현장에서 일반적으로 사용되는 프로세스 잉크 중 5kg 용기에 포장된 cyan잉크로써 동일한 용기의 제품을 사용하였다.

축입물의 정도는 실험실에서 증류한 증류수에 0.01M Ca표준용액을 이용하여 각각 다섯 단계로 제조하였다.

Table 1. Selected factors and their levels

Factors	Levels
Hardness	0ppm, 50ppm, 100ppm, 150ppm, 200ppm
Temperature	15℃, 20℃, 25℃, 30℃

2-2. 유화율의 측정

고점도용 교반기(max 1,000rpm, AC 220V, 30W)를 400rpm 속도로 잉크 25g과 축입물

약 30cc를 100cc 비이커에서 10분 동안 교반하여 유화시켰다. 이때 매 1분마다 적당량(약 0.2g)의 시료를 채취하여 질량을 측정하고, 이를 105℃ 건조기에서 2시간 이상 충분히 건조시킨 후 다시 건조된 잉크 질량을 측정하여 식 (1)에 대입하여 유화율을 구하였다.

유화율을 유화된 잉크 중, 잉크만의 질량과 유화된 물의 질량비(water pickup ratio, W.P)로 정의하면 다음의 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

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

2-3. 축입물의 경도 측정

물의 경도는^{10, 11)} 물 중의 Ca^{2+} 및 Mg^{2+} 의 양을 말하며 ppm(mg/l)으로 환산해서 나타낸 것이다. 경도 측정은 검수에 pH완충용액을 사용하여 pH를 약10으로 조절하여 EBT(eriochrome black T)지시약을 가한 후 EDTA(ethylene-di amine-tetraacetic-acid) 용액으로 적정하여 구한다.

경도의 계산은 다음(2)식을 이용하여 구할 수 있다.

$$\text{경도 (ppm)} = b \times \frac{1000}{a} \times 1.001 \times f \quad (2)$$

a : 적정에 사용된 물의 양(ml)

b : 적정에 사용된 EDTA 용액의 양(ml)

f : EDTA 용액의 factor (f = 1.000)

2-4. 축입물의 제조

적정법을 이용하여 축입물에 사용되는 물의 경도를 조절하여 각각 0~200ppm으로 제조한 후 제조된 물에 축입물 제조시 흔히 쓰이고 있는 인산 85%, 중크롬산암모늄, 아라비아고무, 질산아연 등을 적절히 첨가하여 실험에 쓰이는 축입물을 제조하였다.

2-5. 유화 속도 상수(Emulsion Velocity)¹²⁾

잉크와 축입물의 유화는 서로 반응하여 새로운 물질이 생성되는 것이 아니라, 잉크와 분리되어 있는 축입물이 잉크 속으로 분산되어 들어가는 과정으로 유사 일차반응이라 가정하고, 다음의 Guggenheim식¹³⁾을 이용하여 유화 속도 상수를 구하였다.

$$k \times t + \log(\lambda' - \lambda) = \text{constant} \quad (3)$$

- λ : t 시간에서의 유화율
- λ' : $t + \Delta$ 시간에서의 유화율
- t : 시간
- Δ : 반감기에 2~3배를 곱한 상수
- k : 유화 속도 상수

Δ 값은 반감기에 2~3배를 곱한 값으로, 반감기는 그 반응물의 농도가 초기 농도와 최종 농도간의 중간 값에 도달할 때까지 걸리는 시간으로 정의된다. 반감기는 항상 반응 속도 상수에 반비례하며 일반적으로는 반응물의 농도에 의존한다. Fig.1에는 15°C일 때 CMC 축입물의 유화 속도 상수를 구한 것으로 시간 t 에 대한 $\log(\lambda' - \lambda)$ 로 나타내었으며 이 직선의 기울기가 속도상수 k 이며, 그 값은 $k = 1.52 \times 10^{-2}$ 이다.

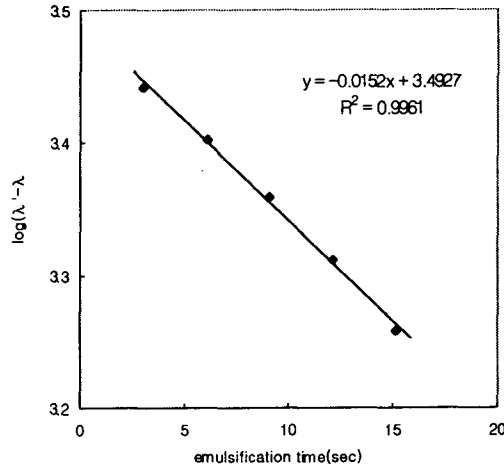


Fig. 1. Plot of W.P.(%) with C.M.C solution (hardness 100ppm) at 15°C.

2-6. 활성화 에너지(Activation Energy)

Arrhenius는 속도 상수(k)가 절대온도(T)의 역수와 다음과 같은 관계를 갖는다고 주장하였다.

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \quad (18)$$

$\ln k$ 와 $1/T$ 의 그래프는 기울기가 $-E_a/R$ 인 직선이 된다. 여기에서 R 은 기체상수이다. 따라서 식(7)을 이용하여 Fig. 1과 같이 도시하면, 유화에 대한 활성화 에너지를 결정할 수 있다. 또한 이 활성화 에너지에 의하여 유화에 대한 온도 의존성을 규명할 수 있다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 축입물의 경도변화에 따른 표면장력과 전도도의 변화

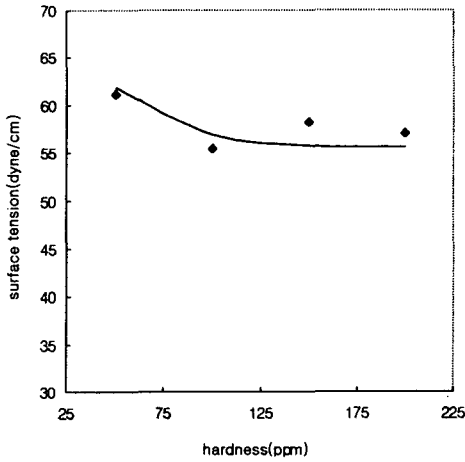


Fig. 2. The effect of hardness on surface tension curve for distilled water (20°C).

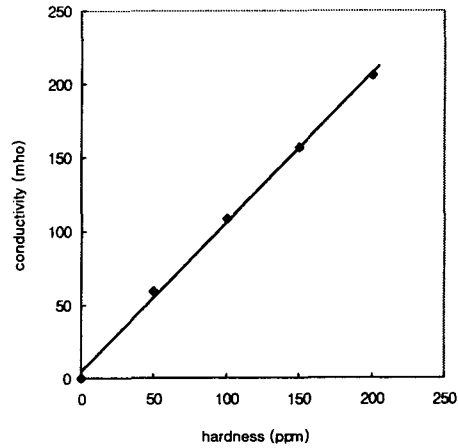


Fig. 3. The effect of hardness on conductivity curve for distilled water (20°C).

축입물의 표면장력과 전도도가 유화율에 미치는 영향을 알아보기 위하여 축입물의 경도를 적정법에 의하여 조절하고, 20°C에서 각 축입물의 표면장력과 전도도를 측정하였다.

Fig. 2에서는 축입물의 경도에 따른 표면 장력의 변화를 나타내었다. 표면장력은 유화 현상에 직접적으로 영향을 준다고 할 수 있다. 그래프에서 보여 지듯이 축입물의 경도가 증가함에 따라 표면장력이 낮아지는 경향을 볼 수 있었다. 그러나 축입물의 경도가 100ppm이상에서는 표면장력의 변화가 거의 나타나지 않음을 보이고 있다.

이러한 결과로서 축입물의 경도가 표면장력에 영향을 주며, 나아가서는 유화 현상에도 영향을 주게 된다.

Fig. 3에서는 축입물의 경도 증가에 따른 전도도의 변화를 나타내었다. 그래프에서 볼 수 있듯이 축입물의 경도 증가에 따라 금속염들이 증가하기 때문에 경도와 전도도는 비례적으로 증가하는 결과를 볼 수 있었다.

3-2. 축입물의 경도에 따른 유화율의 변화

온도가 20°C일 때 아라비아고무 축입물과 C.M.C 축입물의 경도에 따른 유화율의 변화를 위의 그래프로 나타내었다.

Fig. 4는 20℃에서 아라비아고무 축입물의 경도 변화에 따른 유화율의 변화를 나타내었다. 그래프에서 볼 수 있듯이 유화 시간의 증가에 따라 유화율이 증가하였고, 일정 시간이 경과한 후에는 유화율이 일정하게 유지된다. 축입물의 경도가 증가할수록 유화율은 증가하는 경향이 나타났으며 축입물의 경도가 200 ppm일 때 유화율은 50%미만이었다.

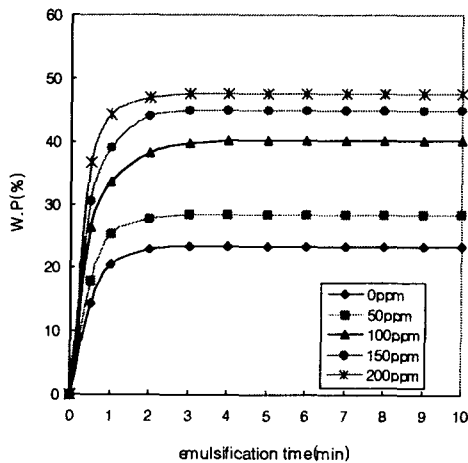


Fig. 4. The effect of hardness on water pickup curves for gum arabic dampening solution at 20℃

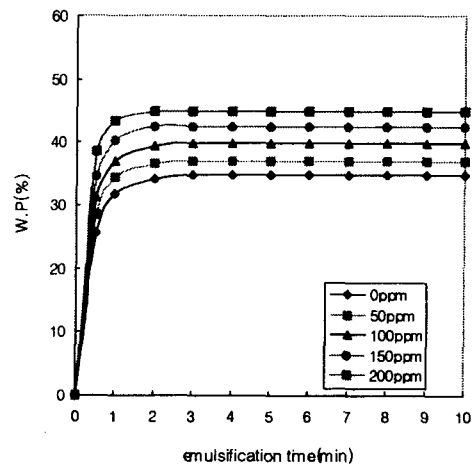


Fig. 5. The effect of hardness on water pickup curves for C.M.C dampening solution at 20℃

Fig. 5는 20℃에서 C.M.C 축입물의 경도에 따른 유화율의 변화를 나타내었다. C.M.C 축입물의 경우에도 경도가 증가함에 따라 유화율이 상승하는 것을 볼 수 있었다.

아라비아고무 축입물과 C.M.C 축입물을 비교하여 보면 축입물의 조성에 따라 유화율이 다소 차이가 있었으나, 축입물의 경도에 따라 유화율이 상승하는 것을 보여주고 있다.

3-3. 온도에 따른 유화율의 변화

아라비아고무 축입물과 C.M.C 축입물의 경도가 100ppm일 때 온도에 따른 유화율의 변화를 Fig. 6과 Fig. 7에 각각 나타내었다.

Fig. 6에서는 아라비아고무 축입물의 경도를 100ppm으로 일정하게 두고 온도를 변화시켰을 때 유화율의 변화를 나타낸 그래프이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 유화시간이 증가함에 따라 유화율이 상승하였으며, 온도가 증가할수록 유화율이 상승하였다. 이는 온도의 증가에 따라 잉크의 물성이 변화하여 유화율에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

Fig. 7에서는 C.M.C 축입물의 경도를 100ppm으로 하고, 온도를 변화시켰을 때 유화율의 변화를 나타낸 그래프이다. 여기에서도 온도가 증가함에 따라 유화율이 상승하는 결과가 나타났다.

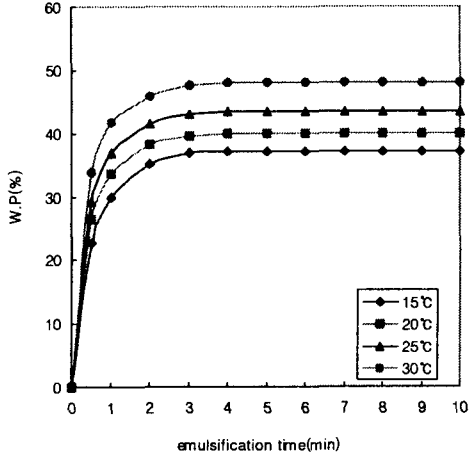


Fig. 6. The effect of temperature on water pickup curves for gum arabic dampening solution at 100ppm (hardness).

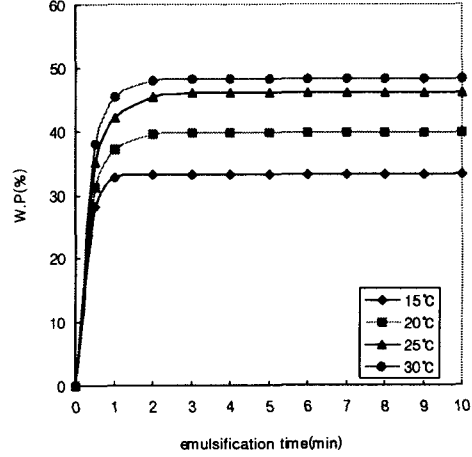


Fig. 7. The effect of temperature on water pickup curves for C.M.C dampening solution at 100ppm (hardness).

Fig. 6과 Fig. 7을 비교하여 보면 축입물의 조성에 따라 유화율이 차이가 있었지만 온도의 증가에 따라 유화율이 증가하는 경향이 나타났으며, 유화율은 30~50%로 측정되었다.

3-4. 유화 속도 상수

축입물의 경도와 온도에 따른 유화속도상수를 Table 2에 나타내었다. Table 2에 나타낸 유화속도상수 값은 앞에서 설명한 Guggenheim식을 이용하여 구할 수 있었다. 이렇게 구하여진 유화속도상수를 Fig. 8과 Fig. 9에 각각 축입물의 경도에 대한 유화속도상수의 변화로 나타내었다.

Table 2. Emulsification velocity constant(k) value according to hardness of gum arabic and C.M.C

temperature	gum arabic					C.M.C				
	0ppm	50ppm	100ppm	150ppm	200ppm	0ppm	50ppm	100ppm	150ppm	200ppm
15℃	0.0105	0.0114	0.0124	0.0129	0.0137	0.0138	0.0147	0.0152	0.0156	0.0169
20℃	0.0113	0.0123	0.0135	0.0136	0.0147	0.0140	0.0156	0.0159	0.0168	0.0175
25℃	0.0128	0.0131	0.0142	0.0160	0.0176	0.0152	0.0161	0.0163	0.0181	0.0193
30℃	0.0137	0.0154	0.0168	0.0179	0.0190	0.0166	0.0175	0.0184	0.0197	0.0201

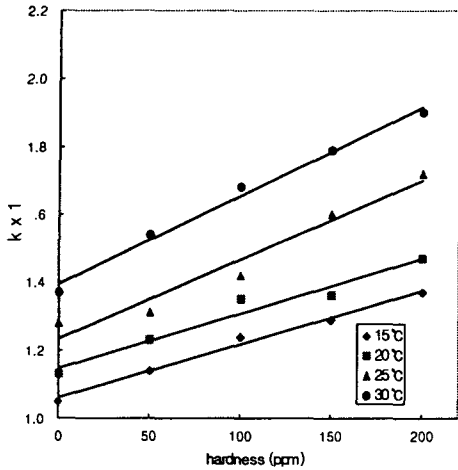


Fig. 8. Emulsion velocity according to hardness of gum arabic solution.

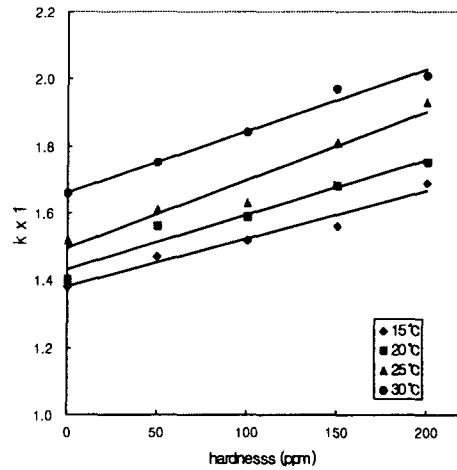


Fig. 9. Emulsion velocity according to hardness of C.M.C solution.

Fig. 8에는 아라비아고무 축입물의 경도에 따른 유화속도상수를 나타내었다. 그래프에서 보아지듯이 축입물의 경도가 증가함에 따라 유화속도상수가 점차적으로 증가하는 것을 볼 수 있었다. 그리고 온도가 상승함에 따라서도 유화속도상수가 증가하는 결과가 나타났다.

Fig. 9에서는 C.M.C 축입물의 경도에 따른 유화속도상수를 나타내었다. C.M.C 축입물의 경우에도 온도가 상승함에 따라 유화속도상수가 증가하는 경향이 나타났으며, 축입물의 경도가 높아질수록 유화속도상수는 증가하였다.

Fig. 8과 Fig. 9를 비교하여 보면 15°C와 20°C에서의 유화속도상수를 비교하면 C.M.C 축입물이 조금 높았으며, 25°C와 30°C에서의 아라비아고무 축입물과 C.M.C 축입물의 유화속도상수는 차이가 나지 않았다.

3-5. 활성화 에너지

Fig. 10과 Fig. 11은 아라비아 고무 축입물과 C.M.C 축입물의 경도와 유화속도상수의 관계를 Arrhenius 식을 이용하여 도시한 것이다.

이 그림으로부터 그래프의 기울기를 구하여 활성화에너지를 구할 수 있다. 아라비아고무 축입물과 C.M.C 축입물의 경도에 따른 활성화 에너지를 Table 3에 정리하였다.

축입물의 경도에 따른 활성화 에너지를 비교하여 보면 경도가 증가함에 따라 활성화에너지가 높아지는 것으로 나타났다.

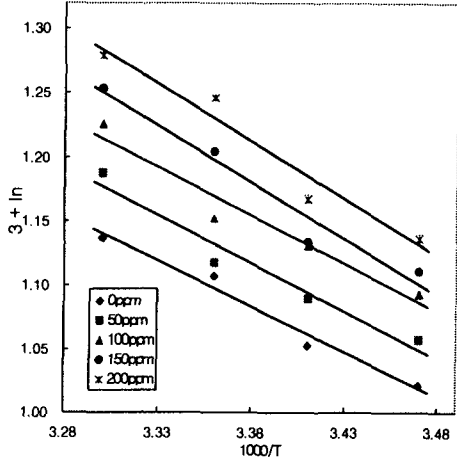


Fig. 10. Arrhenius plot for gum arabic solution.

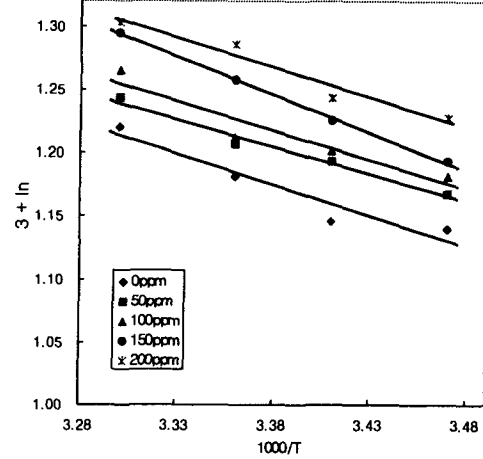


Fig. 11. Arrhenius plot for C.M.C solution.

Table 3. Activation energy for hardness of gum arabic & C.M.C dampening solution

Gum arabic					
hardness	0ppm	50ppm	100ppm	150ppm	200ppm
activation energy	3.25 kcal/mol	3.43 kcal/mol	3.42 kcal/mol	4.03 kcal/mol	4.08 kcal/mol
C.M.C					
hardness	0ppm	50ppm	100ppm	150ppm	200ppm
activation energy	2.24 kcal/mol	1.97 kcal/mol	2.13 kcal/mol	2.85 kcal/mol	2.17 kcal/mol

5. 결 론

축입물의 정도에 따른 잉크의 유화율 변화에 미치는 영향을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실험 결과 정도에 따라 유화율은 20~60%의 범위에서 나타났다.
2. 습수액의 정도가 증가함에 따라 표면장력은 감소했고, 전도율은 증가하였다.
3. 축입물의 정도가 증가함에 따라 유화율이 증가되는 것을 알 수 있었으며, 그 원인은 축입물의 구성성분 중 금속염들의 함량에 따라 유화율이 증가하기 때

문으로 생각된다.

4. 온도가 증가할수록 유화율이 증가하며, 그 원인은 온도의 상승으로 인하여 계면활성능력이 촉진되기 때문으로 생각된다.

참고문헌

- (1) 국윤환, 콜로이드와 界面活性劑, 大光書林, pp. 37~40 (2000).
- (2) R.H.Leach,R.Pierce, The printing ink manual, BLUEPRINT, pp. 365~368 (1993).
- (3) 동양잉크, 印刷物 品質向上을 위한 濕水管理 研究, 대한인쇄연구소, pp. 20~24 (1998).
- (4) R.R Durand, Jr. and O. Wasilesky, "Characterization and Control of Lithographic Ink Emulsion", TAGA Proceedings, pp. 285~298 (1993).
- (5) P. Aurenty, A. Schoder, J. Jallu, A. Gandini, A. Tessadro, "Effect of Additives on the Physico-Chemical Interactions between Ink, Water and Plate", TAGA Proceedings, pp. 915~932 (1995).
- (6) Aage Surland, "A Laboratory Test Method for Prediction of Lithography Ink Performance", TAGA Proceeding, pp. 222~247 (1980).
- (7) 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).
- (8) Bernard Pineaux, Alessandro Gandini, Michael Has, "The Effect of Water Hardness of Dampening Solutions on Printing Quality in Offset Lithography", TAGA Proceedings, pp. 844~860 (1997).
- (9) John MacPhee, "Some Insight into the Relevance of Off-press Measurements of Foundation Solution Takeup by Ink", TAGA Proceeding, pp. 577~589 (1997).
- (10) 박승조, "환경인을 위한 분석화학실험", 東和技術, pp. 196~202 (2000).
- (11) 李辰雨, "쉽게 배우는 大學分析化學", 螢雪出版社, pp. 340~355 (2000).
- (12) 이익춘, 이본수, 김시준, 송호봉 공역, 화학반응 속도론 제3판, 탐구당, pp. 15~156 (1991).
- (13) E. A. Guggenheim. Phil, Mag., vol.2 pp. 538 (1926).