

축임물의 경도에 따른 평판인쇄잉크의 유동성 변화

조진우, 김성빈*, 박정민

부경대학교 대학원 인쇄공학과, *부경대학교 공과대학 화상정보공학부

Rheological Properties According to the Hardness of Dampening solution for Lithographic Ink

Jin-Woo Cho, Sung-Bin Kim, Jeung-Min Park*

Dept. of Graphic Arts Engineering, Graduate School of Pukyong National University

*Division of Image & Information, College of Engineering,

Pukyong National University

Abstract

The emulsification of lithographic printing inks are very important to determine printing quality. In this study, we measured the variation of water pickup according to the hardness of water in dampening solution..

In order to observe the rheological properties of the emulsified inks, we measured the viscosity, the elastic return, the thixotropy area and yield stress value of the emulsified inks.

In this paper, we found that the water pickup of the ink increase the hardness of water with the amount of dampening solution. Also, The viscosity, the yield stress value and the thixotropy area were increase by the water pickup of the ink.

1. 서 론

평판 인쇄는 다른 인쇄방식과 달리 판상에서 축임물과 잉크의 반발작용에 의하여 인쇄되는 방식으로 인쇄상에서 잉크와 축임물이 섞이는 유화현상이 필연적으로 일어나게 된다. 그러므로 이러한 유화현상을 적절하게 조절하지 못하게 되면 여러 가지 인쇄불량의 원인이 되고 고품질의 인쇄를 실현하기가 어려워진다. 과거에 수많은 문헌들은 잉크의 유화율을 측정하여 고품질의 인쇄물을 얻기 위해 많은 노력을 해왔다.

평판인쇄의 유화현상에 대해서는 Surland¹⁾를 비롯하여 B, Pineaux²⁾³⁾ 등에 의하여 연구되었으며 유화 측정 방법에 관한 연구 또한 MacPhee⁴⁾ 등에 의해 보고되었다.

이러한 측정 방법을 바탕으로 축임물의 pH값이나 축임물의 조성에 따른 유화율 측정이 이루어 졌으며, 유화속도 상수를 도식화하기도 했다⁵⁾⁶⁾.

B, Pineaux 등은 본 연구에 앞서 축임물의 경도에 따른 잉크의 점도 변화를 발표한 바 있다. 그러나 실제 인쇄상에서 잉크가 roller nip을 통과한 후에 발생하는 filamentation⁷⁾ 현상이나, 피인쇄체에 전이된 후의 잉크의 creep 현상에 대해서 논한 것은 많지 않다.

인쇄 잉크의 특성을 파악하기 위해서는 단순히 잉크의 유화율만을 측정하는 것으로는 부족하다. 잉크가 인쇄상에서 가지게 되는 물리적 성질을 파악하기 위해서는 잉크의 레올로지 성질⁸⁾의 측정이 필수적인 요소라 할 수 있을 것이다. 한편 Shem M. Chou⁹⁾¹⁰⁾는 인쇄잉크의 물리적인 특성을 파악하기 위하여 여러 가지 레올로지 실험을 통하여 잉크의 shear thinning 구조와 thixotropy 구조를 설명한 바 있다.

본 연구에서는 유화 되지 않은 잉크와 유화된 잉크에 대하여 flow, oscillation, creep 실험을 각각 행하여 잉크의 탄성 회복력을 평가하였고, 축임물의 경도에 따라 잉크의 탄성과 점성 그리고 점도 등에 어떠한 영향을 미치는지를 실험하였다. 그리고 각 잉크에 대한 yield stress의 변화와 thixotropy를 측정하였다. 이와 같은 실험을 통하여 잉크의 인쇄상에서 처하게 되는 상황에 따른 잉크의 물리적 성질을 나타낼 것이다.¹¹⁾¹²⁾

2. 실험

본 연구에서는 잉크와 축입물을 5분 동안 유화 시킨 후에 유화된 잉크의 유화율을 측정하였으며, 유화된 잉크의 레올로지 특성을 측정하기 위하여 Bohlin Instruments C-VOR Rheometer를 이용하였다.

2-1. 유화율의 측정

본 실험에 사용된 잉크는 5Kg 단위로 포장되어 있는 일반 프로세스 cyan 잉크를 사용하였으며, 잉크의 유화율 측정법으로는 고점도용 교반기(max 1,000rpm, AC 220V, 30W)를 400rpm 속도로 잉크 25g과 축입물 약 30ml를 100ml 비이커에서 5분 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.

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

2-2 축입물의 정도측정

물의 경도¹³⁾¹⁴⁾는 물 중의 Ca^{2+} 및 Mg^{2+} 의 양을 말하며 ppm(mg/l)으로 환산해서 나타낸 것이다. 경도 측정¹⁵⁾¹⁶⁾은 검수에 pH완충용액을 사용하여 pH를 약 10으로 조절하여 EBT (eriochrome black T)지시약을 가한 후 EDTA (ethylene-diamine-tetraacetic-acid)용액으로 적정하여 구하였다.

경도의 계산은 다음 (2)식을 이용하여 구할 수 있다.

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

a : 적정에 사용된 물의 양(ml)

b : 적정에 사용된 EDTA 용액의 양(ml)

f : EDTA 용액의 factor (f = 1.000)

2-3. 축임물의 제조

적정법을 이용하여 축임물에 사용되는 물의 경도를 조절하여 각각 0~200ppm으로 제조한 후 축임물 제조시 흔히 쓰이고 있는 인산85%, 중크롬산암모늄, 아라비아고무, 질산아연 등을 축임물 제조법에 의하여 적절히 첨가하였으며¹⁷⁾, 제조된 축임물에 조절된 경도를 각각 표기를 하여 실험에 사용하였다.

2-4. 잉크의 유동성 측정

유화된 잉크의 유동성을¹⁸⁾ 평가하기 위하여 flow, oscillation 및 creep 항목 등에 대하여 각각 실험하였다. 본 실험에서는 4° /40 cone plate가 장착된 Bohrin C-VOR rheometer를 이용하여 20℃에서 실험을 하였다.

2-4-1. Flow Measurements

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

우선 유화된 잉크를 균일한 상태로 만들기 위하여 20 s⁻¹의 pre-shear를 120s 동안 주었다. 그 후에 2500Pa에서 1Pa로 shear stress를 180s 동안 감소시켰을 때 나타나는 shear stress에 따른 점도 변화를 측정하였다.

2-4-2. Oscillation Measurements

유화된 잉크에서 나타나는 현상을 더 자세히 파악하기 위해서는 잉크에 대한 동역학적 측정이 행해져야 한다. 그래서 다음의 조건으로 oscillation measurement를 측정하였다.

이러한 측정의 방법으로는 유화된 잉크에 20 s⁻¹의 pre-shear를 120s 동안 준 후에 10Hz의 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.

유화된 잉크에 20 s^{-1} 의 pre-shear를 120s 동안 준 후에 0Pa의 shear-stress를 500s 동안 일정하게 가하여 시간에 대한 변형을 측정하였다.

2-4-4. Yield Stress Measurements

유화된 잉크의 yield stress를 측정하기 위하여 다음 조건으로 실험하였다.

실험 조건으로는 20°C 에서 pre-shear를 가하지 않고, start stress를 0Pa에서 end stress를 200Pa 까지 설정하여 600초 동안 상승 시켜 shear stress에 따른 shear rate와 점도변화를 각각 측정하였다.

2-4-5. Thixotropy Measurements

잉크의 유화에 사용된 축임물의 경도에 따라 유화된 잉크의 구조파괴의 정도와 잉크의 회복력을 알아보기 위하여 잉크의 thixotropy를 각각 측정하였다.

Pre-shear를 가하지 않은 상태에서 shear rate를 1s^{-1} 에서 170s^{-1} 까지 상승시킨 후 다시 170s^{-1} 에서 1s^{-1} 까지 shear rate를 감소시켜 shear rate의 변화에 따른 점도 값을 측정하여 이때 형성되는 thixotropy loop의 면적을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 축임물의 경도변화에 따른 유화율의 변화

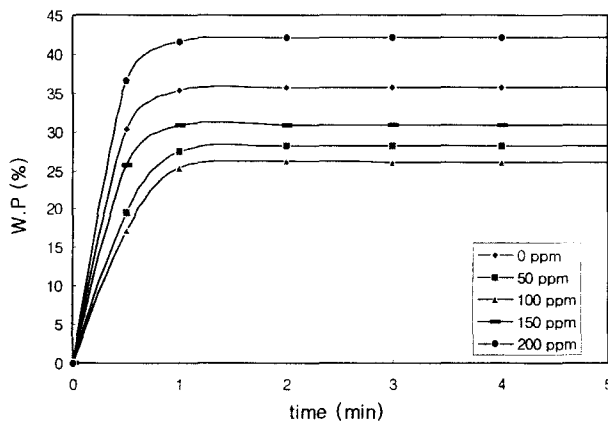


Fig.1 The variation of water pickup curves according to the hardness of dampening solution at 20°C

Fig.1에서는 경도에 따른 잉크의 유화율을 나타내었다. 유화시간이 증가함에 따라 유화율이 증가하는 것을 볼 수 있었고, 축임물의 경도가 100ppm 이하에서는 유화율이 감소하였으나 100ppm 이상에서는 유화율이 증가하는 경향이 나타났다. 이것은 축임물 내에 금속 염들이 많이 존재하게 되면, 잉크와 충돌 빈도수가 증가하여 잉크와 물 사이의 계면장력이 낮아져서 유화율이 증가되는 것이라 생각된다.

3-2. Flow Measurements

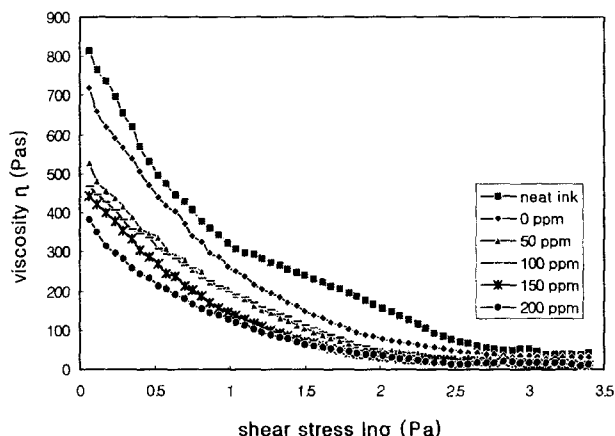


Fig.2 The viscosity variation dependent on shear stress in neat ink and emulsified ink at 20°C

Fig.2에서는 shear stress를 감소시켰을 때, 유화되지 않은 잉크(neat ink)와 유화된 잉크의 점도 변화를 나타내었다. neat ink에 비하여 유화된 잉크의 점도가 낮게 측정되었으며 축임물의 경도가 증가함에 따라 점도가 낮아지는 것을 알 수 있었다. 이것은 축임물의 경도가 증가할수록 잉크와의 유화율이 증가하고 그로 인하여 잉크 내에 축임물의 함량이 증가하기 때문이라 할 수 있다.

3-3 Oscillation Measurements

Fig.3과 Fig.4에서는 유화된 잉크와 neat ink의 시간에 따른 G'과 G''을 각각 나타내었다. 시간이 경과함에 따라 modulus가 각각 상승하였고, neat ink에 비하여 유화된 잉크의 modulus의 값은 낮게 나타났다. 이러한 시간에 따른

modulus의 상승은 pre-shear이후에 10Hz의 일정한 frequency하에서 유체의 탄성변형과 점성변형¹⁹⁾이 점차 감소하기 때문에 G' 과 G'' 이 증가하는 것이다.

앞서 측정한 flow measurement와 oscillation measurement의 결과로 미루어볼 때 탄성회복시간이 큰 잉크의 경우에는 피인쇄체에 전이된 후에 흐름성이 증가하여 광택이 증가 하지만, 이러한 잉크의 흐름성이 과도하게 클 경우에는 망점 확대와 같은 인쇄불량의 원인이 될 수 있다.

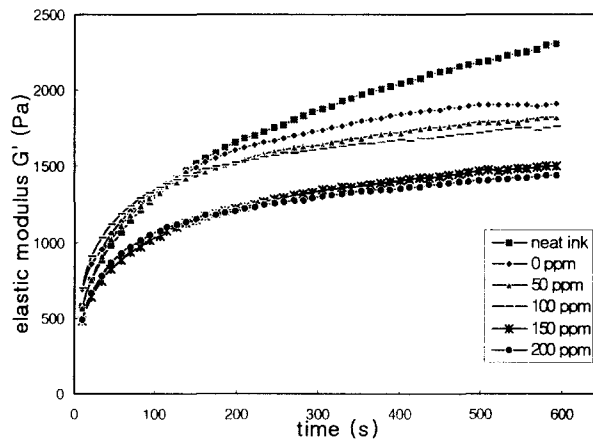


Fig.3 The G' of neat ink and emulsified ink according to the time at 20°C

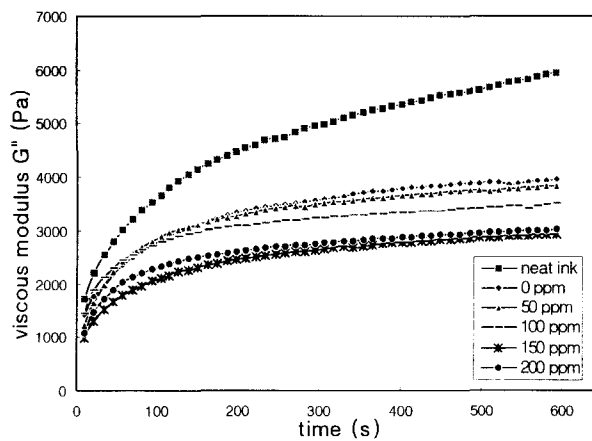


Fig.4 The G'' of neat ink and emulsified ink according to the time at 20°C

3-4 Creep Measurements

Fig.5에서는 pre-shear 직후에 0 Pa의 shear stress를 가했을 때 잉크의 탄성 회복률을 나타낸 것이다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 neat ink가 유화된 잉크에 비하여 탄성 회복폭이 더 작아서 탄성회복시간이 빠른 것을 확인 할 수 있었으며, 축임물의 경도가 증가함에 따라 탄성회복시간이 길어지는 것을 수 있다. 이것은 유화율이 높은 잉크의 경우, 잉크와 섞여 있는 축임물의 양이 상대적으로 많기 때문에 잉크의 구조파괴가 더 많이 일어남으로써 생기는 현상이라 할 수 있다.

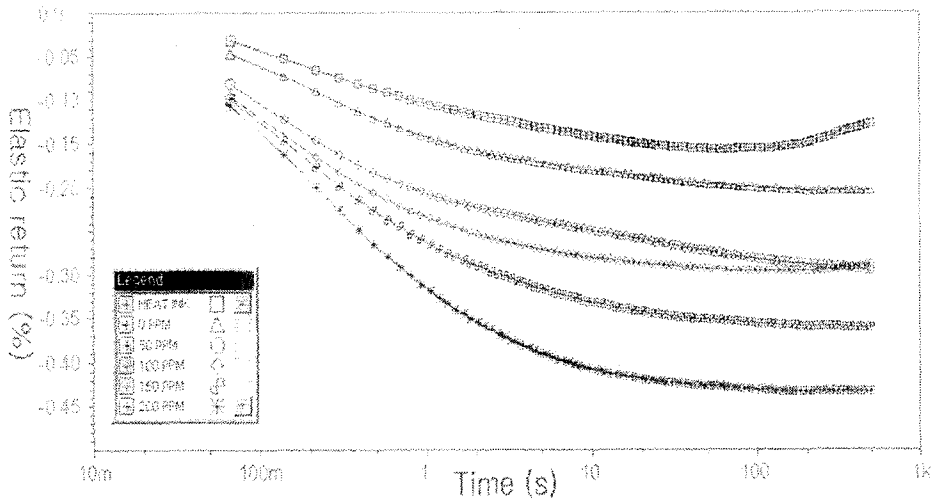


Fig.5 The elastic return rate of neat and emulsified ink after pre-shear stop and applied 0 Pa at 20°C

3-5. Yield Stress Measurements

Fig.6에서는 경도가 낮은 축임물을 사용했을 때 유화된 잉크의 yield stress는 비교적 높은 값을 나타내며 축임물의 경도가 증가할수록 유화된 잉크의 yield stress는 감소하는 경향이 나타났다. 이것은 앞서 실험한 flow measurement의 결과에서도 볼 수 있듯이 축임물의 경도가 높을 경우에는 유화율이 상승하게 되며, 높은 유화율에서는 잉크의 점도가 낮아지고 잉크의 내부구조가 상대적으로 더 많이 파괴된 상태가 되므로 잉크의 yield stress가 감소하는 결과가 나타났다고 생각된다.

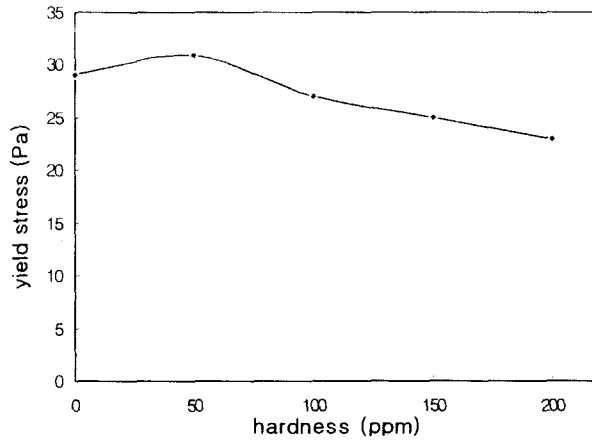


Fig.6 The yield stress of emulsified ink according to the hardness of dampening solution at 20°C

일반적으로 yield stress에 따른 영향으로는 낮은 yield stress에서는 잉크가 피인쇄체에 전이된 후 leveling 성질에 의하여 광택도가 증가하지만, yield stress가 너무 낮은 상태가 되면 망점 확대와 같은 인쇄불량이 일어나기 쉬워진다. 이와는 반대로 높은 yield stress를 가진 잉크는 잉크가 저장되어 있는 잉크집 상에서 발생할 수 있는 안료 침강 현상을 막을 수 있지만, yield stress가 너무 높은 값을 가지게 되면 잉크의 전이가 잘 일어나지 않을 수 있다.

3-6. Thixotropy Measurements

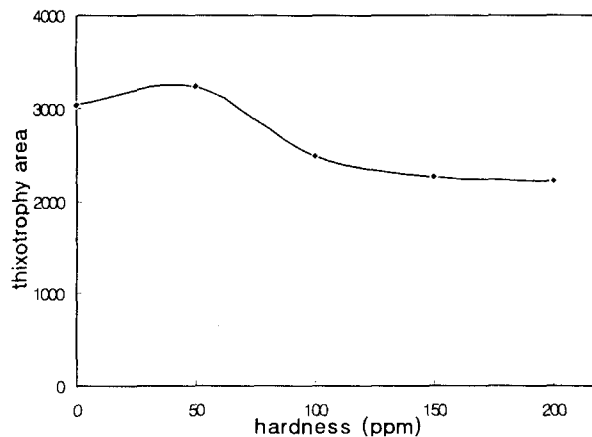


Fig.7 The thixotropy of emulsified ink according to the hardness of dampening solution at 20°C

Fig.7에서는 경도가 서로 다른 축임물과 cyan 잉크를 유화 시켰을 때 잉크가 가지는 thixotropy를 측정 한 것으로, 축임물의 경도를 증가시켰을 때 유화된 잉크의 thixotropy는 점차 감소하는 경향을 나타내었다.

이러한 결과는 Fig.2의 flow measurement와 연관 시켜볼 때 높은 경도의 축임물과 유화된 잉크의 점도가 상대적으로 낮으므로 thixotropy의 면적도 더 작게 측정되었다.

여기서 thixotropy의 면적이 작은 것은 실제 잉크가 인쇄기를 통하여 피인쇄체에 전이되었을 때 빠른 탄성회복을 하지 못하고, 또한 낮은 점도로 인하여 망점확대 현상이 일어날 우려가 있다. 이와 같이 축임물의 증가에 따른 잉크의 yield stress와 thixotropy의 감소는 잉크의 유동성이 증가하는 증거이며, 잉크의 물리적인 상태를 나타내는 요소가 된다.

5. 결 론

본 연구는 축임물의 경도 변화에 따른 잉크의 유화율 변화와 유화된 잉크의 레올로지적 성질을 측정하여 실제 인쇄상에서의 잉크의 거동을 예측하고자 하였다.

본 연구의 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 축임물의 경도가 증가할수록 잉크와의 유화율은 증가하였다.
2. 높은 경도의 축임물과 유화된 잉크일수록 잉크의 점도는 감소하였으며, 탄성회복시간이 점차적으로 더 길어졌다.
3. 유화된 잉크의 G' 과 G'' 은 사용된 축임물의 경도가 증가할수록 점차 낮아지는 경향이 나타났다.
4. 잉크의 항복가와 thixotropy 측정에서는 축임물의 경도가 높을수록 유화된 잉크의 항복가와 thixotropy area 면적은 감소하였다.

참고문헌

- 1) Aage Surland, "A Laboratory Test Method for Prediction of Lithography Ink Performance" , TAGA Proceeding, pp.222~247 (1980)
- 2) Bernard Pineaux, "The Effect of Water Hardness of Dampening Solution on Printing Quality in Offset Lithography", TAGA proceeding, pp.844~860 (1997)
- 3) 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)
- 4) John MacPhee, "Some Insight into the Relevance of Off-press Measurements of Foundation Solution Takeup by Ink", TAGA Proceeding, pp.577~589 (1997)
- 5) 권대환, "축입물 성분이 잉크의 유화에 끼치는 영향에 관한 연구", 한국인쇄학회지 , 제19권 제3호, pp.10~22 (2001)
- 6) 김인겸, "오프셋 인쇄 잉크의 유화 속도에 영향을 미치는 인자에 관한 연구" , 한국인쇄학회 , 제19권 제1호 , pp.28~41 (2001)
- 7) P. Aurenty, "Viscoelastic of Water/Ink Emulsions at Low and High Frequency", TAGA proceeding, pp. 638~659 (1998)
- 8) Shem M. Chou, Thomas A. Fadner, and Lawrence J. Bain, "Structural Recovery of Printing Inks Studied by Steady Shear Rheometry", TAGA Proceeding, pp 280~321 (1990)
- 9) shem M. Chou and Lawrence J. Bain, "Rheological Characteristics Keyless Versus Conventional Litho Newsinks", TAGA Proceeding, pp.354~386 (1988)
- 10) Shem M. Chou and Mark cher, "Rheological Studies of Emulsion Ink Stability", TAGA Proceeding, pp.257~280 (1989)
- 11) D. Satas, "Coatings Technology Handbook" , Marcel Dekker, Inc. , Second Edition, pp.3~39 (2001)
- 12) R.H. Leach, R.J. Pierce , "The Printing Ink Manual" , Kluwer Academic Publishers , Fifth Edition (2001)
- 13) 박승조, "환경인을 위한 분석화학실험", 東和技術, pp.196~202, (2000)
- 14) 李辰雨, "쉽게 배우는 大學分析化學", 螢雪出版社, pp.340~355, (2000)
- 15) 강동효, "수질화학 분석법", 신광문화사, pp 97~104, (2000)

- 16) 옥치상. “수질측정 및 수처리 실험” 지구문화사, pp75~80, (1993)
- 17) 김성빈 , “평판 인쇄” , 부산공업대학교 출판부, pp 105~124 (1995)
- 18) Daphne M. Desjumaux, “Dynamic of Ink Gloss: Influence of Ink Rheology on Leveling”, TAGA proceeding, pp. 618~637 (1998)
- 19) John J. Aklonis, William J. Macknight , “Introduction to Polymer Viscoelasticity” , Second Edition , A Willey-Interscience Publication , pp7~35 (1983)