

평판 인쇄용 잉크에 있어서 축임물의 IPA 함량과 온도 변화에 따른 유화 효과에 관한 연구

김인겸 · 김성빈 · 김종래*

부경대학교 인쇄정보공학과, *부산 디자인고등학교

A Study on The effects of IPA Concentration and Temperature Variation on Water Pickup of Off-set Ink.

*Yin-Kyoun Kim · Sung-Bin Kim · Jong-Rae Kim**

Dept., of Graphic Arts Information, Pukyong National University

**Pusan Design High School.*

1. 서론

평판 오프셋 인쇄는 물과 기름의 반발 작용을 이용하여 동일 평면상에 화선부와 비화선부를 구분하여 인쇄하게 된다. 이 때 축임물(dampening water)과 잉크는 본질적으로는 서로 반발하여, 화선부를 구분하게 되지만, 실제로는 잉크와 축임물이 섞여 유화가 일어나게 된다. 이러한 유화 현상은 필연적인 것이고 실제 인쇄기상에서는 일정 범위에서 균형을 이루어야 만이 고품질의 인쇄가 가능하다. 다시 말해서 잉크와 축임물의 계면화학적 작용을 얼마만큼 잘 조절할 수 있는냐에 따라 인쇄물의 품질이 결정된다고 할 수 있다.

잉크의 유화가 인쇄에 미치는 영향에 대한 연구는 김성빈¹⁾을 비롯하여 MacPhee²⁾ Pineaux³⁾⁴⁾ 등에 의하여 연구보고 되고 있다. 또 유화 측정 방법에 관한 연구는 Surland⁵⁾⁶⁾를 비롯하여 다수 있었지만, 유화를 정량적으로 표현한 경우는 없었다.

그러므로 본 연구에서는 평판 인쇄용 프로세스 잉크를 대상으로 축임물의 IPA 함량의 변화와 실내 온도 변화에 따른 유화율 변화를 속도상수 k 를 이용하여 실제 인쇄시 또는 인쇄 잉크 제조시 기초자료로 활용할 수 있도록 하고자 한다.

2. 실험

2-1. 유화율 측정

유화란 서로 섞이지 않는 용액 혹은 부분적으로 섞이는 용액 사이에서 분산(dispersion)되어 있는 상태를 말한다. 즉 유화는 설탕물이나 소금물처럼 녹는 현상(dissolve)과는 구별된다. 일반적으로

유화는 한쪽이 물이고 다른 쪽은 기름 성분인 경우가 많은데, O/W(Oil in Water)형과 W/O(Water in Oil)형으로 나눌 수 있다.

평판 인쇄는 판 면 전체에 먼저 축임물을 전이시켜 비화선부에는 잉크가 묻지 않도록 한 후, 판 면 전체에 잉크 묻힘 롤러를 지나게 하여 잉크가 화선부에 선택적으로 묻도록 한다. 이 때, 잉크와 축임물은 본질적으로는 서로 반발하지만, 인쇄압과 인쇄속도에 의하여 서로 필연적으로 유화(乳化, emulsification)가 일어나게 된다.

유화 측정에 있어서 실험실적인 방법은 Surland에 의한 방법⁷⁾이 가장 일반적이다. 본 실험에서는 교반기(max 3000rpm, AC 220V, 30W)를 이용하여 400rpm 회전속도로 17℃, 20℃, 25℃, 30℃, 35℃의 환경에서 잉크 25g과 축임물 약 30cc를 100cc 비이커 안에서 총 10분 동안 회전시키고, 매 1분마다 시료를 채취하여 105℃ 건조기 안에서 충분히 건조시킨 후 건조된 잉크 질량을 측정하였다. 유화율은 잉크 안에 분산된 물의 양과 잉크 양의 비율로 정의하고 측정된 질량을 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$A = \frac{M}{1-X} \quad (1)$$

$$B = Z - \frac{M}{(1-X)} \times X \quad (2)$$

$$W.P = \frac{B}{A} \times 100(\%) \quad (3)$$

Table 1. Symbols of equations (1)~(3)

<i>M</i>	유화된 잉크의 건조 후의 질량
<i>X</i>	잉크 자체 휘발 성분 비율
<i>Z</i>	유화된 잉크의 증발된 질량
<i>W.P</i>	유화량

2-2. 시료

Table 2. Selected factors and their levels

Factors	Levels
IPA/distilled water rate	0%, 5%, 10%, 15%, 20%
Temperature	17℃, 20℃, 25℃, 30℃, 35℃

축임물은 시약용 IPA와 실험실에서 증류한 증류수를 이용하여 각각 다섯 단계로 조정하여 제조하였고, 사용된 잉크는 매엽용 cyan잉크를 사용하였다.

2-3. 속도 상수의 결정

유화의 속도 상수는 다음의 Guggenheim식⁸⁾⁹⁾에 의하여 구하였다.

$$k \times t + \log(\lambda' - \lambda) = \text{constant} \quad (4)$$

Table 3 . Symbols of equation (4)

λ	t시간의 유화량
λ'	t+Δ시간의 유화량
t	시간(min)
Δ	constant increment, 반감기의 2~3배의 시간 간격

Table 4. The Water Pickup rate in IPA 20% at 17°C

t (min)	λ(%)	t+Δ (Δ=0.3650)	λ' (%)	log(λ' - λ)
0.1	1.34	0.47	34.47	1.34
0.2	1.18	0.57	36.71	1.18
0.3	1.01	0.67	38.11	1.01
0.4	0.82	0.77	38.95	0.82
0.5	0.61	0.87	39.45	0.61
0.6	0.39	0.97	39.74	0.39
0.7	0.17	1.07	39.93	0.17

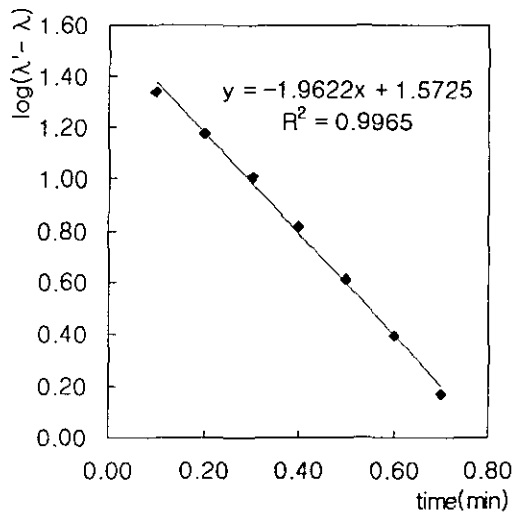


Fig. 1. Plot of Water Pickup rate in IPA 20% at 17°C.

식(4)는 시간 t와 $\log(\lambda' - \lambda)$ 에 대한 일차방정식으로 직선의 기울기는 속도 상수 k를 나타낸다.

Table 4와 Fig. 1은 실험의 한 보기로서 표시한 것으로 17°C에서 IPA 20%와 잉크의 유화 반응속도를 구한 것이다. Fig. 1에서 시간 t에 대한 $\log(\lambda' - \lambda)$ 값을 나타내었고, 그 직선의 기울기에서 속도상수 k를 구했다. 이때 $k = 1.9622 \text{sec}^{-1}$ 이었다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 유화율 측정

Fig. 2는 잉크와 증류수의 온도에 따른 유화율을 나타내었고, Fig. 3은 25°C에서의 IPA 농도에

따른 유화율을 나타내었다. 두 실험에 사용된 잉크는 동일 회사의 동일 제품이지만, 서로 다른 통의 것을 사용하였다. 그 결과 유화 거동이 같은 통에서는 비슷하게 나타나지만, 다른 통과 비교할 경우 그 거동이 일정하지 않을 것을 보아, 같은 제품이라고 해도 완전히 동일하지 않는다는 것을 알 수 있다. 또, IPA 함량이 증가할수록, 온도가 상승될수록 유화량이 증가하고 있다. 35°C에서의 실험은 잉크 점도가 너무 낮아 시료 채취가 불가능하였다.

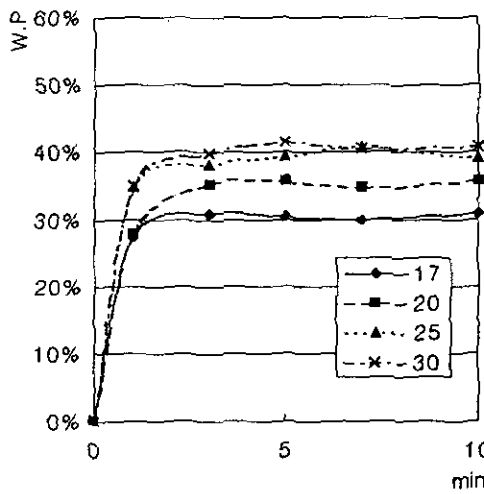


Fig. 2. Water Pickup profile according to temperature variation in distilled.

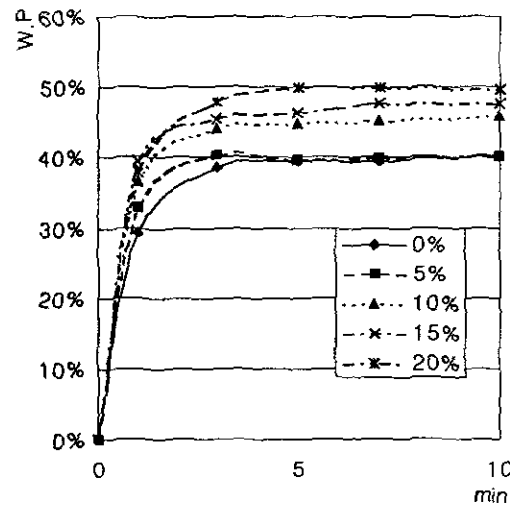


Fig. 3. Water Pickup profile according to IPA concentration in 25°C

3-2. 잉크와 축입물의 변화

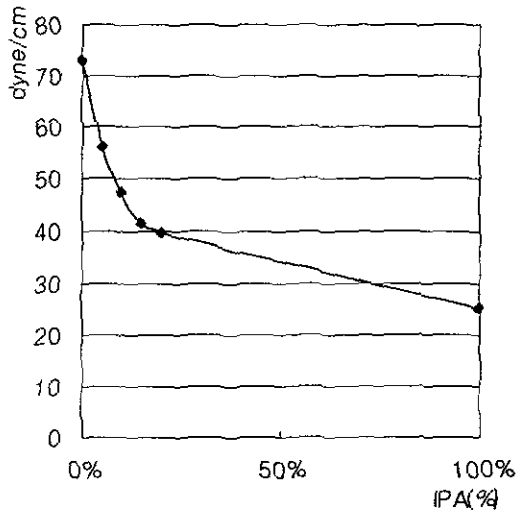


Fig. 4. Surface tension according to IPA concentration.

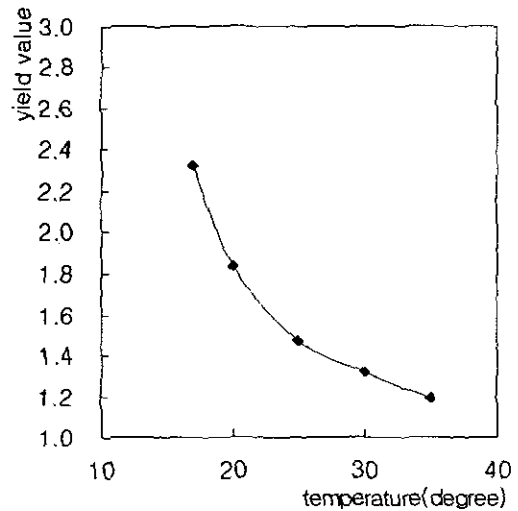


Fig. 5. Yield value of test ink according to temperature variation.

Fig. 4는 증류수의 IPA 함량에 따른 표면장력의 변화를 나타내었다. 표면장력의 측정은 DuNouy(Yoshida社)를 이용하였다. IPA를 5%, 10% 혼합했을 때 축입물의 표면장력은 급격히 감

소되었고, 15%부터는 표면장력이 서서히 감소되는 것을 알 수 있다. 즉, 15%까지는 IPA 함량의 미세한 변화로 측정물의 표면장력을 조절할 수 있지만, 그 이상은 IPA 함량을 많이 하더라도 표면장력의 변화는 크게 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다. 이는 다른 연구자의 결과¹⁰⁾와 같다. Fig. 5에는 온도에 따른 잉크의 항복가 변화를 보이고 있는데, 온도가 상승할수록 잉크의 점도와 소성이 감소되는 것을 알 수 있다.

3-3. 속도 상수

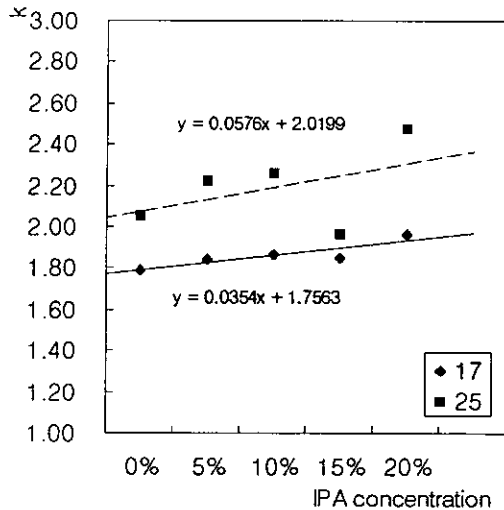


Fig. 6. Velocity constant according to IPA concentration.

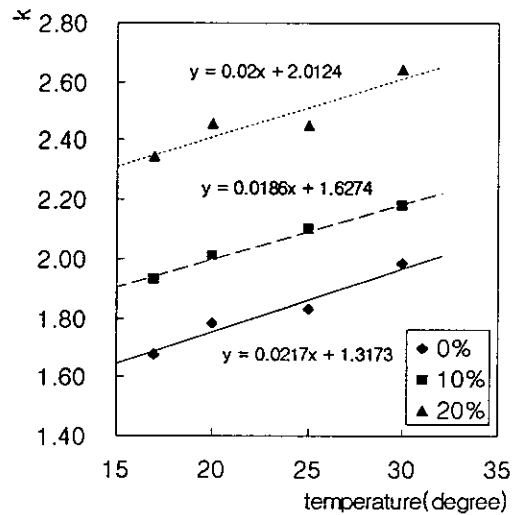


Fig. 7. Velocity constant according to temperature variation.

Fig. 6과 7에는 각각 IPA 함량과 온도 변화에 따른 속도상수의 변화를 나타내었다. IPA의 함량이 증가할수록, 온도가 상승할수록 속도상수가 증가하는 것을 알 수가 있다. 한편 Fig. 6에서는 온도 변화에 따라서 속도상수 변화 기울기의 변화가 두드러지지만, Fig. 7에서 IPA에 함량에 따라서 속도상수 변화 기울기의 변화는 크지 않은 것으로 보아 IPA의 함량보다는 온도 변화에 의해 유화 속도가 더 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.

여러 가지 온도와 IPA 함량의 변화에 따라 측정된 속도상수로부터 Fig. 8의 Arrhenius plot을 통하여 활성화 에너지를 구하였다.

즉, 다음의 Arrhenius식에서 절대 온도 $\frac{1}{T}$ 대

$\ln k$ 의 그래프의 기울기 $-\frac{E_a}{R}$ 인 직선이 된다.

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{RT} \quad (5)$$

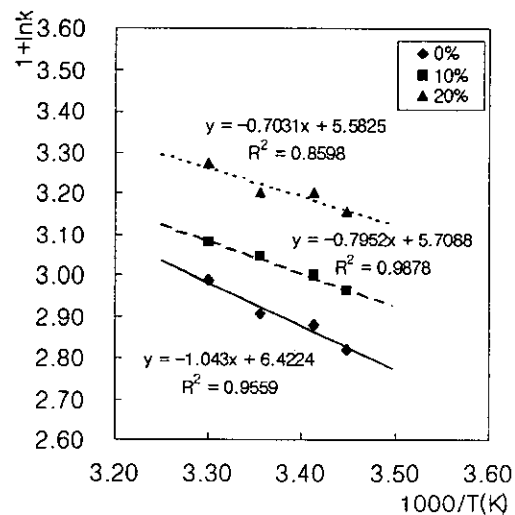


Fig. 8. Arrhenius plot of Water Pickup

Fig. 8의 결과로 활성화 에너지를 구하면 다음의 표와 같고, 여기에서 IPA의 함량이 증가할수록 기울기 즉, 활성화 에너지가 감소하는 것으로 보아 축임물의 표면장력이 감소할수록 유화가 쉽고 빠르게 일어난다는 것을 알 수 있다.

Table 5. The symbols of equation (5)

k	속도상수
A	Arrhenius 상수
E_a	활성화 에너지
R	기체상수
T	절대온도

Table 6. Activation energy according to IPA concentration

IPA concentration	distilled water	10%	20%
$E_a (kJmol^{-1})$	8.4563×10^{-3}	9.5640×10^{-3}	12.5443×10^{-3}

4. 결론

이상과 같이 축임물의 IPA 함량과 온도 변화가 유화에 미치는 영향을 검토한 결과, 결론은 다음과 같다.

- (1) IPA 함량이 증가할수록 유화에 있어서 활성화에너지가 감소하는 것을 확인하였고, 이는 표면장력이 감소하기 때문이라고 생각된다.
- (2) 온도 상승함에 따라 속도상수가 증가하는 것으로 보아 인쇄실의 온도가 높을수록 유화가 빠르게 평형 상태에 도달한다고 생각할 수 있다.
- (3) 유화가 평형 상태에 도달하는 속도는 IPA의 함량의 영향보다는 온도 영향이 크다는 것을 알 수 있었고, 그러므로 인쇄실의 온도 조절이 인쇄에 있어서 중요함을 확인하였다.
- (4) 본 실험에 사용된 유화 측정 방법은 잉크 점도가 너무 낮을 경우 시료 채취가 불가능한 단점이 있으므로, 이를 극복할 수 있는 시험법의 연구가 필요하다.

참고문헌

- 1) 김성빈, "Rosin變性 phenol樹脂의 分子量 變化에 따른 平版印刷 잉크의 物性變化에 관한 研究", 한국인쇄학회지 vol12 No.1, pp145~157 (1994).
- 2) J. MacPhee, "Some Insight into the Relevance of Off-press Measurements of Foundation Solution Takeup by Ink", TAGA Proceeding, pp577~589 (1997).
- 3) Bernard Pineaux, Alessandro Gandini, and Michael Has, "Further Investigation into the Effect of Dampening Solution Hardness on Offset Lithography", TAGA Proceeding, pp451~466 (1998).
- 4) Bernard Pineaux, Alessandro Gandini, and Michael Has, "The Effect of Water Hardness of Dampening Solutions on Printing Quality in Offset Lithography" TAGA Proceeding, pp84

4~860 (1997).

- 5) Aage Surland, "A Laboratory Test Method for Prediction of Lithography Ink Performance". TAGA Proceeding, pp.222~247 (1980).
- 6) Aage Surland, "Factors Determining the efficiency of Lithographic Inks", TAGA Proceeding, pp.191~236 (1983).
- 7) "Standard Test Methods for Water Pickup of Lithographic Printing Inks and Vehicles in a Laboratory Mixer", ASTM, D4942-89.
- 8) E.A.Guggenheim. Phil, Mag., vol.2 p538 (1926)
- 9) 김성빈, "물-메탄올 및 물-아세트니트릴 혼합용매속에서의 2-염화 테노일의 加용매 分解의 反應速度論 研究", 東亞大學校大學院論文集 vol. 2, pp.226~227 (1976)
- 10) 오세웅, "오프셋 인쇄에서 축임물이 인쇄에 주는 영향", 인쇄계 Vol. 10, pp34~38 (1992)