

인쇄 잉크의 최대 전이율에 관한 연구

姜 相 薰

부산공업대학교 인쇄공학과

Studies on the Maximum Transfer Rate of Printing Ink

Sang-Hoon Kang

Dept. of Graphic Arts Engineering, Pusan National University of Technology

Abstract

A new ink transfer model based on the physical mechanism for the maximum ink transfer rate is proposed, and examined by the experimental data of P.J Mangin et. al. for the relations of the maximum ink transfer rates to the printing pressure, the speed and the roughness of paper substrates. The free ink split coefficient and immobilized ink under the maximum ink transfer rate are calculated by the new model and the experimental data.

It is concluded that the new model is very useful, and the free ink split coefficient and the immobilized ink are inversely proportional and proportional to the paper roughness respectively and both are saturated eventually under the critical values.

1. 서 론

인쇄의 각 공정별로 인쇄의 품질에 영향을 끼치는 많은 요인들이 있지만, 인쇄물의 최종 출력장치인 인쇄기계 상에서 이루어지는 인쇄판으로부터 피인쇄체로의 잉크의 전이 상태를 나타내는 잉크 전이율의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다.

이와 같은 잉크 전이율에 대한 연구는 오래 전부터 세계 각국의 우수한 인쇄, 종이 및 잉크에 관한 연구소들을 중심으로 하여 활발하게 진행되어 왔다. 그러나 지금까지의 잉크 전이율에 대한 연구의 대부분은 이론적인 검토가 이루어지지 않은 상태에서, 주로 실험 결과에서 나타나는 전이율 곡선을 어떻게 하면 정확하게 식으로 표현할 수 있는가에 집중되어 왔다. 그 결과, 잉크의 전이율에 대한 수 많은 모델들이 발표되었지만 아직도 만족할만한 결과에 이르지 못하고 있다. 최근에 이르러, 이러한 기존의 잉크 전이 모델들의 한계를 극복하기 위하여 전이 기구 자체에 대한 여러 가지 각도에서의 이론적인 해석을 통한 더욱 체계적인 연구가 이루어지기 시작하여 많은 관심을 끌고 있다.

일반적으로 잉크의 전이 상태를 표현하는 방식에는 두 가지가 있다. 즉, 판의 잉크량 X 에 대하여 피인쇄체에 전이된 잉크량 Y 의 관계로 표시하는 잉크 전이량 방정식(ink transfer equation)과, 피인쇄체에 전이된 잉크의 전이율 Y/X 의 관계로 표시하는 잉크 전이율 방정식(fractional ink transfer or ink transfer rate equation)이 있다.

Fig. 1(a) 및 (b)는 각각 대표적인 전이량 곡선 및 전이율 곡선을 나타낸다. 그림에서 도시된 바와 같이 잉크 전이율 Y/X 가 최대가 되는 잉크 전이율을 최대 잉크 전이율 $(Y/X)_{max}$ 라 하며, 이 때의 인쇄판 상의 잉크량을 X_{max} 으로 표시한다. 이와 같은 최대 잉크 전이율은 잉크의 전이 기구에서 물리적으로 대단히 중요한 의미를 가지며, 실제의 대부분의 인쇄 작업은 이 부근에서 이루어짐으로 잉크의 전이 연구에서 매우 중요한 변수가 된다.

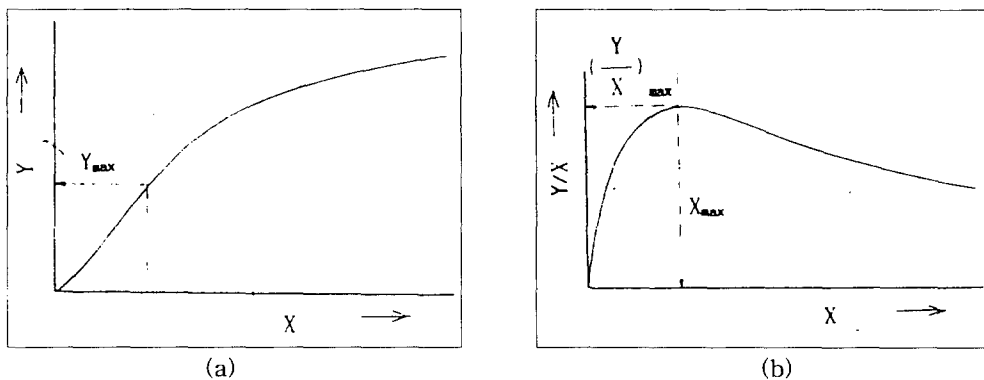


Fig. 1. Typical ink transfer(a) and fractional ink transfer(b) curves.

본 연구에서는 최대 잉크 전이율에 대한 물리적인 전이 기구에 입각하여 새로운 형태의 잉크 전이 모델을 제안하고, Appendix에서 표시한 바와 같이 최대 잉크 전이율에 대한 P.J.Mangin 등⁽¹⁾의 실험 결과를 참고로 하여 그 타당성을 검토하였다. 또한 실제의 인쇄작업에서 인쇄기계

상에서 설정하게 되는 중요한 입력조건인 인쇄압력 P와 인쇄속도 V 및 인쇄용지의 표면 거칠기 R_p 가 최대 잉크 전이율 $(Y/X)_{max}$ 에 끼치는 영향을 분석하고, 잉크의 전이율을 결정하는 두 가지 요소인 자유 잉크의 분리율(free ink split coefficient) f와 피인쇄체에서의 잉크 고정량(immobilized ink) B에 대한 인쇄용지의 표면 거칠기의 관계를 검토하였다.

2. 잉크 전이 모델

2.1 기존의 잉크 전이 모델의 한계

잉크의 전이 거동은 기본적으로 잉크의 레올로지(rheology) 특성과 전이 방식에 의존하지만, 인쇄기계 상에서 수반되는 잉크의 고속 신장이나 전단 거동으로 인하여 잉크의 전이율에 대한 점도나 동적 점탄성 등의 미시적인 관계를 이론적으로 규명하는 것은 대단히 어려운 일이다. 따라서 대부분의 잉크 전이 모델에서는 인쇄판과 피인쇄체 사이에서 발생하는 거시적인 전이 기구에 입각하여 실험 결과에서 나타나는 곡선을 정확하게 방정식으로 표현하는 데에 초점을 맞추어 왔다.

이와 같은 기존의 잉크 전이 모델 중에서 지금까지 가장 널리 인용되고 있는 것으로는 다음 식으로 표시되는 Walker-Fetsko⁽²⁾ 모델이 있다.

$$\left. \begin{aligned} Y &= A \{ bB' + f (X - bB') \} \\ A &= 1 - e^{-kx}, B = 1 - e^{-(x/b)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 A는 피인쇄체의 잉크 피복률(coverage factor), bB' 은 피인쇄체상의 잉크 고정량(immobilized ink), f는 판의 잉크 중에서 피인쇄체에 고정되지 않은 자유 잉크의 분리율(free ink film split coefficient)을 나타내며, b와 k는 각각 피인쇄체의 잉크 흡수율(absorption parameter)과 인쇄면의 평활도(smoothness parameter)를 나타낸다.

이 외에도 Walker-Fetsko 모델을 조금씩 변형시킨 Pupp-Rieche, Wulsch-Schubert, Laignou, Ichikawa, Karttunen 등의 모델을 비롯하여 Hultgen, Bery 등의 많은 잉크 전이 모델들이 발표되었으나, P. J. Mangin 등⁽³⁾의 분석에 의하면 어느 모델도 낮은 잉크 피복율에서의 실험 결과를 만족시키지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 잉크의 전이에 대한 더욱 효과적인 연구를 위해서는 지금까지의 단순히 실험 결과를 정확하게 표현하기 위한 연구 방식에서 탈피

하여 전이 현상 자체의 물리적인 해석에 입각한 새로운 형태의 연구 방식의 도입이 요청되어 왔다.

이러한 입장에서 Bery 등⁽⁴⁾은 잉크의 전이 기구를 표면 고정화(surface immobilization), 홈 충전(valley filling) 및 모세관 침투(capillary penetration)의 3단계로 구분하여, 각 단계별로 별도의 방정식으로 표현되는 3개의 방정식으로 구성된 잉크 전이 모델을 발표하였다. 그러나 이 모델에서는 식을 구성하는 여러가지 매개변수들의 설명을 너무 기하학적인 표현에 의존하고 있어 실제의 복잡한 조건을 지나치게 단순화 시킴으로써 이 역시 실험 결과와 상당한 편차를 보이고 있다.

2.2 새로운 잉크 전이 모델의 제안

잉크의 전이 기구에서 가장 중요한 변수 중의 하나는 피인쇄체의 표면 상태이다. 금속이나 플라스틱 필름 등과 같은 비흡수성 피인쇄체에서는 실제의 인쇄작업에서와 같이 판의 잉크량이 비교적 많은 ($5g/m^2$ 이상) 경우에는 잉크 피복률 A가 최대값 1이 되고, 또 모세관 현상을 무시할 수 있기 때문에 표면 상태가 그다지 문제가 되지 않는다.

그러나 종이의 경우에는 문제가 매우 복잡해진다. 대부분의 인쇄 용지는 제지 과정에서 여러 단계의 캘린더링(calendering)을 통하여 표면의 돌출부를 압착시키지만 여전히 상당한 비율의 홈 부분이 존재하게 된다. 이러한 종이의 표면 상태는 표면 거칠기 R_p 를 사용하여, 수량화 함으로써 편리하게 나타낼 수 있다.

잉크의 전이과정에서 제일 먼저 고려해야 할 사항은 종이 표면에서의 잉크의 고정량이다. 식(1)에서는 이것을 종이의 흡수율을 나타내는 b와 판의 잉크량 X의 함수로 표시되는 고정화율(immobilization factor) B'의 곱으로 표시하였다. 그러나 식(1)에 알 수 있는 바와 같이 실제의 잉크 전이 과정에서는 b와 B'은 결과적으로 항상 곱의 형태로만 작용함으로 이것을 하나의 매개변수 B로 나타내는 것이 편리하다.

다음으로 잉크의 피복률 A에 대하여 검토하기 위하여 먼저 잉크의 전이 기구를 모형화 하면 Fig. 2와 같이 도식할 수 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 종이 표면의 홈 부분에 잉크가 완전히 충전 되지 않고, 따라서 부분적으로 종이 표면에 잉크가 전이되지 못하는 경우에는 잉크의 피복률 A가 중요한 작용을 하게 됨으로 이 때의 잉크의 전이량 Y는 다음 식으로 표시할 수 있다.

$$Y = [fX + (1 - fA) B] A \dots\dots\dots (2)$$

여기서 잉크 피복률 A는 Pu Jar-Ling 등⁽⁵⁾의 연구 결과에 의하면 주로 인쇄압력 P와 판의 잉크량 X에 비례하며 인쇄속도 V에는 그다지 의존하지 않는 것으로 알려져 있다.

다시 Fig. 1(b)에서 도시된 바와 같이 최대 잉크 전이율 $(Y/X)_{max}$ 의 물리적인 의미를 살펴보면 최대 잉크 전이율에 도달하기 전까지는 주어진 인쇄 조건 하에서 판상의 잉크 공급량 X의 증가와 더불어 Fig.2에 도시한 바와 같이 홈 부분의 크기(깊이)에 따라 잉크의 피복률이 차츰 증가하게 된다. 홈 부분에 잉크가 완전히 충전되는 순간에 잉크 피복률 A가 포화치 1이 되어 최대 잉크 전이율에 도달하는 것으로 볼 수 있다. 그러므로 최대 잉크 전이율에서의 잉크의 전이 방정식은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$Y = fX_{max} + (1 - f) B \dots\dots\dots (2')$$

이 식을 최대 잉크 전이율 $(Y/X)_{max}$ 에 대하여 고쳐쓰면 다음과 같이 된다.

$$(Y/X)_{max} = f + (1 - f) B/X_{max} \dots\dots\dots (2'')$$

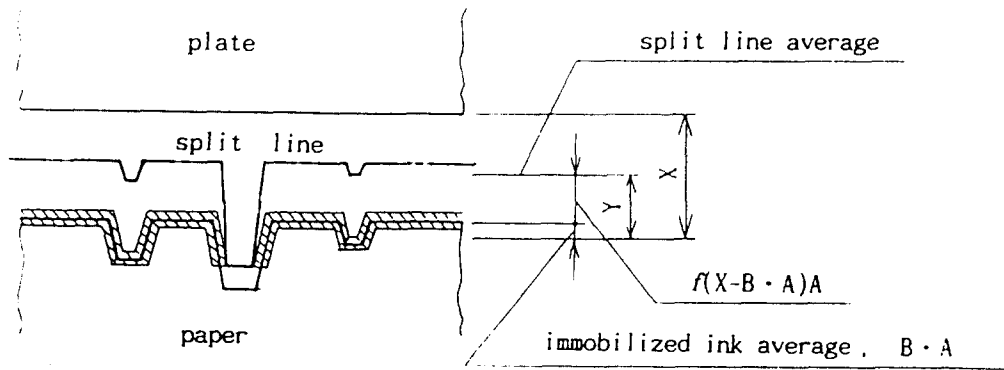


Fig. 2. Scheme of the new ink transfer model.

3. 최대 잉크 전이율

Fig. 3과 4는 각각 최대 잉크 전이율 $(Y/X)_{max}$ 에 대한 인쇄압력 P와 인쇄속도 V의 영향을 도

시한 것으로 각각 다음과 같은 관계를 보여 준다.

$$(Y/X)_{\max} \propto \sqrt{P} \dots\dots\dots (3)$$

$$(Y/X)_{\max} \propto 1/\sqrt{V} \dots\dots\dots (4)$$

Fig. 5는 최대 잉크 전이율에 대한 종이의 표면 거칠기 R_p 의 영향을 도시한 것으로 다음과 같은 관계를 나타낸다.

$$(Y/X)_{\max} \propto R_p \dots\dots\dots (5)$$

식(3)~(5)의 관계를 종합하여 고쳐쓰면 다음 식이 된다.

$$(Y/X)_{\max} \propto R_p \sqrt{P/V} \dots\dots\dots (6)$$

식(2'')에서 자유 잉크 분리율 f 는 Fig. 2의 잉크의 전이 기구에서 알 수 있는 바와 같이 잉크 고정량 B 에 의해서 증속적으로 결정되는 값이므로 최대 잉크 전이량과 잉크 고정량 사이에는 다음의 관계가 성립한다.

$$(Y/X)_{\max} \propto B \dots\dots\dots (7)$$

따라서 식(6)과 (7)로부터 잉크 고정량 B 와 인쇄압력 P , 인쇄속도 V 및 종이의 표면 거칠기 R_p 사이에는 다음 관계가 성립함을 알 수 있다.

$$B = CR_p \sqrt{P/V} \dots\dots\dots (8)$$

여기서 C 는 비례상수 이다.

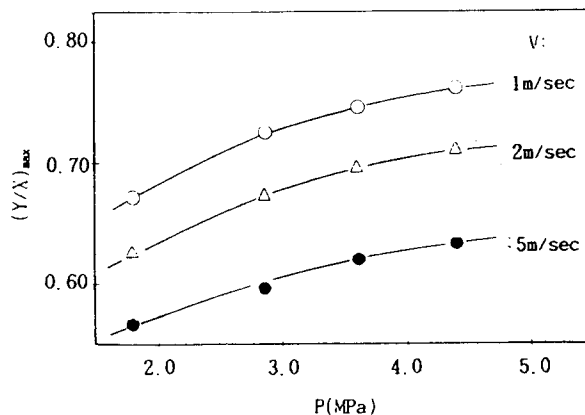


Fig. 3. The relation between the maximum ink transfer rate and the printing pressure for sample 1-2.

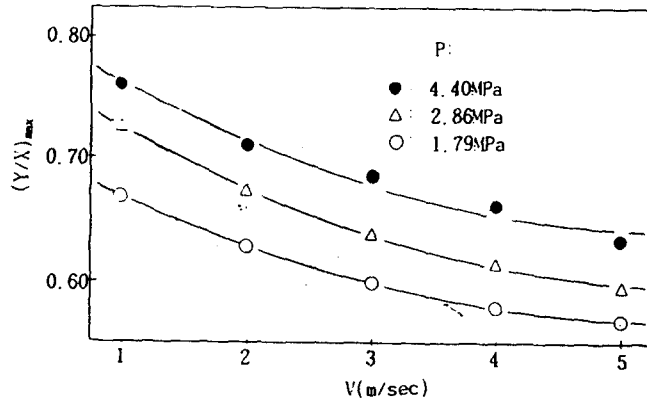


Fig. 4. The relation between the maximum ink transfer rate and the printing speed for sample 1-2.

식(8)은 잉크 고정량 B에 대한 Olesson-Phil의 식⁽⁵⁾

$$B = k\sqrt{P/(\eta V)} \dots\dots\dots (9)$$

와 잘 일치함을 알 수 있다. 여기서 k와 η 는 각각 피인쇄체의 표면 상태와 잉크의 점도를 나타냄으로 식(8)의 비례상수 C는 점도가 같은 동일한 잉크를 사용하는 경우에는 상수가 되는 잉크 점도 η 와 피인쇄체의 표면 상태를 나타내는 방식의 차이를 포함하는 값이 된다.

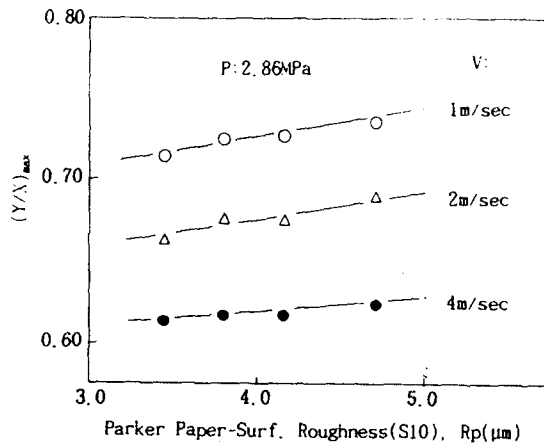


Fig. 5. The relation between the maximum ink transfer rate and the surface roughness of printing paper.

다시 식(8)을 사용하여 식(2'')을 고쳐쓰면 다음과 같이 된다.

$$\left(\frac{Y}{X}\right)_{\max} = f + (1-f)C \frac{R_p}{X_{\max}} \sqrt{\frac{P}{V}} \dots\dots\dots (10)$$

여기서 다시 Fig. 2의 잉크 전이 모델에서 알 수 있는 바와 같이 피인쇄체의 표면 상태, 즉 표면 거칠기가 동일한 인쇄용지를 사용하고, 잉크 피복율이 일정한 최대 잉크 전이율 하에서는 자유 잉크 분리율 f 가 일정한 값이 됨으로 f 가 결정되면 저절로 결정되는 $(1-f)$ 를 포함하는 새로운 상수 C' 을 사용하여 식(10)을 고쳐쓰면 다음과 같이 된다.

$$\left(\frac{Y}{X}\right)_{\max} = f + C' \frac{R_p}{X_{\max}} \sqrt{\frac{P}{V}} \dots\dots\dots (10')$$

이 식은 동일한 인쇄용지에 대해서 $(Y/X)_{\max}$ 과 $(R_p/X_{\max})\sqrt{P/V}$ 가 선형 관계에 있으며, 그 절편이 자유 잉크의 분리율을 나타냄을 보여 준다.

Fig. 6은 각각 표면 거칠기가 다른 4종류의 신문용지에 대한 P.J. Mangin 등의 실험 결과 (Appendix참조)를 분석한 것으로서 실제로 각 용지에 대하여 $(Y/X)_{\max}$ 과 $(R_p/X_{\max})\sqrt{P/V}$ 의 사이에 선형 관계가 성립함을 보여준다. 최소 자승법(least square method)을 이용하여 각 그림의 선형 관계를 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$R_p = 4.70(\mu m) : \left(\frac{Y}{X}\right)_{\max} = 0.268 \frac{R_p}{X_{\max}} \sqrt{\frac{P}{V}} + 0.462 \dots\dots\dots (11-a)$$

$$R_p = 4.15(\mu m) : \left(\frac{Y}{X}\right)_{\max} = 0.233 \frac{R_p}{X_{\max}} \sqrt{\frac{P}{V}} + 0.478 \dots\dots\dots (11-b)$$

$$R_p = 3.80(\mu m) : \left(\frac{Y}{X}\right)_{\max} = 0.230 \frac{R_p}{X_{\max}} \sqrt{\frac{P}{V}} + 0.480 \dots\dots\dots (11-c)$$

$$R_p = 3.45(\mu m) : \left(\frac{Y}{X}\right)_{\max} = 0.226 \frac{R_p}{X_{\max}} \sqrt{\frac{P}{V}} + 0.481 \dots\dots\dots (11-d)$$

여기서 종이의 표면 거칠기 R_p 는 Paker Print-Surf. Roughness S10⁽⁶⁾을 사용하였으며, 이 식들의 절편으로부터 자유 잉크 분리율 f 를 취하여 표면 거칠기 R_p 와의 관계를 도시하면 Fig. 7과 같이 된다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 최대 잉크 전이율 하에서의 자유 잉크의 분리율 f 는 종이의 표면 거칠기가 작을수록, 즉 종이의 표면이 평활할수록 증가하며, 종이의 표면 거칠기가 일정치 이하가 되면 분리율 f 가 포화치에 이르러 일정하게 유지됨을 보여준다.

다시 종이의 표면 거칠기에 대한 잉크 고정량 B의 관계를 검토하기 위하여 식(2')을 B에 대하여 고쳐쓰면 다음과 같이 된다.

$$B = (Y - fX_{\max}) / (1 - f) \dots\dots\dots (2''')$$

이 식을 이용하여 식(11)에 주어진 자유 잉크 분리율 f와 Appendix의 실험 결과로부터 각 인쇄용지에 대한 평균 잉크 고정량 B를 구하여 표면 거칠기와의 관계를 도시하면 Fig. 8과 같이 된다. 이 역시 Fig. 2의 잉크 모델로부터 예상 할 수 있는 바와 같이 종이의 표면 거칠기가 작을수록, 즉 종이 표면이 평활할수록 평균 잉크 고정량 B가 감소하여 일정한 포화치에 이르게 됨을 보여준다.

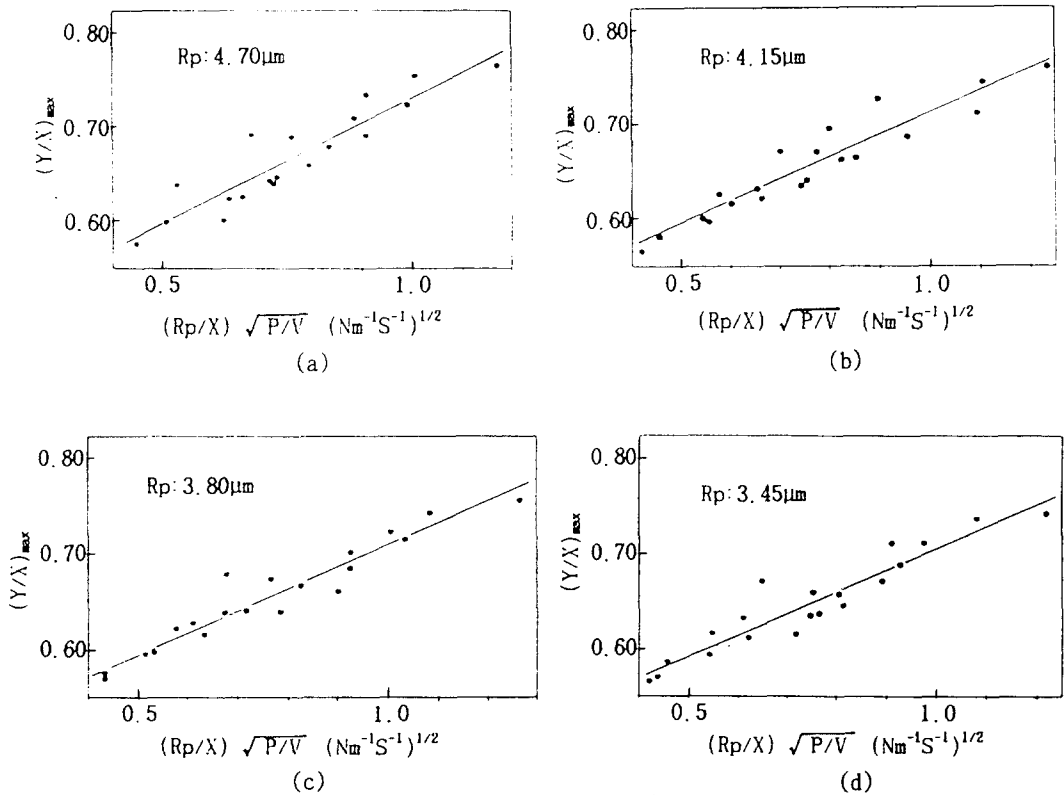


Fig. 6. Determination of the split coefficients for sample 1-1(a), 1-2(b), 1-3(c) and 1-4(d).

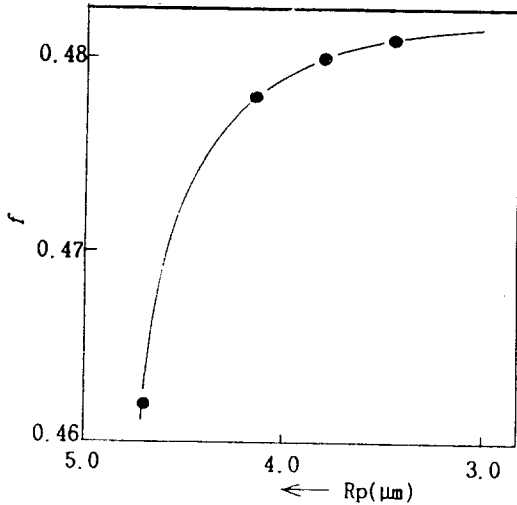


Fig. 7. The relation between the split coefficient and the surface roughness of printing paper.

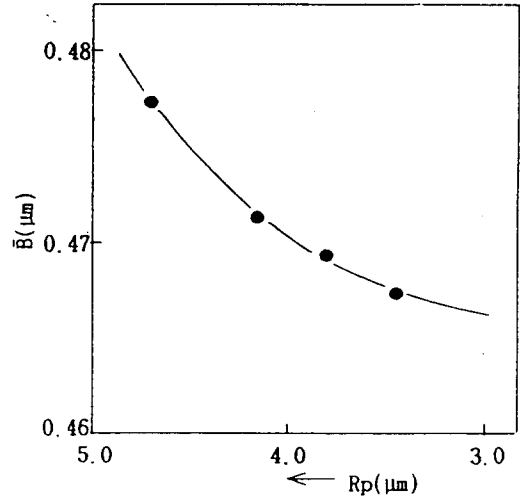


Fig. 8. The relation between the immobilized ink average and the surface roughness of printing paper.

4. 결 론

인쇄 잉크의 최대 전이율에 대한 P. J. Mangin 등의 실험 결과를 참고로 하여 본 연구에서 제안된 새로운 형태의 최대 잉크의 전이 모델에 대한 타당성과, 실제의 인쇄 작업에서 인쇄기계 상에서 설정해야 하는 입력 조건인 인쇄압력과 인쇄속도 및 인쇄용지의 표면 거칠기가 최대 잉크 전이율에 끼치는 영향에 대한 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 동일한 표면 거칠기를 가지는 인쇄 용지에서의 최대 잉크 전이율은 다음과 같은 새로운 모델에 의하여 잘 표현될 수 있다.

$$\left(\frac{Y}{X}\right)_{\max} = f + C \frac{R_p}{X_{\max}} \sqrt{\frac{P}{V}}$$

(2) 최대 잉크 전이율 하에서의 자유 잉크의 분리율은 인쇄용지의 표면 거칠기에 반비례하며

임계 거칠기 이하에서는 일정한 포화치를 유지하게 된다.

(3) 최대 잉크 전이율 하에서의 잉크 고정량은 인쇄용지의 표면 거칠기에 비례하며 임계 거칠기 이하에서는 일정한 포화치를 유지하게 된다.

참 고 문 헌

- (1) P. J. Mangin and P. Geoffrey, "Printing Roughness and Compressibility", *Advances in Printing Science and Technology*, Vol. 19, pp. 249~265, 1989
- (2) Walker, W. C. and Fetsko, J. M., "A Concept of Ink Transfer During Printing" *Am. Ink Maker*, Vol. 33, No. 12, p. 38, 1955
- (3) P. J. Mangin et. al., "Ink Transfer Equations-Parameter Estimation and Interpretation", *APST*, Vol. 16, pp. 180~205, 1981
- (4) Yuri Bery et. al., "Three-Equation Ink Transfer Model", *APST*, Vol. 16, pp. 206~234, 1981
- (5) Pu Jar-Ling et. al., "Studies on Printing Ink Transfer", *The Japanese Society of Printing Science and Technology*, Vol. 24, No. 1, pp. 41~48, 1986
- (6) J. R. Parker, "The Measurement of Printing Roughness", *TAPPI*, Vol. 64, No. 12, pp. 56~58, 1981

<Appendix> Maximum Ink Transfer Rate(P.J. Mangin et. al(1))

Sample	Parker Print Surf. Roughness, S10(μ m)	Printing Speed (m/s)	Printing Pressure (MPa)	(Y/X) _{max}	X _{max} (g/m ²)	Y(g/m ²)	Sample	Parker Print Surf. Roughness, S10(μ m)	Printing Speed (m/s)	Printing Pressure (MPa)	(Y/X) _{max}	X _{max} (g/m ²)	Y(g/m ²)
1-1	4.70	1.0	1.79	0.6917	9.241	6.392	1-3	3.80	1.0	1.79	0.6802	7.514	5.111
1-1	4.70	2.0	1.79	0.6397	8.338	5.334	1-3	3.80	2.0	1.79	0.6279	5.880	3.692
1-1	4.70	3.0	1.79	0.5982	7.076	4.232	1-3	3.80	3.0	1.79	0.5962	5.694	3.395
1-1	4.70	4.0	1.79	0.5748	6.928	3.982	1-3	3.80	4.0	1.79	0.5765	5.872	3.385
							1-3	3.80	5.0	1.79	0.5711	5.236	2.990
1-1	4.70	1.0	2.86	0.7336	8.724	6.400	1-3	3.80	1.0	2.86	0.7241	6.374	4.615
1-1	4.70	2.0	2.86	0.6887	7.404	5.099	1-3	3.80	2.0	2.86	0.6749	5.933	4.004
1-1	4.70	3.0	2.86	0.6394	6.330	4.047	1-3	3.80	3.0	2.86	0.6385	5.525	3.528
1-1	4.70	4.0	2.86	0.6228	6.252	3.894	1-3	3.80	4.0	2.86	0.6170	5.075	3.312
1-1	4.70	5.0	2.86	0.6013	5.663	3.406	1-3	3.80	5.0	2.86	0.5980	5.380	3.217
1-1	4.70	1.0	3.60	0.7552	8.584	6.482	1-3	3.80	1.0	3.60	0.7442	6.656	4.953
1-1	4.70	2.0	3.60	0.7086	7.124	5.048	1-3	3.80	2.0	3.60	0.7024	5.485	3.853
1-1	4.70	3.0	3.60	0.6775	6.160	4.174	1-3	3.80	3.0	3.60	0.6670	5.026	3.352
1-1	4.70	4.0	3.60	0.6481	6.110	3.960	1-3	3.80	4.0	3.60	0.6408	5.029	3.223
1-1	4.70	5.0	3.60	0.6254	6.028	3.770	1-3	3.80	5.0	3.60	0.6235	4.723	2.944
1-1	4.70	1.0	4.40	0.7652	8.425	6.447	1-3	3.80	1.0	4.40	0.7560	6.292	4.757
1-1	4.70	2.0	4.40	0.7238	7.049	5.102	1-3	3.80	2.0	4.40	0.7161	5.457	3.908
1-1	4.70	3.0	4.40	0.6920	6.257	4.329	1-3	3.80	3.0	4.40	0.6863	4.771	3.274
1-1	4.70	4.0	4.40	0.6605	6.211	4.102	1-3	3.80	4.0	4.40	0.6313	4.424	2.926
1-1	4.70	5.0	4.40	0.6443	6.139	3.955	1-3	3.80	5.0	4.40	0.6399	4.584	2.933
1-2	4.15	1.0	1.79	0.6723	7.914	5.321	1-4	3.45	1.0	1.79	0.6726	7.123	4.791
1-2	4.15	2.0	1.79	0.6264	6.821	4.273	1-4	3.45	2.0	1.79	0.6193	5.949	3.684
1-2	4.15	3.0	1.79	0.5983	5.888	3.523	1-4	3.45	3.0	1.79	0.5877	5.834	3.429
1-2	4.15	4.0	1.79	0.5803	6.068	3.521	1-4	3.45	4.0	1.79	0.5710	5.272	3.010
1-2	4.15	5.0	1.79	0.5668	5.893	3.340	1-4	3.45	5.0	1.79	0.5664	4.918	2.785
1-2	4.15	1.0	2.86	0.7255	7.828	5.679	1-4	3.45	1.0	2.86	0.7123	6.409	4.565
1-2	4.15	2.0	2.86	0.6726	6.423	4.320	1-4	3.45	2.0	2.86	0.6605	5.484	3.623
1-2	4.15	3.0	2.86	0.6401	5.369	3.437	1-4	3.45	3.0	2.86	0.6348	5.525	3.507
1-2	4.15	4.0	2.86	0.6159	5.842	3.598	1-4	3.45	4.0	2.86	0.6128	4.702	2.881
1-2	4.15	5.0	2.86	0.5965	5.660	3.376	1-4	3.45	5.0	2.86	0.5946	4.815	2.863
1-2	4.15	1.0	3.60	0.7446	7.109	5.293	1-4	3.45	1.0	3.60	0.7378	6.061	4.472
1-2	4.15	2.0	3.60	0.6966	6.942	4.835	1-4	3.45	2.0	3.60	0.6895	4.975	3.430
1-2	4.15	3.0	3.60	0.6645	5.332	3.543	1-4	3.45	3.0	3.60	0.6588	4.698	3.095
1-2	4.15	4.0	3.60	0.6326	6.034	3.817	1-4	3.45	4.0	3.60	0.6382	4.282	2.733
1-2	4.15	5.0	3.60	0.6206	5.329	3.308	1-4	3.45	5.0	3.60	0.6169	4.077	2.524
1-2	4.15	1.0	4.40	0.7602	7.047	5.358	1-4	3.45	1.0	4.40	0.7421	5.932	4.402
1-2	4.15	2.0	4.40	0.7107	5.609	3.986	1-4	3.45	2.0	4.40	0.7126	5.243	3.683
1-2	4.15	3.0	4.40	0.6867	5.252	3.607	1-4	3.45	3.0	4.40	0.6722	4.690	3.152
1-2	4.15	4.0	4.40	0.6632	5.281	3.502	1-4	3.45	4.0	4.40	0.6484	4.451	2.886
1-2	4.15	5.0	4.40	0.6344	5.246	3.328	1-4	3.45	5.0	4.40	0.6359	4.324	2.749