

윤전 옵셋인쇄에서 인쇄뒤비침에 영향을 미치는 인쇄조건에 관한 연구

전성재, 손창만, 홍기안, 윤종태¹

한솔제지 기술연구소, 부경대학교 인쇄화상공학과¹

Effect of Printing Conditions for Print-Through in Web Offset Printing

Sung-Jai Jeon, Chang-Man Sohn, Gi-Ahn Hong, Jong-Tae Youn¹

Hansol R&D Center, Dept. of Print & Image Engineering, Univ. of Pukyung¹

1. 서론

잡지와 같은 출판물이나 서적류는 대부분 윤전방식에 의하여 경량지에 인쇄되어 제작된다. 이러한 인쇄물에 최종적으로 요구되는 인쇄품질은 우수한 색상재현성 이외에 인쇄뒤비침을 꼽을 수 있다. 인쇄뒤비침이란, 글자 그대로 인쇄면이 뒷면에 비쳐 보이는 현상을 말하는 것으로, 인쇄물의 가독성과 정보전달을 저해하고, 품질을 저급화시키게 된다.

인쇄뒤비침은, 특히 신문용지와 같이 얇고 코팅되지 않은 종이에서 심하기 때문에 비교적 오래전부터 연구가 활발하였다. Larsson과 Trollsas⁽¹⁾는 비건성 오일 잉크의 인쇄뒤비침에 대한 3가지 요소로, (a)인쇄 농도와 종이의 불투명도에 따른 show through, (b)종이 내부구조로의 잉크 안료의 침투, (c)인쇄 후 잉크의 오일 비히클의 분리와 침투를 제시하였다. Pauler와 Bristow⁽²⁾는 필러와 펄프구성을 달리한 실험을 통하여, 불투명도가 항상 인쇄뒤비침에 지침이 될 수 없음을 보였다. Bristow⁽³⁾는 인쇄뒤비침과 잉크침투에 대한 수학적 접근을 통하여 간단한 측정만으로도 인쇄뒤비침의 3요소를 간단하게 추출해 낼 수 있는 방법을 제시하였다. De Grace와 Dalphond⁽⁴⁾는 신문용지에서의 인쇄농도와 인쇄뒤비침의 발현기작에 대한 연구에서, 인쇄뒤비침은 인쇄 직후 종이의 압축과 회복으로 인한 감소, 비히클 오일의 침투에 의한 (최대)증가, 종이내부로의 오일 재배분에 의한 감소의 과정에 의해 결정된다고 제시하였다. 이들은 또한 동일한 잉크량에서는, 평활하더라도 치밀한 공극구조를 가진 샘플이 그렇지 않은

샘플보다 빨리 공극구조가 채워짐으로써, 더 높은 인쇄뒤비침을 야기하며, 동일한 인쇄 농도에서는 거친 샘플이 더 많은 잉크량을 요구함으로써 더 높은 인쇄뒤비침을 나타낸다고 하였다. Ionides와 Thorburn⁽⁵⁾은 보편적인 인쇄뒤비침 평가(SCAN-P 36:77 형태)가 불투명도와 잉크의 안료/오일 침투의 총체적 결과를 표현하므로, 인쇄 부위 위에 백지를 놓고 추가적인 반사도를 측정하여 잉크 안료와 오일의 침투에 의한 인쇄뒤비침 효과를 분리 해석하고자 하였다. 이 방법은 매우 간단하게 종이구조에 따른 인쇄효과를 살펴볼 수 있지만, 인쇄부위에 올려놓은 종이가 인쇄면과 완전히 밀착되기 어려우므로 평활성이 연관되는 단점이 있다. Heintze⁽⁶⁾는 인쇄뒤비침에 대한 지합의 영향을 연구한 실험에서, 다양한 뒤비침 평가방법을 도입하여 주관평가결과와의 유의성을 검토하고, 넓은 면적의 측정보다는 좁은 범위의 뒤비침 강도를 측정하는 것이 바람직하다는 것과, 지합과 뒤비침의 상관성을 제시하였다.

그러나 이제까지의 연구결과를 살펴보면, 비도공지에 국한된 실험결과들로서, 코트지에 대한 뒤비침 연구는 매우 드물다는 것, 인쇄뒤비침에 대한 평가가 모호하다는 것, 잉크의 건조나 유화와 같은 인쇄측면에서의 영향에 대한 검토가 없었다는 것을 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 인쇄뒤비침에 대한 다양한 평가방법을 검토하고, 도공지와 비도공지를 공시재료로 도입하여, 잉크량, 건조조건, 유화도와 같은 인쇄조건과 인쇄뒤비침의 영향관계를 제시하고, 잉크사별 인쇄뒤비침 현황을 살펴봄으로써 재료측면의 개선가능성을 검토하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험 재료

실험에 사용된 종이는 현재 시중에 유통되고 있는 아트지(80g/m²)와 백상지(80g/m²)를 각각 1종씩 도입하였다.

잉크는 현재 국내 판매되고 있는 대표적인 3개 잉크제조사의 모조용 Heatset 운전잉크를 선택하였다. 모든 잉크는 먹색만을 사용하였고, 각각 A, B, C로 표기하였다.

유화실험을 위한 습수액은 국내에서 유통되고 있는 Web Fivestar(ABC Co., UK)를 물에 대해 0.4% 혼합하고, Iso-propanol을 5%를 첨가하여 제조하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 인쇄와 건조

인쇄적성시험기(PM-902PT, SMT Co.)를 사용하여, 별도의 표기가 없는 한, 속도 2m/s, 압력 20kgf/cm² 조건에서 실시하였고, 모든 실험조건은 TAPPI표준에 준하여 23℃, 50%조건에서 이루어 졌다. 인쇄후 건조는 실험실에서 제작된 300℃의 고온 열풍기를 사용하여 실시하였다. 유화된 잉크를 인쇄하기 위해서는 Duke Emulsification tester를 사용하였다.

2.2.2 인쇄뒤비침의 평가

인쇄뒤비침은 통상 아래와 같은 형태에 의해 평가될 수 있다(SCAN p36:77).

$$PT = \log(R_{\infty}/R_p) \quad [1]$$

여기서, R_∞: 인쇄될 면의 반대 면의 반사도, R_p:인쇄된 면의 반대 면의 반사도 따라서 인쇄뒤비침의 평가는 인쇄될 면의 백지상태와 인쇄된 후 뒷면에 대해 다음과 같이 3가지 측정방법이 도입되었다.

- (가) 반사농도계(Density) 측정법: X-Rite사의 930 spectro-densitometer
- (나) 백색도(Brightness) 측정법: 백색도 측정기(Elepho, L&W)
- (다) 화상처리법(Image Analysis, below IA): 스캐너를 사용하여 인쇄뒷면의 이미지를 획득하고, 밝기/어둡기 수준에 대한 강도(평균)값을 얻었다. 최대수치는 256이다. 반사농도계를 이용한 측정방법은 인쇄뒤비침이 증가할수록 높은 값으로 나타나게 되며, 나머지 방법은 인쇄뒤비침이 낮을수록 높은 값을 나타내게 된다.

3. 결과 및 고찰

3.1 인쇄뒤비침 평가방법의 선택

인쇄뒤비침 평가를 위하여, 공시시료에 잉크량(A사)을 증가시켜 뒤비침을 평가한 결과를 Table 1에 나타내었다. 주목할 수 있는 것은, 참고논문에서 신문용지와 같은 저평량 비도공지의 인쇄뒤비침 평가에서 사용되던 반사농도계를 이용한 인쇄뒤비침 평가는 인쇄뒤비침 변화를 분별해내지 못한다는 것이다. 이러한 측정값의 경향은 도공지와 비도공지에서 같은 성향을 보임을 알 수 있다.

결과로부터 잉크 공급량의 증가에 따른 인쇄뒤비침 정도의 변화를 나타내는 항목은 백

색도측정법과 화상처리법이 유의하게 나타났다. 그러나 백색도 측정은 측정면적의 크기와 인쇄샘플의 측정부위에 따른 측정값의 편차가 나타날 수 있으므로, 본고에서는 화상처리법(IA)을 선택하여 사용하였다.

Table 3. Print-through(PT) measured by different methods.

Paper	Ink Feed cc	Print Density	PT Density	PT Brightness	PT IA
Coated	0.2	1.64	0.01	77.93	228.21
	0.3	1.85	0.01	77.75	228.16
	0.4	1.98	0.01	77.35	228.02
Uncoated	0.3	1.10	0.03	74.30	225.88
	0.4	1.17	0.03	73.01	223.41
	0.5	1.20	0.03	72.80	222.80

3.2 잉크 공급량의 영향

Fig. 1은 A사 잉크의 공급량에 따른 인쇄뒤비침에 미치는 영향을 나타내었다. 잉크 필름의 두께가 증가함에 따라, 인쇄농도의 상승과 잉크 안료/오일의 침투 증가가 수반되어, 인쇄뒤비침이 추세적으로 하락하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 같은 종류의 용지라 하더라도, 공급량대비 전이량이 최대가 되는, 최적조건에서의 잉크요구량이 상이하므로 이에 따른 뒤비침 또한 달라질 것임을 유추할 수 있다.

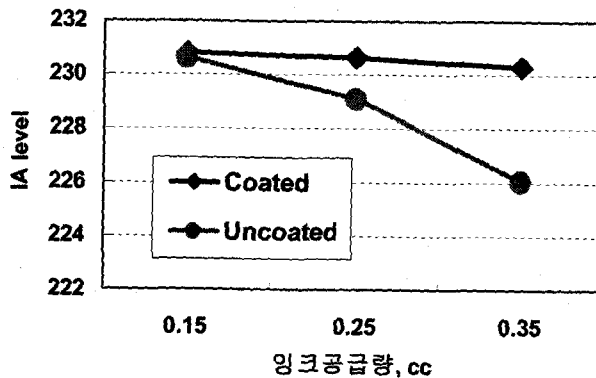


Fig 1. Print-through development with ink feed.

도공지와 비도공지를 비교하면, 도공지에 비해 비도공지에서 인쇄된비침 수준이 잉크 공급량의 증가와 함께 급격히 하락하는 것을 보이고 있다. 도공지의 경우 높은 인쇄농도에도 불구하고, 잉크의 안료나 오일침투가 제한적인 반면, 비도공지의 경우 낮은 인쇄농도와 함께 침투효과에 따른 인쇄된비침 증가가 크게 나타남을 알 수 있다.

3.3 건조의 영향

Heatset 운전 옵션인쇄는 고온의 열을 인쇄물에 가하여 잉크내부의 용제성분을 증발시켜 용지에 대한 잉크의 고착, 건조를 촉진시키게 된다⁽⁶⁾. 실온에서 인쇄물을 건조하게 될 경우, 잉크의 휘발효과가 발생되지 않으므로 잉크비히클은 지속적으로 종이내로 침투를 하여 인쇄된비침을 상승시킬 것으로 가정된다. 한편, 강제 열풍건조의 경우 잉크오일이 휘발되어 인쇄된비침 상승을 억제하지만, 반면 잉크는 온도에 따라 그 유동특성이 급격하게 변화하므로 열풍건조의 과정에 유동성의 증가에 따른 침투는 촉진되는 경쟁효과가 나타날 것이다.

이를 검증하기 위하여, 각 용지에 대하여 동일조건에서 인쇄된 시편을 각각 2매씩 확보하고, 1매는 실온상태에서 건조시키고, 1매는 드라이어를 이용해 강제 열풍건조를 시킨 후, 각 샘플에 대한 인쇄된비침을 평가하였으며, 잉크량을 변화시키면서 반복 실험하였다 (Fig. 2).

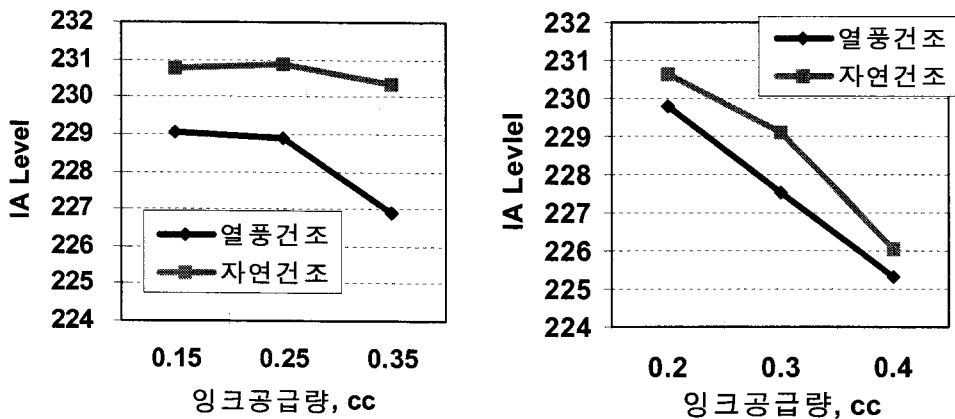


Fig. 2 Drying effect on print through (left: coated, right: uncoated)

결과로부터 자연건조방식에 비해 열풍건조방식에서 인쇄뒤틀림이 크게 나타나는 것으로 확인되었다. 이러한 경향은 2종의 용지 샘플에 대해 잉크 공급량을 달리한 경우에도 동일하게 관찰되었다. 따라서 잉크의 유동성 증가에 따른 침투효과 증가가 휘발에 의한 효과를 상쇄한다고 볼 수 있겠다.

특이할 만한 결과는, 도공지에서 일정량 이상의 잉크공급조건에서 열풍건조시 나타나는 인쇄뒤틀림의 증가이다. 이것은 일정량 이하의 잉크량에서는 도공층의 구조가 불투명도의 큰 손실 없이 일정량의 오일을 흡수하지만, 그 이상에서는 오일량에 상대적으로 가용한 공극의 소진으로 급격한 인쇄뒤틀림 증가로 이어지는 것으로 추측된다⁽²⁾.

3.4 잉크의 유화와 인쇄뒤틀림

오프셋 인쇄방식은 물과 기름의 반발원리를 이용하기 때문에 잉크의 유화는 필연적으로 발생하게 된다. 일반적으로 잉크 유화 불량은 인쇄기상에서 잉크의 전이성을 떨어뜨리고, 인쇄품질 측면에서 인쇄농도와 광택의 저하를 유발하게 된다. 또한 유화된 잉크는 현격한 유동성의 변화를 수반하므로, 인쇄뒤틀림과의 관련성이 주목되게 된다.

Duke 유화 테스터를 이용해 잉크의 유화도를 0%, 10%, 25%, 50%로 제조한 다음, '동일한' 공급량으로 2종의 용지에 인쇄테스트를 실시하여, 각각의 인쇄농도와 그에 상응하는 인쇄뒤틀림을 평가하였다(Fig. 3).

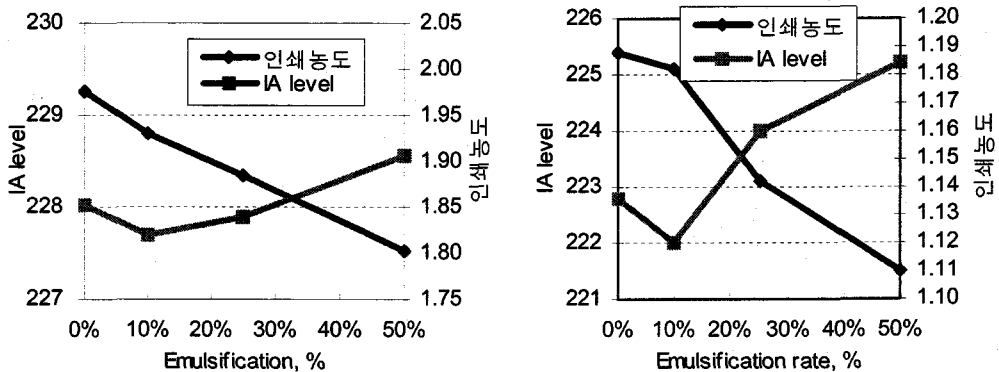


Fig. 3 Effect of ink emulsification on print through
(left: coated, right: uncoated)

결과로부터, 잉크의 유화진행에 따라 같은 양의 잉크를 공급하여도, 잉크내 습수에 의

한 희석효과에 의해 농도 하락이 추세적으로 나타나는 것을 확인할 수 있다. 또한 인쇄물의 농도 저하에 따라, 인쇄뒤비침은 감소하는 경향을 보인다. 그러나 주목할 만한 것은 10% 유화조건에서의 결과로서, 이 조건에서는 Fresh한 상태의 잉크를 사용하였을 때보다 인쇄농도가 하락되었음에도 불구하고, 더 악화된 인쇄뒤비침을 보였다. 이것은 잉크의 유동성 증가에 의한 침투효과에 의한 결과로 판단된다. 실인쇄에서는 통상 10%를 상회하는 유화율을 나타내므로, 유화에 의해 인쇄뒤비침이 감소할 수 있다고 생각할 수 있으나, 현실적으로 실인쇄는 동일한 색상을 기준으로 작업되므로, 잉크량 증가 및 침투효과와 희석효과간의 경쟁관계에 의해 인쇄뒤비침이 결정될 것으로 판단된다.

3.5 제조사별 잉크의 인쇄뒤비침 평가

잉크는 각기 나름대로 최적의 인쇄 작업성과 품질을 구현하도록 설계되고 제작되며, 통상 그 구성성분은 비공개되는 것이 일반적이다. 따라서 각 제조사별 잉크의 적합성은 일반화되기 어려운 특성이 있다. 각 잉크는 구성성분 또는 제조공정에 따라 인쇄뒤비침 성능을 달리될 것이나, 실험의 제약상 모델잉크를 통한 실험에 앞서 각 제조사별 잉크의 인쇄뒤비침을 평가해보고자 하였다. 제조사별 차이가 있다면, 개선의 여지를 시사하는 것이라 하겠다.

Fig. 4는 비도공지에 국내 3사의 잉크를 사용하여 동일한 인쇄농도를 재현시켰을 때 얻어진 인쇄뒤비침을 나타낸 결과이다. 잉크공급량 0.3cc와 0.4cc에서 각각 1.13과 1.27의 인쇄농도를 얻었다.

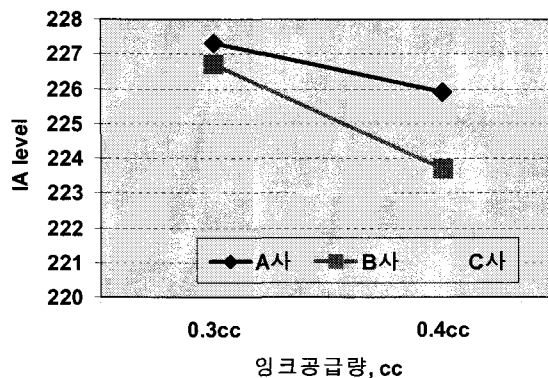


Fig. 4 Print through of various commercial inks (uncoated)

동일 농도의 인쇄 샘플이라 할지라도, 제조사별 잉크에 따라 인쇄뒤비침은 상당한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 즉, A사 제품의 경우 B, C사 제품에 비해 동일 인쇄농도에서 인쇄뒤비침에 상당히 유리한 품질을 유지할 수 있을 것이며, A와 C사의 차이는, 앞서 Fig. 1을 참고하면, 동일 용지에 잉크량을 2배 이상 올린 차이에 상응한다. 한편, A나 C사 잉크가 잉크량 증가에 따라 비교적 완만한 인쇄뒤비침 증가가 나타나는 반면, B사는 급격한 뒤비침 증가가 나타났다. 이것은 잉크량 증가에 따라 어떠한 평형상태의 존재를 암시하는 것으로 추측된다.

Fig. 5는 도공지에 A와 C사 잉크를 동일하게 0.3cc씩 공급하여 얻은 인쇄농도와 인쇄뒤비침 결과이다. A사의 인쇄 농도가 C사 잉크에 비해 동일 공급량에서 '0.13' 만큼 진하게 인쇄되었음에도 불구하고, 인쇄뒤비침은 오히려 양호한 결과를 보이고 있다. 이러한 경향은 비도공지 인쇄 샘플에서도 확인되었다.

이 결과로부터 종이 표면위의 잉크필름의 두께/농도라는 인자에 비해, 잉크의 특성에 따른 종이내부로의 침투와 불투명도 감소효과가 인쇄뒤비침 현상에 지대한 작용을 하고 있으며, 이러한 특성을 제어하는 것이 중요하다는 것을 나타내는 결과로 판단된다.

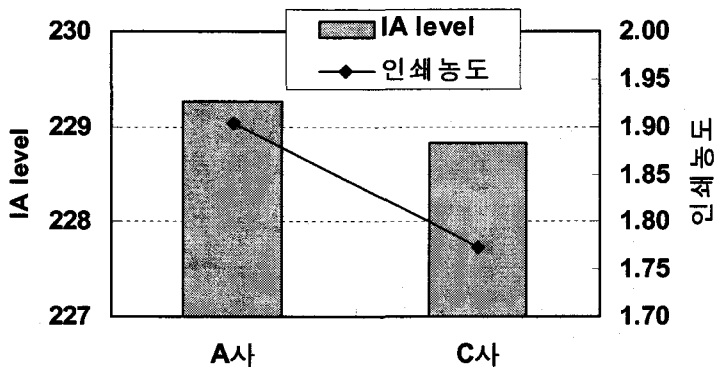


Fig. 5 Print through of different commercial inks (coated)

4. 결론

인쇄뒤비침은 광학적 현상의 일종으로 명확하고 범용화된 평가법이 존재하지 않는다. 본 연구에서는 기존에 제시된 방법과 차별화된 뒤비침 평가법을 활용하여, 도공지와 비도공지를 대상으로 잉크의 건조, 유화와 같은 인쇄조건이 인쇄뒤비침에 영향을 미치는 관계를 조사하였다. 또한 상이한 잉크들을 비교함으로써, 뒤비침 현상에 대한 잉크의 영향을 실험하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(가) 동일 평량의 도공지와 비도공지를 비교한 결과, 도공지의 인쇄뒤비침은 제한된 잉크침투효과에 의해 높은 인쇄농도에도 불구하고, 잉크량에 무관하게 적게 나타났다.

(나) Heatset 율전인쇄에서의 강제건조는 자연상태에서 건조된 것보다 큰 인쇄뒤비침을 나타내었다. 이는 잉크의 증발에 의한 뒤비침 감소효과보다 유동성 증가에 따른 침투효과를 증가시키고, 자연상태에서의 침투에 의한 인쇄뒤비침 상승효과보다 크게 작용하여, 인쇄뒤비침을 증가시키기 때문인 것으로 제시하였다.

(다) 잉크의 유화 진행에 따라, 동일 잉크량을 기준으로, 초기에는 인쇄뒤비침을 상승시키지만, 지속되는 유화진행에 따라 잉크내 수분의 희석효과로 인쇄뒤비침이 감소되는 것으로 나타났다. 최종적인 인쇄뒤비침은 실제 인쇄환경에서 인쇄농도에 따른 기준 작업을 할 경우, 잉크량 증가 및 침투효과와 희석효과간의 경쟁관계에 의해 인쇄뒤비침이 결정될 것으로 판단된다.

(라) 제조사별 잉크의 인쇄뒤비침 결과로부터, 동일한 인쇄농도 또는 공급량 수준이라 하더라도 잉크성분의 침투효과에 의해, 인쇄뒤비침에 지대한 영향을 미칠 수 있음을 확인하였다.

이러한 결과를 토대로, 종이와 잉크의 개선방향과 바람직한 인쇄방향의 수립에 초석이 될 수 있기를 바란다.

참고 문헌

1. Larsson, L. O. and Trollsas, P. O., Print through as an ink/paper interaction effect in newsprint, The fundamental properties of paper related to its uses, Transaction of the Cambridge Symposium, vol.1 and 2, Ed., Bolaru F., p600-612 (1973).
2. Pauler, N. and Bristow, J., Opacity is not always a direct guide to print-through, Advances in printing science and technology, vol. 17, p333~346 (1983)
3. Bristow, J. A., Print-through and ink penetration—a mathematical treatment, Advances in printing science and technology, vol. 19, p137~145 (1988)
4. De Grace, J. H. and Dalphond J. E., The development of print density and print through in newsprint, 1989 TAGA conference, p582-609.
5. Ionides, G. N. and Thorburn, I., Print through minimization by specialty pigment—technical approach and mill trial results, 1996 International Print'g and Graphic Arts Conf., p49-57.
6. Eldred N. R. and Scarlett, T., What the printer should know about Ink, GATF, p145~165 (1990)