

Phenol Free Heat-Set **윤전 잉크**의 인쇄적성에 관한 연구 (제2보)

– 실 인쇄 실험에 의한 분석 –

하영백^{1†} · 오성상¹ · 이원재²

접수일(2012년 5월 26일), 수정일(2012년 6월 7일), 채택일(2012년 6월 13일)

The Study of the Printability on the Phenol Free Heat-Set Web Inks(II)

– Analysis by the trial printing test –

Young-Baeck Ha^{1†}, Sung-Sang Oh¹, Won-Jae Lee²

Received May 26, 2012; Received in revised form June 7, 2012; Accepted June 13, 2012

ABSTRACT

Materials used for the inks in the printing industry is an important material following the paper. The composition of the ink is pigment and organic solvents. However, Ink is used in a variety of chemicals, they are classified as non-green.

Therefore, rosin-modified phenolics manufactured by the reaction of phenol and formaldehyde can take the place of eco-phenol free resin and by experiment density, gloss, trapping, contrast and dot gain of printing has been studied as printability.

The result of study can support that the properties of printing using eco-phenol free resin such as density, gloss, contrast and trapping is similar to existing ink. In the part of dot gain, the result is excellent.

So we were thought to be able to improve some characteristics such as dispersion of black ink, that will be possible for the field applicability.

Keyword : *eco-ink, phenol-free, trial printing, printed density, gloss, ink trapping, dot gain, contrast*

1. 신구대학 그래픽아트미디어과(Graphic Arts Media, Shin Gu College, Sungnam 462-743, Korea)

2. 주)동양잉크 기술연구소(Dong Yang Ink CO. LTD, R&D Center, 338-6, Kagok-ri, Jinwi-myun, Pyungtaek, Kyonggi-do, Korea)

† 교신저자(Corresponding author): E-mail: jackyha@hanmail.net

1. 서론

현재 대부분의 산업에 있어 생산과 편의성보다는 환경의 중요성과 친환경에 대한 대응 방안을 마련하는 것에 더 많은 초점을 맞추고 있으며, ‘저탄소 녹색성장’이라는 시대적 흐름에 편승하기 위해 친환경 제품 생산으로의 전환이 빠르게 진행되고 있다. 그러므로 다양한 산업에 접목되어 있는 인쇄산업 또한 친환경으로의 전환이 가장 우선되어야 할 항목이지만, 다양한 화학물질의 복합적인 작용을 통해 제품이 생산되는 인쇄산업은 이러한 대응에 다소 느리게 대응하고 있는 것이 현실이다.¹⁾³⁾

인쇄산업에 사용되고 있는 재료 중 잉크는 종이 다음으로 중요한 재료이지만, 그 구성성분을 보면, 안료, 유기용제 이외에도 다양한 화학물질들이 사용되고 있어 환경 친화적이지 못한 제품으로 분류되고 있다. 일본의 경우 잉크공업연합회에서 이러한 화학 물질들에 대하여 인쇄잉크에 포함되지 않아야 할 물질에 관한 규제를 자체적으로 정하여 준수하고 있으며, 기존의 대두유 잉크 또한 2011년 까지만 사용하고 그 이후에는 에코마크 잉크를 사용하기로 결정하였다. 또한 일본 인쇄산업연합회가 그린프린팅 기준을 제정하고 인쇄용 잉크의 휘발성 유기용제의 함유를 1%미만으로 자체 규제하고 있다.²⁾ 2005년 환경부 보고에 따르면 인쇄시설에서 발생하는 VOC(Volatile Organic Compound)는 전체 배출량의 약 3.6% 정도로 발생량은 상대적으로 적지만, VOC에 대한 대책이 시급하다고 발표하고 있다.⁴⁾⁶⁾

지금까지 국내 평판용 오프셋 잉크의 친환경적 제품으로의 전환 노력은 인체 유해성 및 환경오염 물질을 유발할 수 있는 방향족 계열의 탄화수소를 1% 미만으로 적용한 용제를 사용한 잉크, 대두유를 사용한 잉크, 곡물을 사용한 잉크 등 다양한 친환경 잉크의 개발이 이루어졌다. 하지만 이러한 노력에도 불구하고 기존의 아마인유와 로진변성페놀수지가 가지고 있는 인쇄적성에는 못 미치는 결과를 보여주고 있다.^{1), 7)11)}

따라서 근본적인 비이클의 변화가 이루어지지 않으면, 친환경 인쇄용 잉크의 제작이 어렵다는 판단에 본 연구에서는 기존의 페놀과 포름알데히드를 반응시켜 제조된 로진변성페놀수지를 대신할 페놀프리 수지를 개발하고, 실 인쇄 실험을 통하여 인쇄물의 색 농도,

gloss, trapping, contrast 그리고 dot gain과 같은 인쇄적성에 대하여 연구하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서 사용된 잉크는 전보에서 사용된 페놀프리 수지를 적용한 잉크와 비교를 위해 사용된 3종 잉크의 Y, M, C, K 잉크를 사용하였으며, 피인쇄체 또한 전보에서 사용된 운전용 인쇄용지 4종을 사용하여 인쇄적성을 평가하였다.⁵⁾

2.2 실험방법 및 평가

실 인쇄를 위하여 KOMORI 인쇄기계에서 제공된 시험용 Target을 실제 현장에서 사용하고 있는 KOMORI SYSTEM(일본) 운전 인쇄기를 이용하여 풀 컬러 인쇄를 실시하였으며, 각 시료에 대하여 5,000장 인쇄하였다.

인쇄적성 평가를 위해 각 시료 당 100장에 1장씩 시료를 채취하고, 수집된 시료에 대해 반사농도계(X-Rite 550, 미국)를 사용하여 인쇄물의 색 농도, Trapping, Dot gain, Contrast 등의 객관적인 인쇄물 평가를 실시하였다. 각 시료에 대한 광택 측정은 gloss meter(Model T480A)를 사용하여 KS M7067 시험법에 준하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Heat-set 운전 인쇄물의 잉크 색 농도

Fig. 1~Fig.4는 각 잉크의 색 농도와 거치름도의 관계를 나타내는 그래프이다. Cyan 잉크의 경우 각 용지에 대하여 0.01 정도의 색 농도 오차로 Ink A와 C는 거의 동일한 값을 나타내고 있다. Ink D의 경우에서 대체적으로 낮은 잉크 색 농도 값을 나타내고 있으며, 이와 같은 현상은 상대적으로 잉크 유동성이 낮은 Ink D에서 잉크 전이량이 적어 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다. 용지의 거치름도가 낮은 Paper D에서 상대적으로 높은 잉크 색 농도 값을 나타내고 있으며, Paper A와 C의 경우에는 비슷한 값을 나타내고 있음을 알

수 있다.

Magenta 잉크의 색 농도 값을 Fig. 2에 나타내었다. 잉크의 유동성이 상대적으로 다른 잉크에 비하여 크고, tack 값 또한 상대적으로 높은 Ink B에서 잉크 색 농도 값이 높게 나타났다. 인쇄시 압력에 의하여 많은 양의 잉크가 피인쇄체로 전이되었고, 전이 후 잉크 상호간의 tack에 의한 영향으로 피인쇄체에 잔류한 잉크가 많았기 때문에 판단된다. Ink A와 C의 경우는 Cyan 잉크와 마찬가지로 비슷한 잉크 색 농도 값을 나타내고 있다. 상대적으로 잉크 유동성도 낮고, tack 값이 높은 Ink D에서 대체적으로 잉크 색 농도 값이 낮아짐을 알 수 있다. 용지의 거치름도가 높고 평활성이 상대적으로 낮은 Paper B에서 다소 잉크 색 농도 값이 떨어지는 것을 알 수 있었으며, 가장 거치름도가 낮은 Paper D에서 좋은 결과를 나타내고 있다.⁵⁾

Fig. 3에 Yellow 잉크의 잉크 색 농도 값과 용지 거치름도의 관계를 나타낸 그래프를 표시하였다. 상대적으로

로 거치름도가 가장 낮은 Paper D를 제외하고는 나머지 시료들에서 평균 1.1 정도의 잉크 색 농도 값을 나타내고 있다. 잉크의 유동성과 tack 값 또한 거의 비슷한 수준을 나타내고 있는 Ink A, B 그리고 C는 잉크 색 농도 오차가 0.03(D) 정도로 아주 미비하게 나타났다. 하지만 유동성은 비슷하나 tack 값이 9.0으로 가장 높게 나타난 Ink D에서 잉크 색 농도 값이 떨어지는 것을 알 수 있다. 이러한 이유는 tack 값에 의한 잉크의 전이가 원활하게 이루어지지 않았기 때문으로 판단된다.

Black 잉크의 잉크 색 농도 값을 Fig. 4에 나타내었다. 잉크의 유동성도 나쁘고, tack 값 또한 높은 Ink D에서 다소 낮은 농도 값을 나타내고 있다. 하지만 페놀프리 수지를 적용한 Ink A의 잉크 색 농도 값과 기존의 Ink C에서 거의 유사한 잉크 색 농도 값을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 이유는 매우 작은 입자로 구성된 Black 잉크의 색 안료가 적절한 유동성을 가지기 위해 많은 양의 비이클 성분을 가졌기 때문이라 생각한다.¹¹⁾

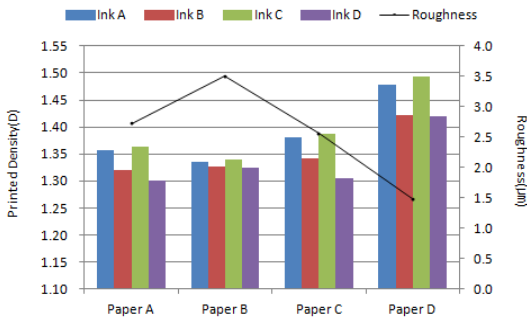


Fig. 1. The results of printed density for cyan web inks.

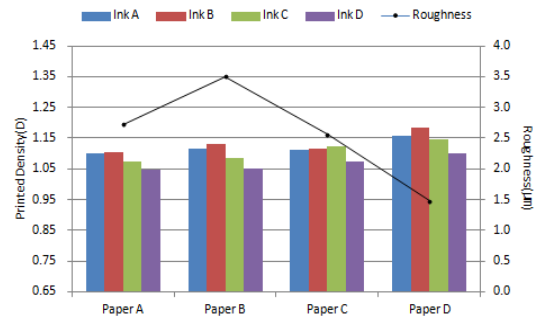


Fig. 3. The results of printed density for yellow web inks

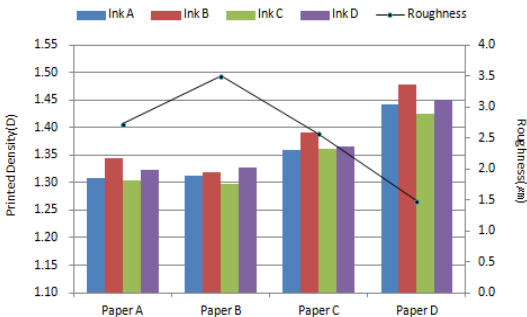


Fig. 2. The results of printed density for magenta web inks.

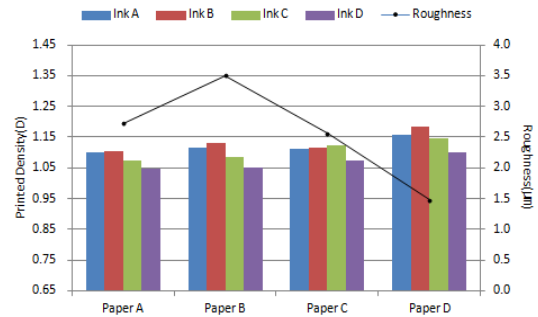


Fig. 4. The results of printed density for black web inks.

3.2 Heat-set 윤전 인쇄물의 잉크 색 농도 균일성 평가

잉크 색 농도 균일성에 관한 비교를 위해서 가장 평활한 용지인 Paper C에 대하여, 페놀프리 수지를 적용한 Ink A와 가장 잉크 색 농도가 ISO규정에 유사하게 나타난 기존의 Ink C를 비교한 결과를 Fig. 5~Fig. 8에 나타내었다.

Fig. 5에서 Cyan 잉크의 평균 색 농도는 Ink A의 경우 1.38(D), Ink C의 경우 1.39(D)로 거의 차이가 없으며, 색 농도 균일성 또한 Ink A는 1.24~1.46(D), Ink C는 1.2~1.44(D)로 거의 동일한 값을 나타내고 있다. Magenta 잉크의 경우를 Fig. 6에 나타내었다. Ink A에서 1.22~1.54(D), Ink C에서 1.17~1.49(D)로 편차의 폭이 거의 없는 것을 알 수 있다. 하지만 시간이 경과하면서 Ink A가 많은 편차를 나타내고 있는 것을 볼 수 있는데, 이것은 인쇄기의 구동에 따른 열에 의한 영향을 다소 받는 것으로 판단된다. Fig. 7에 가장 이상적인 프로

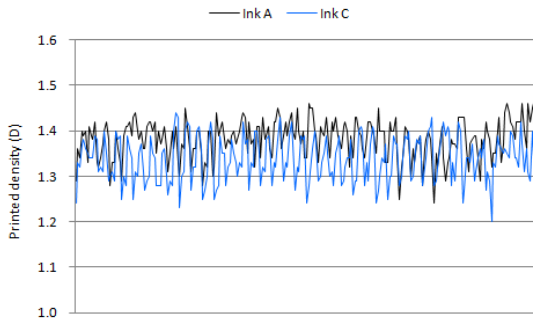


Fig. 5. The results of density evenness for cyan web inks.

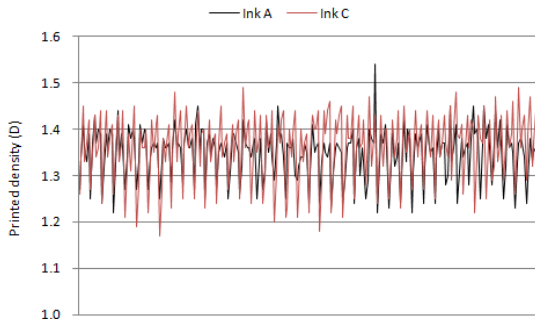


Fig. 6. The results of density evenness for magenta web inks.

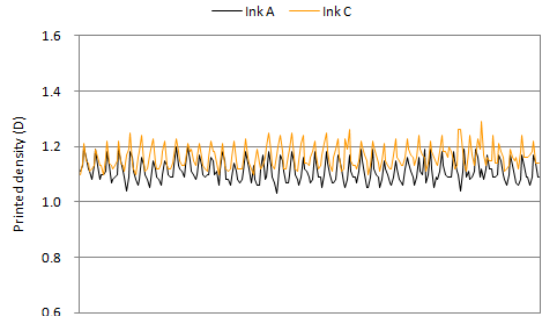


Fig. 7. The results of density evenness for yellow web inks.

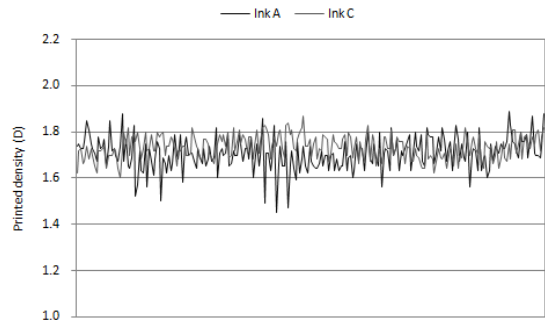


Fig. 8. The results of density evenness for black web inks.

세스 잉크인 Yellow 잉크의 경우를 나타내었는데, Ink A와 Ink C 둘 다에서 거의 편차가 없음을 알 수 있었다. 특히 페놀프리 수지를 적용한 잉크에서 ISO에서 규정한 색 농도 값 1.0(D)에 더 근사한 값을 나타내고 있다.^{5), 12)} Fig. 8에 나타낸 것과 같이 Black 잉크의 경우 ISO에서 규정하고 있는 농도 1.6보다 다소 높은 값을 나타내고 있으나, 편차 면에서 페놀프리 수지를 적용한 Ink A의 경우가 기존의 Ink C보다 1.45~1.88(D)로 조금 높게 나타났다. 전보에서 언급한 것과 같이 페놀프리 수지를 적용한 Ink A의 경우에서 분산성이 조금 떨어졌기 때문에 이러한 결과가 나타났다고 판단된다.⁵⁾

3.3 Heat-set 윤전 인쇄물의 잉크 Gloss와 Contrast

Fig 9에 Black 잉크의 인쇄물 광택을 측정 한 값을 표시하였다. 기존의 Ink C와 Ink D에 비하여 페놀프리 수지를 적용한 Ink A의 경우에서 다소 광택 값이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이것은 비이클 성분을 많이 필요로

하는 고온 입자를 가진 카본블랙의 분산성에 페놀프리 수지가 적지 않게 영향을 미친 것으로 판단된다. 특히 페놀프리 수지를 20% 함유한 Ink B에서는 인쇄물 광택 값이 확연하게 떨어짐을 볼 수 있는데, 이러한 이유가 비이클 속에 포함되어 있는 페놀프리 수지의 영향으로 생각되어진다. 따라서 페놀프리 수지를 적용한 black 잉크의 분산성에 관한 조사가 좀 더 이루어져야 할 것으로 판단된다.^{5), 11), 12)}

또한 유동성이 나쁘고 tack 값이 높은 Ink D가 분산성에 영향을 받았을 것으로 판단되는 Ink A와 비슷한 인쇄물 광택 값을 나타내고 있다. 이것은 잉크의 상대적인 전이 량 차이로 판단된다. 그리고 평활성이 상대적으로 높게 나타난 Paper C와 D에서 상대적인 인쇄물의 광택 값이 높게 나타났다. 이것으로 미루어 보아 평활한 표면을 가진 용지에 전이되는 잉크 또한 평활한 광택 값을 나타낸다는 것을 확인할 수 있었다.^{13), 15), 16)}

인쇄물의 콘트라스트를 비교한 결과를 Fig. 10에 나

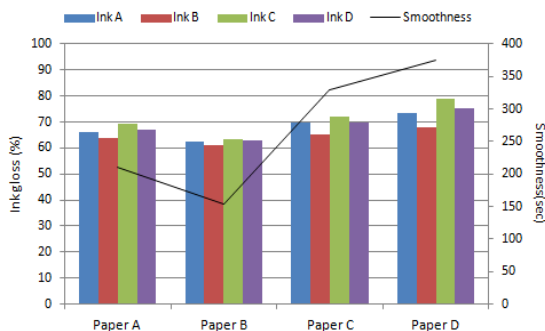


Fig. 9. The results of printed ink gloss for black web inks.

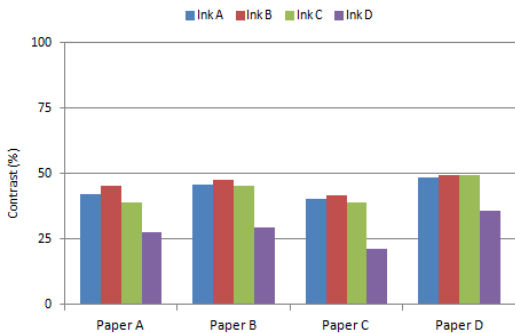


Fig. 10. The results of printed contrast for black web inks.

타내었다. 일반적으로 인쇄물의 콘트라스트는 100% 미만 인쇄된 부분과 75% 망점 인쇄된 부분의 차이를 비교하는 것으로 평가한다. 가능하면 인쇄물은 콘트라스트가 높아야 좋은 결과물을 얻는다. 하지만 본 연구에서 사용된 잉크들의 콘트라스트는 대체적으로 낮게 나타났다. 더욱이 유동성이 낮고 tack 값이 큰 Ink D에서 콘트라스트 값이 적어짐을 볼 수 있는데, 그 이유는 잉크의 전이 량이 작았기 때문으로 판단된다. 페놀프리 수지를 100% 적용한 Ink A는 상대적으로 좋은 결과를 보여주고 있다. 종이의 표면이 평활하며 백색도가 88.3%로 가장 높게 나타난 Paper D에서 가장 좋은 콘트라스트 값을 보여 주고 있다. 상대적으로 76.5%의 백색도를 가지는 Paper C에서 전체적으로 콘트라스트 값이 다소 낮게 나타났다. 따라서 콘트라스트는 용지의 표면 평활성 뿐만 아니라 백색도와 같은 광학적 특성에도 영향을 받는 사실을 확인할 수 있었다.^{5), 12), 14), 16)}

3.4 Heat-set 윤전 인쇄물의 Dot gain

일반적으로 인쇄 시 압력에 의한 Dot gain(망점확대)은 항상 발생한다. 따라서 이러한 망점 형상의 변화는 인쇄물의 품질에 지대한 영향을 미침으로, 이 또한 ISO에서는 그 발생 %를 규정하고 있으며, 윤전인쇄에서 50% 망점의 확대 비율을 C는 22%, M은 22%, Y는 20%로 규정하고 있다.¹²⁾⁻¹⁶⁾

Fig. 11~13에 비교를 위해 가장 평활한 인쇄용지인 Paper C에 대한 Ink A, C, D의 C, M, Y 세 가지 색상에 대한 Dot gain 발생 비율을 나타내었다. Cyan 잉크의 경우 기존의 Ink C와 비교할 때, 50% 망점에서 18%로 Dot gain발생이 동일하게 일어나고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 수치는 ISO에서 규정한 22%보다도 적은 값

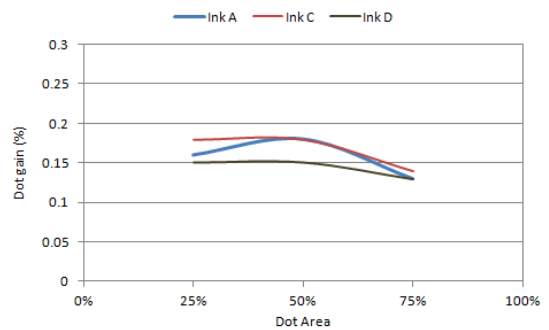


Fig. 11. Dot gain of cyan inks.

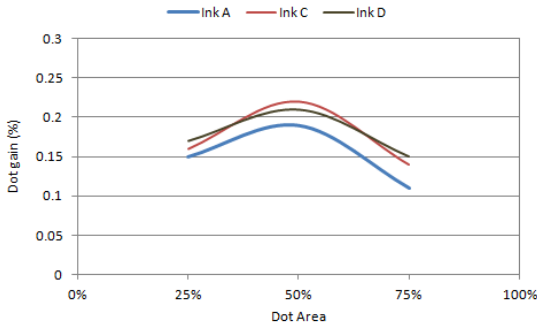


Fig. 12. Dot gain of magenta inks.

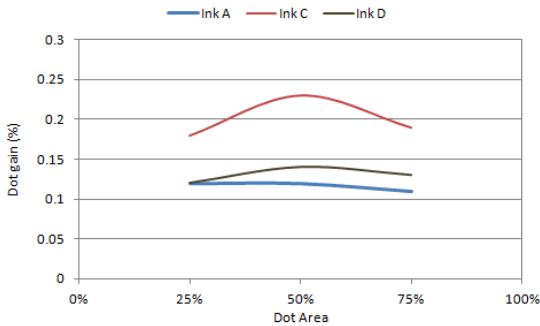


Fig. 13. Dot gain of yellow inks.

으로 dot gain에 있어서는 좋은 결과를 얻었다. 상대적으로 유동성이 나빠서 잉크 전이가 적게 일어났을 것으로 판단되는 Ink D가 가장 적은 dot gain 값을 나타내고 있다. Fig. 12의 M 잉크에서는 기존의 Ink C와 D 보다 페놀프리 수지를 적용한 Ink A가 적은 값을 나타내고 있다. 가장 이상적인 프로세스 잉크인 Y에서는 25%, 50%, 75% 망점에서 거의 동일한 dot gain 값을 나타내고 있으며, 기존의 잉크보다도 우수한 망점 재현력을 나타내고 있다.

3.5 Heat-set 운전 인쇄물의 중첩성(Trapping)

인쇄물의 컬러 화선부를 형성하는 기본 메커니즘은 잉크의 전이이며, 이러한 전이의 원리는 잉크를 중첩 (Trapping) 시키는 것이다. 따라서 잉크의 trapping 특성에 따라 컬러 인쇄물의 색상과 품질이 좌우된다. 오버프린트 된 Red(M+Y), Green(C+Y), Blue(C+M)의 중첩성은 첫 번째 잉크에 두 번째 잉크가 얼마나 중첩되었는지를 백분율로 표시한다. Trapping율이 높으면 그

만큼 다양한 색 재현이 가능하다. Trapping이 좋지 못하면 오버 프린트 된 색 사이의 순색오차가 발생하여 인쇄물의 컬러 재현에 좋지 못한 영향을 미친다.¹⁴⁾

Fig. 14~16은 각 인쇄용지에 대한 잉크의 trapping을 나타내었다. Red(M+Y) 컬러의 잉크 trapping을 비교해 보면 페놀프리 수지를 함유한 Ink A에서 기존의 Ink C와 비슷한 수준을 보여주고 있다. Ink D의 경우 상대적으로 낮은 잉크 trapping을 나타내고 있는데, 그 이유는 오버 프린트 된 잉크의 tack 값과 먼저 인쇄된 tack 값의 차이가 0.2 정도로 적어 상대적 인 부착력이 떨어졌기 때문으로 판단된다.¹⁴⁾ 인쇄용지의 표면 평활성이 좋은 Paper C와 D에서 다소 높은 trapping을 보여주고 있다.

Green(C+Y)의 trapping을 비교한 그래프를 Fig. 15에 나타내었다. Green(C+Y)의 경우 Ink A, B, C의 경우는 두 잉크 간의 tack 값 차이가 각각 2.0, 2.1, 1.9로 거의 없는 것으로 나타났고 그 결과 비슷한 trapping을

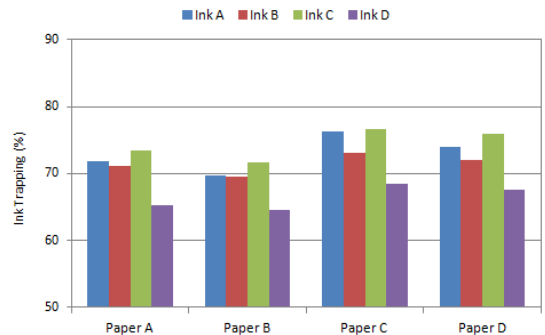


Fig. 14. The results of ink trapping for M+Y inks.

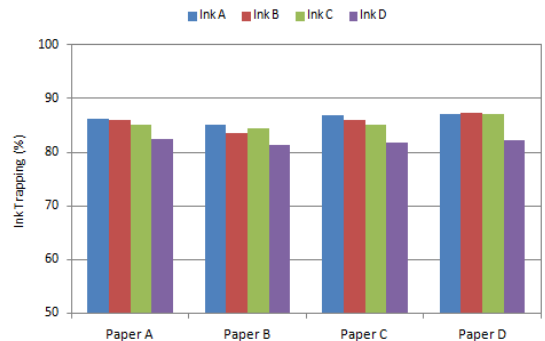


Fig. 15. The results of ink trapping for C+Y inks.

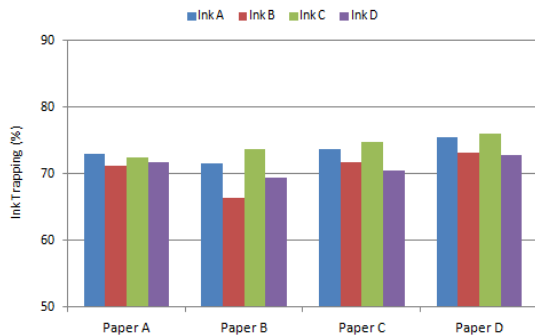


Fig. 16. The results of ink trapping for C+M inks.

을 나타냈지만, 두 잉크간의 tack 값 차이가 2.4로 가장 큰 Ink D에서는 두 번째 올라가는 잉크의 tack 값의 영향으로 잉크 trapping율이 다소 떨어지는 경향을 보이고 있다. Green(C+Y)에서 종이의 평활성에는 거의 영향을 받지 않은 것으로 나타났다. 그 이유는 trapping율이 먼저 인쇄된 잉크 위에 두 번째 잉크가 중첩되어 나타나는 결과를 비율로 나타냈기 때문에 잉크 색 농도와 같이 확연한 차이를 나타내지 않는 값을 나타내고 있다고 판단되어진다. 또한 Green(C+Y)에서는 전체적으로 trapping율이 높게 나타나는 경향을 가졌다.

Fig. 16에 Blue(C+M)잉크의 trapping율을 나타내었다. 페놀프리 수지를 함유한 Ink A와 기존 잉크인 Ink C는 비슷한 수준을 나타내고 있으며, Ink B의 경우는 trapping율이 Paper B에서 아주 낮게 나타났다. 그 이유는 종이의 평활도가 가장 낮은 인쇄용지의 표면 특성에 영향을 입어 첫 번째 잉크는 많은 잉크가 요구되며, 많은 잉크 때문에 상대적으로 첫 번째 잉크의 접착력이 아주 강해졌기 때문으로 판단된다. 또한 tack 값의 차이가 2.2로 크게 나타난 Ink D에서도 Ink A와 C에 비하여 부착력이 떨어져 trapping율이 대체적으로 낮게 나타난 것으로 생각된다.

4. 결론

페놀프리 친환경 Heat-set 윤전 잉크를 제조하여, 실 인쇄를 테스트를 실시한 결과 100% 페놀프리 수지를 적용한 Ink A와 기존의 Ink C의 농도 결과는 거의 유사한 값을 나타내었다. 색 농도 균일성을 비교한 결과 또

한, 기존의 잉크와 거의 유사한 값을 나타내고 있으나, black 잉크의 경우에서 시간이 경과하면서 안료와 비이클의 분산성 문제로 다소 편차가 발생하는 것을 알 수 있었으며, 이러한 분산성 문제 해결을 위하여 비이클에 첨가하는 분산 안정제를 최대 3%까지 첨가하여 문제 발생 요인을 줄일 수 있었다.

Black 잉크에 대한 인쇄물의 광택과 콘트라스트는 기존의 잉크와 유사한 결과를 나타내었고, C, M, Y 잉크에 대한 Dot gain에서는 기존의 Ink C와 D보다도 페놀프리 수지를 적용한 Ink A가 망점재현성에서 우수하다는 사실을 확인할 수 있었다. 잉크의 tack에 영향을 많이 받는 잉크 중첩성(Trapping)에서도 기존의 잉크와 유사한 특성 값을 얻을 수 있었다. 그러므로 본 연구를 통해 얻어진 결과에서와 같이 친환경 페놀프리 수지를 적용한 잉크의 사용에 있어, 현장에서 적용성은 가능할 것으로 판단되어진다.

인용문헌

1. 문성환, 김성수, 구철희, 유건룡, 국내인쇄환경에서 친환경 잉크를 이용한 오프셋 인쇄의 색재현에 관한 연구, 한국인쇄학회지, 28(2):69-85 (2010).
2. 松浦 豊, クリオネレボト, 日本環境保護印刷推進協議會, 東京 (2007).
3. 대한상공회의소, 선진기업의 에코디자인 동향 및 사례 분석과 시사점, 서울 (2007).
4. 하영백, 이의수, 오성상, 구철희, 윤종태, 인쇄산업의 변화와 친환경 인쇄, 한국인쇄학회지 26(2):79-89 (2008).
5. Ha, Y. B., Oh, S. S. and Lee, W. J., The Study of the Printability on the Phenol Free Heat-Set Web Inks (I), J. Korea TAPPI 44(2):42-48 (2012).
6. 황상규, 국제적인 화학물질규제 현황과 청정생산의 모색, 환경운동연합 (2005).
7. 황점수, GREEN INNOVATION, 한국인쇄학회 춘계 Proceeding(2009).
8. 박정민, 김성빈, 大豆油의 Methyl Ester와 樹脂 분자량에 따른 平版 잉크의 물성 변화에 관한 研究, 한국인쇄학회 춘계 Proceeding(2011).
9. Cheng, S. F., Choo, Y. M., Ma, A. N. and Chuah, C. H., Kinetics Study on Transesterification of Plam oils, J. Oil Palm Research, 16(2):19-29 (2004).

10. Hickman, E. P., Mackenzie, M. J. and Smith, H. G., The Printing Ink Manual, R. H. Leach(ed.), KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, Netherland, pp.227-228 (2001).
11. 김성빈, 잉크공학, 부경대학교 출판부, 부산, pp.79-81, p.29 (1995).
12. 하영백, 최재혁, 김형진, 이원재, 오성상, 국산 Heat-set 윤전 잉크의 인쇄적성에 관한 연구, 한국인쇄학회지 28(2):101-116 (2010).
13. Hideaki Ohmori, High Quality Printing, Japan Tappi Journal, pp. 35-41 (1999. 7)
14. Youn, J. T., Introduction to printability, Pukyong University, busan, pp. 134-149 (2004).
15. Youn, J. T., Introduction to printing science, Pukyong University, busan, pp. 131-144 (2004).
16. 市川家康, わかりやすい紙・インキ印刷の科學, 印刷局朝陽會, 東京, pp. 117-119 (1975).