Journal of Korea TAPPI
Vol. 51. No. 3, 2019, 23-31p
ISSN (Print): 0253-3200
Printed in Korea
http://dx.doi.org/10.7584/JKTAPPI.2019.06.51.3.23

잔류성 유기물질(POPs)이 없는 친환경 잉크의 개발 및 인쇄 품질에 관한 연구(제1보): 인쇄적성 시험에 의한 인쇄품질

하영백† · 정종식[1] · 오정문[2]

접수일(2019년 5월 2일), 수정일(2019년 6월 7일), 채택일(2019년 6월 10일)

Development of an Eco-friendly Ink without Persistent Organic Pollutants and Study of Print Quality for Eco-friendly Inks I : Print Quality of the Printability Tester

Young-Baeck Ha†, Jong-Sik Jeong[1] and Jeong-Moon Oh[2]

Received May 2, 2019; Received in revised form June 7, 2019; Accepted June 10, 2019

ABSTRACT

Environmental issues in the printing industry have long been recognized by developed countries. This global trend can function as a technological barrier in international business. Therefore, domestic printing industries must prepare sustainable materials, such as inks and dampening solutions, for eco-friendly printing. In this study, we removed phenoxy-acetic acid and polychlorinated biphenyls, which are persistent organic pollutants, through pigment synthesis conditions and microwave filtering process changes. Further, the formed pigment was used to produce ink. Eco-friendly inks were made using Ce instead of drying promoters, such as Co and Mn. These inks exhibit the same world-class performance as existing inks in terms of printing quality including transition properties and color density (ISO 12647-2).

Keywords: *Eco-friendly printing, persistent organic pollutants, microwave filtering, drying promoters*

• (주)프린피아 기술연구소(Prinpia Co., Ltd. R&D Lab., Seoul, 08513, Republic of Korea)
1 육성화학(주) 기술연구소(UKSEUNG CHEMICAL Co., Ltd. R&D Center, 174, Gaejwa-ro, GeumJeong-gu, Busan, 46259, Republic of Korea)
2 대한잉크(주) 기술연구소(Dae Han Ink Co., Ltd. Institute of Technology, 79, Cheongbuksandan-ro, Cheongbuk-myeon, Pyeongtack-si, Kyeonggi-do, 17792, Republic of Korea)
† 교신저자(Corresponding Author): E-mail: jackyha@hanmail.net

1. 서 론

국내 인쇄업계의 친환경 정책은 기술의 발전과 함께 급속도로 변화하고 있다. 기존의 화학물질 관리법, 소방법 등과 같은 보편적인 환경규제에서 심도 깊은 정책 제안 등으로 자연스럽게 전개되고 있으나 아직도 규제부분에서는 미흡한 상태이다. 더욱이 인쇄물 수출에 있어 환경규제에 대한 국내 규정이 정해지지 않으면 타국가의 기준에 무조건 맞추어야 하는 어려움을 겪을 것으로 예상된다.[1,2] 이러한 문제 해결을 위해 일본의 경우에서는 유관기관이 아닌 인쇄협회 및 단체 내부 노력으로 일본 환경보호 인쇄추진 협의회를 구성, 자발적인 친환경 정책의 제안과 수립을 이루어 진행해 오고 있으며, 지속적인 자료 수집과 재료에 대한 연구 개발을 통한 개선을 시행하여 강도 높은 인쇄물의 친환경 정책을 시행해 왔다.[3] 이러한 노력에도 불구하고 환경에 민감한 EU 국가들은 인쇄물에 대한 친환경 정책을 인쇄 시 사용하는 다양한 재료들에 대한 규제로 넓혀가고 있는 상황이다. 따라서 국내 인쇄산업의 불황 극복을 위하여 인쇄물 및 포장재와 같은 인쇄 관련 품목의 수출물로의 전환을 위해서 더욱 친환경에 대한 정책적인 제도의 마련이 필요하다고 판단되어진다.[2,4]

재료적인 측면에서 국내에서도 지금까지 인쇄산업에 사용되는 재료에 대한 다양한 기술개발을 통한 친환경화가 진행되어 왔으며, 지금도 진행 중이다. 그 대표적인 예로 습수 액에 사용되는 알코올을 대신하는 물질의 개발로 알코올의 사용량을 줄이거나 완전 제거한 저알코올, 무알코올 습수 액의 사용, 포름알데히드가 나오지 않는 제본 풀의 개발, 기름성분 대신 일정량의 대두유를 사용하는 잉크, 잉크의 용제를 친환경 물질로 대체하거나 수지를 개선하여 포름알데히드가 발생하지 않는 제품 등이 개발되었다.[5-15]

본 연구는 잉크의 안료에서 나오는 잔류성 유기오염물질(persistent organic pollutants: POPs(PCBs, PAA))을 제거하고, 건조제로 사용되는 코발트(Co), 망간(Mn) 등을 대체할 물질을 검토하여 기존의 잉크와 유사한 건조특성을 가지는 친환경 인쇄잉크를 개발하고자 하였다. 한편 제조된 친환경 잉크에 대해서는 종래의 잉크 4종과 함께 인쇄적성을 비교 평가하여, 성능 및 품질 면에서 기존의 잉크와 일치하는 친환경 잉크를 만들고자 하는 것에 본 연구의 목적을 두었다.

2. 실 험

2.1 잔류성 유기물질이 포함되지 않은 안료의 제조

최근 환경 문제가 대두되고 있는 가운데 유럽에서는 gravure ink, offset ink에서 사용되고 있는 안료에 포함되어 있는 PAA(primary aromatic amine), PCBs (poly chlorinated biphenyls)가 메트헤모글로 빈혈증, 발암으로 인한 직장암의 반수 이상을 차지하고 있다고 보고되었다. 그러므로 유럽에서는 이러한 물질의 사용을 법으로 규제하고 있으며 그 기준은 PCB: 25 ppm이하, PAA: 250 ppm 이하로 규정하고 있다.

현재 PAA, PCBs는 염료 색소 제조의 중간체 등으로 널리 사용되고 있으며 안료 합성 시 중합반응에 참여하지 못한 PAA, PCBs가 제조된 안료 내에 잔존하는 문제점이 존재한다. 따라서 안료합성의 조건 변화 및 공정 개선을 통해 PAA, PCBs를 완전히 제거하고 신규 건조제와 바인더를 선정함으로써 친환경적인 제품을 개발하는 것을 기술수준의 목표로 정하여 실험을 행하였다. Fig. 1은 색소로 사용되는 아조 합성의 반응식을 나타내는 것이다.

안료합성 조건의 변화는 아래 Table 1과 같이 조정하여 실시하였다.

또한 새롭게 제안된 안료합성 공정은 합성조건의 변화(pH, 반응온도, 당량비, 계면활성제 등)를 통해 1차적으로

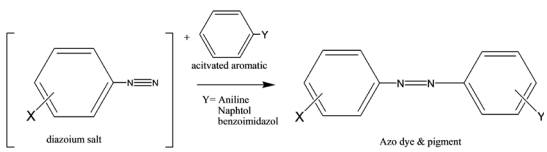


Fig. 1. Coupling reaction of azo.

Table 1. Change of synthesis conditions

	Existing	Change
pH	pH 9.0-9.5	pH 7.5-8.5
Equivalence ratio	Diazo/Coupler 1.0 mole/1.12 mole	Diazo/Coupler 1.0 mole/1.02 mole
Rosin Coating	2W-Rosin	Refine-Rosin
Surfactants	Anionic surfactant 1.2%	Cationic surfactant 1.2%
Heating temperature	80℃-90℃	70℃-80℃

미반응 PAA, PCBs의 감소를 유도하고, 기존 공정의 필터링 및 수세 공정(filter/washing)을 생략하고 마이크로웨이브에 의한 여과 및 수세 공정으로 전환하여 잔류성 유기오염물질인 PAA와 PCBs를 2차적으로 완전 제거하였다. 안료 제조 공정상 순수한 디아조늄염 용액을 얻기 위해서는 슬파믹 산(sulfamic acid)으로 잔존해 있는 아질산염(nitrite)을 제거해야 한다. 좀 더 순수한 디아조늄염 용액을 얻기 위해서는 디아조늄염 용액을 micro filtering을 한다. Micro filtering은 기존 filtering 보다 좀 더 개선된 방법으로 좀 더 순수한 디아조늄염을 얻기 위해 다공성이고, 표면적이 넓어 흡착성이 강한 활성탄을 사용하여 화학 반응이 빨리 일어나도록 하며, 이는 기존 필터 방법에 추가하여 micro filtering을 통하여 한 번 더 정제를 해 줌으로써 두 번에 걸쳐 순수한 디아조늄염을 얻는다. 이것으로서 PAA와 PCB가 제거될 수 있다. 기존 방식에 있어서 안료를 파우더 형태로 공급하기 위해 추가적으로 존재하는 건조 및 분쇄공정을 생략함으로 CO_2 발생량과 폐수 절감 효과를 가져올 수 있었다. Fig. 2에 종래 및 신규 공정의 비교를 위한 공정 순서도를 나타내었다.

2.2 친환경 인쇄잉크의 제조

친환경 인쇄잉크의 제조를 위해 본 연구에 의해 개발된 POPs가 없는 아조계 안료 4종(C, M, Y, Bk)을 사용하여 잉크를 제조하였다.

종이 인쇄에 사용되는 인쇄잉크의 건조 방식은 산화중합건조와 침투건조 방식이다. 산화중합건조가 이루어지기 위해서는 130-200 사이의 iodine value를 가진 식물유를 일정량 투입하고 산화건조제로서 Co, Mn이 반드시 투입되어야만 최적의 건조성을 보인다. EU(EN71 Part3 Safety test)에서는 아동용 완구 및 완구 포장지 등과 관련하여 기존 8가지 중금속에서 19가지(Co, Mn 포함됨)로 유해물질을 확대 선정하여 규제를 강화하여 관리하고 있다. 따라서 기존 Co, Mn를 대체할 수 있는 Ce 건조제를 신규 적용하였으며, 적은 건조제 함량에도 침투건조 속도를 촉진시켜, 인쇄 후 잉크 도막상의 tackness를 보다 빠르게 zero화시키는 잉크 설계를 적용하였다. Ce의 산화건조효율은 Co, Mn에 비해 1/10 수준으로 낮기 때문에 건조효율을 개선하기 위하여 바인더의 구성성분을 변경하여 분자량 100,000 정도의 PTBP(p-tert-butyl phenol) 수지를 도입하고 용해력이 높은 FAME(fatty acid methyl ester)를 적용하여 잉크 내 solid 함량을 높임으로써, 침투건조성을 개선하여 인쇄 잉크를 제조하였다. 더욱이 용제 FAME는 수지 용해력이 매우 우수할 뿐만 아니라, 350℃의 비점을 가져 휘발성 유기화합물(VOCs: volatile organic compounds)의 발생이 0%이므로 친환경 인쇄 잉크의 설계가 가능하였다.

또한 잉크의 경우, 저장 안정성 및 개봉 시 건조로 인한 표면 스키닝 발생을 억제하기 위하여 산화 억제제를 병행 투입하고 있으며, 대표산화억제제는 hydroquinone(HQ: 1,4-dihydroxy benzene hydroquinone quinol)과 toluhydroquinone(THQ: 2-methylhydroquinone)이다. HQ는 재료비도 저렴할 뿐 아니라 산화억제 효과가 뛰어나서 인쇄용 잉크에서 그 사용비율이

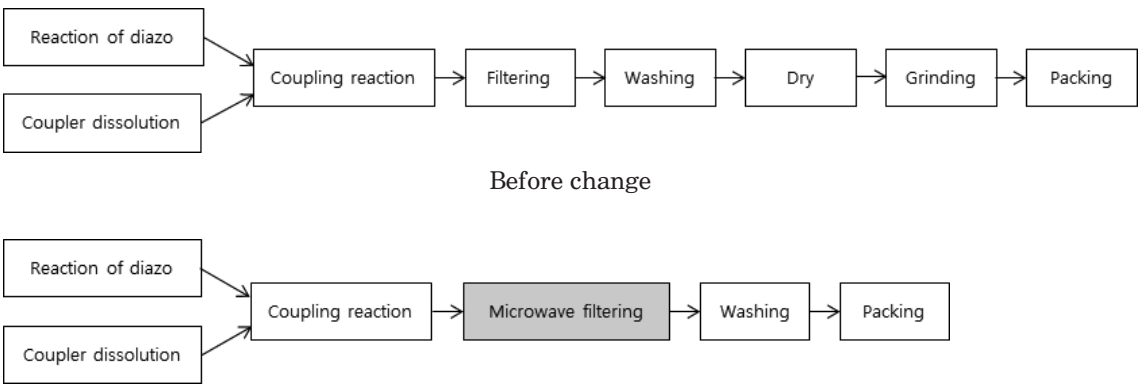


Fig. 2. Changes in manufacturing process.

90% 정도의 대표적인 첨가제이지만, 국내 화학물질관리법상 유독물질로 취급되며, 산업안전보건법상으로도 관리대상유해물질, 노출기준설정물질로 지정되어 관리되고 있다. 또한 THQ도 국내법의 제재는 받지 아니하나, EU의 화학물질 분류법상 CMR 물질(carcinogenic, mutagenic toxic for reproduction)로 분류되어 있다. 따라서 HQ, THQ를 대체하기 위한 지건제로 MTBHQ (mono tertiary-butylhydroquinone)를 사용하였으며, 내마모성 개선을 위하여 PE, PTFE(polytetrafluoro-ethylene) wax를 같이 혼용하여 잉크를 제조하였다.

2.3 안료 및 잉크의 특성 측정

안료의 평균 입자 측정을 위하여 입도분석기(Master Sizer 3000, MAE 3000, Malven Panalytical, UK)를 사용하여 고형분의 안료 입자 크기를 측정하였고, 안료의 내광성 시험을 위하여 내광성 시험기(Accelerated Weathering Tester, QUVse, Q-LAB, USA)를 사용하여 측정하였다. 안료에 포함되어 있는 PAA의 측정을 위하여 액체 크로마토그래피(HPLC 3, e2695, Waters, USA)를 사용하였으며, PCBs의 측정을 위하여 기체 크로마토그래피 질량분석기(GC-MS, 5975C, Agilent, USA)를 사용하여 측정하였다. 또한 안료와 잉크의 중금속 함유에 대한 측정을 위하여 유도결합플라즈마 분광기(ICP-OES, Oti8000DV, Thermo Fisher, USA)를 이용하여 분석하였다. 잉크의 VOCs 함량 측정을 위하여 동일한 기체 크로마토그래피 질량분석기(GC-MS, 5975C)를 사용하여 측정하였다.[16]

측정에 의하여 얻어진 결과는 EU(EN71 Part3 Safety test)의 기준과 현재 세계 최고의 안료합성 기술을 보유한 S사에서 제시하고 있는 기준과 비교하였다.

잉크의 기본 물성 측정을 위하여 21℃, 상대습도 44%의 상온에서 Spread meter(KRK, Japan)를 사용하여 60 s.에서 늘어난 직경(diameter)을 측정하였고, 점도 측정을 위하여 Laray viscometer(KRK)를 사용하여 측정하였으며, 잉크의 저장 안정성을 평가하기 위하여 일정 시간 간격으로 25℃에서 점도를 측정하여 평가하였다. 또한 각 samples의 tack value를 측정하기 위하여 Ink-O-meter(KRK)를 사용하여 32℃에서 400 rpm의 조건으로 각 시료들의 tack value를 측정하였다.

잉크 set 측정을 위하여 Ink drying tester(KB-6600, Kwang Myung LAB, Korea)을 사용하여 측정하였다. 내마모성 시험은 마모성 시험기(rub tester(KPM-4250, kipae, Korea))를 사용하여 250 kg의 하중(load)으로 60회 마모 시험을 시행한 후 전문가에 의한 오점법(5 point evaluation)으로, 양호한 상태면 5점, 묻어난 상태가 많이 발생하면 1점을 부여하는 방식으로 평가하였으며 그 결과를 통계학적인 방법으로 검증하였다.[17]

2.4 인쇄적성시험 및 평가

2.2항에 의해 제조된 4종류(C, M, Y, Bk) 친환경 인쇄잉크와 비교를 위해 국내 생산 시판 중인 친환경 인쇄잉크 3종(A, B, C)과 유럽산 친환경 인쇄잉크 1종(F)을 선정하여 75 g/m^2 교과서 본문용지를 이용하여 인쇄적성 실험을 행하였다. Table 2에 사용한 잉크의 물성을 표시하였다.

인쇄적성 시험은 IGT printability tester(C1, IGT, Netherlands)를 사용하였으며, 실험 조건은 21.4℃, 습도 47%의 조건하에서 0.4 cc, 0.6 cc의 잉크 공급량으로 인쇄 속도 1 m/s, 압력 200 N으로 전색 실험하였다. 전색 시험인쇄 후 농도법에 의한 객관적인 인쇄물 평가를 위하여 각 color의 잉크 색 농도는 반사 농도계(X-Rite 550, USA)를 사용하여 각 시료에 대해 20번씩 측정하고 그 평균값으로 나타내었다. 또한 인쇄된 직후의 잉크 색상 농도와 완전히 건조가 일어난 후의 잉크 색상 농도는 드라이 다운(dry down)이란 현상으로 잉크 색상 농도 값의 차이가 발생한다. 이와 같은 드라이 다운을 비교하기 위하여 24시간의 시간차이를 두고 같은 시료에 대한 잉크 색상 농도 차이를 반사 농도계의 잉크 색상 농도 값으로 평가하였다.[8,12,13]

3. 결과 및 고찰

3.1 인쇄용 안료의 친환경화

인쇄용 잉크에서 색상을 표현하는 유기안료에는 잔류성 유기오염물질인 PCBs, PAA 등이 포함되어 있다. 이러한 PCBs, PAA는 뜨거운 기름 등에 재용해될 수 있으며, 특히 다량의 기름을 함유하고 있는 햄버거, 치킨, 감자스낵의 포장 인쇄물에 적용되었을 경우 재용해에 의하여 인체에 흡수될 수 있다. 이렇게 흡수된 PAA, PCBs는 인체에 축적되어 불임, 유산, 기형 및 여러 가지 암으로 나타날 수 있다.

Table 1과 같은 안료의 합성조건 변화와 생산 공정에서의 마이크로웨이브에 의한 여과 및 수세 공정으로 전환하여 만들어진 친환경 안료의 결과를 Table 3에 표시하였다.

세계최대 및 최고의 안료합성 기술을 보유한 S사에서 제시하고 있는 기준과 본 연구에 의해 생산된 안료를 비교하여 보았을 때, 안료의 평균입자는 더 작은 크기를 나타내었다. 내광성 시험의 결과를 비교하여 보면 yellow 안료에서 S사의 기준보다 다소 낮은 결과를 나타내었지만, 대체적으로 양호한 수준을 나타내고 있다. 따라서 yellow 안료의 경우 빛에 의한 변·탈색될 수 있으므로 이 부분에 대한 보완이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

본 연구의 가장 중요한 평가요소인 잔류성 유기오염물질에 대한 결과에서는 중합과정에서 미반응 물질의 발생을 감소시키고 추가적으로 마이크로웨이브 필터 방식으로

Table 2. Properties of each inks

Sample \ Properties		DM (60 s., mm)	Viscosity (Poise)	Tack Value (32℃, 400 rpm)
Cyan	A	34	280	8.5
	B	36	280	8.0
	C	37	250	7.0
	F	39	260	8.0
	ECO	35	260	8.0
Magenta	A	35	240	7.8
	B	35	245	7.5
	C	36	235	7.0
	F	38	220	7.6
	ECO	35	230	7.5
Yellow	A	36	170	6.0
	B	38	165	5.8
	C	39	150	5.1
	F	42	155	5.5
	ECO	36	160	5.7
Black	A	36	200	6.5
	B	37	195	6.2
	C	38	180	5.8
	F	42	190	6.5
	ECO	36	190	6.2

※ Existing domestic ink (A, B, C), EU ink (F), eco-friendly ink developed (ECO)

Table 3. Results of pigment properties

Evaluation items	EU/SChem. (all color)	ECO				Remarks
		Y	M	C	K	
Particle size (μm)	10 / 10	5	5	5	5	
Light resistance (rating)	5 / 5	3	4	4	4	
PAA (ppm)	250 / 50	ND	ND	ND	ND	
PCBs (ppm)	25 / 25	ND	ND	ND	ND	
Heavy metal (ppm)	ND	ND	ND	ND	ND	

※ ND is stands for Not Detector.

공정을 전환한 결과 PAA 및 PCBs는 검출되지 않은 것으로 나타났으며, EU의 기준 및 S사에서 제시한 기준보다 월등히 좋은 결과를 나타내었다. 그리고 중금속 함유량에 대한 결과 또한 검출되지 않은 것으로 나타났다.

3.2. 인쇄용 잉크의 친환경화

잉크의 산화 건조촉진제로 사용되는 중금속인 Co, Mn의 경우 Ce로 대체하였고, 지건제로 사용되었던 HQ, THQ의 물질 또한 MTBHQ로 대체하여 친환경 잉크를 제조한 결과를 Table 4에 나타내었다.

일반적으로 평판 오프셋 인쇄용 잉크는 석유계 용제를 30% 정도 함유하고 있으며, 이러한 석유계 용제는 280℃ 비점을 갖는 고비점 용제이며 CMR 물질이기 때문에 인쇄되어진 잉크 도막에서 서서히 증발되지만 본 연구에 의해 개발된 잉크의 경우 건조 속도비를 높이기 위해 휘발되는 용제 함량을 낮추어서 침투건조의 방법을 선택하였기 때문에 휘발성 유기 화합물의 총합(TVOCs: total volatile organic compounds) 또한 1% 미만으로 개선할 수 있었다. 그리고 잉크 건조 중 산화과정에서 발생하는 식물류의 aldehyde, alkane 가스가 적게 발생하기 때문에 이취의 경감 효과도 동시에 얻을 수 있었다.

본 연구의 결과 산화건조제인 Co, Mn을 사용하지 않고 침투건조를 병행해서 개선시킴으로써 Co, Mn free 잉크를 만들 수 있었으며, 국내화학물질관리법상 유독물질로 취급되는 된 HQ, THQ의 함유가 없는 친환경 인쇄잉크를 제조할 수 있었다. 따라서 EU의 수출입 기준을 만족시키는 인쇄용 잉크를 개발하였고, 국내 생산 인쇄물의 수출 지원측면에서 중요한 역할을 담당할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 내마모성 개선을 위하여 2-4 μm의 PE, PTFE (polytetrafluoroethylene) Wax를 같이 혼용하여 첨가제로 사용한 결과 기존 잉크에 대비하여 20-30% 가량 개선된 결과를 얻을 수 있었다(Fig. 3).

3.3 친환경 잉크의 인쇄적성

개발잉크(이하 ECO)를 비교 실험하기 위하여 국내에서 생산 시판 중인 친환경 잉크 3종(A, B, C)과 외국산 잉크 1종(F)을 인쇄적성 시험기를 이용하여 비교 실험하였다. 각 잉크를 75 g/m^2 친환경 교과서용지에 0.4 cc, 0.6 cc의 동일한 잉크의 양을 공급하여 잉크의 전이량을 측정하였다. 인쇄적성 시험에 있어서 잉크 공급량을 달리한 이유는 적정 잉크 공급 시와 과잉 잉크 공급 시에 나타나는 영향을 확인하기 위해서였다.

3.3.1 인쇄적성 시험기에 의한 잉크 전이량 측정

잉크 공급량을 달리하여 잉크의 전이량을 측정해 본 결과

Table 4. Results of ink properties

Evaluation items	EU/S Chem. (all color)	ECO PLUS				Remarks
		Y	M	C	K	
Total POPs (ppm)	15	ND	ND	ND	ND	
Co (ppm)	ND	ND	ND	ND	ND	
Mn (ppm)	200	ND	ND	ND	ND	
HQ (ppm)	ND	ND	ND	ND	ND	
THQ (ppm)	ND	ND	ND	ND	ND	
VOCs (%)	<1	0.1	0.47	0.16	0.41	

※ ND is stands for Not Detector.

A (Existing ink) ECO (Improved ink)

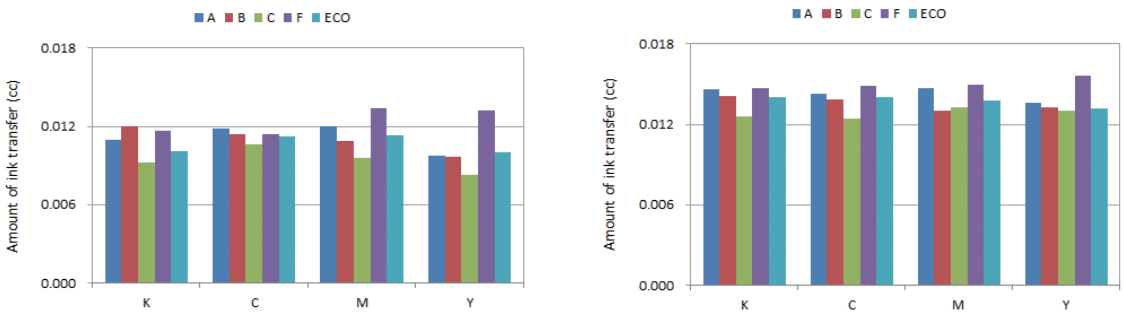
Fig. 3. The result of improved rub resistance.

Fig. 4와 같은 결과가 나타났다. 0.4 cc의 잉크 공급 시 기존 국내 시판 중인 3개사 잉크 전이량의 평균값은 0.0107 cc로 본 연구에 의해 개발된 ECO의 0.0101 cc와 비슷한 수준으로 나타났다. 하지만 외국산 잉크인 F의 경우 유동성이 다른 잉크보다 높게 나타났기 때문에 전이량이 다소 높게 나타났으며, 잉크 C의 경우에서도 유동성은 다른 시료에 비하여 조금 높지만 전이량 결과는 다소 낮게 나타났는데, 그 이유는 Table 2에서 나타난 것과 같이, 다른 시료들에 비하여 택 값이 낮아 인쇄판에서 피인쇄체로 전이되었다 잉크 판으로 다시 되돌아오는 잉크의 양이 많았기 때문으로 판단된다. 0.6 cc의 잉크를 공급하였을 때 전이량의 차이를 확연히 알 수 있었다.

3.3.2 인쇄적성 시험기에 의한 인쇄물 색상 농도

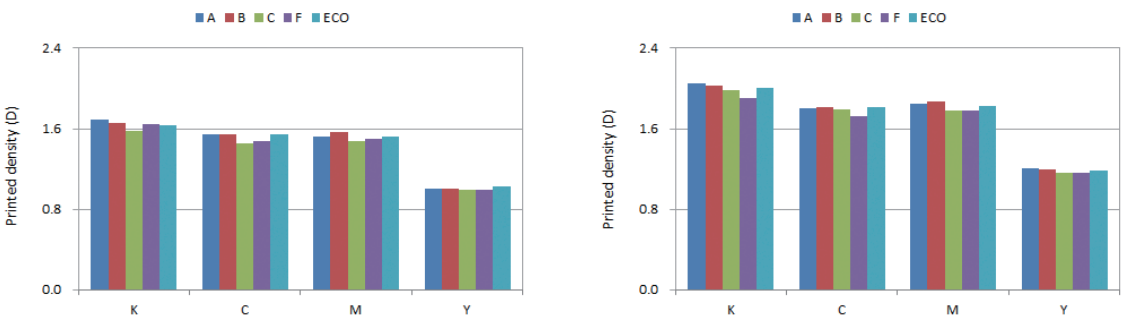
Fig. 5에 인쇄물의 색상 농도의 결과를 나타내었다. 75 g/m^2 친환경 교과서용지의 인쇄물 색상 농도 결과 값을 비교해 보면, 0.4 cc의 잉크공급에서 국내 잉크의 평균 색상 농도 값은 K=1.64, C=1.51, M=1.53, Y=1.00을 나타냈으며, ECO 잉크의 경우 K=1.64, C=1.55, M=1.52, Y=1.03으로 거의 동일한 색상 농도 값을 보여주고 있음을 알 수 있다. 또한 이 결과 값은 ISO 규정(ISO 12647-2)의 인쇄물 색상 농도 범위에 포함되고 있으므로, 본 연구에 의하여 개발된 친환경 잉크는 충분한 색상 재현력을 가지고 있다고 판단된다. Table 2의 결과에서 유동성이 상대적으로 높게 나타났던 국산 잉크 C와 외국산 잉크 F의 경우 인쇄물 색상 농도 값이 다소 낮은 값을 나타내고 있다. 이러한 결과는 전이량이 많아 상대적으로 인쇄물 색상 농도 값이 높게 나타날 것으로 생각되었지만, 잉크의 택 값의 영향으로 유동성도 좋으면서 택 값이 높았던 외국산 잉크 F의 경우가 상대적으로 택 값이 낮은 국산 잉크 C보다 조금 높게 나타난 것으로 판단된다.[18]

0.6 cc로 공급된 인쇄물의 색상 농도에서 ECO 잉크는 거의 동일한 인쇄물 색상 농도 값을 보여주고 있으며, 전이량이 많았던 C 잉크와 F 잉크의 경우에서 농도 값이 낮아지는 경향을 나타내었다.



Ink supply 0.4 cc　　Ink supply 0.6 cc

Fig. 4. Results of the transfer amount of inks.



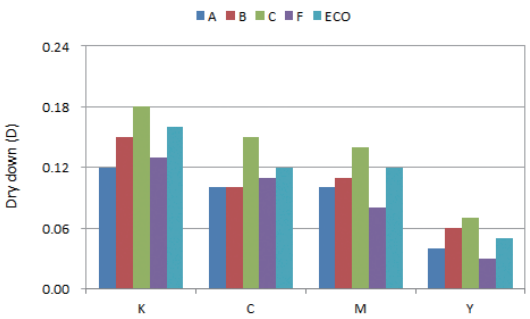
Ink supply 0.4 cc　　Ink supply 0.6 cc

Fig. 5. Results of the printed ink density.

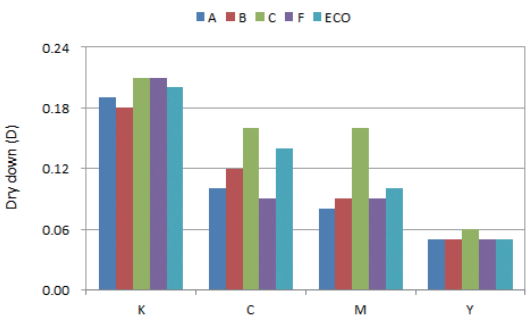
3.3.3 인쇄적성 시험기에 의한 인쇄물 색상 농도 저하

인쇄물의 색상은 인쇄가 된 직후(wet)와 완전히 건조가 된 상태(dry)에서 액체 성분의 잔존 여부에 따라 반사율의 차이(dry down)로 인한 인쇄물 색상 농도 저하 현상이 나타나게 된다.[6]

인쇄물 색상농도 저하 측정 결과, 전반적으로 ECO 잉크에서 상대적으로 조금 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다(Fig. 6). 이와 같은 이유는 건조 특성을 조절하기 위하여 ECO 잉크 특성 개선 중 침투건조가 많이 나타나게 하였기 때문으로 판단된다. 전이량 0.6 cc에서 기존 국내·외 K 잉크의 평균값은 0.19 정도였으며, ECO의 경우 0.20 정도로 ECO 잉크에서 상대적으로 좋지 못한 결과를 나타났으나, 국내 C 잉크에 비교하면 좋은 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 따라서 인쇄물의 색상 농도 저하는 기존의 잉크와 동일한 수준의 품질을 가지고 있다고 생각되어진다.[6] 또한 육안상으로 농도 저하의 차이를 느끼지 못하였기 때문에 인쇄물 색상 품질에 크게 영향을 미치지는 않는 것으로 판단된다.



Ink supply 0.4 cc



Ink supply 0.6 cc

Fig. 6. Results of the dry down of ink density.

4. 결 론

본 연구에 의하여 만들어진 친환경 잉크는 새롭게 제안된 합성조건의 변화(pH, 반응온도, 당량비, 계면활성제 등)를 통해 1차적으로 미반응 PAA, PCBs의 감소를 유도하고, 기존 공정의 필터링 및 수세 공정을 생략하고 마이크로웨이브에 의한 여과 및 수세 공정으로 전환하여 잔류성 유기오염물질인 PAA와 PCBs를 2차적으로 완전 제거하였기 때문에 잔류성 유기오염물질인 PAA 및 PCBs가 전혀 검출되지 않은 결과를 나타내었다. 이와 같은 결과는 EU에서 제시한 기준 및 유명 안료회사에서 제시한 기준보다 월등히 좋은 결과를 나타내었다. 그리고 중금속 함유량에 대한 결과 또한 검출되지 않았으며, 이러한 결과에 대하여 공인된 분석기관(SGC)을 통한 검증에서도 동일한 결과를 얻을 수 있었다. 종래의 경우 잉크 제조 시 안료의 분산성 향상을 돕고자 powder로 공급하기 위한 건조·분쇄 공정이 포함되어 있었는데, 이를 생략하고 filter cake 제품으로 전환함으로써 건조공정, 분쇄공정을 생략하여 공정 단축을 통한 생산성 향상 및 에너지 저감 효과 그리고 폐수 절감 효과를 얻을 수 있었다. 그리고 인쇄용 잉크의 제조에서도 신규 건조제 Ce를 사용함으로써 Co, Mn과 같은 중금속 물질의 검출이 없었으며, 산화억제제로 MTBHQ를 이용함으로써 HQ와 THQ와 같은 유해(독)물질이 검출되지 않았다. 또한 잉크의 건조방식을 산화건조에서 산화건조와 침투건조를 병행해서 일어나도록 제작함으로써 용제성분을 줄여 이취의 감소 효과를 볼 수 있었다. 마지막으로 인쇄물의 색상 농도 결과 또한 ISO 12647-2에 부합되는 결과를 얻을 수 있었으며, 인쇄 후 인쇄물의 색상 농도 저하 값 또한 기존의 잉크들과 동일한 수준의 성능을 나타내었다. 따라서 EU의 수출입 기준(규제)을 만족하는 친환경 잉크의 개발로 국내 생산 인쇄물의 수출 지원이 가능하게 되었고, 더욱 활발한 인쇄물 수주가 기대되며, 품질관리 측면에서도 좋은 결과가 예상된다.

사 사

이 연구는 2019년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임('10062431').

Literature Cited

1. The Korea Chamber of Commerce and Industry, Eco-design trends and case studies and implications of the leading companies, Seoul (2007).
2. Ha, Y. B., Lee, E. S., Oh, S. S., Koo, C. H., and Youn, J. T., The changed of graphic arts industry & friendly eco-printing, Journal of the Korean Graphic Arts Communication Society 26(2):79-89 (2008).
3. Matsura, Y., Clione Report, Association of Japan Environmental Protection Print Promotion, Tokyo, Japan (2011).
4. Lee, M. H., A Study about development of environment printing technology and CO_2, Journal of the Korean Graphic Arts Communication Society 30(3):89-114 (2012).
5. Khurana, S. K., Recent developments in printing inks, Japan Printing Machinery Association, PRINT & PUBLISHING, Tokyo, Japan (2007).
6. Koo, C. H., Sim, W. S., and Ha, Y. B., Effect of dampening component on printed quality of textbook in lithographic printing. Journal of Korea TAPPI 48(1):134-141 (2016).
7. Ha, Y. B., Seo, D. I., Seo, J. M. and Koo, C. H., The study on the quality and applicability of the environment-friendly green melt, Journal of the Korean Graphic Arts Communication Society 31(1):1-13 (2017).
8. Ha, Y. B., Oh, S. S., and Lee, W. J., The study of the printability on the phenol free heat-set web ink(Ⅰ), Journal of Korea TAPPI 44(2):42-48 (2012).
9. Wang, X., Chen, Y. Z., Chen, Z. Q., and Wang, M. L., Summarization at soy oil-based ink, Journal of Chinese Oil, 33(3):60-63 (2007).
10. Park, J. M. and Kim, S. B., The variation of offset ink properties according to methyl ester of soy oil and resin molecular weight, Journal of the Korean Graphic Arts Communication Society 29(1):45-59 (2011).
11. Park, J. M. and Kim, S. B., The variation of offset ink properties according to the vegetable oil estersr, Journal of the Korean Graphic Arts Communication Society 30(1):1-19 (2012).
12. Ha, Y. B., Oh, S. S., and Lee, W. J., The study of the printability on the phenol free heat-set web ink(Ⅱ), Journal of Korea TAPPI 44(3):41-48 (2012).
13. Ha, Y. B., Oh, S. S., and Lee, W. J., The study of the printability on the phenol free heat-set web ink(Ⅲ), Journal of Korea TAPPI 44(4):77-84 (2012).
14. Ha, Y. B., Jin, M. Y., Oh, S. S., and Ryu, D. H., Synthesis of an environmentally friendly phenol-free resin for printing ink, Bull. Korea Chem. Soc. 33(10):3413-3416 (2012).
15. Park, J. M., Properties of offset inks for the re-esterification of various vegetable oils and different molecular weights of resin, Doctor's Thesis, Pukyong National University, Pusan (2011).
16. Ha, Y. B. and Kim, C. K., Effects of the use of recycled pulp on the print quality of textbook paper, Journal of Korea TAPPI 44(3):56-62 (2012).
17. Youn, J. T., Introduction of Printability, Pukyong National University Press, Pusan, Republic of Korea (2010).
18. Youn, J. T., Interesting Rheology, Pukyong National University Press, Pusan, Republic of Korea (2011).