

디지털 날염 잉크 개발동향

문수진

유한킴벌리 디지털날염사업부

1. 서 론

염색가공은 섬유패션산업에서 부가가치가 높은 공정이며 소비자들은 선명한 색상으로 다양한 디자인을 갖는 섬유패션제품을 점점 선호하는 추세이다. 침염 방식으로 염색된 의류나 섬유제품 등은 단색만을 발현하여 고가의 제품으로 판매되는 데는 한계가 있으므로 제품의 고부가가치화와 차별화를 위해서는 섬세한 컬러의 고급 디자인으로 생산된 날염제품이 요구되고 있는 실정이다. 디지털 날염은 유럽에서 시작된 이후, 현재 세계 30여 개 회사에서 디지털 날염에 관련된 기술을 개발해 보급하고 있으며, 이탈리아, 일본, 미국 등을 중심으로 퍼져 나가고 있다. 디지털 날염 시스템의 주요 요소는 프린터와 제품 설계(CAD) 및 운영소프트웨어(Raster Image Processor, RIP), 잉크, 전·후처리 공정 등으로 구성되어 있으며(Fig. 1), 각 분야에 관련된 다양한 기술들이 개발되어 왔다.

이러한 4가지 요소, 프린터와 소프트웨어, 잉크, 특수처리원단의 적절한 조화를 통하여 최고의 프린팅 품질을 얻을 수 있는 것이 디지털 날염 시스템의 가장 큰 특징이다. 디지털 날염 기술 개발 방향의 두 가지 중점적인 사항은 프린팅 품질의 향상을 위한 기술 개발과 프린팅 속도를 증진시키기 위한 기술 개발이라고 할 수 있다. 현재 이에 관련된 여러 가지 기술 및 방안들이 고안되고 있으며, 이들 두 가지 목표의 동시 달성을 위해서는 고속 프린트 기기의 개발 및 최적의 잉크 개발이 선결과제라고 할 것이다.

최근 몇 년 동안 섬유용 디지털 날염 시스템은 급속한 발전을 이루었으나, 아직도 OA용 프린터에 비해 재현성 문제 및 기술적 한계가 커서 시장 확대에 걸림돌이 되고 있는 것이 현실이다. 특히 핵심기술이라고 할 수 있는 잉크의 경우 그동안 많은 기술 개발이 이루어져 괄목할 만한 물성의 향상을 가져왔으나, 술 개발이 이루어져야 할 것으로 사료된다. 본고에

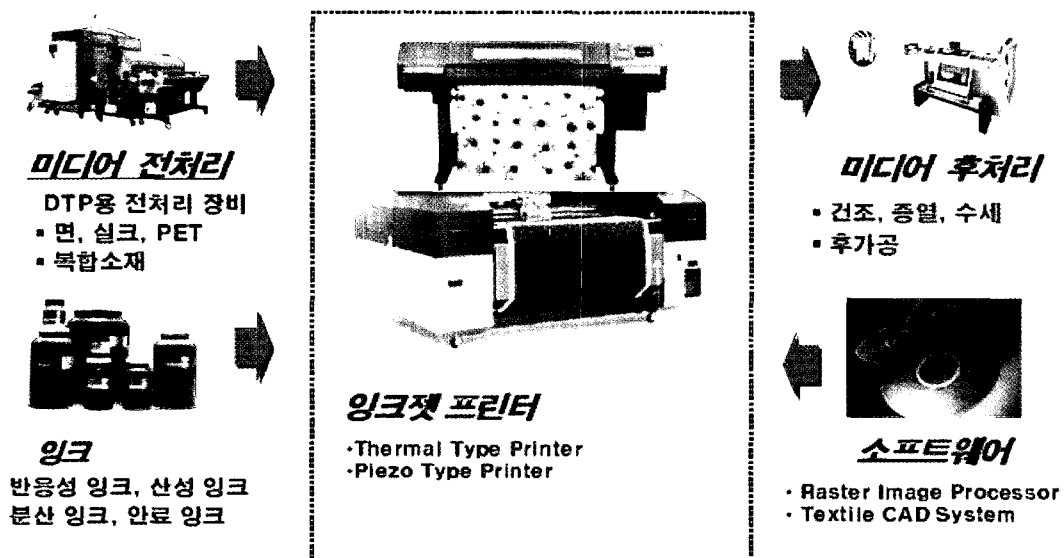


Fig. 1. 디지털 날염 시스템의 구성 요소.

재현성 문제 등 아직도 여러 부분에서 지속적인 기서는 최근 몇 년간의 디지털 날염용 잉크의 개발동향에 대해서 중점적으로 다루고자 한다.

2. 디지털날염용 잉크기술의 개요

디지털 날염은 잉크젯 방식에 의해 색상 및 디자인 변경을 유연하게 할 수 있을 뿐만 아니라, 제판에 의한 날염공정으로는 불가능한 미묘한 색상표현이 가능해 다양한 디자인을 단기간에 처리할 수 있다는 것이 가장 큰 장점이다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고, 디지털 날염은 해결해야 할 여러 장애 요인들 때문에 그 활용이 근본 제작이나 소롯트의 날염에 한정되어 온 것이 현실이다.

Table 1. 섬유에 따른 염료의 선택과 상호 작용

염료종류	섬유	상호 작용
반응성염료	Cotton, Silk	Covalent bonding
산성염료	Silk, Wool, Polyamide(Nylon)	Electrostatic, H bonding
분산염료	Polyester	Hydrophobic solid state Mechanism
피그먼트	All fibers	Polymer bonding

현수막 등의 실사출력은 비교적 쉽게 실사원단에 프린팅할 수 있는데, 그 이유는 짧은 시간 동안 사용하고 폐기처분하므로 세탁, 마찰, 일광 등에 대한 내구성을 고려하지 않아도 되기 때문이며 실제 현수막 등은 인체 피부와 접촉 없이 사용되므로 솔벤트 잉크가 주로 사용되고 있다. 이에 비하여 디지털 날염의 경우에는 염착 메커니즘에 의하여 염료(잉크)가 섬유에 염착되므로 셀룰로스계 섬유소재(면, 마 등)는 반응성염료, 폴리에스테르는 분산염료, 실크는 산성염료 등을 사용하여야 하며 세탁, 마찰, 일광 등에 대한 견뢰도(내구성)가 우수하여야 실용화, 상용화가 가능하다. 또한, 잉크 개발과 더불어 원단(media)의 전처리, 후처리(후가공) 등의 요소기술이 개발되고 융합되어야 디지털 날염의 보급이 더욱 가속화될 것이다.

디지털 날염용 잉크에 요구되는 품질의 예들을 살펴보면, 프린트된 섬유의 세탁, 일광, 마찰 견뢰

도 등의 제반 견뢰도가 우수해야 되며 폴리에스테르용 잉크의 경우 염료의 분산 안정성 및 프린팅 시 열 안정성이 우수해야 하며 면, 실크, 나일론용의 경우는 직접 날염 시 높은 염착률이 요구되고 있다. 섬유에 따른 염료의 선택과 상호 작용은 Table 1과 같다.

현재 사용되는 섬유 디지털 프린팅용 잉크의 경우 물에 녹기 쉽고, 색상재현 영역이 넓고, 발색성이 높으며, 토출 안정성 등의 이유로 염료계가 주류를 이루고 있다. 그러나 염료계는 기존의 날염과 비교해 볼 때 농색 표현의 제한이 있으며, 종이에 대한 인쇄와 직물에 대한 인쇄 방식의 차이로 종이 인쇄보다 섬세 표현이 어렵고, 종기와 같이 직물에도 전처리를 별도로 해 주어야 함은 물론 직물의 종류에 따라 사용하는 염료를 달리해야 하는 등의 문제점을 가지고 있다. 현재 염료형 잉크의 경우, 지속적인 기술 개발로 인해 위에서 언급한 여러 문제들이 상당 부분 해결되었으며, 시장에서의 사용이 확대되고 있다.

이에 비해 안료계는 피인쇄물을 가리지 않고 뛰어난 내수성, 내광성을 얻을 수 있지만 색상재현 영역이나 인자농도, 신뢰성 등에 문제가 있으며, 현재 지속적인 기술개발을 통해 이러한 문제점을 극복하고자 노력하고 있다. 일반적으로 반응성염료, 산성염료와 같이 수용성 색소를 사용하는 잉크는 염료를 최대한으로 가용화시킬 수 있는 용매의 선정이 필요하며, 분산염료, 안료의 경우에는 특별한 분산과정이 요구된다. 분산과정이란 수불용성 색소를 적당한 분산제와 분산설비를 통해 색소를 미세화 시키는 과정으로써, 만약 제대로 분산이 이루어지지 않으면 안정성이 떨어져서 잉크화되지 못하고, 분산이 잘 이루어졌어도 잉크화 과정에서의 다른 첨가물질과의 상용성이 떨어지면 잉크는 수일 혹은 수개월 안에 침전현상을 보이며 이러한 잉크를 사용하게 되면 헤드가 막혀 제품의 품질을 저하시키는 원인이 된다.

따라서 이러한 수불용성 색소를 사용하여 잉크화 하는 기술에서는 분산제의 선택, 분산방법, 잉크화 하는 과정에서의 분산액과 첨가물과의 상용성이 매우 중요하다.

디지털 날염용 잉크는 잉크젯 헤드의 미세한 노즐을 통해서 잉크가 분사되기 때문에 염료의 순도

가 매우 중요하며, 따라서 잉크 정제기술이 중요 요소 중의 하나로 간주된다. 또한 헤드의 종류와 적용 분야에 따라 요구되는 잉크의 특성이 다르기 때문에(Table 2)¹⁾, 적당한 잉크젯헤드를 선정하고 이에 맞는 잉크를 만들기 위해서는 잉크 원료 간, 잉크와 헤드 간의 상용성, 노즐 디자인, 시간에 따른 잉크 물성의 변화, 잉크 유동 등을 고려해야 한다(Fig. 2)¹⁾. 현재 디지털 날염용으로 사용되는 잉크젯 프린트는 대부분 Piezo Type의 헤드를 장착하고 있으며, 잉크의 개발도 이에 맞추어 진행되고 있다. 일반적으로 잉크 방울이 형성되는 물리적 현상을 고찰해 보면, 잉크가 sphere 형태로 존재할 때의 표면 에너지가 cylinder 형태로 존재할 때의 표면 에너지보다 작기 때문에, 잉크의 laminar flow jet이 잉크 방울을 형성하게 된다(Fig. 3)¹⁾.

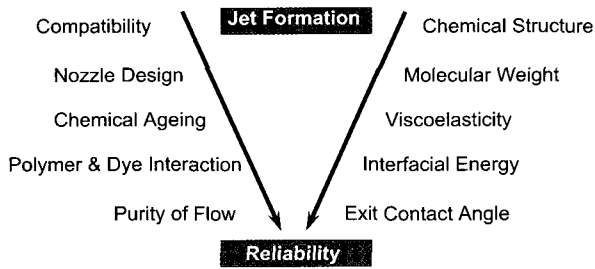


Fig. 2. 잉크 개발 시 고려되어야 할 물성.

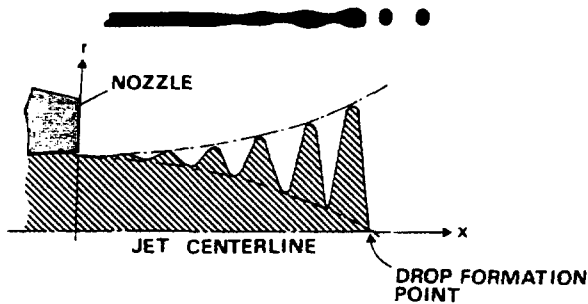


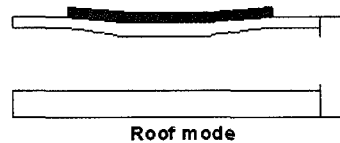
Fig. 3. Laminar flow jet breaks up into droplets.

잉크가 잉크젯 헤드에서 최적 상태로 jetting 되기 위해서는 frequency, 노즐의 dimension, jetting 속도 등의 요소들이 동시에 고려되어야 하며, 이때 잉크의 물성 즉 점도, 표면 장력, pH, 입자 크기 등도 간과되어서는 안 될 중요한 요소이다. 잉크의 물성은 잉크젯 헤드와 밀접한 연관성을 지니고 있고, 프린터 기계가 고속화될수록 이에 따른 물성 변화는 더욱 심각하게 고려되어야 하며, 잉크의 건조 속도 또한 프린팅 이미지 품질에 지대한 영향을 미치게 된다. Fig. 4에 piezo 헤드에서의 잉크 drop 형성을 모식화하여 나타내었다¹⁾.

또한 색상 표현에 있어 원단과 잉크의 상호 작용은 매우 중요하며, 원단의 종류와 조직에 따라 표현되는 범위 및 정도도 매우 다르기 때문에 소프트웨어와의 상호연관성을 가지고 잉크 개발이 진행되어야 한다. Fig. 5에서 나타난 바와 같이, 원단과 잉크의 종류에 따라 Calibration file을 만들어 각각의 경우에 적용해 줌으로써 최적의 색상을 구현할 수 있다.

현재 보급되어 있는 디지털 날염용 프린트의 경우 기종에 따라 6색 ~ 12색의 색상을 제공하고 있으며, 색상이 많아질수록 표현할 수 있는 Color Gamut의 크기가 넓어진다. 따라서 대부분의 잉크 제조사의 경우, 기본적인 색상(CMYK ; Cyan, Magenta, Yellow, Black) 외에도 다양한 색상을 개발, 제공함으로써 보다 넓은 Color gamut을 확보하고자 노력하고 있다(Fig. 6). 또한, 스팀, 수세와 같

1. Piezo crystal deforms when electrical pulse applied



2. Drop displaced from nozzle

Fig. 4. Piezo 헤드에서의 잉크의 drop formation.

Table 2. 프린터 헤드에 따른 잉크의 물성표

잉크 물성	CIJ binary	CIJ Multi deflection	DOD piezo	Office piezo	Office TIJ
점도 (cP)	~1.5	3~8	8~12	~1.5	~1.5
표면장력 (dynes/cm)	>35	25~40	>32	>35	>35
입자 최대크기 (micron)	1	3	1	1	0.2
전기전도도 (microsiemens)	yes >500	yes >1000	No	No	No
염 농도 (ppm)	<100	<100	<100	<10	<10

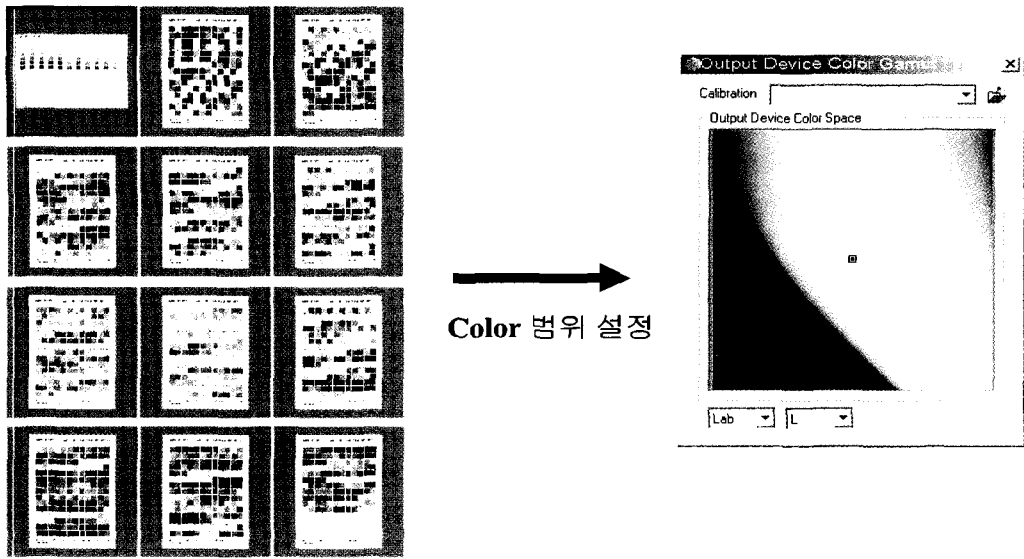


Fig. 5. Color Calibration File.

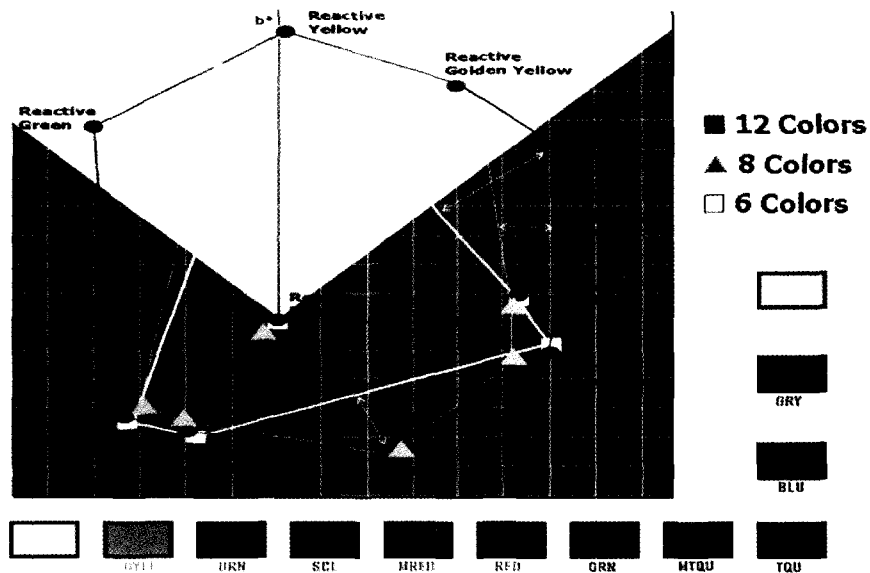


Fig. 6. 잉크 색상 수에 따른 Color Gamut의 변화.

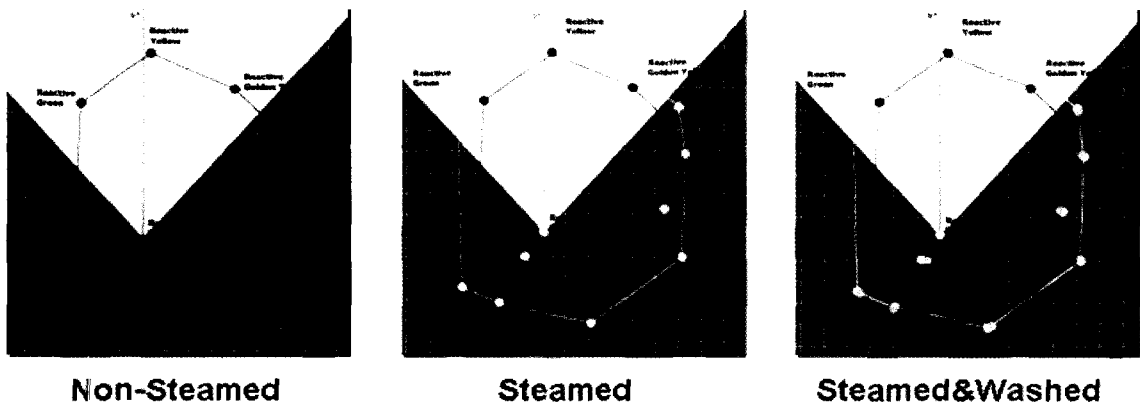


Fig. 7. 공정에 따른 Color Gamut의 변화.

은 후처리 공정에 따라서도 색상표현력이 달라지기 때문에 관련 공정의 표준화 및 공정에 따른 Color Matching이 매우 중요하다고 할 수 있다(Fig. 7).

이상에서 언급한 바와 같이, 잉크 기술 개발의 경우, 단독으로 이루어질 수 없으며, 헤드와의 상호관계, 전, 후처리 공정, 하드웨어 속도 및 구동 메커니즘, 소프트웨어에서의 색상 조정 등과 밀접한 관계를 이루며 상호연관성을 가지고 진행되어야만 뚜렷한 성과를 이룰 수 있다.

3. 국내외 기술개발현황

섬유에 적용된 잉크젯 프린팅 기술은 1960년대에 시작되었고, 낮은 해상도와 속도 때문에 카펫 분야에 처음 적용되었으며, 이후 점차 그 적용영역을 넓혀 왔다. 초기에는 각 분야에서 독자적으로 관련 기술들이 개발되어 왔으나, 최근에는 세계적으로 유명한 업체들이 컨소시엄을 구성하여 각자의 분야에서 신기술 개발을 적극 추진하고 있다. 그 대표적인 예로 Reggiani(이태리)에서 출시되는 DReAM의 경우 헤드기술은 Aprion(이스라엘)에서, 잉크는 Ciba(스위스)에서 공급 받아 디지털 날염 솔루션을 제공하고 있으며, DuPont의 Artistri는 일본 이찌노세에서 엔진을, Xaar의 라이선스를 보유한 Seiko-Epson으로 부터 피에조 헤드를 공급 받아 솔루션을 제공하고 있다²⁾. 이렇게 각 분야에서 최고의 기술을 보유한 업체들끼리 컨소시엄을 형성하여 보다 빠르고 우수한 디지털 날염 시스템을 전 세계적으로 공급하고 있으며, 우수한 경쟁력을 확보하고 있다. 우리나라에서는 2001년 이러한 컨소시엄 형태의 기술개발을 시도하였으나 핵심 기술 부족으로 중단되었다가, 2005년부터 관련 업체 및 연구소를 중심으로 컨소시엄을 형성하여 “디지털 날염기술의 국산화” 과제를 수행하고 있다.

국내의 디지털 날염용 잉크의 개발 동향은 주로 잉크젯용 잉크(OA용 산업용) 개발 업체 및 염료 제조회사를 중심으로 이루어져 왔으며, 디지털 날염용 잉크의 경우 현재 유한킴벌리, 잉크테크, 이스트웰 등의 국내업체에서 개발 및 시제품을 출시하여, 경쟁력을 확보하기 위해 많은 노력을 경주하고 있다.

해외의 경우, Mimaki, Konica, DuPont, Roland, Mutoh 등의 프린트 기기에 적용할 수 있는 잉크

개발 및 판매가 계속적으로 추진되고 있으며, 해외의 주요 프린터 제조업체가 잉크업체와 제휴하여 OEM으로 생산 판매하는 방식이 주류를 이루고 있다.

현재 국내에서 사용되는 디지털 날염용 잉크는 수년 전 대부분 수입에만 의존하던 것과는 달리, 지금은 국내에서 제조된 잉크로 많은 부분을 대체해 나가고 있기 때문에 이와 관련하여서는 향후 전망이 매우 밝다고 하겠다.

디지털 날염용 잉크의 가격은 업체마다 다르지만 일반적으로 쓰고 있는 잉크젯용 산업용(실사 광고) 잉크보다 가격이 비싼 편이다. 디지털 날염용 잉크가 현재 이렇게 비싼 이유는 디지털 날염 시장이 아직 성숙되지 못하였고, 현재 잉크 공급업체의 개발비용이 높기 때문이며, 또한 현재 디지털 날염용 잉크를 만들어 유통시키고 있는 제조회사와 협력관계인 장비 및 헤드 업체의 고가 정책도 잉크가 비싼 이유로 볼 수 있다. 그러나 시스템 도입 초반에 비해 잉크 가격이 많이 저렴해졌으며, 잉크 국산화에 따라 가격은 더욱 내려갈 것으로 사료된다. 잉크의 경우, 앞에서 언급한 바와 같이 염료회사에서 주로 개발을 진행하여 왔으며, Ciba, BASF, Dystar, DuPont 등에서 반응성, 산성, 분산, 안료 잉크 등의 디지털 날염 전용 잉크를 제공하고 있다(Table 3).

초기 디지털 날염용으로 개발된 잉크의 경우 세탁, 일광, 마찰 견뢰도 등의 제반 견뢰도가 우수하지 못해서 실용화에 큰 걸림돌로 작용하였으나, 현재 생산, 판매되는 잉크는 우수한 견뢰도를 나타내고, 색상 또한 다양해져 고객의 요구를 점차 만족시키고 있다.

앞에서 언급한 바와 같이 해외 선진국들의 잉크 개발은 헤드 및 섬유 업체와의 협력체계 하에서 표준화된 시험을 통해 개발되고 있는 반면에, 국내 잉크 개발 업체에서는 자체 잉크 제조기술만을 이용하여 개발하는 실정이다. 결국 시장이 형성되지 않은 국내의 현실에서 자체 잉크 실험만을 통해 개발된 잉크를 객관적으로 시험하고 품질을 개선할 수 있는 기회조차 없는 것이 현실이다. 따라서 선진국의 사례처럼 디지털 잉크젯 날염관련 전문 업체 간의 기술적 제휴를 통해서 고유의 잉크젯 날염 시스템을 개발 및 그 시스템에 적합한 잉크를 개발해야만 세계적인 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 사료된다.

Table 3. 해외 업체의 잉크 개발 동향.

구 분	Dystar	Ciba	BASF	DuPont
반응성잉크	Jettex R (12 colors) for piezo	Cibacron MI (9 colors)	-	Artistri 700 Reactive ink series for piezo (8 colors)
산성잉크	Jettex A (10 colors) for piezo	Ciba LANASET SI (8 colors)	-	Artistri 700 acid ink series for piezo (9 colors)
분산잉크	Jettex D (8 colors) for piezo	Ciba TERASIL DI (8 colors)	Bafixan for thermal head technology (6 Colors)	Artistri 700 disperse ink series for piezo (8 colors)
안료잉크	-	Ciba IRGAPHOR TBI-HC2 for piezo (8 colors)	Helizarin P-Products for piezo (10 colors)	Artistri 700 pigment series for piezo (8 colors)

4. 특허 및 시장 현황

디지털 날염 기술 분야를 대상으로 하여 1980년부터 2004년까지 공개(등록)된 한국공개특허, 일본공개특허, 미국등록특허 데이터를 기준으로 특허 현황 조사를 진행하였다(Table 4)³⁾.

분석결과, 디지털 날염 시스템에 있어 국가별로 소프트웨어 기술 분야의 출원은 미미하며, 전후처리 기술 분야와 잉크 및 하드웨어 기술 분야에 집중되어 있음을 알 수 있었다. 일본특허(706건)는 한국특허(72건)와 미국특허(309건)에 비해 출원건수가 가장 많은 것으로 나타났다. 한국특허의 세부 기술 분야별 점유율을 살펴보면 전후처리 분야가 47%로 가장 높고, 이어서 잉크(35%), H/W(17%), S/W(1%)순으로 나타나며, 전후처리 분야와 잉크 분야가 디지털날염(DTP) 기술 중 약 83%의 점유율을 차지하여 H/W분야나 S/W분야에 비해 특허활동이 활발함을 알 수 있었다.

세부 기술 분야별로 출원증가 추이를 '93~'97년의 출원합산건수와 최근구간인 '98~'02년의 출원합산건수를 상호 비교하여 살펴보면, 잉크분야는 4건에서 21건으로 425%의 구간성장률(산술평균)을 기록

하였고, 출원인 국적별로 세부 기술 분야에 대하여 살펴보면, 잉크 분야는 스위스의 출원(7건)이 우세하나, 그 외에도 여러 국가가 관심을 가지는 기술로 나타났다(Fig. 8). 한국특허에서 연구주체별로 세부 기술 분야에 대하여 살펴보면, 내국 연구주체인 공공기관과 국내기업은 전후처리 분야에 대하여 연구가 활발히 한 반면, 외국 연구주체인 외국기업은 잉크분야에 집중 연구 활동을 하는 것으로 나타났다. 현재 잉크 관련 특허의 출원은 전 세계 디지털 날염 시장의 우위적인 위치 선점을 위한 초석으로 각 관련 업체들 간에 치열한 경쟁이 진행되고 있다.

또한 현재까지의 특허 동향을 보면 디지털날염용 잉크의 경우 대부분 저속 프린터용 헤드에 적합한 잉크가 개발되었으며, 산업용으로 사용할 수 있는 고속 프린터에 적합한 잉크 개발은 이에 비해 극히 미미한 수준이었다.

앞서 언급한 바와 같이, 헤드의 종류와 적용 분야에 따라 요구되는 잉크의 특성이 다르기 때문에 고속 프린터가 개발될 경우, 잉크 원료 간, 잉크와 헤드간의 상용성, 노즐 디자인, 시간에 따른 잉크 물성의 변화, 잉크 유동 등이 조건에 맞게 고려되어야 하며, 이에 관련된 기술개발 분야는 아직도 무궁무진한 발전의 여지를 남겨두고 있다고 할 것이다.

2004년 Printing Industry Center에서 발표한 자료를 보면 2004년 기준으로 Textile printing market의 규모는 총 400~500억 달러(40~50조원) 정도로써, 이 시장 중 Screen printing 분야가 78%, Gravure printing 분야가 16%, Transfer printing 분야가 6%, Ink-jet printing 분야가 0.1% 정도이나 2010년에는

Table 4. 디지털날염용 잉크의 특허분석

기술 분야	자료 구분	대상 국가	분석기간 (출원(등록)시점)	대상 건수
잉크	공개 특허	한국	'93년 ~ '02년	72건
		일본	'79년 ~ '02년	706건
	등록 특허	미국	'82년 ~ '04년	309건

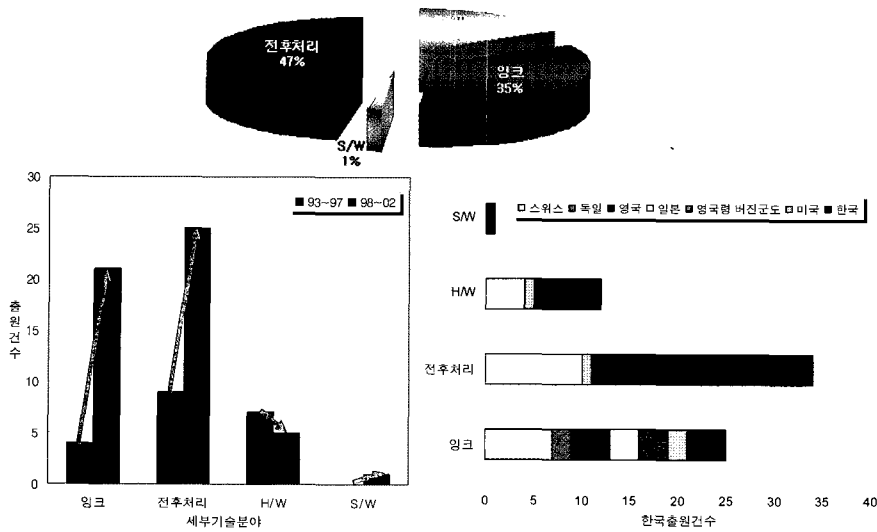


Fig. 8. 한국특허의 세부 기술 분야별 점유율, 증가추이 및 국적별 점유율.

Ink-jet printing 분야가 0.1% 정도에서 10%정도까지 신장할 것으로 예측되고 있다⁴⁾. 이 때 원단량에 따른 잉크 소모량을 계산하여(잉크 1리터당 프린터 기종에 따라 생산 가능한 원단량은 80 ~ 130 m²임. 잉크 가격은 15만원/L) 잉크 시장의 규모를 예측해 보면, 세계 잉크 시장은 3조 5천억원 ~ 4조 8천억원 정도이며, 국내 잉크 시장은 740억원 정도로 추정된다.

5. 결 론

디지털 날염용 잉크 개발의 경우, 요소 기술인 염료처리 기술, 잉크 미세화 제조기술, 잉크화 기술, 분산안정성 구현 기술 등을 이용함으로써 잉크 젯 응용 기술을 확대할 수 있고, 잉크 국산화를 실현하여 기존의 날염에서 한 단계 업그레이드 된 염색기술로 발전함으로써 염색기술의 첨단화와 친환경 염색기술의 국산화에 이바지 할 수 있을 것으로 사료된다. 또 더 나아가 나노 기술 및 정밀화학 기술과 접목될 경우 차세대 첨단 기술 분야로 인정받을 수 있을 것으로 기대된다.

이러한 잉크 기술 개발을 토대로 최적의 디지털 날염 시스템을 구축한다면, 기존의 날염 시스템에 비해 염료 사용량이 적고, 폐수, 폐기물의 양이 적은 DTP 시스템은 도시형 산업으로써 소비자 및 직접적으로 접촉하는 신개념의 서비스를 제공할 수 있으며, 관련 기술을 더 빠르게, 광범위하게 파급할 수 있기 때문에 관련 산업에 큰 효과를 줄 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 2004 IMI Inkjet Academy.
2. H. Ujiie, 'Digital printing of textiles', Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2006.
3. 차세대 디지털 날염 (DTP) 기술의 국산화 기술 개발에 관한 산업분석 최종보고서, 산업자원부, 2005.
4. 2004 Printing Industry Center Report.

저자소개



문수진

1986 서울대학교 섬유공학(학사)
 1990 서울대학교 섬유고분자공학과(석사)
 1992 서울대학교 섬유고분자공학과(박사)
 2002~현재 유한킴벌리 디지털날염사업부 부장
 Tel. : 031-450-8655; Fax. : 031-450-8755
 E-mail : sjmoon2@y-k.co.kr