

## 디지털 날염 시스템의 주요 핵심기술

문수진

유한김벌리

### Core Technology of Digital Textile Printing System

Soo Jin Moon

Yuhan-Kimberly, Digital Textile Printing

섬유패션산업은 지난날 우리 산업을 주도적으로 이끌어 왔지만, 신기술 적용 및 미래를 위한 혁신적인 패러다임의 부재로 인해 점점 그 입지가 줄어들고 있다. 타 산업에 비해 그 발전의 속도 및 투자의 정도가 극히 미미해 지금까지 예견해 오던 대로 아예 사양산업으로 취급되지 않을까 하는 근심이 산업 전반에 팽배해 있다고 할 수 있다. 이러한 문제점을 근본적으로 해결하기 위해서는 디지털, 환경, 나노, 바이오, 디자인 등 핵심기술이 접목된 신 사업 분야의 개발 및 확대가 그 무엇보다도 중요하다.

이에 본고에서는 섬유패션산업에서 새로운 분야로 각광 받고 있는 디지털 날염에 대해 소개하고, 주요핵심 기술을 언급함으로써 디지털 날염에 대한 이해를 돕고자 한다.

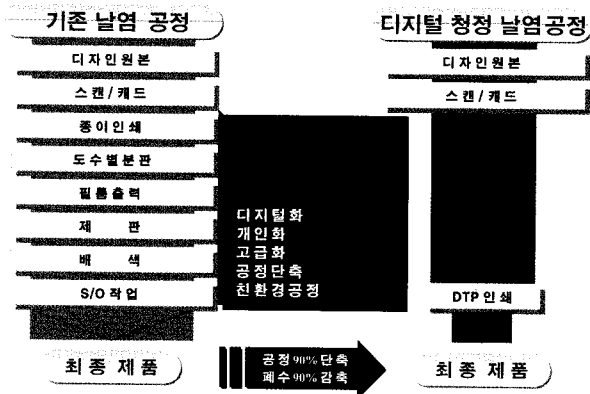


그림 1. 기존 날염 공정 및 디지털 청정 날염 공정의 비교

## 1. 디지털 날염의 장점

디지털 날염은 디자인에서부터 날염까지의 전체 공정을 컴퓨터로 처리함으로써 까다롭고 복잡한 기존 날염 공정을 획기적으로 단축하여, 다품종 소량생산이 가능한 효율적인 날염 방식이며, 디지털 정보기술을 접목한 혁신적인 공정 기술로 섬유제품의 고부가가치화를 실현시켜 한국섬유패션산업의 육성 및 발전을 견인할만한 차세대 산업이다. 디자인 개발에서 샘플생산, 소량생산에 이르기까지 컴퓨터를 이용하여 제도, 제판 없이 직접 날염함으로써, 날염 공정(제도, 제판, 조·배색 등)에 소요되는 공정비용 및 시간을 획기적으로 단축할 수 있는 장점이 있다 (그림 1).

디지털 날염은 유럽에서 시작된 이후, 현재 전 세계적으로 보급되어 사용되고 있으며, 관련 업체들의 기술개발도 급속도로 진행되고 있어, 이 산업과 관련된 미래의 전망은 밝다고 할 수 있다. 디지털 날염은 환경친화적인 사업으로

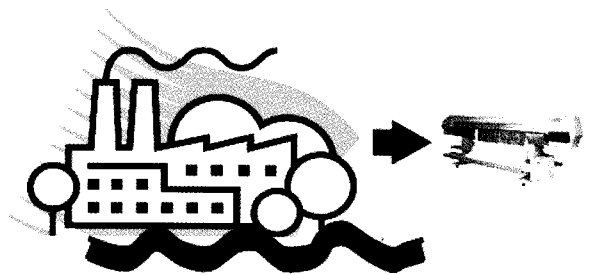


그림 2. 디지털 날염 시스템의 도입으로 인한 작업공간의 최소화



그림 3. 디지털 날염 시스템의 주요 구성요소

기존 날염에 비해 염료(잉크)를 50~200배 정도 덜 사용하기 때문에 과다 잉크의 폐기로 인한 낭비를 없애며, 작업 공정 시 발생하는 소음도 대부분 58데시벨[dB] 이하로서 환경 공해가 없고 기존 날염에 비해 적은 공간을 차지하는 도 시형 무공해 생산 설비를 실현시킨 사업이다 (그림 2).

본고에서는 디지털 날염과 관련된 주요 핵심기술 및 국내의 기술개발 동향을 알아보고자 한다.

## 2. 디지털날염의 주요 핵심기술

디지털 날염 시스템의 주요 요소는 하드웨어인 잉크젯 프린터, 운영소프트웨어(Raster Image Processor, RIP) 및 제품설계소프트웨어(CAD), 잉크, 전, 후처리 공정 등으로 구성되어 있으며 (그림 3), 각 분야에 관련된 다양한 기술들이 전세계에서 지속적으로 개발되어 왔다. 이러한 4가지 요소, 즉, 프린터와 소프트웨어, 잉크, 특수처리원단이 적



그림 4. 고속 디지털 날염 프린터 (왼쪽부터 차례대로, DReAM, Artistri 200, Monnalisa 프린터)

절한 조화를 이루었을 때 최고의 프린팅 품질을 얻을 수 있는 것이 디지털 날염 시스템의 가장 큰 특징이다.

현재 세계 30여 개 회사에서 디지털 날염에 관련된 기술을 개발해 보급하고 있으며, 이탈리아 등의 유럽 패션 강국들을 중심으로 퍼져 나가고 있다. 우리나라의 경우에도 유한킴벌리에서 2001년부터 본격적으로 보급을 시작하였으나, 그 적용사례는 아직 미미한 실정이다. 각 분야별 국내외 기술동향에 대해 구체적으로 언급해 보면 다음과 같다.

### 2-1. 잉크젯 프린터

세계적으로 디지털 날염 프린터 생산 업체는 1999년도 5개에서 2003년에는 27개로 증가하였으며, 현재는 그 수를 헤아릴 수 없을 만큼 많은 업체에서 다양한 프린터를 개발, 보급하고 있다. 프린터 속도도 지속적인 발전으로 수작업 속도인 평균 30m<sup>2</sup>/h로 증가하여 최고 150m<sup>2</sup>/h로 발전하였으며, 프린터헤드의 개발에 따라 다양한 종류의 프린터들이 속속 그 모습을 선보이고 있는 실정이다. 고속 프린터의 경우, 이태리 Reggiani사의 DReAM, Robustelli사의 Monnalisa, 미국 DuPont사의 Artistri 200, 일본 Konica사의 Nassenger V 등을 들 수 있으며(그림 4), 각

표 1. 고속 프린터의 사양 비교표

구 분	DReAM	Monnalisa	Artistri 200	Nassenger V
프린터 제조사	Reggiani	Robustelli	DuPont	Konica Minolta
헤드 종류	Piezo / DOD	Piezo / DOD	Piezo / DOD	Piezo / DOD
헤드 제조사	Aprion (Scitex Vision:이스라엘)	Epson (일본)	Seiko (일본)	Konica Minolta (일본)
사용 잉크	반응성, 산성, 분산, 안료	반응성, 산성, 안료	반응성, 산성, 분산, 안료	반응성, 산성, 분산, 안료
잉크 용량	10L (Pressure Container)	1L (air sealed silver film cartridge)	2L (air sealed Plastic cartridge)	1L (Refill system)
Carriage 수	42 (7×6 Color)	24 (3×8 Color)	16 (2×8 Color)	32 (4×8 Color)
해상도 (단위 : DPI)	Fixed 600×600	360×360(78m <sup>2</sup> /h) 540×540(33m <sup>2</sup> /h) 720×720(26m <sup>2</sup> /h)	600×360 600×540 600×720	360×360 720×720 1440×1440
Speed	150 m <sup>2</sup> /h (600×600/2 Pass/ Bi-direction)	26 m <sup>2</sup> /h (720×720/2 Pass/ Bi-direction)	30 m <sup>2</sup> /h (600×540/2 pass/ Bi-direction)	35 m <sup>2</sup> /h (360×720/ Bi-direction)
원단폭(mm)	1600/2200	1600mm	1800mm	2230mm
Feeder	Blanket	Blanket	Blanket	Blanket

프린터의 사양은 <표 1>에 나타내었다.

프린터의 경우, 최근에는 이처럼 속도가 개선돼 출시되는 경향이 뚜렷하며 또한 섬유 원단 종류가 다양해짐에 따라 신축성 원단, 니트, 박지 등 일반적으로 지금까지 디지털 날염 프린터에 적용됐던 원단 이외에 다양한 원단에 프린트할 수 있도록 프린터가 개선되어 출시되고 있다. 따라서 지금까지 디지털 날염을 샘플 개발 및 소량생산에만 적용하던 것을, 현장 날염용으로 까지 확대하려는 시도가 이탈리아 등의 유럽에서 빈번하게 일어나고 있으며, 전세계적으로 확대 보급되고 있다.

소형 프린터의 경우, 현재 피에조(Piezo) 방식이 보편화되어 있으며, EPSON HEAD를 장착한 미마키(Mimaki), 롤랜드(Roland), 무토(Mutoh) 등을 섬유용으로 개조하여 사용하는 것이 가장 보편적이다(그림 5). 국내에서는 주로 이러한 소형 프린터를 제공하고 있으며, 대표적인 업체로는 유한킴벌리, 태일시스템, 마커스를 들 수 있다.

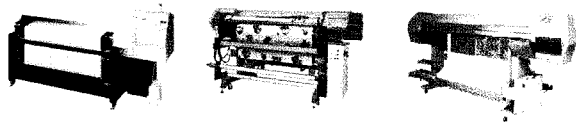


그림 5. 소형 디지털 날염 프린터 (왼쪽에서부터 차례로, 마커스, 태일시스템, 유한킴벌리 프린터를 나타냄)

앞에서 언급한 바와 같이, 디지털 날염 프린터는 현장생산을 목표로 점차 대형화, 고속화 되어 가고 있으며, 그 적용 범위도 점점 확대되고 있어 향후 날염 산업을 주도적으로 이끌어 갈 것으로 예측된다.

## 2-2. 디지털 날염용 잉크

디지털 날염용 잉크의 경우는 실사 시장에 적용되고 있는 잉크와 달리, 염료가 섬유에 염착되는 메카니즘에 의하여 진행되어야 하기 때문에, 기존 날염 공장에서 사용되는 염료가 그대로 적용되어야만 한다. 현수막 등의 실사출력은 비교적 쉽게 섬유원단에 프린팅 할 수 있는데, 그 이유는 짧은 시간 사용하고 폐기 처분하므로 세탁, 마찰, 등에 대한 내구성을 크게 고려하지 않아도 되기 때문이다. 또한 실제 현수막 등은 인체 피부와 접촉 없이 사용되므로 솔벤트 잉크가 주로 사용되고 있는 실정이다. 이에 비하여 디지털 날염의 경우에는 염착 메카니즘에 의하여 염료(잉크)가 섬유에 염착되어야 하기 때문에 셀룰로스계 섬유소재(면, 마 등)는 반응염료, 폴리에스테르는 분산염료, 실크는 산성염료 등을 사용하여야 하며 세탁, 마찰, 일광 등에 대

한 견뢰도(내구성)가 우수하여야 실용화, 상용화가 가능하다. 현재 전세계적으로 잉크를 공급하는 업체는 굉장히 많지만, 섬유용 잉크를 공급하는 업체로는 Dystar, Huntsman, DuPont, Sensient, BASF, 유한킴벌리 등을 대표적으로 꼽을 수 있다. 섬유에 따른 염료의 선택과 상호작용을 <표 3>에 나타내었다.

표 3. 섬유에 따른 잉크의 선택과 상호 작용

잉크의 종류	섬유	상호 작용
반응성 잉크	면, 실크	Covalent bonding
산성 잉크	실크, 양모, 나일론	Electrostatic, H-bonding
분산 잉크	폴리에스테르 등 합성섬유	Hydrophobic- Solid State Mechanism
안료 잉크	거의 모든 섬유	Polymer bonding

초기 디지털 날염용으로 개발된 잉크는 세탁, 일광, 마찰 견뢰도 등의 제반 견뢰도가 우수하지 못하여 상용화에 큰 걸림돌로 작용하였으나, 현재 시장에서 제공되는 잉크는 우수한 견뢰도를 나타내고 있으며, 색상 또한 다양해져 고객의 요구를 만족시키고 있다. 현재 섬유 디지털 날염용 잉크의 경우 물에 녹기 쉽고, 색상표현 영역이 넓으며, 발색성이 우수하고, 토출 안정성이 좋은 염료계가 주류를 이루고 있다. 그러나 염료계는 안료계와 비교해 볼 때 내수성이 좋지 않고, 빛에도 약하며, 기존의 날염과 비교해 볼 때 농색 표현이 어렵다. 또한 종이에 대한 인쇄와 직물에 대한 인쇄 방식의 차이로 종이 인쇄보다 섬세한 표현이 어렵고, 종이와 같이 직물에도 전처리를 별도로 해 주어야 하는 번거로움이 있다. 이외에도 직물의 종류에 따라 사용하는 염료를 달리해야 할 필요가 있으며, 잉크로 인해 노즐이 막히는 nozzle clogging 현상 등의 여러 가지 문제점을 가지고 있다. 일반 스크린 날염에서는 125g/m<sup>2</sup>의 색호가 도포되는데 비하여 디지털 잉크젯 날염에서는 잉크의 토출량이 상대적으로 적어, 염착 농도의 차이가 생긴다. 따라서 높은 염착 농도를 가지는 염료를 적용한 잉크의 개발이 요구되고 있으며, 이러한 요구에 따라 농색의 잉크를 제공하는 업체들이 속속 등장하고 있다. 이에 비해 안료계는 피인쇄물을 가리지 않고 뛰어난 내수성, 내광성을 얻을 수 있지만, 색상표현 영역이나 농색표현, 신뢰성 등에 문제가 있어, 현재 지속적인 기술개발을 통해 이러한 문제점을 극복해 나가고 있는 실정이다. 안료 잉크가 수용성 잉크의 색상 표현력을 어느 정도 커버하고, 신뢰성 있게 프린팅 될 경우, 그 파급효과는 엄청날 것으로 기대되고 있다. 최고 품질의 잉크를 개발하기 위해서는 잉크 원료 간, 잉크와 해

드 간의 상용성, 노즐 디자인, 시간에 따른 잉크 물성의 변화, 잉크 유동성 등을 고려해야 하며<그림 6>, 최종 제품의 개발을 위해서는 엄청난 횟수의 formulation trial 및 fine tuning 이 요구된다.

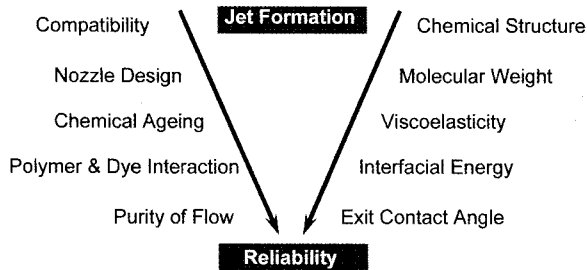


그림 6. 잉크 개발 시 고려되어야 할 물성

### 2-3. 소프트웨어

디지털 날염 시스템에서 사용되는 소프트웨어는 크게 2 가지로 나누어져 있으며, 그 중 RIP(Raster Image Processor) 소프트웨어는 기존 날염 공정을 디지털화 할 수 있는 구동 프로그램으로서, 디자인의 Colorway를 용이하게 하며, 이외에도 망점 조절 효과, 칼라보정 등의 다양한 기능을 제공한다(그림 7). 또한 고객의 사용 편의를 위해 시중에서 많이 사용되고 있는 포토샵과 연동될 수 있는 기능들을 제공하고 있는 프로그램도 있다. 외국의 경우, 전문 소프트웨어 개발 업체가 각 잉크젯 프린터 기종에 호환이 가능한 디지털 날염 전용 소프트웨어를 개발하여 전문적으로 판매하고 있으며, 디지털 날염 시스템을 제공하는 업체에서 소프트웨어를 자체적으로 개발하여 제공하는 경우도 많다.

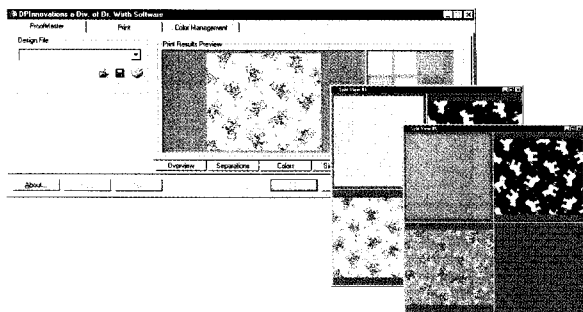


그림 7. 소프트웨어에서 제공하는 분판 및 Colorway 기능

Computer 화면에서 디자인된 디자인물이 최종적으로 원단에 출력되었을 경우, 빛의 3원색으로 구현되는 모니터의 출력방식과 잉크로 출력된 색상의 표현방법이 달라 이색현상이 나타나므로 기획자가 원하는 색상을 최종적으로 출력

하기 위해서는 CMS(Color Matching System) 프로그램이 절실히 요구되고 있으며, 이와 관련하여 많은 연구개발이 이루어지고 있다. 이외에도 기존 날염 공정과 디지털 날염 공정을 연계할 수 있는 소프트웨어의 개발도 요구되고 있는 실정이다.

### 2-4. 원단 전,후처리

최적의 디지털 날염물을 얻기 위해서는 원단에 따른 전, 후처리 공정이 무엇보다 중요하다. 현재 디지털 날염 공정이 확대 보급되지 않는 여러 가지 문제점 중에 가장 큰 걸림돌로 인식되고 있는 것도 전, 후처리 공정의 복잡성이다. 즉 디지털 날염 시스템을 이용하여 프린팅 공정은 손쉽게 이루어지지만, 그 전후에 필요로 하는 공정들이 복잡하여 최적의 디지털 날염물 생산이 매우 힘든 실정이다. 2005년 싱가포르에서 개최된 ITMA에서는 디지털 날염 분야에서 디지털 날염용 프린터에 대한 전시가 대부분이었지만, 일본에서 개최된 제7회 OTEMAS에서는 다양한 디지털 날염용 프린터 외에 해당 소프트웨어는 물론 디지털 날염용 직물 전, 후처리 설비 등이 함께 전시되어 프린터뿐만 아니라 주변 기술에 대한 중요성을 각별히 강조했다는 점도 이를 뒷받침해 주고 있다.

디지털 날염용 직물의 전처리리는 수용성 잉크 사용 시 (반응성, 산성, 분산) 고 발색성과 잉크의 번짐 현상이 없는 선명한 무늬를 얻기 위하여 반드시 필요한 공정이다. 이와 관련해서는 크게 두 가지 기술 분야가 있는데, 원단 및 잉크 종류에 따른 전처리액 개발 분야와 이를 적용할 수 있는 기기 개발 분야이다. 섬유 선진국인 일본 및 이탈리아에서 다양한 전처리액을 개발하고 있으며, 잉크의 겔(gel)화, 발수제를 함유하는 수용액으로 처리, 섬유에 부착성 수지 형성, 염료의 이온성 활용 등으로 크게 관련 기술을 분류할 수 있다. 이들 중에서 직물에 고분자 등의 부착성 물질과 번짐 방지를 위한 무기물을 이용하는 기술을 주로 이용하고 있으며, 최근에 많은 기술들이 개발되어 실제로 적용되고 있다. 전,후처리 장치의 경우에는 일본 및 이탈리아, 호주, 한국 등에서 디지털 날염 전용으로 개발되고 있으며, 증열, 세정, 건조 등의 연속 공정이 가능한 직물 전처리 및 후처리 통합설비, 또는 각 공정에 필요한 독립설비 등이 있다. 앞에서 언급한 바와 같이, 디지털 날염 시스템은 샘플준비, 소량생산에의 적용을 넘어서, mass customization을 실현할 수 있는 차세대 공정이다. 따라서 최고의 제품 생산을 위해서는 전, 후처리 분야의 기술도 결코 간과되어서는 안 될 중요한 부분이라고 할 수 있겠다.

### 3. 결 론

본고에서는 디지털 날염과 관련된 주요 기술에 대해서 자세하게 언급하였다. 세계적으로 잉크젯 분야의 하드웨어, 소프트웨어, 헤드 및 잉크와 관련하여 기술 개발이 빠른 속도로 진행되고 있으며, 향후 이는 섬유패션산업을 이끌어 갈 주도적인 기술로서 각광을 받을 것으로 기대된다. 따라서 이 분야에 대한 기술 개발 및 투자에 적극적으로 참여함으로써, 세계적인 디지털 패션 강국으로 거듭나기를 기대해 본다.

### 참고문헌

차세대 디지털 날염 (DTP) 기술의 국산화 기술개발에 관한 산업분석 최종보고서, 산업자원부, 2005  
 H. Ujiie, 'Digital printing of textiles', Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, 2006  
 2004 IMI Inkjet Academy  
 2004 Printing Industry Center Report  
 2006 유한킴벌리 시장조사 보고서

---

### 문 수 진

서울대학교 공과대학원 섬유고분자공학과 공학사  
 서울대학교 공과대학원 섬유고분자공학과 공학석사  
 서울대학교 공과대학원 섬유고분자공학과 공학박사  
 산업자원부 기술표준원 섬유과 위촉연구원  
 Cornell University Post-Doctor  
 현재 유한킴벌리 DTP Research & Operations 담당(직급 : 이사)

---