

제조분야 자동화시스템 개발동향 및 Smart Factory

1. 서론

섬유산업 중 제직분야는 전통적으로 노동집약적 산업으로 알려져 있는데, 특히 직물을 제조하기 위해서는 사람의 수작업이 필요한 경우가 많고, 공정의 흐름상 여러 단계의 공정을 거치기 때문에 제조공정상에 불량요소 제거, 설비 운영, 품질관리 및 운반 등에 많은 인력이 요구되고 있는 실정이다.

예를 들어 직물을 제조하는 제직공장의 경우, 여러 단계의 공정을 거치게 되는데, 첫 번째 통경(drawing-in)이라는 공정이 행해지는데 이는 경사를 종광(heald), 바디(reed)에 요구하는 규격에 따라 일일이 실을 꿰어주는 작업이다. 이는 사람의 손을 통해 이루어진다. 두 번째로 통경된 경사빔은 다시 직기에 고정하기 위해서 틀걸이 작업을 하게 되는데 이 또한 사람의 손으로 종광틀, 바디 등을 직기의 소정 위치에 고정하게 된다. 세 번째로 직기를 가동하기 위한 준비작업, 불량원인 처리 등 모두 사람의 손을 필요로 한다. 직기라는 설비하나만 보더라도 사람의 손이 많이 요구되는 것이 사실이며, 이는 전체 제직공정에 모두 해당된다고 해도 과언이 아니다.

현재 섬유업계는 인력수급의 어려움과 인건비 상승 등 원가경쟁력 저하와 안정적인 품질확보를 위한 자동화 시스템이 요구되고 있는데, 특히 정보통신기술(ICT) 분야는 시간대별로 급속히 발전하고 있는 상황이며, 요즘 IT 업계에서 ‘사물 인터넷’이 큰 화두가 되고 있다. 사물 인터넷은 물건들끼리도 인터넷으로 연결되어 정보를 주고받고 자료를 공유하는 것으로 이미 건강관리나 스마트 홈, 스마트 자동차 등 다양한 분야에 접목하고 있다.

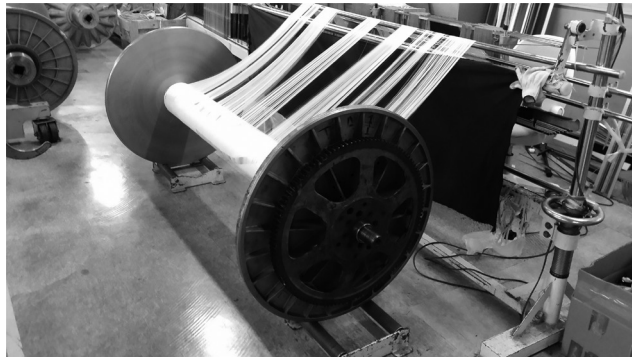


Figure 1. 통경공정.

김 영 수

한국섬유개발연구원
직편물파트장

정 재 훈

한국섬유개발연구원
신제품개발센터장

박 성 우

한국섬유개발연구원
기업지원 본부장



Figure 2. 사물 인터넷과 인터넷 서비스.

예를 들어 스마트폰으로 가정의 모든 가전제품과 소통을 통해 제어하고, 온실의 빛과 습도를 조절하여 식생재배를 원활히 하는 등 사물 인터넷의 폭발적인 성장이 예상되고 있다. 특히 독일의 스마트 팩토리(smart factory)의 경우는 ICT 융합을 통해 생산공정, 조달-물류, 서비스까지 정보통신기술과 연결되어 사물 인터넷과 서비스 인터넷을 구현하는 것을 목표로 본격적인 개발에 들어갔으며, 우리나라도 지난해 6월말 발표해 산업통상자원부가 추진하고 있는 ‘창조경제 구현을 위한 제조업 혁신 3.0 전략’의 핵심 중 하나도 스마트공장이다. 사물 인터넷의 활용이나 시뮬레이션을 통한 맞춤형 자동생산 시스템 구현 등 핵심요소가 유사한 부분이 많다.

하지만 제직공정과 ICT가 융합된 스마트 팩토리는 아직 걸음마 단계로 볼 수 있어 발전성이 높은 신산업 분야라 할 수 있다. 따라서 본 원고에서는 선진 섬유설비의 제조 기술을 확보하고 있는 유럽 및 일본 등의 ICT 융합 또는 자동화 시스템에 대한 유사기술 개발동향과 사례를 알아보려 한다.

2. PC를 이용한 제직기의 모니터링(monitoring)

제직공정의 자동화 시스템의 시초로 볼 수 있는 컴퓨터 모니터링 시스템은 2000년대 들어서 개발되었는데 직기와 중앙 컴퓨터 사이에 상호 정보를 교환할 수 있는 기능을 갖추고 있다. 즉, 컴퓨터는 직기의 각각에 대한 정대횟수와 시동횟수를 기록하고, 정대원인의 형태(경사절, 위사절 및 기계적 요인)를 추적하며, 각각의 정대시간을 기록하여 운전효율과 운전원의 작업능력을 산출하는데 사용되었다.

그러나 상호정보를 교환할 수 있는 상태는 되지 않기 때문에 완벽한 자동화 시스템으로 볼 수 없으며, 이러한 정보 비전달은 제직현장 내에 작업량 할당을 위해 사용되기 때문에 여러 가지 문제를 발생할 우려가 있다.

2.1. 제직현장의 시스템

제직현장 시스템에서 작업량 할당을 위한 팀워크 제직방식은 모든 운전원들이 집단적으로 제직현장 내에 있는 모든 직기를 담당하게 되는데, 이때 컴퓨터는 실시간으로 모든 직기를 운전원과 연결시켜 준다. 이러한 할당방식은 설정된 할당 알고리즘(assignment algorithm) 기준에 따라서 운영된다.

컴퓨터가 직기를 할당해 주기 때문에, 어느 특정 운전원에게 할당된 직기의 운전 상태를 지속적으로 추적해 갈 수 있으며, 각 단계별로 운전원이 불량 및 문제를 해결하는 데 소요되는 시간도 기록할 수 있다. 이와 같이 컴퓨터는 운전원 각자가 어떻게 작업을 수행하고 있는지를 연속적으로 기록하게 된다. 정상적인 상태와 편차도 쉽게 추적할 수 있으며, 이에 따라 적절한 행동을 취할 수 있게 된다. 예를 들어 책임량 이상의 작업을 수행한 운전원에게는 적절한 보상을 줄 수 있지만, 반면에 능률이 떨어지는 운전원에게는 작업결과에 따라 평가할 수 있다.

이러한 사항에 대한 정보는 심지어 일일작업을 기준으로 기록될 수도 있으므로 운전원 효율성에 대해 보다 정밀한 제어가 가능하게 된다. 한편 팀이라는 개념은 품질과 생산성에 관련해서 운전원의 효율성을 향상시키는 데 도움이 된다. 정대/가동에 관한 데이터는 직기와 주요 기계적 문제점을 동일하게 간주하게 되면 실시간에 기초한 분석이 가능해지며, 이에 따른 수정작업을 행할 수 있다. 팀워크 제직에서는 운전원의 이동이 많이 요구되기 때문에 자력으로 추진되는 입도운반차(standing platform)의 사용을 고려해 볼 수 있다. 이런 이동수단을 이용하여 운전원은 직기 사이를 이동할 수 있으므로 운전원의 피로를 최소화시킬 수 있다.

2.2. 할당 알고리즘에서 부수적으로 이용되는 판단기준

실제 여기에 사용되는 알고리즘은 다소 수정하여 정대직기(난이도가 높은 직물 제직대비 일반 직물 제직), 직기의 사용연수(신형 대 구형 : 직기 연수에 따라 감각 상각되기 때문임), 운전원의 숙련도(경험자대 초보자) 및 운전원의 전문성(경사절 보수 전문 대 위사절이나 기계적 결합 보수 전문)에 기인하는 수익 손실과 차이와 같은 여러 인자(因子)들을 고려해 볼 수 있다. 이러한 할당 시스템은 전문가 시스템(expert system)의 특징을 가질 수 있는데, 이는 여러 가지 가동조건을 결정하는 데 사용되는 정보가 사람인 경우에 ‘전문가’가 업무에 관련하여 가진 지식을 보조하는 수준으로 발전하였다.

2.3. 컴퓨터에서 운전원에게로의 정보전달

컴퓨터에서 특정 운전원에게 어떤 직기로 이동시킬 것을 결정하게 되면, 이런 결정은 제직현장에 있는 운전원에게 전달될 필요가 있다. 이때 운전원과 직기들을 동일하게 간주하기 위해서 코드번호로 지정하게 된다. 이는 지시되는 과정을 컴퓨터와 운전원 양측 모두에게 용이하게 인식시키기 위해서인데, 가령 지시내용이 “운전원 Oi는 직기 Mj로 이동하십시오”와 같이 단순화할 수 있다. 여기서 Oi와 Mj는 운전원과 직기 각각에 대한 고유한 코드기호나 번호를 나타낸다.

정보를 전달하는 방법(컴퓨터에서 운전원에게) 중에는 두 가지 중요한 방법이 있는데, 즉 음성을 이용하는 방법과 통신수단으로 전달하는 방법이다. 음성으로 지시를 전달하는 방법은 운전원이 항상 이어폰을 끼고 있어야 하는데, 평상적 일 때에는 음악이 계속 흘러나오다 문제가 발생하면 컴퓨터에서 지시가 보내지게 된다. 즉 음성전달 시스템은 상업적으로 이용이 가능하고, 이미 현장에서도 사용되고 있다. 이와 같은 이어폰은 두 가지 목적, 즉 지시를 전달하는 수단과 소음으로부터 운전원을 보호하는 수단으로 이용되는데 이는 제직현장에 관심을 끄는 중요한 문제이다. 따라서 최근 사용하고 있는 블루투스형의 무선 이어폰을 통한 접목이 가능할 것으로 본다.

스마트폰 또는 핸드폰 등 통신수단을 통해 직기를 지정해주는 방법은 진동저감, 일에 집중하고 있을 때는 지시사항을 놓칠 수 있는 단점이 있으며 제직현장에서 소음으로부터 운전원을 보호하는 문제는 고려되지 않았다. 또한 컴퓨터와 운전원의 통신수단을 연결하기 위한 네트워크 시스템이 필요하여 다소 높은 비용이 부담될 것으로 보인다.

2.4. 운전원에서 컴퓨터에게로의 정보전달

운전원이 제직현장을 떠나 작업위치에 없는 때에도 모든 직기를 조정할 수 있고 없고, 정대가 된 특정 직기만 운전할 수 있도록 컴퓨터에 신호를 보내야 한다. 이는 운전원이 직

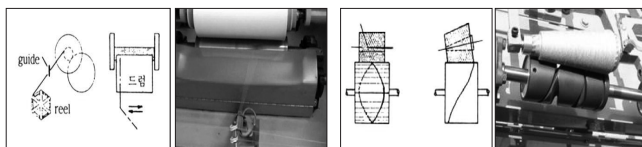


Figure 3. 기계식 와인더.

기에 특수한 코드를 입력시키거나, 이어폰에 있는 스위치를 사용하여 행할 수 있다. 또한 보수작업을 하는 도중에 비정상적인 작업 지연이 일어나면 별도의 코드를 사용하여 이러한 정보를 컴퓨터에 보낼 수 있다.

3. 제직준비설비의 자동화 시스템

제직준비공정의 대표적인 설비로는 권사기, 연사기, 정경기 등이 있다. 제직준비업체들의 경우 업체가 소규모이며, 소기업 형태로서 이들 업체에서의 자동화 시스템을 보유하기는 어려운 상황이며 설비 또한 대부분 기계식 타입으로서 자동제어가 쉽지는 않은 상황이다. 따라서 2010년 이후 개발된 유럽 및 일본 등 선진 섬유제조 설비를 중심으로 자동화 제어 부분에 대해 기술하고자 한다.

3.1. 권사기(winding machine)

기존 기계식 권사기의 경우 드럼 와인더(drum winder) 또는 캠 와인더(cam winder)방식이 주류로 실 곁이와 만권이 된 패키지(package) 교환 등을 수작업으로 진행하였다. 2000년대 이후 이러한 기계식 권사기에서 프리시즌 와인더(precision winder) 방식이 채택되어 만권이 되면 자동 정지되고, 실시간으로 장력 및 사장 등을 모니터링 할 수 있다.

Figure 4는 카펫얀(capet yarn) 및 테크니컬 얀(technical yarn)을 와인딩 할 수 있는 Superba社(프랑스)의 B401 와인더로서 만권 시에 자동으로 커팅하는 동시에 자동 도핑방식을 채택하고 있다. 전자식 센서를 통해 원사절사를 감지하여 자동으로 정지할 수 있으면서 작업조건 100가지를 저장하여 필요 시에 로딩/loading)할 수 있는 기능도 가지고 있으며 전자제어 시스템을 통해 장비이력 및 정보를 스크린에 출력하여 모니터링 할 수 있다.

Figure 5는 240XE/260XE precision winder(Sahm, Germany)로서 장력 저하 및 상승에 따른 자동 장력제어 방식을 채택하고 있으며, 전자식 컨트롤 시스템으로 무한한 와인딩 비율(winding ratio)을 설정할 수 있다.

3.2. 연사기(twisting & covering machine)

기존 기계식 연사기는 실에 꼬임을 부여할 때 꼬임 연수에 따라서 기어(gear)의 종류와 배치를 달리해야 하는데 이러한 기어 조합작업을 수작업으로 진행한다. 또한 장력 및 적정 회전수 등을 실시간으로 모니터링 할 수 없기 때문에 연



Figure 4. B401 winder(Superrba社, France).

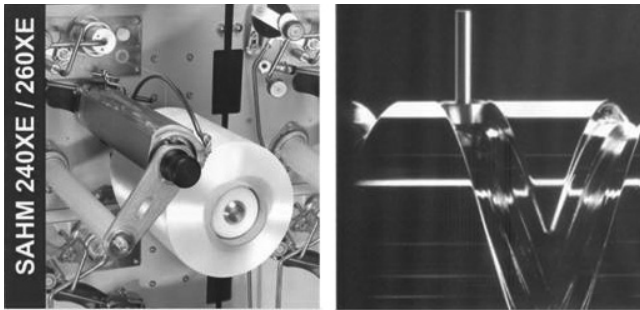


Figure 5. 240XE/260XE precision winder(SAHM, Germany).

사가 된 원사를 검연기 또는 검척기를 통해 설정된 연수가 들어갔는지를 검사해야 한다. 국내에 주로 도입된 연사기는 TFO 연사기(two for one twister)와 링연사기(ring twister)가 대부분이며 주로 기계식 방식이다. 최근에 개발된 연사기의 자동화 시스템에 대하여 몇 가지 예를 들고자 한다.

Figure 6은 산업용 원사 전용 연사 및 합사(doubling)가 가능한 투포원(two for one) 연사방식의 연사기로서 Twixttechnology社(Spain)의 TANDEM이라는 설비이다. 오토 컨트롤 디바이스(auto control device)를 통해 정확한 꼬임을 부여하고, 꼬임수를 정밀하게 측정하여 모니터링 할 수 있으며, 가동 중 사속 및 장력변화 등을 나타내는 동시에 PC & modem을 통해 생산조건과 각종 에러(error)에 대한 복구가 가능한 설비이다.

Figure 7은 타이어코드 전용 연사기로 연사(twisting) 및 합사(doubling)가 동시에 가능한 다기능 연사기이다. 전자식 제어를 통해 추별 작업조건을 상이하게 조정할 수 있으며, 작업조건을 별도의 이동식 저장장치를 통해 저장할 수 있으며, 각종 백업 데이터를 저장하여 에러 복구 등이 가능하며 장력 및 사장 등 실시간 모니터링이 가능하다.



Figure 6. TANDEM(Twixttechnology社, Spain).



Figure 7. Allma TCS(Oerikon Saurer, Germany).

3.3. 정경기(warping machine)

정경기는 작업량에 따라 단사정경기(single end warping machine), 부분정경기(sectional warping machine), 직접정경기(direct warping machine)로 구분할 수 있다. 정경작업은 경사를 나란히 배열하여 요구하는 폭, 밀도, 길이 등을 설정하여 경사빔(warp beam)에 권취하는 공정이다. 정경작업을 구분하자면 크릴(creel) 작업, 드럼(drum) 작업, 권취(take up) 작업 순으로 행해진다. 크릴에 원사를 장착하는 것은 수작업으로 행해지며, 드럼에 경사가 배열되어 정경 및 권취작업이 행해질 때는 모터나 전자제어를 통해 이루어진다.

권사나 연사에 비해 작업이 다소 어려우며, 설비 특성에 따라 자동화의 차이가 크게 나타난다. 정경기의 종류에 따른 자동화 시스템 및 제어장치에 대해 알아보하고자 한다.

Figure 8은 정경기의 종류 중 단사정경기(single end warping machine)로서 CCI Tech Inc.(Taipei)의 Lutan 정경기이다. 크릴에서 원사가 해사되어 드럼에 감기는데 원사가 소진됨에 따라 자동으로 교환할 수 있는 자동 사 교환 장치가 부착되어 있으며, 실시간으로 장력 및 작업진행사항을 모니터링 할 수 있다. 또한 정경된 경사를 권취할 때 전자식 컨트롤을 통해 이동 및 권취작업을 진행할 수 있는 것이 특징이다.

Figure 9는 독일의 Karl mayer社의 단사정경기로서 GOM 시리즈이다. 자동 사교환장치는 기본적으로 장착되어 있으

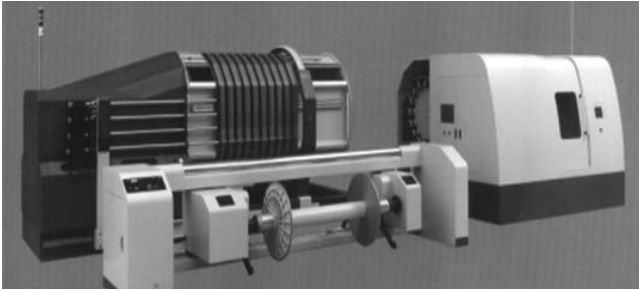


Figure 8. Lutan single end warping machine(CCI社, Taipei).



Figure 9. GOM single end warping machine(Karl mayer社, Germany).

며, 광범위한 사중을 정경할 수 있는 것이 특징이다. 장력 및 사장, 작업진행사항을 실시간으로 모니터링 할 수 있으며, 모뎀을 통한 서비스사와 통신을 통해 예러나 시스템을 복구할 수 있는 장점이 있다.

부분정경의 경우 국내에서도 설비를 생산하고 있으나, 주로 반자동 또는 기계식이 부분정경기가 생산되고 있다. 크릴에서 수직 가닥에서 몇 백 가닥의 원사가 드럼에 권취되고 각 부분별(section) 정경이 끝날 때 마다 현장인력이 다음 부분의 연결 작업을 수행하여야 한다. 드럼에서의 정경작업이 완료되면 이를 다시 경사빔(warp beam)에 권취할 때도 드럼 파트에서 권취파트까지 수작업으로 연결해 주는 작업이 필요하다.

Figure 10은 독일의 Karl mayer社의 자동부분정경기(automatic sectional warping machine)로 크릴에서 드럼까지 실걸이를 하고 나면 자동으로 부분별 정경이 이루어진다. 각 부분별 정경이 끝날 때 마다 리징 그리퍼가(leasing gripper) 3D 입체적으로 위치를 자동으로 선정하여 사람의 손 역할을 대신한다. 또한 크릴부에는 전자 장력 센서가 부착되어 있어 실시간으로 원사의 장력을 모니터링하면서, 설정한 장력 범위보다 초과하거나 저하될 때 자동으로 정지하는 기능이 갖추고 있다. 드럼의 사중 높이를 레이저로 감지하여 사중

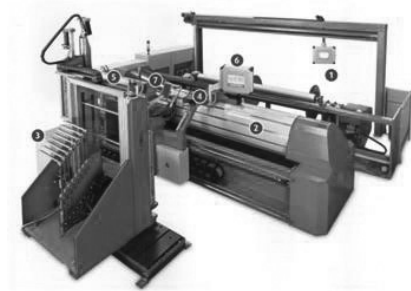


Figure 10. NOM Automatic sectional warping machine(Karl mayer社, Germany).

이 증가함에 따른 장력 보정도 자동으로 제어하는 시스템을 갖추고 있으며 설비의 이상 및 문제발생 시 모뎀의 통신을 통하여 실시간으로 제어 및 복구할 수 있는 기능도 보유하고 있다.

4. 제직설비의 자동화 시스템

제직설비는 위입 형태에 따라서 워터제트직기(water jet loom), 에어제트직기(air jet loom), 래피어직기(rapier loom) 등이 있다. 도입 시기에 따라 설비의 자동제어 부분은 큰 차이가 있으며, 2000년 도입 설비의 경우 자동 제어 시스템이 상업화 된 것으로 볼 수 있다. 앞서 PC를 이용한 제직기의 모니터링에 대해 언급하였지만, 본 원고에서는 직기 자체의 자동제어 시스템에 대해 알아보고자 하며 주로 유럽 및 일본 중심으로 기술하고자 한다.

4.1. 워터제트직기(water jet loom)

워터제트직기는 수압을 이용하여 위사를 위입하는 직기로서, 화섬 및 필라멘트를 주로 제직한다. 물을 사용하기 때문에 전자적인 제어에 일부 제약이 있어 위사의 위입 여부를 판별하기 위해 광센서를 이용하는데, 그 원리는 위사의 피크(pick)가 위입이 안정되면 일정한 간격으로 광센서의 빛을 막게 된다. 위사의 위입이 불안정하여 피크의 간격이 맞지 않게 되면 광센서가 이를 감지해 자동으로 정지하게 되는 원리이다. 또한 실시간으로 원단생산량, 불량률, 정대시간, 정대원인 및 가동률 등을 모니터링 할 수 있다. 하지만 아직도 위입 조건을 위한 수압, 수량 및 타이밍 조정은 수작업을 통하여 행해진다. Figure 11은 일본의 Toyota社의 최신 워터제트직기인 LMT 710으로 1250 rpm의 최고의 생산속도를 나



Figure 11. LWT 710 water jet loom(Toyota, Japan).

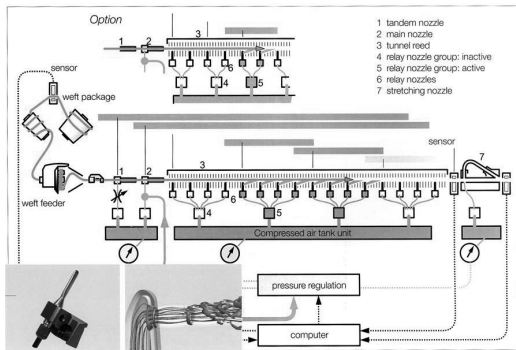


Figure 12. 공기저감을 위한 시스템.

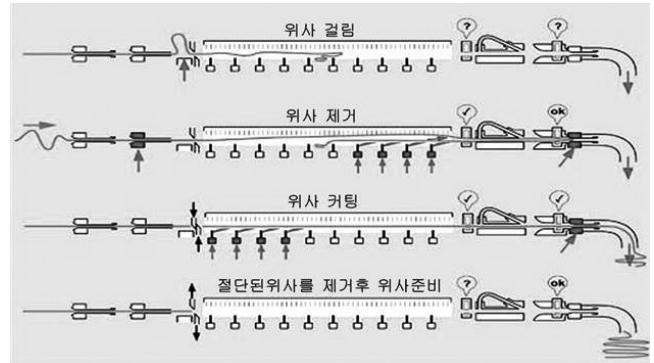


Figure 13. 에어 위사 걸림 제거공정.



Figure 14. JAT 810 air jet loom(Toyota, Japan).

타내며, 최상의 통신제어 기술을 통해 각종 전자 이상을 복구할 수 있는 기능을 가지고 있다.

4.2. 에어제트직기(air jet loom)

에어제트직기는 고압의 공기를 이용하여 위사를 위입하는 설비로서 화섬 및 교직 등 광범위한 직물제조가 가능하다. 고압의 공기를 사용하여 별도의 컴프레서(compressor)를 사용하기 때문에 전력비가 다소 증가한다. 이러한 사유로 특히 에어제트직기는 공기소모량 저감에 노력을 하고 있으며, 공기 저감을 위한 위입 시스템을 Figure 12에 나타내었다. 즉 위사를 최초 위입하기 위해 메인 노즐(main nozzle)을 통해 날아가고 이후 서브 노즐(sub nozzle)의 공기 방향에 따라 직진하게 되는데, 위사가 각 서브노즐을 지나가면 자동으로 서브노즐의 공기는 막아 불필요한 에어를 절감하는 방식이다.

자동제어시스템은 공기압을 자동으로 조절할 수 있으며, 위사가 절단되거나 걸리게 되는 등의 간단한 정대 시에는 에어 위사걸림 제거공정 방식으로 재가동할 수 있는 APS(auto picking system) 장치로 무인으로 가동할 수 있는 특징도 있다. 위입의 정상 유무는 워터제트와 마찬가지로 광센서를 이용하거나 특수한 센서를 통해 감지하여 위입 이상

이 발생할 경우에는 자동으로 정대 된다. 제직조건, 조직입력 및 각종 가동상태 정보 등을 실시간으로 모니터링 할 수 있다.

Figure 14는 일본의 Toyota社의 최신 워터제트직기인 JAT 810으로 초보 운영자를 위한 WAS(weave assist system)을 도입하여 한층 더 쉽게 조작할 수 있도록 편의사항을 제공하였으며, 실시간으로 제조사와 통신하여 시스템 복구 및 에러 이상 조치를 수행할 수 있는 TRCS(toyota real time computer system)을 제공하고 있다.

Figure 15는 Picanol社(Belgium)의 OMNI plus air jet loom으로서 EPR (electronic pressure regulator) 시스템을 채택하여 위입의 일관성과 효율적 사용이 가능하며, 에어 워브(air-weave) 시스템을 통해 공기압을 자동 측정하여 릴레이 노즐(relay nozzle)에 공급하는 방식을 채택하여 340 mm 광폭직물 제조가 가능하다.

4.3. 래피어직기(rapier loom)

래피어직기는 그리퍼(gripper) 또는 파지기구를 이용하여 위사를 위입하는 설비로서 화섬 및 교직 등 광범위한 직물 제조 및 고 난이도 직물 생산에 적합하다. 파지기구에 의한

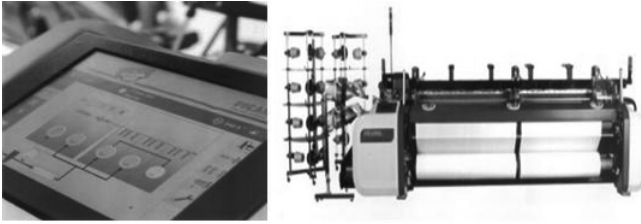


Figure 15. Opti plus air jet loom(Picanol社, Belgium).

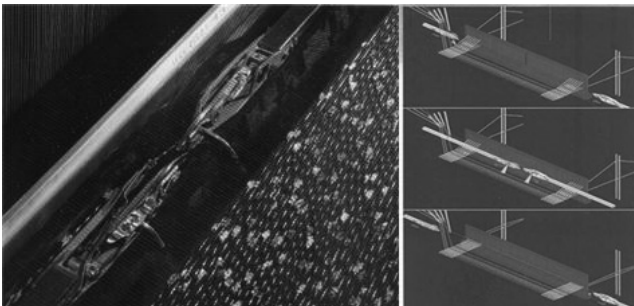


Figure 16. Positive weft insertion type.

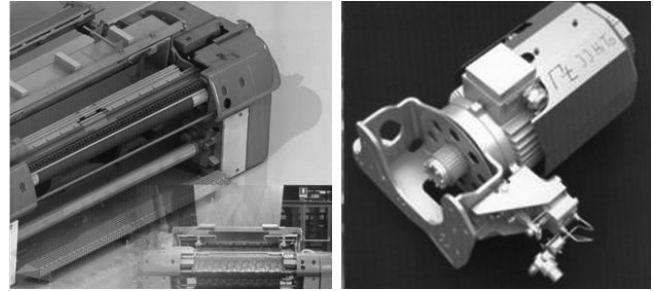


Figure 17. E-58 rapier loom(Panter社, Italy), direct drive.

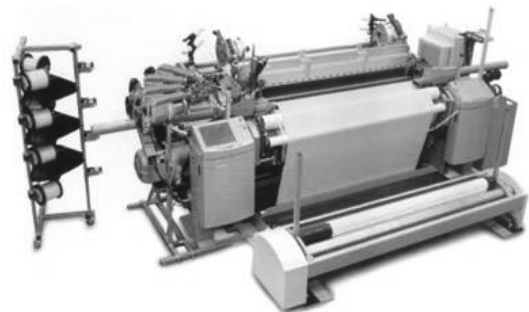


Figure 18. P1 rapier loom(Donier社, Germany).

위입이기 때문에 위입 안정성이 대단히 높아 실의 형태 및 굵기 등에 상관없이 제작할 수 있는 것이 특징이다. 래피어 직기는 앞서 워터제트직기, 에어제트직기에 비해 생산속도가 낮아 가동률 향상을 위한 제어장치에 포커스를 맞추고 있다. 그리퍼가 주행하는 길이를 1/2로 낮추기 위한 방법으로 포지티브(positive)형 위입방식을 채택하고 있다.

래피어직기의 자동제어 방식은 앞에서 언급된 에어제트 직기의 자동제어 방식과 유사하나 위입방식이 다르기 때문에 약간의 차이는 있다.

Figure 17은 Panter社의 E-58 rapier loom으로서 메인 구동을 위해 direct drive를 채용함으로써 에너지 효율성을 높이는 동시에 고속생산이 가능한 방식을 개발하였고, 위사의 섬도 10~3,500 d까지 광범위한 위입이 가능한 위입 자동화 방식을 채택하여 위사의 섬도 및 형태에 따른 과지압력을 달리 할 수 있는 특징이 있다.

최근 산업용 및 특수직물의 제작이 증가함에 따라 테크니컬 원사의 특성에 적합한 전용 래피어직기도 출시되어 상품화되고 있다. Figure 18은 아라미드 직물을 제작할 수 있는 Donier社의 P1 래피어직기이다.

최신 개구장치로 28매 전자도비를 장착하고 있으며, 위사의 특성에 따라 칼라 셀렉터(color selector)의 확장성 및 그리퍼(gripper)의 과지력이 우수하여 7~4,000 d 범위의 위사 위입

이 가능하다.

또한 아라미드의 저신도 특성과 필링현상을 고려한 자동 위사공급 장치를 적용하여 장력조절 및 필링현상을 방지하도록 설계되었다.

경사의 아라미드 적용 시 저장력에 따른 장력보정을 위해 다이내믹 와프가이드(dynamic warp-guide)를 개발하여, 개구, 폐구 및 바디침에 따른 장력 보정을 자동으로 할 수 있으며, 전자식 송출 및 권취를 통해 정밀하게 장력을 제어할 수 있는 것이 특징이다. 또한 windows 운영체제의 PC 프로그램으로 간편하게 조건 및 데이터를 설정할 수 있으며, 인터넷 통신을 통해 제조사의 서비스를 쉽게 받을 수 있어 데이터 복구 및 이상조치가 용이하다.

범용성 및 자동화가 뛰어난 래피어 직기로서 Picanol社의 opti max 시리즈의 래피어 직기를 Figure 21에 나타내었다. 위입 안정성을 위해 포지티브 위입방식을 채택하였고, 위사의 종류에 따른 제직속도를 자동으로 제어할 수 있는 옵티 스피드(opti-speed) 방식을 개발하여 상품화 했다. 또한 마이크로 프로세스 기반의 블루박스(blue box)라는 PC 운영체제를 통해 자가 진단과 설비의 정대 정보를 모니터링 할 수 있으며 보다 쉽고 용이하게 운영할 수 있는 것이 특징이다.

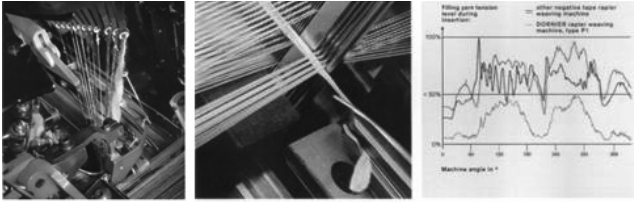


Figure 19. 위입 셀렉터 및 위사의 파지력에 따른 장력 비교.

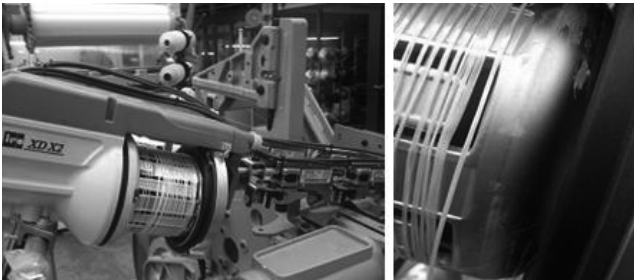


Figure 20. 자동 위사공급 장치.



Figure 21. Opti max series rapier loom(Picanol社, Belgium).

4.4. 기타 제직설비

4.4.1. 전자자카드(electronic jacquard)

전자자카드의 경우 Staubli(Switzerland)를 중심으로 개발되고 있는데, 보통의 전자자카드는 직기와 연결하기 위한 구동 드라이브가 있는데, 이를 대신하기 위해 전자식 통신 모듈을 통해 드라이브 연결 없이 직기를 가동할 수 있어 직기의 진동에 따른 자카드의 영향이 전혀 없어 제직성 및 내구성을 향상시키는 방식을 상용화했다.

4.4.2. 자동통경기(automatic drawing-in machine)

통경작업은 경사의 한 올마다 종광, 바디에 인입하는 작업으로 지금도 수작업을 통해 대부분 이루어진다. 하지만 통경 작업자의 인력이 고령화되고 감소하면서 통경작업의 자동화 및 고속화가 중요시 되고 있으며, 국내의 경우 2011년 자동통경기(automatic drawing-in machine) 국내 판매 댓수가 약 70여 대로 추정되고 있어 이러한 수요는 점차적으로 증가할 것으로 보인다. 자동연경기(automatic leasing machine)는 기존

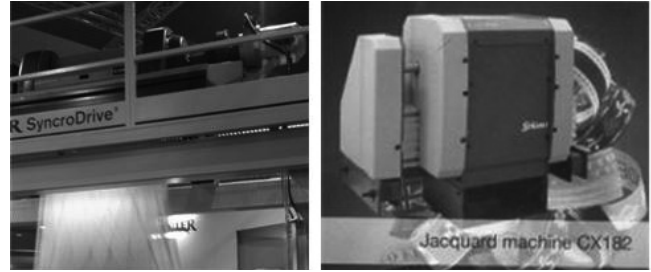


Figure 22. Non-connection drive electronic jacquard(Staubli, Switzerland).

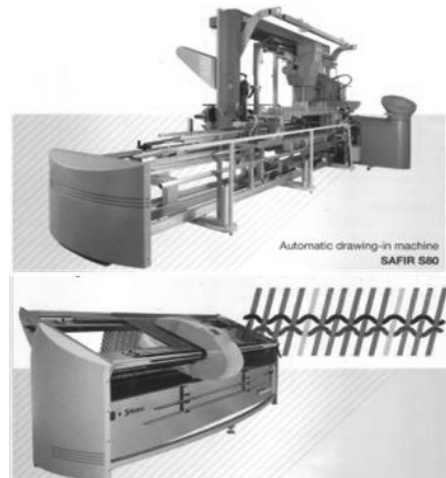


Figure 23. Automatic drawing-in machine & automatic leasing machine(Staubli, Switzerland).

설비보다 업그레이드 되어 매듭의 크기 최소화, 연경 속도 개선 등을 통해 작업 효율성을 높이는데 주력하고 있다.

4.4.3. 샘플 직기(sample loom)

일반 직기에서 샘플을 제조하기 위해서는 경사준비 등 여러 공정을 거쳐야 하나 샘플직기는 작은 량의 원사를 가지고도 충분히 견본을 제조할 수 있다. 이전에 샘플직기는 조직 및 패턴입력을 기계식 방식으로 제어하는데 비하여 Figure 24의 샘플 직기는 패턴 및 조직을 터치패널을 이용하여 입력하면 자동으로 제어된다. 특히 컴팩트한 디자인과 사용자 편의의 인터페이스를 제공함으로써 효과적으로 견본 제작이 가능한 설비이다.

4.4.4. 다축직기(multi-axial loom)

일반 직기의 경위사 교차방향이 수직인데 비하여, 다축 직기는 경사는 길이방향으로 공급되면, 위사의 교차는 20°,



Figure 24. Sample loom(CC社, Taipei).

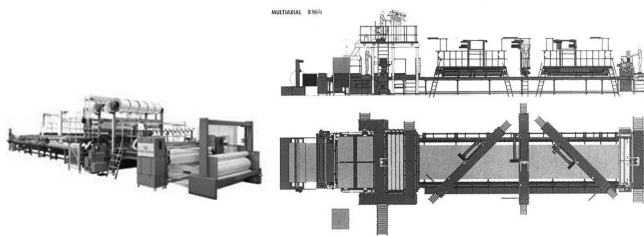


Figure 25. Multi-axial loom(Karl mayer社, Germany).

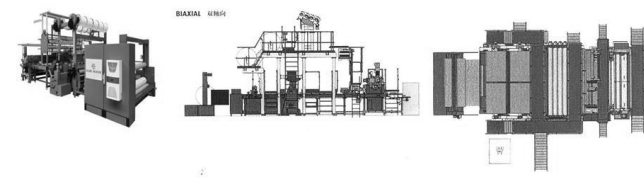


Figure 26. Bi-axial loom.

35°, 45° 등 다양한 각도로 교착이 가능한 설비이다. 이 설비는 위사의 교착 각도를 다양하게 함으로서 유리, 탄소 및 아라미드 섬유를 사용하여 풍력날개, 선체, 자동차, 비행기 등 복합체(composite)제조에 사용되고 있다. 드라이브 및 위사 공급시스템에 의하여 위사의 각도 및 레이어(layer)를 자동으로 조절하여 위사를 공급할 수 있다. Figure 25는 Karl mayer社의 다축직기를 나타내었다.

Table 1. 다축 직기의 설비사양

Maker	Type	작업폭 (inch)	위입방식	경사범 공급	Take up
Karl Mayer	Multiaxial	40~62 79~102	3 layer 45° +45 and -45°	1~2	2~3
	Biaxial	102~132	1 layer 90°		

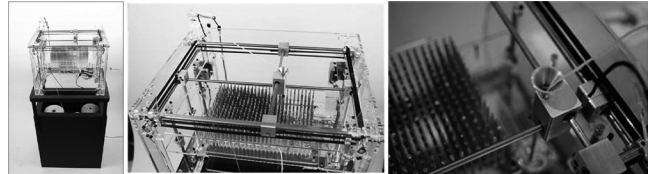


Figure 27. 3 Dimension weaver(SosaFresh, UK).

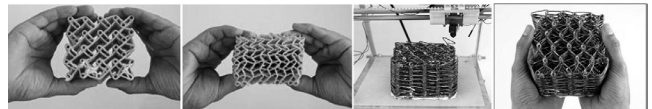


Figure 28. 3 Dimension weave.

4.4.5. 3D 입체 직기(3 dimension weaver)

SosaFresh는 XY 및 Z 좌표를 사용하여 입체 직물을 위해 설계된 직기로 서로 다른 높이에서 경사와 위사를 여러 가지 패턴으로 3차원 직물을 제작하는 설비를 제작하였다.

두 개의 튜브를 통해 원사를 공급하며, 수직 기둥 그리드 주위를 감싸는 기술로 설비는 3D 프린터와 유사한 제조과정에 의존하지만, 추가 공정 및 바인더 결합 없이 입체구조를 유지하며 모든 원사가 역학 스프링 형태를 하고 있어 형태 변화없이 인장과 압축을 자유롭게 이동할 수 있다.

사용 소재로는 면, 양모 및 종이를 포함한 천연 및 하성 섬유로 제작이 가능하고, 제작성을 높이기 위하여 원사에 유연제를 처리할 수 있다. 우선 신발 밑창이 과정을 상용 응용 프로그램을 제공하기 위해 만들었지만 기술에 대한 응용 프로그램은 건축 구조 및 의료 임플란트에 이르기까지 다양하게 응용할 수 있다.

4.4.6. 3D 스페이스 직기(3 dimension space weaving machine)

독일 Karl Mayer社의 3D 스페이스 직기는 폴리에스터, 나일론, 모노사 등 일반 범용 섬유뿐만 아니라 아라미드, 탄소 섬유, 유리섬유, UHMWPE 등 다양한 산업용 섬유를 3D 입체 메쉬(mesh) 형태로 제작이 가능하며, 디자인 및 패턴을 입력하면 자동으로 3D 메쉬 직물제조가 된다.

일반적인 직물형태는 경위사가 교차 되면서 직조되는 반면에 3D 스페이스는 Figure 30과 같이 니트(knit) 즉 손뜨개를 하듯 연속적으로 공급되는 한가닥 또는 여러 가닥의 실이 각 편침(needle)을 사용하여 편환(loop)을 만들고, 이러한 편환은 상부층과 바닥층의 메쉬조직을 만들고 중간의 연결사



Figure 29. 3D space weaving machine(Karl mayer社, Germany)



Figure 32. FX 6.0 circular loom(Starlinger社, Austria).

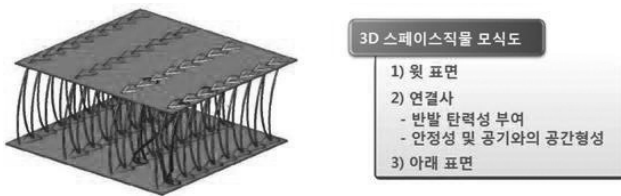


Figure 30. 3D 스페이스 직물의 모식도.



Figure 33. 원형직물의 주요용도.



Figure 31. 3D 스페이스 직물의 용도분야.

에 의해 쿠션층이 만들어 진다.

이런 구조로 3차원 메쉬 직물을 직조하여 자동차 시트, 스포츠레저용품, 캐주얼 의류와 쿠션소재, 식생매트 등 산업용 제품과 같은 다양한 산업에 응용할 수 있다.

4.4.7. 원형 직기(circular loom)

원형직기는 원통형태 3D 형태를 가지면서 그 표면은 직물과 동일한 경위 교차상태를 나타내는 입체 직물이다. Figure 32는 Starlinger社의 PP film을 이용하여 폴리프로필렌 원통 제조용 RX 6.0 모델의 원형직기이다.

각종 의류 및 산업용 소재를 이용한 원통형(환형 구조) 직물제조가 가능하며 조직 및 패턴의 데이터의 저장을 통해 필요시 로딩(loading)할 수 있으며 원사 및 직물의 로드셀(load cell) 장착을 통해 장력을 자동으로 컨트롤 할 수 있는 것이 특징이다.

주요 용도로서는 직물 형태의 원통 백(bag)과 각종 호수 및 배관용 보강재, 필터용도로 적용이 가능하다.

5. 맺음말

해외 선진국의 제직설비들은 정밀한 작업 제어와 측정 장치, 재현성 있는 균일한 제품화 등의 하드웨어적 기술에 강점을 가지면서 소프트웨어 측면인 컴퓨터에 의한 무인화/온라인화/스마트한 작업관리 등에 대한 기술개발이 활발해지고 있는데, 그 중에서도 소프트웨어적인 측면에서는 국내에 비해 상당히 앞서 있는 상황이다.

특히 공통적으로는 설비의 전자패널화, 자료의 백업 및 복원이 용이하고 가동 시스템의 자동화, 융합 시스템 등의 발전으로 사용자의 편의성을 확보하면서 정밀한 작업조건을 확보함으로써 고품질의 제품을 양산할 수 있는 시스템을 갖추고 있다. 하지만 국내외 거의 모든 업체는 스마트 팩토리(smart factory)분야에 아직 걸음마 단계라 볼 수 있다. 단일 설비의 자동화 및 자동 제어부분은 해외 선진국들이 앞선 기술을 가지고 있지만, 생산공정, 조달·물류, 서비스 등 전반적인 분야에 접목은 아직도 미흡한 실정이다.

섬유분야는 다른 분야와 달리 사람의 손이 필요 하는 미세한 작업, 불량 발생, 공정상 조치 및 대응 등 여러 가지 변수가 발생한다. 이에 대한 자동화 부분은 개발된 자동화 설비

의 구축 및 유지관리 비용 대비 기존 수동 시스템에 대한 손익 부분은 먼저 검증되어야 할 것이다. 따라서 비교적 자동화 시스템 접목이 가능한 공정 및 단위를 발굴하여 채택하고 좀 더 확장해 나가는 유연성이 있는 대체 방법이 필요할 것이다. 그러기 위해서는 제직공정과 ICT 융합을 위한 연구 개발 및 시설투자가 절실히 필요한 실정이며, 자동화를 위한 로봇틱스(robotics), 인공지능, 자동화 네트워킹 등의 기술융합을 통해 스마트 팩토리의 기초 기반기술을 확보할 필요가 있다.

참고문헌

1. 한국섬유개발연구원, 기술정보, 2010 ITMA ASIA & CITMA 출품설비의 현황과 특징, 2010.
2. 대구경북섬유산업연합회, 기술정보, 2011 국제 섬유기계 개발동향, 2011.
3. 한국섬유개발연구원, 기술정보, 직물공장 제직공정의 자동화, 2011.
4. 한국섬유개발연구원, 기술정보, 제트직기의 원리와 운영, 2012.
5. 한국섬유개발연구원, 기술정보, 섬유기술론집(제직준비, 제직분야), 2011.
6. 한국섬유개발연구원, 기술정보, 제직공장 운영관리지침서(AJL, WJL 및 Rapier), 2011.
7. 한국섬유개발연구원, 기술정보, 제직준비설비의 개발동향, 2013.
8. 김영수, 산업용 아라미드직물의 직물설계인자가 제직성에 미치는 영향, 2015.
9. 박성우, 스트레치직물의 제직과 가공조건에 따른 수축률 DB화 및 봉제성 평가, 2007.
10. 데이코, 기능성 섬유, 스마트 섬유 동향과 기술개발전략, 2011.
11. <http://www.sosafresh.com/3d-weaver>, 2014



김영수

- 2010. 섬유공정기술사
- 2011-2012. 영남대학교 대학원 섬유공학과 (석사)
- 2005-현재. 한국섬유개발연구원 직편물파트장



정재훈

- 1995-2005. (주)티케이케미칼 기술담당
- 1996-현재. 영남대학교 대학원 섬유공학과 (박사수료)
- 2005-현재. 한국섬유개발연구원 신제품개발센터장



박성우

- 1998-2001. 영남대학교 대학원 섬유공학과 (박사)
- 1987-1994. 동양염공주식회사 품질관리과장
- 1994-현재. 한국섬유개발연구원 기업지원본부장