

## 비의류용 제직기의 현황 및 개발특성

이승구<sup>1</sup> · 김동철<sup>1</sup> · 강태진<sup>2</sup>

### 1. 서 론

오늘날 직기는 과거보다 높은 수준의 고속화 및 자동화를 이룩하고 있는데 이에따라 점점 더 생산성은 높아지고 다양한 종류의 직물생산이 가능하기에 이르렀다. 현재까지 직기의 발전은 대부분 의류용 직물을 제조하는 직기에 한하여 많은 진전이 있었다. 그러나 대량생산에 따른 부가가치의 저하로 의류용 직물을 제조하는 직기의 개발은 점차 한계성을 갖게 되었다. 최근에 의류용이 아닌 다양한 형태의 제직기들이 소개되고 있는데 주로 기존의 직기를 개조한 일반 산업용 제직기와 특수한 섬유강화 복합재료의 프리폼(preform) 제조용 직기 등이 개발되고 있다. 특수한 산업용 제직기는 굵은 필라멘트사나 탄성률이 매우 높은 고성능 무기섬유를 제직하여 "산업용 직물"(industrial textile)을 제조하기 때문에 의류용에 비하여 생산속도가 느리고 많은 에너지 소모와 특수한 제직기구를 갖게 된다.

현재 산업용 직물은 전 산업분야에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있으며 대량생산보다는 다품종 소량생산형의 고가의 제품을 만드는데 많이 이용되고 있다. 아직까지 상업적으로 개발된 산업용 전용 제직기의 종류가 많지는 않으나, 점차 섬유산업에서의 고부가가치를 창출하기 위한 방법으로 많은 연구개발이 행하여지고 있다. 본고에서는 비의류용 제직기의 개발현황을 산업용 제직기를 중심으로 각각의 분야로 나누어 살펴보고자 한다.

### 2. 비의류용 섬유의 현황

비의류용 섬유에 대한 수요현황을 살펴보면 미국, 유럽 및 일본 등의 선진국의 섬유수요에서 점차 비의류용의 점유비율이 높아지고 있는데 통계자료를 보면 Figure 1과 같이 나타난다[1]. 미국의 경우 의류부문의 비율이 40% 정도이고 비의류 부문이 약 60%를 차지하고 있고, 일본도 비의류의 비중이 점차 더 높아지는 경향을 나타내고 있다. 비의류용 분야의 수요전망을 살펴보면 일본의 경우 화섬분야에서 수요량은 1995년에 68만톤 정도이었고 2000년에는 74만톤 그리고 2005년에 80만톤정도로 예상되고 있다. 전체적으로 양적인 확대는 크게 기대하기 어려우나 의류분야의 수요감소와 비교하면 전망이 좋은 편이며 특히, 고부가가치 제품을 중심으로 수요확대가 이루어져 수익성면에서 큰 신장이 기대

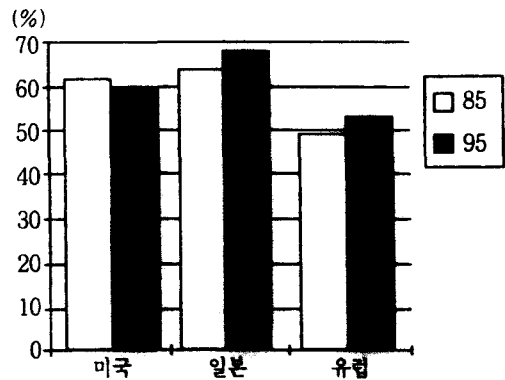


Figure 1. 미국, 유럽, 일본의 섬유소비에서 비의류용의 비율.

Status and Developing Trend of the Weaving Machinery for Industrial Textiles /

Seung Goo Lee<sup>1</sup>, Dong Chul Kim<sup>1</sup>, and Tae Jin Kang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 섬유공학과 국책교수, (305-764) 대전시 유성구 궁동 220, Phone: 042)821-5288, Fax: 042)823-2931, e-mail: lsgoo@hanbat.chungnam.ac.kr

<sup>1</sup>충남대학교 섬유공학과, <sup>2</sup>서울대학교 섬유고분자공학과

**Table 1.** 응용분야별 비의류용 섬유의 증가추세(단위: US\$ millions)[2]

용도	년도					연평균 성장률	주 용 도
	1985년	1990년	1995년	2000년	2005년		
농업/원예용	2517	3154	3636	4382	5088	3.6%	재배용, 원예용, 로프, 내압호스
구조설계용	1392	1973	2501	3109	4000	5.4%	선박/자동차 동체, 건축용 자재
토목섬유	244	423	587	913	1295	8.7%	토사방지재, 배수용, 수로보강재, 차음재
인테리어용	3390	4416	5505	6845	8525	4.7%	매트, 바닥재, 벽면재
가정용	2657	2981	3694	4228	4936	3.1%	모포, 카펫, 침장재료
의료용	3261	4737	5972	7069	8650	5.0%	일회용품, 기저귀, 위생의료재
수송/차량용	7164	9191	9527	10874	12035	2.6%	타이어코드, 내장재, 에어백, 각종 벨트
환경용	546	746	935	1203	1528	5.3%	각종 필터류
포장용	1251	1548	1561	1966	2446	3.4%	라벨, 포장재, 로프, 노끈, 전선피복, 포대
안전/보호용	282	547	768	1058	1437	8.5%	낙하산, 안전장갑, 방염직물, 안전망
스포츠/레저	800	1182	1465	1892	2348	5.5%	헬멧, 라켓, 돛, 텐트 낚시대, 스키, 골프채
Total	27334	35775	41960	50761	61154	4.1%	

된다[1-3]. Table 1에는 비의류용 섬유의 분야별 증가추세에 대하여 전망한 것을 나타내었다. 비의류용 섬유는 기존 분야의 수요확대와 더불어 사회/경제적인 환경과 생활의식의 변화 및 기술 집약화의 진전에 따라 지속적으로 새로운 용도 개발이 이루어질 것이며 그 수요는 더욱 확대될 것으로 예상된다. 특히 고성능 복합재료와 토목 섬유 분야의 산업용 섬유수요의 확대가 기대되며 현재로서는 잘 예측되지 않는 분야에서도 많은 수요가 창출될 수 있을 것으로 사료된다.

### 3. 비의류용 제직기의 현황

비의류용 제직기는 많지는 않았으나 오래전부터 산업용 직물을 제조하면서 제직기의 한 분야로 자리잡고 있었다. 점차 산업용 섬유소재의 발전과 사용확대에 따라 그 수요가 늘어가고 있다. 현재 자세한 통계는 없으나 1992년까지 미국에서는 의류용, 부직포용 설비 다음으로 전체 제직 설비중 대략 10% 이상의 비율을 차지하는 것으로 나타나고 있으며 기존 의류용 직기로도 제직되는 품목이 많기 때문에 다용도성 직기를 고려해보면 상당히 많은 수일 것으로 예상된다.

최근에 산업용 직물 제직을 위한 노력의 하나로 스위스 Sulzer Ruti사에서는 주문형 직기 또는 주문형 제직기술을 개발하고 있다[4]. 주문 개발 방향은 기존의 직기를 약간 개조하여 산업용 섬유의 제직을 가능케 하는 것으로 되어있다.

기존 직기의 구동과 제직 메카니즘을 이용하면서 산업용 직물 제직에 맞게 부품을 보강하거나 일부분을 개조하는 것으로서 다시 의류용 직물 제조에도 그대로 사용할 수 있게 다용도성으로 만드는 것이다. 주 내용은 프로젝트타일(projectile) 방식의 위입기구를 사용하여 기본적인 제직기구에 수요자의 요구에 부응하는 제직사항을 추가하거나 수정한 것이다.

비의류용 제직기를 위입기구별로 분류하여 보면, 극대번수의 필라멘트사나 로빙사 및 고성능 섬유의 단순한 제직은 위입이 확실한 재래식의 북(shuttle) 직기를 사용하여 속도가 느린 것이 단점이다. 굵은 위사를 사용한 초광폭 직물이나 중후직 및 후직의 산업용 직물 제직에는 주로 프로젝트타일형 직기를 사용하게 되며, 레피어 직기는 에어백과 세번수의 산업용 직물 제직에 이용된다. 또한 에어젯형 직기는 필라멘트사로 된 유리섬유 직물을 제직하는데 사용된다. 현재는 북직기가 비의류용 직물 제조의 주종을 이루고 있으며 무북(shuttleless) 직기가 점차 증가하고 있는 추세이다. 위입기구별로 각각의 특성들을 살펴보면 다음과 같다.

#### 3.1. 북직기

고강력 섬유를 사용하는 직물이나 두꺼운 필라멘트사를 사용하는 산업용 직물은 기존의 북을 사용한 역직기를 사용하여 제직하게 된다. 북직기는 위입운동이 확실하고 변사의 연속성이 유지

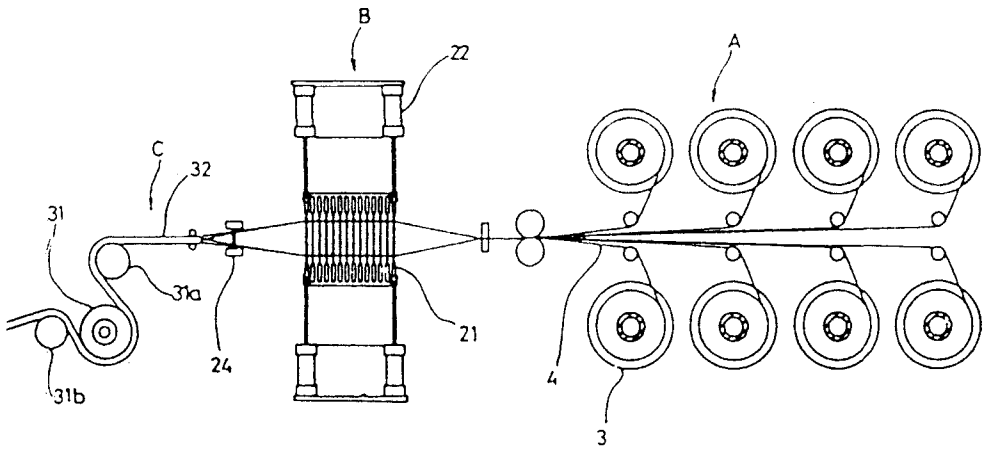


Figure 2. 전지(battery) 도장 벨트용 후직물 직기(한국).

되고, 비교적 직기의 메카니즘이 단순한 특징을 가지며 일반적으로 속도가 늦고, 두꺼운 직물을 형성하는데 적합하다. 특히 장력이 많이 걸리는 광폭 직물이나 와이어 직물 및 철망류와 같은 특수한 제직물에 적합하다. 그러나 바디침에 제한이 생길 경우 복내의 위사삽입 길이가 한정되어 작업성이 낮으며 동력이 많이 드는 단점을 갖고 있다. 따라서 다품종 소량 생산에 적당하며 많은 산업용 직물이 복직기를 이용하여 제직되고 있다.

특히 번사부분의 절단이 없으며 큰 장력이 걸리는 벨트용이나 노끈용의 직물은 2중직 이상으로 두꺼워야 하므로 복직기의 사용이 필수적이다. 산업용 복직기의 한 예로서 Figure 2에는 국산화 개발된 전지(battery) 도장 벨트용 후직물 직기의 개요도를 나타내었다. 고장력이 걸리는 경사부를 위하여 직기의 지지부가 기존직기보다 보강되었고 강력한 동력을 사용하며, 개구운동을 확실하게 해주기 위하여 공압피스톤을 사용한 개구방식을 채택하고 있다. 제직되는 직물은 강력과 내부식성이 크게 요구되는 6중직 벨트 직물이다.

한편 Sulzer Ruti사에서는 440 cm 폭의 직물 제직이 가능하며 360 rpm의 최고운전속도를 갖는 고속 복직기를 개발하기도 하였으나 속도면에서는 무복직기에 미치지 못한다. Table 2에는 Ruti C형의 복직기의 사양을 나타내었는데 주로 테리(terry) 직물과 타이어 코드 제직에 사용되

고 있다[5]. 세계적으로 직기의 출하대수 통계를 살펴보면, Table 3과 같이 대부분 지역에서는 무복직기가 월등히 많으나 아시아와 대양주에서는 복직기가 1995년까지 무복직기보다 많은 것으로 나타나고 있다[6].

### 3.2. 무복직기

**프로젝타일 직기 :** 프로젝트일 직기는 초광폭의 직물을 고속으로 제직하며 태번수의 위입이 가능하므로 높은 중량의 직물을 제직할 수 있는 경제적이고 효율성이 높은 방식이다. Sulzer Ruti사에서 생산되는 모델 P7 기종은 경량에서 중간 정도 직물의 제직에 적합하며 모델 P/MD는 폭 8.5 m의 고중량의 직물을 130 rpm까지 제직이

Table 2. Ruti C형 복직기의 사양[5]

분 류	특 성
위 입	복(shuttle) 방식
위 사 보 충	Rotary type(최대 23보빈), Box loader(최대 200보빈), Unifil loom-winder, 4-channel type(120보빈)
위 사 밀	3.3~120 picks/cm
위사색	1색, 위사혼합, 2색 및 4색
직물폭	100~350 cm
개 구	캠운동(최대 8개의 종광들), 능동적 캠운동(최대 12~15개의 종광), 도비(최대 25~28 종광들), 자카드 방식
특 징	테리직물, 타이어 코드직물, 전자제어방식

**Table 3.** 세계지역별 직기의 출하대수(1995년 현재) [6]

지역	직기타입 레피어/프로젝타일	에어젯	워터젯	복직기
아시아/오세아니아	12,201대	7,031대	10,244대	17,527대
남 아 메 리 카	759대	1,167대	247대	-
북 아 메 리 카	1,387대	1,714대	1대	2대
아 프 리 카	204대	108대	-	386대
동 구	1,344대	66대	20대	15대
서 구	5,990대	1,039대	133대	35대
기 타 유 럽	2,002대	202대	93대	-
합 계	23,887대	11,327대	10,738대	17,965대

가능하다. 두 모델 모두 최고 제직폭은 12 m까지 가능한 것으로 알려져 있으며 제직용 펠트, 필터 및 와이어 직물 등 다양한 분야에 적용가능하다. 사용되는 위사의 종류는 Table 4와 같이 매우 다양하다[4].

한편, 전술한 Sulzer Ruti사의 주문형 산업용 직기의 기본 개념은 가능한 기존 직기의 기본 부품들과 unit를 그대로 사용하고 요구 조건에 따라 부품을 변형하고 필요하다면 새 부품을 개발하는 것이다. 산업용 제직기에서 조건과 환경에 따라 요구되는 특성을 Sulzer Ruti사의 프로젝트일형 산업용 제직기의 개발사례를 예로들어 살펴보면 다음과 같다[4].

(가) 직기의 내하중성

고강도 섬유를 경사로 사용할 경우에는 직기에 10 kN에 달하는 큰 하중이 가해진다. 따라서 견고한 구조가 필수적이므로 기존 직기를 개조할 경우 직기의 몸체 중앙 부위와 양끝 쪽을 지

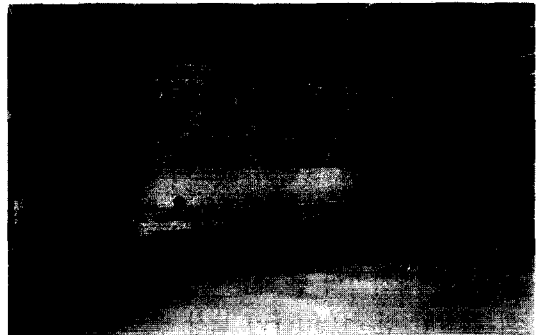
지할 수 있는 버팀대를 부착하여 사용하는 것이 좋다(Figure 3).

(나) 경사 송출 장치

산업용 제직기에서는 출력 0.9 kW 이상의 전동기로 구동하여 강제 송출방식을 사용하게 된다. 원형키(round keying)를 사용하면 슬리브 축과 직기 프레임의 중간 축 간의 결합을 원활하게 할 수 있다. 바디침시에는 10 kN/m에 달하는 고장력이 걸리므로 경사장력 장치도 폭과 하중에 맞는 많은 지지대가 필요하며 Figure 4와 같이 2~3개의 편향 롤러가 달린 특수하게 설계된 것을 사용한다. 직물빔(cloth beam)의 이동은 톱니가 있는 기어휠로 이루어지게 하고 높은 인장력을 고려하여 Figure 5와 같이 핸드휠(hand wheel)과 대형 워플(worm wheel)에 보조 래치장치를 사용한다.

(다) 위입장치

산업용 제직기의 프로젝트일형은 큰 파지면적 갖



**Figure 3.** 높은 경사장력에 대하여 몸체가 보강된 직기.

**Table 4.** 프로젝트일형 산업용 제직기의 사용가능 위사의 종류[4]

질의 형태	소 재	사용가능번수
필라멘트사	폴리에스테르, 나일론 6, 나일론 6.6, 폴리프로필렌	5500 dtex(5000 den)까지
모노 필라멘트사	폴리에스테르, 나일론 6, 나일론 6.6	직경 0.4 mm까지 직경 0.4 mm까지
방적사	면 마 유리, 아라미드	1000 tex까지(Nm 1) 500 tex까지(Nm 2) 300 tex까지(Nm 3.5)
방적사(fancy yarn)	천연섬유, 합성섬유, 혼방	1333 tex까지(Nm 0.75)
테이프사(fibrillated)	폴리프로필렌	5000 tex까지
테이프사(smooth)	폴리프로필렌	2200 tex까지 및 최대폭 4 mm까지
랩사(wrap yarn)	천연섬유, 합성섬유, 혼방	800 tex(Nm 1.25)

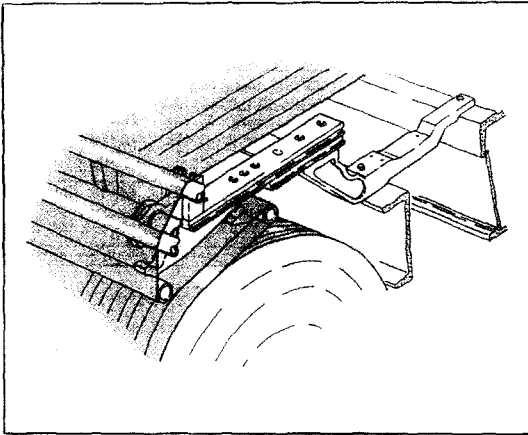


Figure 4. 경사장력 흡수용 편향 롤러.

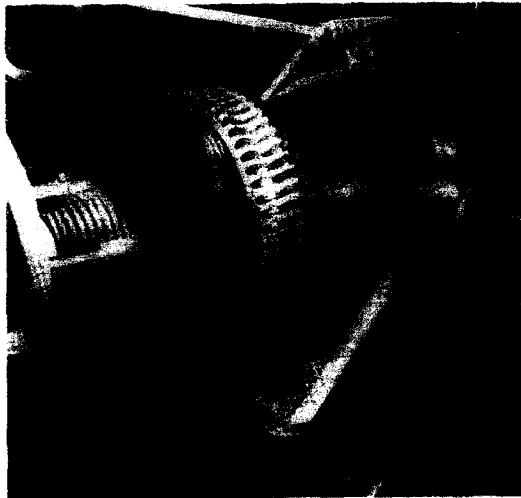


Figure 5. 장력에 대응해 설치된 핸드휠과 대형 위입휠의 래치장치.

게하여 위입이 확실하도록 한다. 전자 제어식 편향 브레이크로 위사장력을 조절할 수 있도록 하고 경우에 따라 자석식 브레이크를 사용할 수 있다. 순간적으로 매우 높은 바디침력에 견디기 위하여 슬레이(sley)는 직쪽에 걸쳐 슬레이 bracket들로 보강한다(Figure 6).

바디(reed)를 4도 정도 기울일 수 있는 췌기형의 슬레이를 사용하며 경우에 따라 7도의 바디 경사를 갖는 슬레이도 사용할 수 있다. 또한 더 높은 바디침 하중에 대비한 특수 제작된 슬레이 레버를 사용한다. 기본적으로 2개나 4개의 위사

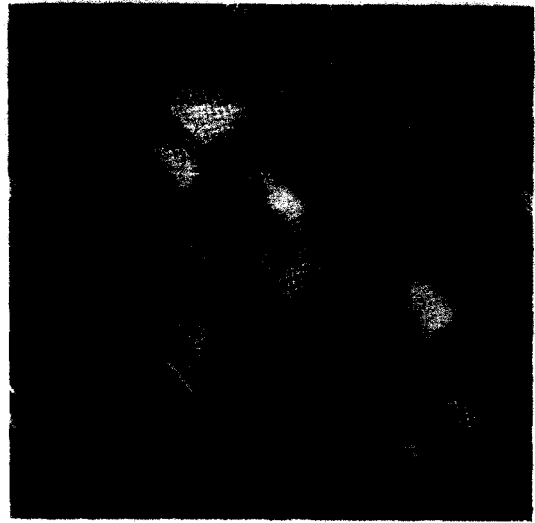


Figure 6. 위입에서의 슬레이 지지장치.

를 사용할 수 있고 모델 P7M은 6가지 색상의 위입이 가능하다.

(라) 권취 장치

산업용 제직물의 품질 향상을 위하여 부상권취롤러(floating take-up roller) 방식을 적용하였는데 고중량의 직물 제조에 적합하도록 특수 설계 되었다(Figure 7). 부상권취롤러 방식은 직물과 롤러사이의 접촉압력을 최대한 유지되도록 자체 조절이 되는 두쌍의 가압 롤러를 사용하므로 경사장력이 높더라도 큰 장애를 받지 않으며 직물이 뒤로 미끄러지는 현상이 없다. 부상권취롤러 방식은 직물 표면의 손상을 예방할 수 있으며 장력의 변동을 균등화시켜 직물의 권취길이를 크게 늘려 주는 장점을 갖고 있다.

(마) 제직 예

Sulzer Ruti사의 프로젝타일 직기를 이용한 타이어 코드 직물과 모노필라멘트 직물의 제직사례에서 특기할 만한 내용을 소개하면 다음과 같다.

① 타이어 코드 직물

프로젝타일형 직기가 가장 적합한 분야로 경사준비공정이 필요없는 보빈크릴방식의 경사송출과 직물 권취범형을 조합시키고 있다(Figure 8). 타이어 코드 직물에서 상대적으로 가는 위사는 경사를 일정 순서대로 고정시키는 역할만 하기 때문에 대략 1 cm당 1개의 위사가 삽입되며,

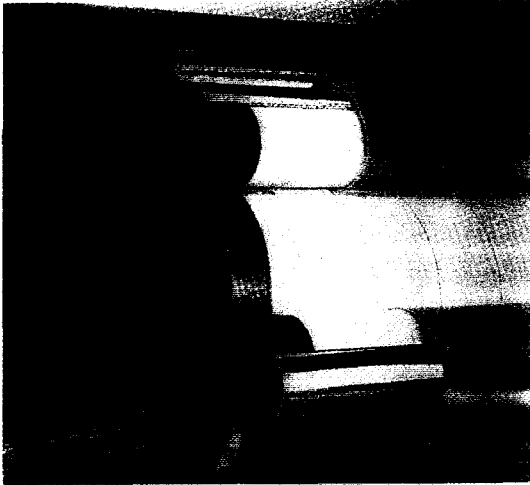


Figure 7. 산업용 제직기의 부상 권취롤러.



Figure 8. 타이어 코드 직물용 프로젝타일 제직기의 보빈크릴방식 경사송출.

경사밀도는 번수에 따라 6~13 ends/cm로 된다. 이처럼 위사밀도가 매우 낮기 때문에 긴 경사가 제작되며 제직속도는 450 rpm으로 270 m/h 정도의 직물이 제직된다. 따라서 다량의 경사를 패키지 크릴(package creel)에서 직접 직기로 공급하는데 각 패키지는 2.5~6 kg의 중량을 가지며 실의 길이는 7000~16000 m에 달한다.

타이어 코드 직물의 경제적 제직을 위해서는 1000 m 이상의 긴 직물 길이가 필요하며 이에 따라 권취빔의 직경도 2 m 정도가 된다. 이로 인하여 중량이 매우 높아지는데 한 개의 권취빔은 약 4 ton까지 권취가능하다.

타이어 코드 직물은 시작과 끝부분의 권취빔



Figure 9. 프로젝타일 직기상의 모노필라멘트 부분 정경빔.

에서 헤더(header)에 맞춰지는데 헤더의 위사밀도는 대부분 4.5~7.7 picks/cm 범위이지만 더 높은 위사밀도로도 조절가능하며 직기의 정지없이 자동으로 조절가능하다. 변부의 형성은 전자식으로 제어되며 32 mm까지 변조직(tuck-in)이 가능하여 타이어 제조 공정에서 경사, 위사 및 직물의 낭비가 없다.

#### ② 모노필라멘트 직물

인쇄 스크린과 여과지용의 모노필라멘트 직물은 매우 높은 품질과 균질성이 요구되는 제직분야이다. Figure 9는 모노필라멘트사의 부분정경빔을 나타내었다. 모노필라멘트 직물용 직기는 권취시의 미끄러짐을 막기 위해 부상권취방식을 사용하며 특수 바디에 따른 키이홈을 가진 특수한 템플(template)과 장력장치 및 높은 파지력의 프로젝타일을 채택하고 있다. 특히 매우 조밀한 여과포에 사용되는 세섬도의 직물은 권취시 미끄러짐이 상당히 우려되므로 권취된 직물을 가압할 수 있도록 특수한 고무로 코팅된 부상권취롤러가 사용된다. 그러므로 세섬도의 고밀도 직물에서 초중량의 직물까지 안정한 제직이 가능하다. 변부의 처리는 사직경 0.4 mm의 모노필라멘트인 경우 직물 변부를 용융처리하며, 또한 60 ends/cm의 세번수의 직물 제직시에는 변조직 방식을 사용할 수 있다.

그외에도 Sulzer Ruti사의 프로젝타일 직기로 P7100 모델이 산업용 섬유 제직기로 이용되고 있다. 직폭은 1.9 m에서 5.4 m이고 경사는 전자식으로 제어되며 보조장치로 후직물용 장치를 장착하여 산업용 직물 제직에 적합하게 하였다.

**레피어 직기** : 레피어 직기로 산업용 직물 제

직이 가능한 것으로는 Somet사의 Thema II Excel을 들 수 있는데 가정용과 카펫용 및 인테리어용 직물을 제직할 수 있다[7]. 직물밀도는 64×29에서 174×90 정도가 되며 제직방식은 종광이 12인 신 도비(dobby)식은 가정용과 카펫용으로 개발되었고 2400 혹(hook)을 갖는 자카드 방식은 인테리어 직물용으로 개발되었다. 바디폭은 1,430 mm 정도이고 구동속도는 500~550 rpm 범위이다. 위입율은 1,300 m/min 정도되며, 견고한 기본 직기구조와 구성부품의 기능 향상으로 의류용에서부터 산업용 직물까지 제직이 가능하다.

라벨직물용 직기로는 Vaupel Textilmaschinen사의 EWM 80-130E(Figure 10)와 170E가 있는데 Sulzer Ruti사의 G6200을 사용하여 개량한 기종이다. 운전속도는 580~600 rpm으로 조절되며 경사장력이나 위입밀도 등이 컴퓨터로 제어된다. 위사는 8색까지 공급되며 라벨 가공기 및 절단장치와 연결하여 사용한다[8].

극세섬유나 필라멘트사용 제직기에는 이태리 Vamatex사에서 개발된 P1001(Figure 11)이나 P9000 Plus 기종이 적합한데 특수 직물이나 고

도의 전문기술을 요하는 직물의 제직에 유리하다. 특유의 리본 드라이브 시스템과 레피어 파지 시스템은 실을 확실하게 잡아주고 개구를 적절한 크기로 조절하여 경사에 걸리는 장력을 작게 해서 경사절단과 신축을 방지하여 제직성을 향상시켰다. Table 5에 부분적으로 산업용 섬유 제직이 가능한 레피어 직기를 열거하였으며 각각의 제원과 특성들을 나타내었다[7].

**에어젯 직기** : 산업용 섬유 제직에 사용되는 에어젯 직기는 많지 않은데 일부 의류용 직기를 다용도로 사용하는 경우가 많다. Dornier사는 완전한 개구운동과 위입이 가능하며 모든 직물에 대하여 레노(leno)와 턱인(tuck-in) 변조직이 가능하도록 Pneuma Tucker와 Disco Leno라는 변사 처리장치를 장착한 에어젯 직기를 개발하였다. 변사가 받는 장력을 줄여 사절이 감소되고 안정한 조직이 형성되는 효과를 얻는 이 직기는 마찰재료용 기포, 타이어 코드 직물의 생산에 이용되고 있으며 적용분야는 확대될 전망이다[7].

Nissan사의 NAX-100A 에어젯 직기는 구조가 특수하며 높은 생산성과 낮은 비용, 조작의 편리성 및 제직 범용성의 확대 등을 고려하여 개발되었다[7]. 직기의 진동감소와 경사장력에 대한 지지력을 높이기 위하여 직기의 중간을 보강한 일체형 몸체 구조를 갖게 하였고, 제직된 직물의 이동을 경사지게 하고 큰 직경의 마찰롤러를 채

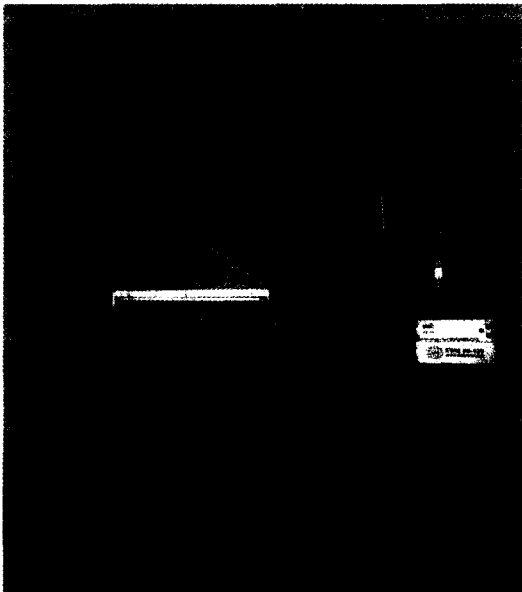


Figure 10. Vaupel Textilmaschinen사의 라벨 직기 (EWM 80-130E).

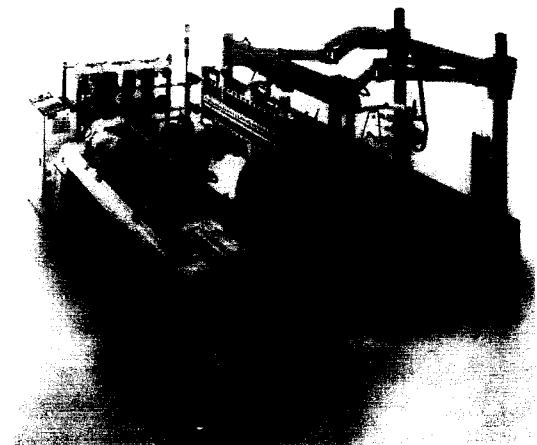


Figure 11. Vamatex사의 레피어 직기(P1001).

Table 5. 산업용/범용 섬유 제직용 레피어 직기

제작사	Picanol NV (벨기에)	Sulzer Ruti Ltd.(스위스)	Tsudakoma Corp.(일본)	Nuovo Vamatex SPA(이태리)	Nuovo Vamatex SPA(이태리)	MichelVande Wiele NV (벨기에)
모델명	GTM-AS	G6200	FR001	P100le	9000Plus	Advanced wire Master
호칭폭(in)	75, 87, 95, 110	55, 66, 74, 78, 86, 94, 102, 110	75, 83, 91, 106, 130, 142	63, 75, 83, 91, 91, 102, 126, 134, 142, 150	75, 83, 91, 102, 110, 118, 126,	80, 118, 165
위입속도 (ypm) picks/min	1,050 500	1,380이상 580이상	935(75IN) 450	1,280 600	1,000 450	275 60~100
위입방법	L-h 그리퍼 캐리어	카본 파이퍼 레피어 테이프	GR 가이드타입 (적극캠방식, 플렉시블 밴드)	플렉시블 리본	레피어	플렉시블 레피어
개 구	•캠모션 •도비 •자카드	•전기식 적극도비 •전자식 자카드 •태핏	•크랭크, 소극캠 방식 •도비 •자카드	•캠 •로터리 도비, 적극 도비방식 •전기, 기계식 자카드	•캠 •도비, 적극식도비 •전기, 기계식 자카드	•파일트로닉 •3포지션도비 및 자카드
경사범직경 (in)	32-40	37이상	31.5, 36, 39.3	39, 37, 싱글 49.2스프리트빔	39.4 싱글 및 트윈빔	49
위사밀도 (ppi)	4.5-340	15, 24-508	10-250	0.59-49	1.5-33	12.5-37.5
전력소비량 (kw/10,000 picks)	-	-	-	1.5(in)	1.8(75in)	기본모터 15-22kw
원료, 사, 직물	Nel.7-120 스펀사 22- 4,000d 직물, 에어백 등	Nm 1-200 스펀 9-3,000d	모든 스펀사, 모든 종류의 필라멘트	Nm 1-150 9-1, 100d 천연, 화섬 혼방류	Nm 0.3-120 44-1,650d 천연, 인조, 모든직물	자동차 내장재, 카페트용 폴리에스테르, 나일론, 모사
전자제어	컴퓨터 모니터 터링 및 제어, 위사질감, 위사 검출장치	6개 언어로 표시 된 화면, 표준 제 직 운영 시스템	가드 센서, 스피드 제어기 레피어 밴드센서, 위사 자 동 백업 시스템, 위 사장력 조절장치	SIMOD	SIMOD 마이 크로 프로세서 및 소프트웨어	CAD · CAM 시스템 연결 파일 트로닉 카드 사용

택하여 최적의 바디침 및 권취운동이 가능하다. 또한 바디침의 편향을 감소시켜 바디침시의 반발현상을 작게하여 태번수의 고밀도, 중직물의 제직능력을 향상시켰다.

Tsudakoma 사에서도 자카드 방식의 에어젯 직기로 700 rpm 속도를 갖는 인테리어용 섬유 제직기를 개발하였고, Investa사에서는 유리섬유를 이용한 라이닝용 직물의 제직에 적합한 에어젯 직기와 기포재 제직용 워터젯 직기를 제조하고 있다.

독일의 Gunne사에서는 파일과 테리직물 및

타이어 코드 직물용 에어젯 직기를 생산하는데 직기의 다양한 속도변환이 장점이며 전환 슬레이 방식으로 2개의 다른 바디운동장치가 경사를 일정하게 유지하고 미끄러짐이 없도록 하는 것이다. 타이어 코드 직물용에는 경사송출장치, 권취장치 및 위입장치 등이 보장되었다.

산업용 유리섬유 직물의 제직에는 Sulzer Ruti사와 Toyoda사의 기술제휴로 개발된 L5200 에어젯 직기가 적용 가능하다. 유리섬유의 제직에 적합하게 많은 구성 부품들이 개조 또는 변형되었다. 경사장력을 적게 유지하기 위해 back rest



롤러의 크기를 줄인 것과 워사 저장장치(accumulator)와 다이아몬드 코팅 처리된 나이프가 사용된 것이 특징이다.

### 3.3. 특수 산업용 제직기

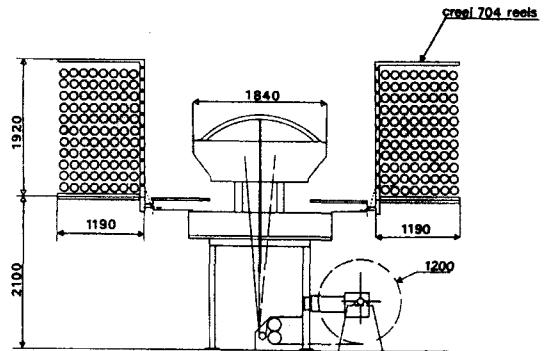
산업용 섬유제품의 응용 분야중에서 특수한 용도로 최근에 연구개발이 많이 되고 있는 것으로 고성능 복합재료를 제조하기 위한 3차원 직물이나 토목용 직물 및 기타 산업자재용 제직물을 들 수 있다. 이러한 특수한 제직기는 기존의 직기와는 다른 제직 메카니즘과 직기형태를 가지고 있으며 제직조건이 까다롭고 저속으로 운영된다는 특징을 갖고 있으며 상업화된 것은 그리 많지 않다. 특수한 용도에 사용되는 여러가지 직기들의 특징을 형태별로 살펴보면 다음과 같다.

**환직기(Circular looms) :** 환직기는 대표적인 다상직기의 하나로 기존 직기와는 달리 한개에서 8개까지의 복이 연속적으로 원운동을 하게 된다. 1940년대까지는 주로 마섬유의 제직에 이용되다가, 그후에 많은 개조를 거쳐 Saint-Freres에서 SP6 기종을 PP와 PE tape 사용으로 개발하였다. 최근에는 Saint Freres로부터 제조 및 판매권을 이전받은 Compagnie Francaise de Metiers Circularies(CFMC)는 PP사를 제직하는 M7D와 M7H 기종을 가방과 포대 제직용으로 개발하였다 (Figure 12)[5].

이러한 환직기는 주로 원통형(tubular) 직물의 제직에 사용되므로 파이프, 내압호스 등의 산업용 직물에 적용될 수 있으며, 환형 브레이딩(braiding) 직물보다 더 높은 원주방향 강도를 갖는 것으로 알려져 있다. 환직기는 세계적으로 수량이 많지 않은데 그 이유는 워사공급이 단속적이라는 결점으로 인하여 자동화와 고속화가 어



(a) Upper part of CFMC M7D (Saint-Freres patent)



(b) Loom installation on two levels (Saint-Freres)

Figure 12. 현대적인 환직기(Saint-Freres사 CFMC M7D)[5].

렵기 때문이다. Table 6과 같이 세계적으로 몇개 회사에서 제품이 나오고 있다.

최근에는 복합 재료의 특수한 프리폼 구조로도 일부 연구되고 있는데 이 경우에는 원판형이나 돔형, 콘형, 아령형 등 형상이 입체적인 원형 직물구조가 이루어질 수 있는 것으로 알려져 있다. 두꺼운 형상의 제조를 위한 3차원 극좌표형

Table 6 현대적인 환직기의 종류[5]

직기 사양	Toril (Japan)	Stalinger (Austria)	EFI (Portugal)	CFMC/S. Freres (France)	Greenbat (U.K.)
모델	TS-CL1850	HD-4	SA 4-80	M7D	TF4
경사공급	Creel/Beam	Creel/Beam	Creel/Beam	Creel	Creel/Beam
직물폭	150~200 cm	40~75 cm	88~160 cm	45~75 cm	36~76 cm
서틀수	6	4	4	6	4
직기속도	240~300 ppm (40~50 rpm)	380~520 ppm (95~130 rpm)	320 ppm (80 rpm)	660~780 ppm (110~130 rpm)	700 ppm (175 rpm)

제직(polar weaving)도 있는데 원주방향, 방사방향 및 축방향 실로 구성되며, 고온고압의 유체수송용 및 군사용 부품의 소재에 쓰인다.

**Geotextile 직기** : 토목용으로 사용되는 직물은 주로 토양이나 도로에 매설되어 지반을 안정시켜 주거나 분리, 여과, 배수 등을 돕는 역할을 하게 된다. 현재는 DSF(directionally structured filament) 직물이라고 하여 Figure 13과 같은 라셀 편기(Raschel knitting machine)나 라셀 망기(net making machine)가 제조에 이용되고 있다.

Geotextile은 굵은 필라멘트사를 Figure 13과 같이 다공(open-mesh)형으로 저밀도로 제작하므로 장력조절이나 직물결합을 줄이기가 쉽지 않다[9,10]. 복직기와 더블 니들 바(double needle bar)형의 라셀 편기가 주로 사용되며 통기성이 높으면서 강신도와 내구성, 투수성 및 내환경성이 우수한 산업용 섬유를 제작하므로 생산속도가 느린 경우가 많다.

최근에는 건축/토목공사에서 콘크리트에 부착시켜 교각이나 구조물을 보강하는 고강도 직물을 제작하기도 하는데 극대변수의 아라미드 섬유나 탄소섬유 및 유리섬유를 사용하므로 제작조건이 까다롭고 실의 특성상 제직 저항성이 크므로 저밀도 직물용 제직기나 편기로 저속으로 제조하는 것으로 알려져 있다.

**3차원 직물용 제직기** : 산업용 섬유를 사용한 복합재료용 3차원 직물의 제직은 항공우주산업의 고강도 특수 구조물의 수요증대에 따라 점차 관심을 모으고 있는 분야로서 향후 자동차, 스포츠용품 및 건설/토목용으로 발전 가능성이 많다. 고성능 구조재료에 필요한 3축방향의 등방적인 강도와 강성 증가는 3차원 섬유보강재의 사용으로 달성할 수 있다.

고강도 복합재료의 보강물에 쓰이는 3차원 직물구조에는 3차원 직교직물(orthogonal weaving), 3차원 브레이딩(braiding), 3차원 angle interlocking 및 다축경편(multiaxial warp knitting) 등 많은 종류가 있다. 3차원 직물들을 좀더 체계적인 방법으로 분류하여 보면 교착형(interlaced)과 비교착형(non-interlaced)으로 크게 분류되는

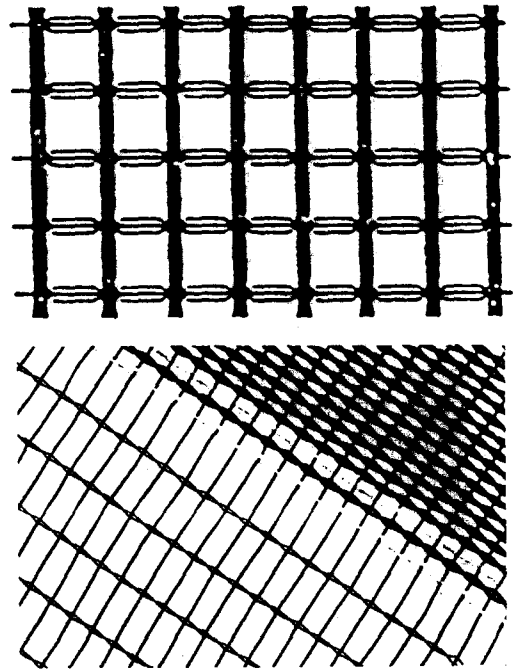
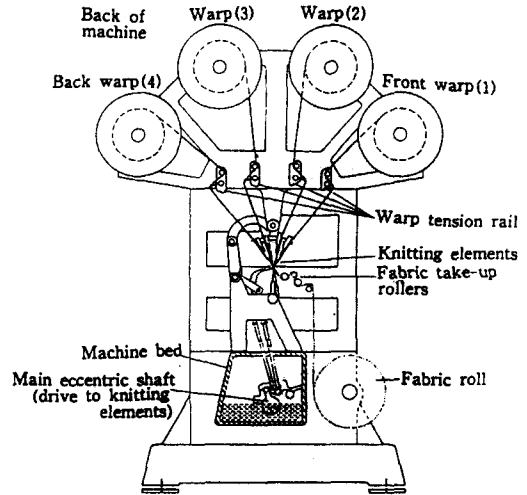


Figure 13. 라셀 편기의 기본 개요도와 제조된 다공(open-mesh)형 Geotextile 직물.

데[12] Figure 14는 교착형과 비교착형 3차원 직물구조의 대표적인 예를 나타내었다. 교착형과 비교착형의 가장 큰 차이점은 직조시 개구운동이 존재하느냐 없느냐는 것으로 교착형은 경위사간의 교착에 따른 크럼프가 존재하게 되며 비교착형은 크럼프가 존재하지 않는 구조로 된다.

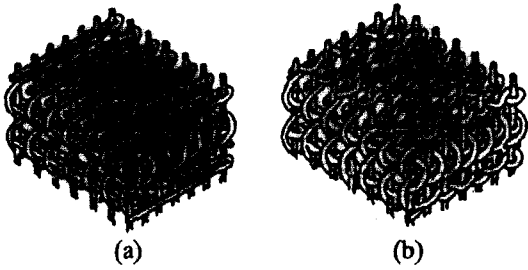


Figure 14. 비교착형 및 교착형 3차원 직물구조. (a) 비교착형, (b) 교착형.

두가지 모두 기존의 2차원 직기와 특수한 3차원 직기를 이용하여 제조할 수 있다.

직물구조상 3차원 직물은 단일구조로 적층구조를 갖고 있지 않기 때문에 층간 분리현상이 없다는 장점을 갖고 있다. 각각의 3차원 직물구조와 제직기의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

(가) 교착형 3차원 직물 제직기

교착형 3차원 직물 구조중에서 2차원 제직원리를 이용한 방법은 기존의 제직기를 사용하는 방법으로서 다층의 경사나 위사(2쌍의 사집단)를 이용하여 위사 또는 경사로서 접결시켜 Figure 15와 같이 3차원 직물구조를 갖게 한 것으로 2차원 제직 3차원직물(2-D woven 3-D fabric)로 불리운다[12]. 종래의 직기에서 2쌍의 사로서 제조하는 3차원 직물은 2차원 제직원리로 다층의 경사를 위사와 교착시켜 만든다. 2차원 제직법에 의한 다층직물은 직물의 폭방향만으로 개구를 형성시켜 다층의 경사 Z와 위사 X를 교착시켜 제직하고 있으므로 경사의 다층화는 직물의 두께 방향만으로 한정된다.

교착형 3차원 직물은 개구운동이 있는 특수한 직기를 사용하여 3차원 제직원리로 제직하는 것으로 다층의 경사와 2조의 위사로 구성되며 직물의 집속성은 직교하는 3개의 실에 의해 좌우되며 3차원 제직 3차원직물(3-D woven 3-D fabric)으로 불리운다. 이 직물은 다층 경사 Z에 수평방향의 위사 X와 수직방향의 위사 Y를 교착시키는 것으로, 특징은 수평위사 X와 수직위사 Y의 각각에 대응하는 개구를 만들기 때문에 다층경사 Z의 개구동작을 직물의 폭방향 뿐만이 아니라

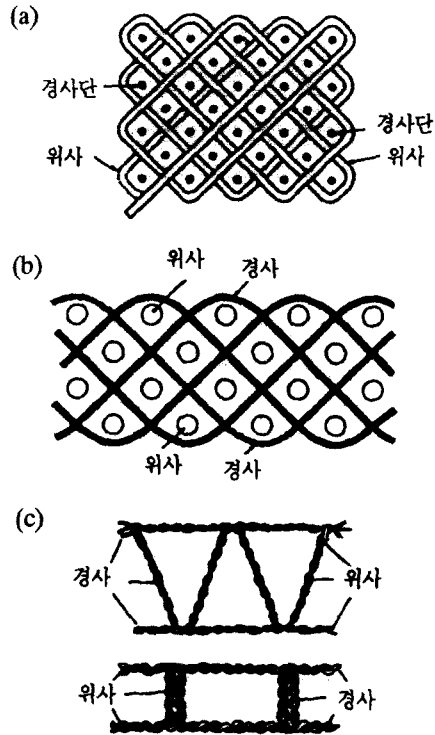


Figure 15. 2차원 제직기에서 2쌍의 사로 제조하는 3차원 직물구조[12]. (a) 위사접결형, (b) 경사접결형, (c) 교아/샌드위치형.

두께 방향에도 행할 수 있게 된다. Figure 16에 3차원 제직원리를 이용한 교착형 3차원 직물구조의 예를 나타내었다.

(나) 비교착형 3차원 직물 제직기

비교착형 3차원 직물은 Noobing(Non-interlacing, Orienting Orthogonally and Binding)으로 불리우는 것으로 3종의 사(絲) 즉, 수직 방향으로 배열된 축사(軸絲)와 이를 에워싸서 결속시키는 2종의 결합사로 구성되는 것이다. Noobing은 엄

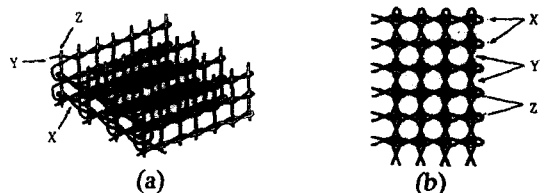


Figure 16. 3차원 제직원리로 직조된 교착형 3차원 직물의 구조. (a) 직물의 개념도, (b) 직물의 단면.

밀하게 말하면 직물이 아닌 일종의 3차원 구조의 부직포를 제조하는 방법으로 정의할 수 있다[12]. 기본적으로 직물은 앞서의 Figure 14(a)에 나타난 것과 같이 3종류의 사가 직교방향으로 결합된 것이며 원통형 등과 같은 구조에서는 3쌍의 사가 축방향, 방사방향, 원주방향에 배열되고 있다. 이 방법은 일반적으로 3차원 직물구조 제직법으로 명명되는데 장치의 개발특허가 국제특허분류법의 제직부문(D03D)으로 분류되기 때문이다.

비교착형 3차원 직물의 제직은 개구운동이 없으며 3개의 직교하는 실에 의해서 직물의 형태를 유지하며 제직기로는 기존의 2차원 직기를 개조한 특수한 직기와 다축 라셀편기나 2-step 브레이딩기 및 스티칭기 등이 있다. Figure 17에 기존의 2차원 직기를 개조한 비교착형 3차원 직물의 제조방법을 모식적으로 나타내었는데 밑 경사(ground warp) Z, 접결 경사(binder warp) Y, 위사 X의 3쌍으로 구성된다. 그림과 같이 종광의 운동에 따라서 층상으로 된 경사 Y는 경사 Z층의 두께 방향으로 삽입된다. 위사 X는 저개구(pseudo-shed) 사이에 공급되고, 접결경사 Y는 직물의 두께 방향을, 위사 X는 직물의 폭방향을 접결하게 된다. 3쌍의 사 X, Y, Z는 상호 직교하는 것으로 3차원 직물과 같이 상호 교착이 이루어지지 않는다. X와 Y의 조합은 일반적으로 직물의 폭과 두께 방향으로 배열되기도 하고 사선 방향으로 배열되기도 한다. Figure 18은 특수한 비교착형 3차원 직물용 제직기의 몇가지 예를 나타내었다[11].

Noobing 제조기는 복과 유사한 다수의 캐리어

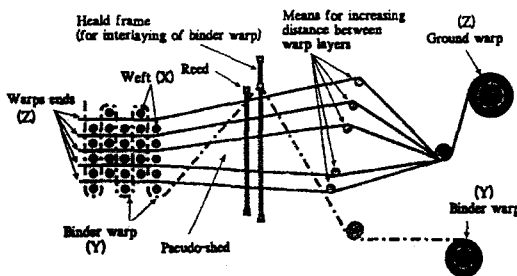


Figure 17. 2차원 제직기를 개조한 비교착형 3차원 제직기의 개요[12].

(carrier)를 이용하여 비교적 단순한 공정으로 두껍고, 편평하며 넓은 폭의 종단면이 형성되는 견고한 직물을 제조하도록 개발된 것이다. 초기의 Noobing기는 최종 완제품(섬유 복합재료)을 위한 중간제품 제조용으로 발전되어 왔지만, 생산공정이 단순하고 경제성이 있기 때문에 특정 기능을 갖는 산업용 섬유제품을 생산하는 데에도 이용될 수 있다. 몇가지 비교착형 3차원 직물의 예를 들어보면 다음과 같다.

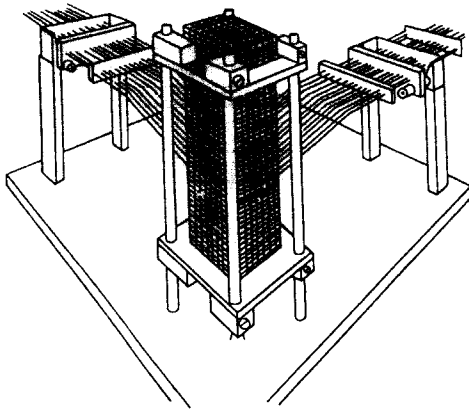
① 3차원 직교직물

3차원 직교직물은 Figure 14(a)와 같은 구조로 X, Y, Z축 방향의 직교하는 실로 구성되므로 공간의 세 직교축 방향으로 모두 보강섬유가 배향되어 있어서, 모든 방향의 강도가 높고 기계적 성질과 내마모성이 우수하다는 장점을 갖는다. 기존의 2차원 직기를 개조하여 만드는 3차원 직교직물은 1960년대 말부터 Avco사와 Hitco사 및 Monsanto사에서 제조되었다. 한편, 항공우주 용으로는 Narmcowarp, Intermold III, PFR 3007 등의 제품이 개발되었는데 주로 탄소섬유로 제직되었다[11].

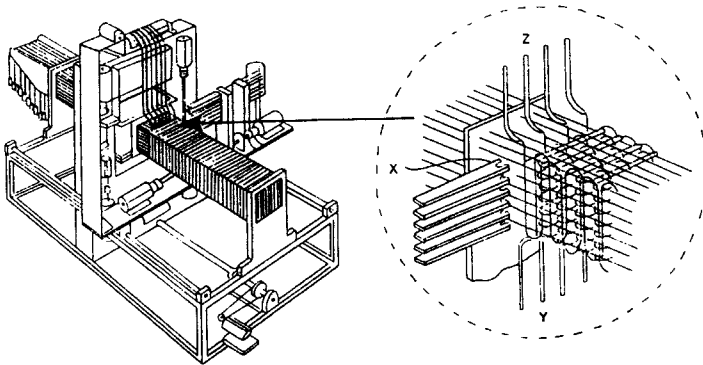
② 3차원 브레이딩

브레이딩은 정확하게는 조물의 구조를 갖는 것으로서 2차원과 3차원 브레이딩이 있는데 3차원 브레이딩에는 작동기구에 따라 4-step 브레이딩과 2-step 브레이딩으로 나뉜다[13,14]. 브레이딩은 직기의 복과 유사한 다수의 캐리어(carrier)를 이미 배열된 축사의 종방향(X)과 횡방향(Y)으로 교차시켜서 결합되도록 한 것이다. Figure 19에 3차원 브레이딩기의 기본적인 구성과 직조의 개요를 나타내었다.

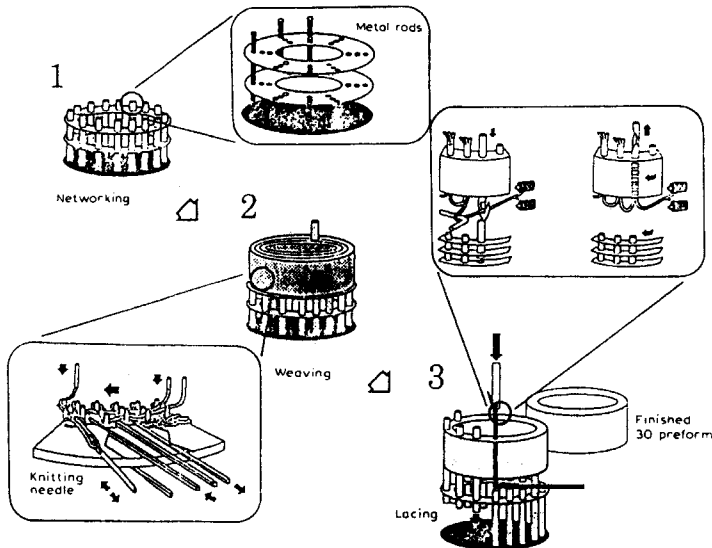
현재 복합재료의 프리폼용은 직사각형 블록 형태의 Magnaweave와 원통형의 Magnawirl과 같은 제품이 있다. 기본적인 브레이딩 직물의 구조는 Figure 20과 같이 다양한 단면 구조의 직물 생산이 가능하다. 상업적인 브레이딩기는 주로 환형 브레이딩(circular braiding)기가 많이 개발되었으며 제조된 환형 브레이딩 직물은 전선의 피복재나 내압호스, 파이프 및 노끈 등에 사용되는데 단면이 아령형이나 분지형태를 갖는 것도 가능하다.



(a) 직교형 3차원 직기



(b) 직접형 3차원 직기



(c) 원통형 3차원 직기

Figure 18. 특수한 비교착 3차원 직물용 제직기의 종류[11].

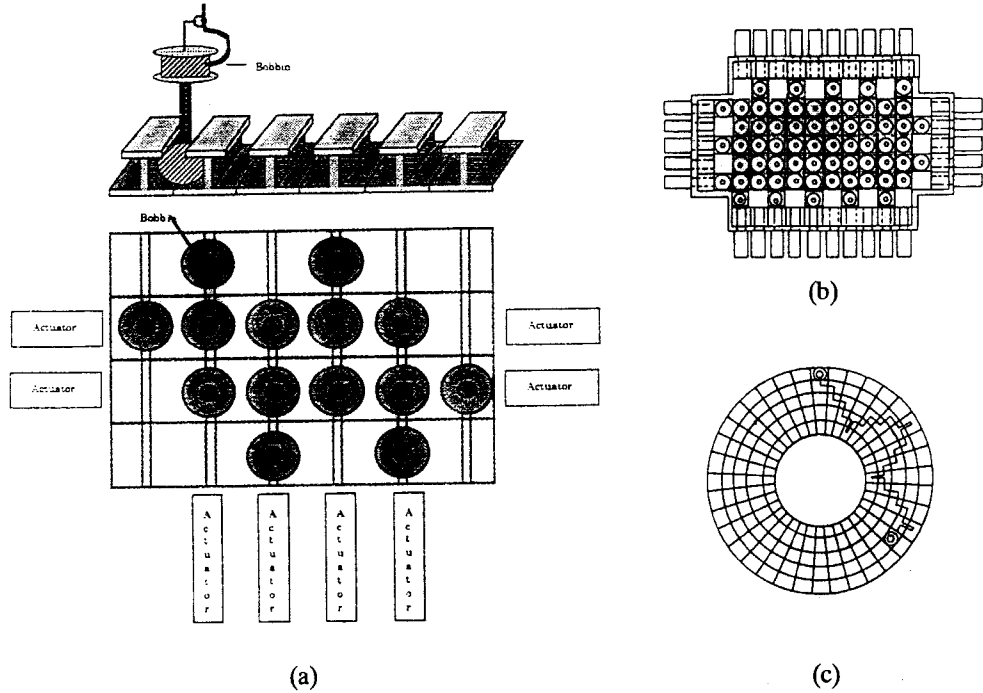


Figure 19. 3차원 브레이딩기의 기본구성(a)과 블록형(b) 및 환형(c) 직조의 개요.

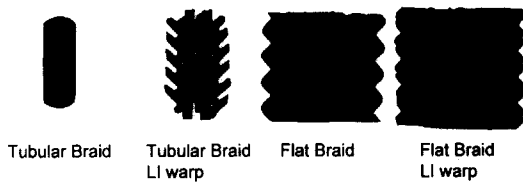



Figure 20. 3차원 브레이딩 제조물의 기본구조와 제조가능한 직물단면.

③ 다축 경편성

다축경편성은 제직에 따른 실의 크럼프를 제거하여 구성 섬유 성능을 최대한 발휘시키기 위한 방법이다[11]. 평행으로 배열된 실의 여러 층을 경편으로 엮는 것으로 Figure 21과 같은 독일 Liba사의 다축경편성기가 있고, 미국 Hi-Tech사의 Spanply 기종이 나와 있다. Liba사의 다축경편 방법은 굵은 필라멘트사를 0에서 90도까지 한층에서 방향을 전환하여 배열할 수 있으며 최대 17층까지 적층이 가능하다. 현재는 산업 자재용의 유리섬유 다축경편성물과 부직포와 직포를 결합한 혼성물을 제조하는 데에 사용되고 있다.

④ 3차원 스티칭

3차원 스티칭은 여러 겹의 직물을 적층하고 봉(stitch)사로 두께방향으로 꿰매주는 것으로 제 3축 방향의 보강력이 다른 3차원 섬유구조에 비하여 비교적 약한 편이고, 스티칭시에 평면보강사의 절단이 야기되고 연속공정이 어렵다는 단점을 갖고 있다[11]. 그러나 상대적으로 간편한

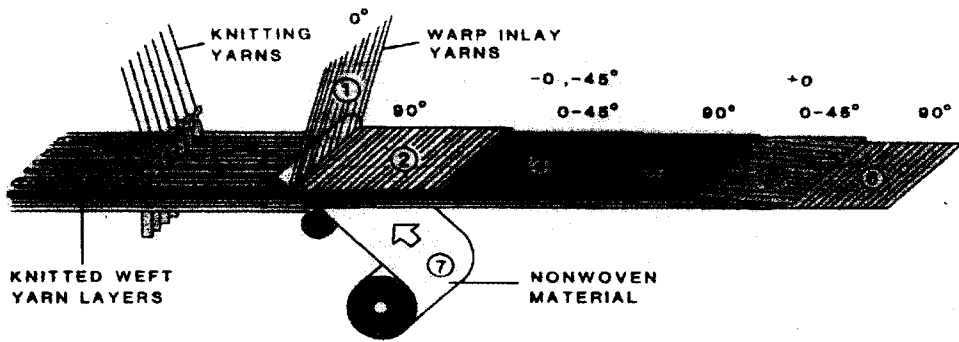


Figure 21. 다축경편성기(독일 Liba사)[11].

공정이므로 항공기의 날개와 동체사이에 보강재(stiffener)와 같은 T자형 구조물에서 각 평면을 엮어주는데 이용되는 것으로 2차원 직물에 스티칭기를 이용하여 굵은 봉사로 체인(chain)이나 록(lock) 스티칭을 하여 제직하게 된다.

3차원 직물의 제직기는 아직 실험적인 상태에 있는 것이 많고 자동직기라기보다는 거의 수직기에 가까운 형태로 아직까지 이론적인 구조를 구현하는 정도로 앞으로 연구개발이 시급한 분야이다. 3차원 직물의 제직에 대한 연구에서 중요한 과제는 직기의 대형화, 자동화, 섬유부피분율의 조절성, 무기섬유 제직성의 향상, 그리고 다양한 소재와 굵기의 섬유에 대한 적용성 및 직물의 균일성과 신뢰도 향상 등에 있다.

#### 4. 결 론

앞으로 과학의 발전과 산업의 고도화 및 생활 수준의 향상에 따라 비의류용 직물의 수요는 전술한 바와 같이 많은 분야에서 급격히 늘어날 것으로 예상된다. 이에 따라 산업용 제직기와 제직기술의 필요성도 점차 증대될 것이다. 또한 비의류용 직물의 응용분야는 현재에는 예상되지 않는 분야까지 크게 늘어날 것이므로 이에 대한 수요를 충족시킬 수 있도록 비의류용 섬유제품의 개발과 그 제직기술에 많은 관심과 연구개발이 기울여져야 할 것으로 사료된다.

#### 참고문헌

1. "선진국의 비의류용 섬유수요 현황 및 전망", *섬유개발연구*, 11(8), 66 (1997)
2. V. J. Gupta, "New Aspects of Needle Felting Technology", Proc. ENA 97 Symposium, 40 (1997).
3. 주창환, "비의류용 섬유제품의 개발과 세계동향", Proc. 6th Textech Forum, 7(1997).
4. R. Keldany, *ITB Nonwovens: Industrial Textiles*, 4, 16(1996).
5. T. Ishida, "Innovations in Weaving Machinery", Osaka Senken Pub., Chapt 3, 1994.
6. '97 섬유공업 통계월보, 한국 섬유개발연구원, 14, 143(1997).
7. "제직 신기술 동향", *섬유개발연구*, 11(9), 29 (1997).
8. H. W. Kipp, "Narrow Fabric Weaving" (K. Greenwood Ed.), Sauerlander Pub., Chapt 1, 1989.
9. "Agrotextiles", Sulzer Ruti; Technical News (1996).
10. "8m Weaving Width", Sulzer Ruti; Bulletin, Issue 27, June, 6(1996).
11. T. W. Chou and F. K. Ko, "Textile Structural Composites", Composite Materials Series 3, Elsevier Science Pub., Chapt 5, 1988.
12. N. Khokar, *J. Text. Inst.*, 87(1-1), 97(1996).
13. C. M. Pastore and F. K. Ko, *J. Text. Inst.*, 81(4), 480(1990).
14. W. Li, M. Hammad, and A. El-Shiekh, *J. Text. Inst.*, 81(4), 515 (1990).