

## 부직포 제조설비의 고성능화 기술

주창환<sup>1</sup> · 전두환<sup>1</sup>

### 1. 머리말

최근 제조산업의 고도화에 따라 제품의 원가 절감 및 기능성 측면에서 산업용 섬유의 활용도는 다양한 분야에서 급속히 증가되는 추세이다. 특히 고강도, 고내열, 내화학성 등의 성능이 탁월한 새로운 섬유의 출현으로 기존소재 대체용으로 그 용도는 더욱 확대될 전망이다. 산업용에 응용되는 섬유집합체 구조는 실, 제편포, 부직포 등 다양하지만, 공정의 생략화에 따른 원가절감 및 공정의 다변화에 따른 고기능성 장점을 갖는 부직포 제품이 토목건설, 전자전기, 자동차 등의 산업 전분야에 부가가치가 높은 섬유소재로 가장 많은 부분을 차지하고 있으며 그 수요는 앞으로 더욱 증가될 것으로 예상된다.

짧은 역사에 비해 부직포의 제조공법은 아주 다양하여 최종용도에 적합한 제품의 구조와 물성변화가 용이하며, 이에 따른 제조설비도 계속적으로 개발되어 성능이 향상된 많은 종류가 상품화되고 있다. 현재, 부직포 제조설비의 고성능화 방향은 생산성 향상을 위한 고속화 및 생략화, 품질을 높이기 위한 자동화를 비롯하여 획기적인 새로운 공법개발에 초점을 두고 있다.

일반적으로 부직포의 기본적인 제조공정은 웹(web) 형성, 웹결합 및 후가공으로 크게 구분할 수 있으며, 각 공정에 필요한 제조설비도 여러가지 형태가 있어 주어진 지면에 모두 언급하기는 어려운 점이 있다. 따라서 본고에서는 현재 국내에서 관심을 갖고 있으며 향후 부직포 제조기술의 주종을 이룰 웹중량의 자동제어기, 고속소면기, 니들펀칭, 스펀본드, 스펀레이스

및 에어레이부직포 제조설비에 국한하여 최근 개발된 기계특징에 대해 서술하여 부직포 업체의 기술자 및 관련 연구자에게 정보를 제공하고 자 한다.

### 2. 웹품질 관련기계

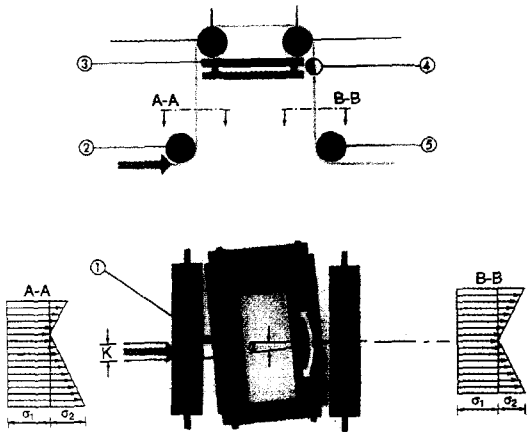
부직포 제조에서 웹의 불균제 현상은 웹형성 및 니들펀칭 공정에서 폭방향의 중량편차와 웹적층 공정에서 크로스래퍼(cross lapper)의 주기적인 왕복운동의 불균일로 발생하는 변부부분의 중량편차로 구분된다. 이러한 웹불균제는 최종 부직포의 품질 및 물성에 크게 영향을 주고, 아울러 불필요한 변부 절단으로 원가상승의 원인이 되어 웹의 균제도 향상을 위하여 많은 노력을 하고 있다. 그 결과 웹두께 및 중량을 공정라인 상에서 실시간 제어 가능한 시스템이 다양하게 개발되어 실용화되고 있다.

#### 2.1. 웹중량 자동제어시스템

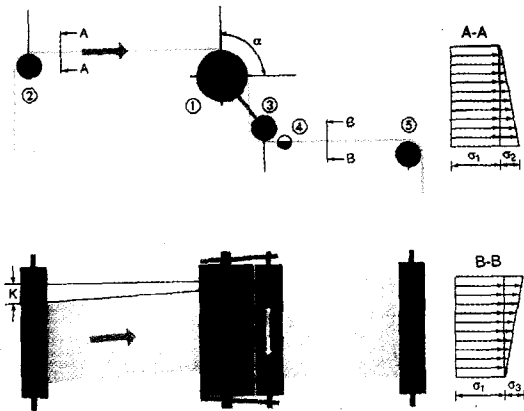
웹형성 또는 니들펀칭 과정에서 폭방향의 불균제를 최소화하기 위하여 독일의 Leimer회사는 제조과정의 드래프트(draft)에 기인하여 발생하는 웹 수축에 의한 장력변화를 조절시키는 다양한 형태의 웹가이드 장치를 개발하였다. 이들 장치의 특징은 웹 전폭에서 90~100%까지 정확하게 중량 조절이 가능하며, 제조라인의 특성에 따라 개발된 시스템을 선택적으로 기존 공정에 간단하게 부착할 수 있다.

대표적인 형태로 Figure 1은 피벗(pivot)형을 Figure 2는 익스팬더(expander)형 장치의 기본

High-performance Technology of Nonwoven Manufacturing Machinery / Chang Whan Joo and Du Hwan Chun  
<sup>1</sup>충남대학교 섬유공학과 교수, (305-764) 대전광역시 유성구 궁동 220, Phone: 042)821-6619, Fax: 042)822-0822, e-mail: changjoo@hanbat.chungnam.ac.kr  
<sup>1</sup>영남대학교 섬유학부 교수

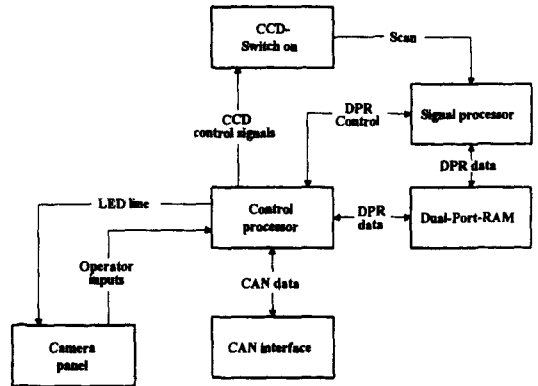


**Figure 1.** Tension control system with the pivot shape. A-A: web tension at infeed, B-B: web tension at outfeed, K: web correction,  $\alpha$ : correction angle,  $\sigma_1$ : web basic tension,  $\sigma_2$ : tension distribution, ① pivot, ② infeed roller, ③ roller frame, ④ sensor, ⑤ lock roller.



**Figure 2.** Tension control system with the expanded spreader shape. A-A: web tension at infeed, B-B: web tension at outfeed, K: web correction,  $\alpha$ : slope angle,  $\sigma_1$ : web basic tension,  $\sigma_2$ : tension distribution at infeed,  $\sigma_3$ : tension distribution at outfeed, ① pivot, ② infeed roller, ③ roller frame, ④ sensor, ⑤ lock roller.

시스템을 각각 나타낸 것이다. 근본원리는 웹의 길이방향의 신장에 따라 폭방향의 수축으로 발생하는 웹의 중심과 변부(selvage)사이의 장력 불균일을 개발된 장치로 조절하여 중량편차를 최소화하는 것이다. 장력 불균일의 제어원리는 측정된 장력변화에 따라 로울러의 위치와 회전



**Figure 3.** Schematic diagram of web weight measuring system.

수를 가변하는 것이고, 제어된 결과는 공정 상에서 Figure 3에 도식적으로 나타낸 실시간의 웹중량 측정시스템으로 확인 및 피드백이 가능하다. 또한, 측정시스템은 정밀도를 향상시키기 위해 웹에 주사된 빛의 투과 및 반사량을 동시에 영상 분석한 결과를 사용하는 것이 특징이다.

### 2.2. 웹적층의 불균제도

소면기에서 형성된 웹의 균일한 적층을 위하여 일반적으로 고려되는 크로스래퍼의 기본적인 개발방향은 다음과 같으며, 이들의 최적 조건 설정이 웹적층기의 성능향상에 중요하다.

- ① 소면기의 도퍼와 크로스래퍼의 공급애프런(apron)사이의 장력의 균일화
- ② 원료섬유 특성에 따른 크로스래퍼에서 애프런 경사각의 최적화
- ③ 공기기류의 교란과 드래프트의 불균일 발생을 최소화하기 위한 크로스래퍼의 이동속도의 일정화
- ④ 크로스래퍼의 왕복운동에 따른 변환점에서 웹의 접합현상을 최소화

특히, 웹 적층시 크로스래퍼의 특징상 웹 중간 부분이 가볍고 양쪽으로 갈수록 무거워지는 변부의 중량편차(edge build-up) 현상은 왕복운동의 변환점에서 캐리지(carriage)의 속도가 늦어짐으로써 발생한다. 이를 개선하기 위해 독일의 Autefa사가 개발한 Crossliner CL2003형과 Top-

liner CL4000형의 적층기가 있다, 이는 웹적층 속도를 래퍼의 이동위치에 따라 가변시켜 공급되는 웹의 양을 조절할 수 있도록 웹 저장장치(accumulator)가 달려 있다. 구체적인 기계 메카니즘은 변부 중량편차를 해결하기 위해 캐리지의 평균 이동속도에 대한 위치별 속도변화량을 나타내는 자동제어시스템과 적층시 웹의 위치별 중량분포를 달리할 수 있는 원추형 로울러를 장치함으로써 균제한 웹을 얻을 수 있는 개념이다. 원추형 로울러는 제조하는 웹의 기본중량과 원료섬유의 특성을 고려하여 기하학적 구조를 달리한 여러 가지 형태가 개발되어 있다.

### 3. 웹형성기의 고속화

현재 부직포 웹제조에 사용되는 기술은 소면기(carder), 에어레이(air lay), 습식 및 필라멘트방사법 등이 있지만, 소면기법이 단섬유의 웹형성에 주로 사용되고 있다. 소면기법은 단일도퍼(doffer)형과 더블도퍼형으로 구분하며 단일도퍼형 경우는 전체적인 생산속도가 더블도퍼형보다 낮아 최근에는 거의 대부분 후자를 사용한다.

한편, 부직포 웹제조에 일반적으로 사용되는 면방과 모방 카딩시스템의 차이점을 살펴보면, 전형적인 면방시스템은 침포로 덮혀있는 실린더(cylinder) 표면위에 컨베이어 모양의 플레이트(flat)형이며, 반면에 모방시스템은 로울러형으로 실린더, 워커(worker), 스트리퍼(stripper)로 구성되어 있다. 부직포 생산에 대한 두 시스템의 특징을 간단하게 요약하면 다음과 같다.

(1) 면방시스템은 실린더 회전에 의해 생성되는 공기흐름 조절이 용이하여, 웹이 기계방향으로만 배향되며 면과 같이 섬유장이 짧은 단섬유 처리에 주로 사용된다. 반면에 모방시스템은 랜덤웹과 기계방향의 웹 생산이 가능하고, 작업폭이 넓어 현재 대부분의 부직포 웹은 모방시스템의 소면기에서 제조된다.

(2) 면방시스템은 작업폭이 좁으며 실린더의 표면이 불룩하고 플레이트의 표면이 오목하기 때문에 섬유가 아래로 끌림으로 섬유의 체류시간

이 길어 섬유절단, 넵(nep)형성 및 섬유표면의 마모가 발생된다. 한편, 모방시스템은 워커와 실린더사이의 좁은 세팅(gauge setting)으로 인하여 섬유가 워커침포에 축적 재순환되어 생산성이 저하되고 공급부에서 새로운 섬유가 공급되면 워커 침포에 과부하가 발생하여 과격한 개섭작용으로 웹표면상에 오렌지필(orange peel)과 같은 섬유몽치가 형성된다.

따라서, 이러한 면방 또는 모방시스템의 장단점을 고려하여, 최근 부직포 웹제조용 소면기의 개발방향은 고생산성과 고품질에 초점을 두고 있으며, 이를 위해 고생산성은 웹의 이동속도 및 웹의 폭증가에, 고품질은 섬유손상의 감소 및 웹의 균제도 향상을 위해 기존 기계의 고성능화가 이루어지고 있다. 그러나, 소면기 설비의 고성능화를 위한 웹 이동속도의 증가와 웹의 광폭화에는 다음과 같은 기술적인 문제점이 있다.

- ① 기존설비의 용용제한성: 웹 속도와 폭 증가를 위해 새로운 투자가 필요함
- ② 기계설비의 규모 증가로 기계설계 및 정밀도에서의 허용오차가 큼
- ③ 고속화에 의한 침과 섬유사이에 마찰열 발생: 로울러에 섬유 용융물 부착(thermal bond-age) 현상
- ④ 광폭화에 따른 직경이 작은 스트리퍼(strip-per)의 굽힘 현상
- ⑤ 고속화로 웹 드래프트(draft)와 광폭화에 의한 정밀한 기계조정이 어려워 웹 불균제도가 증가됨

한편, 넵 방지와 고생산성 유지를 하기 위해서 로울러의 회전속도가 고속이므로 부정적인 공기기류를 피할수 없으며, 또한 섬유장이 짧은 경우는 웹의 불균제가 심하므로 소면기의 공급장치를 공급판(feed roller)대신에 공급판(feed plate)을 사용하는 것이 최근의 추세이다.

특히, 소면기의 생산성 향상을 위하여 최근 소개된 고속 소면기는 기존 소면기의 개섭부분을 변형하여 고속화한 인젝션 소면기와 도퍼 부분을 변형한 랜덤III® 소면기가 산업체에서 관심을 두고 있으며 이들 기계의 구체적인 특징을 살펴보면 다음과 같다.

### 3.1. 공기인젝션 소면기

이탈리아의 포(For)회사는 극세섬유와 임의 배열의 부직포 웹제조를 고속으로 생산하기 위하여 스트리퍼를 제거하고 특수형태의 공기인젝션 장치로 생성되는 공기 기류로 섬유의 이동을 원활하게 하여 워커의 속도를 한층 증가시킬 수 있고, 아울러 섬유의 분리효과를 극대화한 인젝션 소면기(injection carder)를 개발하여 최근에 상품화하고 있다.

이 기계의 기본 개설편리는 기존의 침포의 기계적 작용에 외부에서 공기기류를 주입시킨 공기역학을 응용한 것으로 공기기류의 형성방법은 Figure 4에 나타내었듯이, 하나의 실린더(A)와 워커(C) 그리고 스트리퍼를 제거한 공기흡입판(E)으로 구성되어 있다.

섬유의 개설편작용은 모방시스템의 원리와 유사하지만 공기조절에 의해 워커로 부터 섬유를 이동시키는 작용을 추가하였으며, 개설편은 두 표면의 접선방향에 최소점(T1, T2)에서 이루어진다. 스트리퍼 대신 특수형태의 공기흡입판의 기능은 기존 로울러 소면기에서 발생하는 워커에서 섬유의 정지 또는 저속으로 이동하는 것을 방지하는 것이다. 그 원리는 실린더 상에 고정되어 있는 공기흡입판의 입구와 출구 점에서 공기속도가 증가되고 워커의 외부점(S1, S2)에서 접촉점(Sp)으로 공기흡입에 따른 벤츄리(venturi)효과를 생성한다. 이러한 공기흡입의 도입은 개설편 효과를 증가시키고 워커의 침포에서 섬유의 이탈을 촉진시켜 결과적으로 실린더의 회전속도를

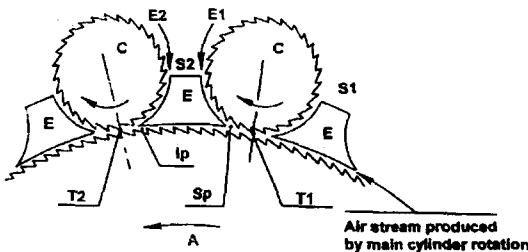


Figure 4. Main part of the injection carder (FOR Co.). A: main cylinder, E: air extracting profile, C: worker roller, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>: tangent point, E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>: air entry, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>: stationary air, I<sub>p</sub>: injection point, S<sub>p</sub>: suction point.

획기적으로 높일 수 있어 소면기의 고속화가 가능하다. 새로이 개발된 인젝션 소면기의 특징을 요약하면 다음과 같다.

① 개설편작용이 두 볼록한 표면의 접촉점에서 이루어지기 때문에 용이하다.

② 섬유는 워커 주변에 부착되어 재순환되지 않고 섬유가 단시간 워커에 접촉되기 때문에 압축효과에 의해 개설편율은 증가된다.

③ 스트리퍼가 없어 박면작용이 생략되어 웹이 등방성질을 가지며 실린더와 도퍼사이의 거리가 짧아 섬유의 장력을 감소시키고 넵(nep), 섬유절단 및 고속회전에 따른 섬유의 용융을 감소시킨다.

④ 원료섬유의 처리범위가 다양하여 기존의 범용섬유뿐만 아니라 극세섬유 및 아라미드 섬유 등의 특수섬유도 가능하다.

### 3.2. 고생산성 카드기

기존 소면기의 생산속도(150 m/min)를 혁신적으로 개선하여 300 m/min까지 고속화된 독일의 스피너우(Spinnbau) 회사에서 개발한 Random III® 소면기의 개략도를 Figure 5에 나타내었다. 이 기계의 특징은 소면기의 고속화에서 발생하는 웹불균제와 섬유손상을 방지하기 위하여 더블형 도퍼를 사용하며 웹적층을 위하여 크로스래퍼로 공급하기 전에 7~8개 특수형태의 로울

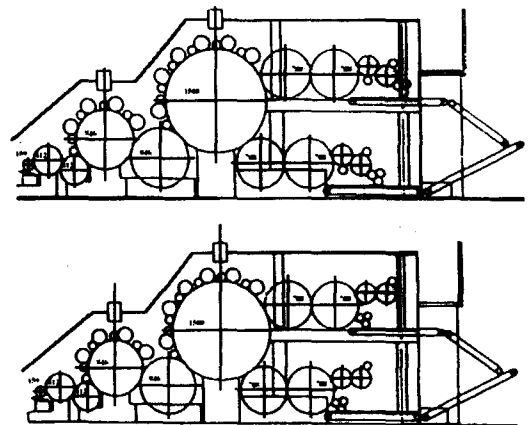


Figure 5. Schematic diagram of the high performance carder (Spinnbau Co.).

**Table 1.** Specification difference of needle punch machines

Company	Working width (m)	Needle density (needles/m <sup>2</sup> )	Penetration depth (mm)	Stroke (frequency/min)
Fehrer	0.7~16.5	750~32,000	25~90	600~3050
Asselin	0.8~7.1	600~28,000	40~100	220~2500
Dilo	0.6~16.0	1,500~48,000	15~60	800~3500
Automatex	0.6~6.7	2,000~24,000	35~70	1050~1500

러를 재배열한 것이고 구체적으로 개선된 기계 요소는 다음과 같다.

① 공급판에서 섬유 손상을 방지하기 위하여 리커인(licker-in)의 회전방향을 시계방향으로 바꿈.

② 불순물 제거를 위해 브레스트(breast) 부분에 버비이터(burr beater)를 부착함.

③ 고중량웹을 생산하기 위하여 도퍼 다음에 두 개의 스크램블러(scrambler) 로울러를 부착함.

④ 침포와 섬유사이에 발생하는 마찰열을 줄이기 위하여 실린더와 언더캐이싱(under casing)공간에 냉각기류 공급장치를 도입함.

#### 4. 니들펀칭기의 고성능화

니들펀칭 부직포의 기본적인 제조원리는 웹형성 단계를 거친 적층웹을 특수 디자인된 웹트(felt)침의 상하운동에 의해 섬유 자체가 결합되는 것이다. 니들펀칭부직포의 개발은 부가가치를 높이기 위해 현재 제품의 저중량, 균일성 및 고밀도에 주안점을 두고 이루어지고 있으며, 기계설비의 개발방향은 원가절감에 기본을 둔 고속화 및 자동화 등의 성능 향상에 역점을 두고 있다. 기계설비에 관한 개발의 구체적인 내용은 다음과 같다.

- ① 침의 자동삽입과 제거장치
- ② 웹두께에 따른 침의 스트로크(stroke) 조절장치
- ③ 섬유절단을 방지하기 위한 특수침의 개발
- ④ 고강도/고탄성 섬유를 위한 니들침 개발
- ⑤ 부직포의 다양한 구조를 위한 패턴니들링장치

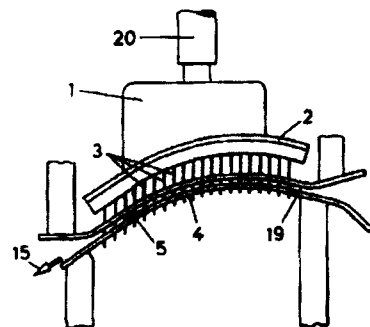
참고로 현재 세계적인 니들펀칭기의 제조업체에서 개발된 최신 기계의 성능 및 침의 특성은

Table 1에 나타내었다. 한편, 최근에 개발되어 구체적인 기술은 알려지지 않았지만 부직포 업계에서 관심이 큰 고성능 니들펀칭기로 비대칭 굴곡형(H-1)펀칭기, 하이퍼(Hyper)펀칭기 및 삼차원 구조펀칭기가 있으며, 이들의 기계적인 특징을 살펴보면 다음과 같다.

##### 4.1. 비대칭 굴곡형 펀칭기(H-1형)

니들펀칭기의 생산성 향상으로 제조원가의 절감 및 강도증가 목적으로 개발된 오스트리아의 페러(Fehrer)회사의 비대칭 굴곡형(asymmetric oblique)펀칭기인 H-1형 모델이 최근 소개되고 있다. 핵심적인 기술은 니들펀칭 과정에서 천공각도와 천공위치를 변화시켜 기존의 수직형 천공보다 섬유상호간의 결합력을 증가시키고 구조를 다양하게 한 것이다. 기본 메카니즘은 Figure 6에 보여 주듯이 섬유웹(15)은 우측에서 공급되고 굴곡된 침판(2)은 상하운동을 하며 이때 바브(barb)침(3)은 정지된 하부의 베드프레이트(4)와 스트리퍼페이트(5) 사이에 섬유웹을 천공한다.

한편, 니들보드의 상하운동은 Figure 7에 나타



**Figure 6.** Needling part of the curved needle punching machine (Fehrer Co.).

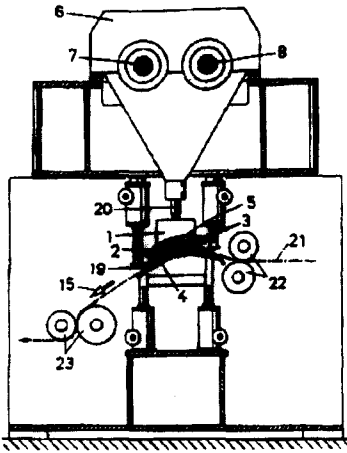


Figure 7. Schematic diagram of the curved needle punching machine (Fehrer Co.).

낸 커넥팅로드(connecting rod)에 연결된 두 개의 평행 크랭크샤프트(7,8)로 구성된 크랭크 드라이브(6)에 의하여 이루어진다. 이 기계는 웹의 이동구간이 굴곡형으로 천공과정에서 웹의 장력이 최소화되고 천공각도가 다양하여 CD방향의 강도저하 없이 기계방향의 강도를 증가시킬 수 있다. Figure 8은 기존의 수직형과 굴곡형 니들 펀칭기의 처리회수에 따른 인장강도를 비교한 것이다.

또한, 기존 수직형 펀칭기의 권취부분에서 발생하는 포두께 감소에 의한 폭수축을 최소화할 수 있다. 이 기계의 전체적인 특징은 아래와 같다.

- ① 펀칭라인의 감소로 생산비용의 절감효과

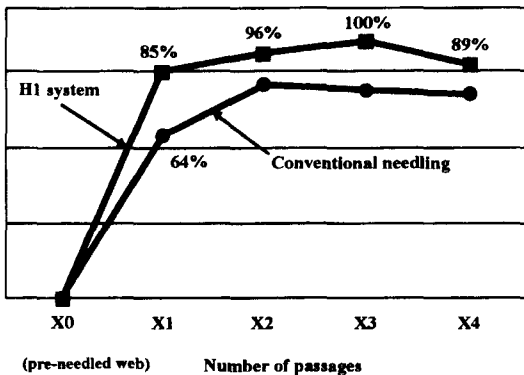


Figure 8. Tensile strength variation of needle punching machines.

- ② 균제하고 강도가 높은 등방성 부직포제조 가능
- ③ 기존 니들펀칭라인의 변형이 용이하여 투자비용 감소
- ④ 니들펀칭 부직포의 여과 및 배수기능의 성능향상

#### 4.2. 하이퍼(Hyper) 펀칭기

현재 니들펀칭기 구조는 공정상 발생하는 드래프트를 피할 수 없는 문제로 지적되어 왔다. 침판이 상하운동(stroke)하는 동안 웹도 일정속도로 진행되므로 침이 웹내에 있는 동안 웹의 진행에 의해 침은 굽힘을 받게 된다. 이는 웹 이동속도를 높이지 못하는 직접적인 원인으로, 예를 들어 스트로크당 30 mm를 진행하고 2000 stroke/min의 속도로 펀칭한다면 웹의 권취속도는 60 m/min으로 제한된다.

이를 근본적으로 해결하기 위한 방법으로 최근 Dilo사에서는 신기계가 개발되어 DI-LOOM HSC Hyperpunch로 명명되었으며, 약 3000 stroke/min의 스트로크 속도에 150 m/min의 웹 이동속도까지 가능하게 되었다. 이 기계는 니들빔이 수직과 수평운동을 동시에 하도록 수직/수평 방향으로 커넥팅 로드를 따로 연결하여 설계하였다. Figure 9에 보여주듯이 주요부분은 수직/수평 방향의 니들빔 운동을 일치시키는 구조로, 침이

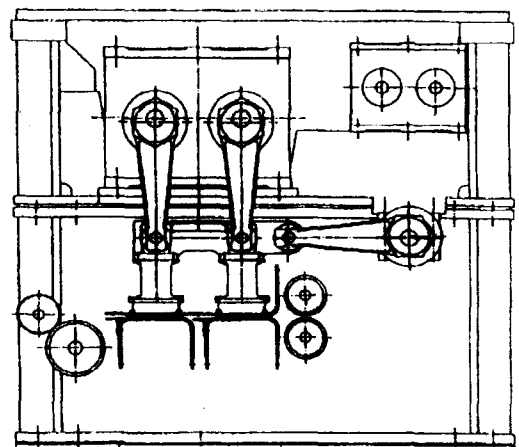


Figure 9. Structural diagram of high speed needle punching machine (Dilo. HSC Type).

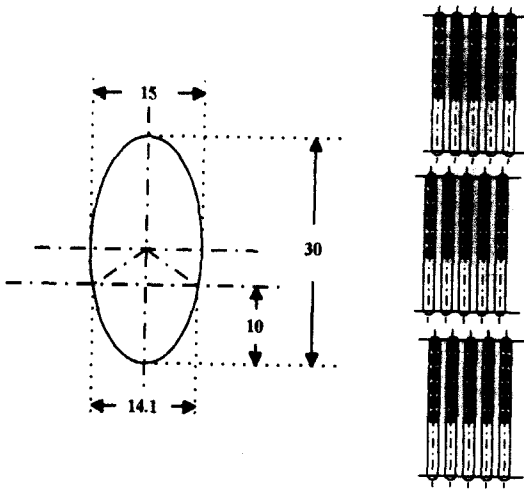


Figure 10. Cam and needle arrangement of HSC needle punching machine.

웹내에 머무는 동안 니들빔은 기계방향으로 수평운동을 함으로써 드래프트를 근원적으로 제거할 수 있다. 한편 침의 후진운동은 침이 웹밖으로 나와있는 동안에 이루어질 수 있도록 설계되었다.

Figure 10은 니들링 원리를 나타내며, 이 경우 수직방향의 스트로크가 30 mm일 때 수평방향의 스트로크는 15 mm인 예로 실제 스트로크당 진행은 50~55 mm까지 가능한 것으로 나타난다.

한편 니들빔이 타원형운동을 하기 위해서는 스트리퍼(stripper)판과 베드판(bed plate)에 작은 구멍이 필요하며, 니들빔의 수평방향의 스트로크에 따라 구멍의 최소크기가 정해진다.

#### 4.3. 삼차원구조 편칭기(3D web linker)

일반적인 니들편칭기에서 생산할 수 있는 부직포 두께의 제한성을 극복하기 위하여 프랑스의 라로시(Laroche)회사에서 개발한 높은 벌키성을 갖는 삼차원부직포를 제조 가능한 혁신적인 기계로 기본원리는 니들편칭기의 변형구조이다.

Figure 11에 보인 것과 같이, 제조원리는 두 개의 스트리퍼(stripper)와 바(bar) 또는 튜브(tube)로 만들어진 두 개의 스페이서(spacer)판 사이에 두 개 이상의 섬유웹이 공급된다. 공급된 웹들은 바브(barb)침에 의해 웹사이를 통과하여

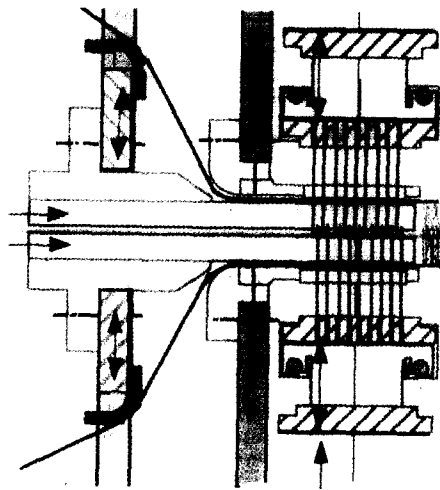


Figure 11. Structural diagram of 3D web linker.



Figure 12. Structure of 3D web fabrics.

섬유 상호간의 결합(link, bridge)이 된다. 형성된 삼차원 니들편칭 부직포의 구조는 Figure 12와 같다. 사용되는 침은 특수 디자인된 2½, 3½, 4½인치 크기이며, 아울러 침의 침투깊이는 제조하는 제품에 따라 차이가 있으며 40~80 mm이다.

한편, 기계의 구조상 바(bar)사이에는 와이어, 케이블 및 필라멘트 공급이 가능하고, 튜브는 분말, 유체, 거품 등이 공급되어 최종제품의 요구특성에 따라 부수적인 열 또는 화학적인 결합의 후가공이 가능하여 삼차원 내부의 구조를 변화시킬 수 있다. 현재 이 기계는 1~2.5 m 폭, 4~8 cm 두께의 제품생산이 가능하여 고벌키성이 요구되는 토목합성제품(geosynthetic), 필터재, 보온재, 방음재를 비롯하여 복합재료의 구조재 기포로 사용가능하다.

#### 5. 스펀레이스(spunlace) 기계의 고성능화

범용적인 부직포제조와 마찬가지로 단섬유의 웹형성은 동일한 메카니즘이지만, 결합공정에서

고압수류를 웹의 한면 또는 양면에 분사하여 섬유상호간 물리적 결합이 일어나도록 설계되어 있는 것이 특징이며 전체적인 스펀레이스 부직포제조는 아래의 6단계 구성요소가 필수적으로 요구된다.

- ① 웹형성시스템: 소면기법, 에어레이법 및 습식법
- ② 결합시스템: 고압수류의 인젝터(injector 또는 manifold)
- ③ 탈수시스템: 유체흡입부 또는 진공박스
- ④ 후가공시스템: 선택적으로 염색 및 기능부여장치 부착
- ⑤ 물의 여과 및 순환시스템
- ⑥ 건조시스템: 컨베이어형 또는 드럼형

스펀레이스 부직포제조의 기본원리는 Figure 13에 나타난 것과 같이, 웹이 고압의 수류밀을 지나가게 되면 유체제트(water jet)의 충격으로 섬유상호간에 교락이 형성된다. 이 시스템은 웹 이동방법에 따라 벨트형과 드럼형으로 구분되며, 부직포의 강도증진을 위해 수류결합의 회수는 보통 2회 이상으로 사용한다. 한편, 스펀레이스 부직포의 물성과 품질 및 생산원가 측면에서 가장 중요한 물의 여과와 순환 시스템의 대표적인 예시를 Figure 14에 도식하였다. 스펀레이스 부직포에서 구조의 디자인과 패턴은 수류결합시 사용된 와이어(wire)망의 형태에 좌우되며, 밀도 높은 제품은 가는 망을 사용하며, 레이스패턴과 같은 효과를 주기 위한 특수 망도 사용된다. 이들 구조는 유체가 통하도록 고

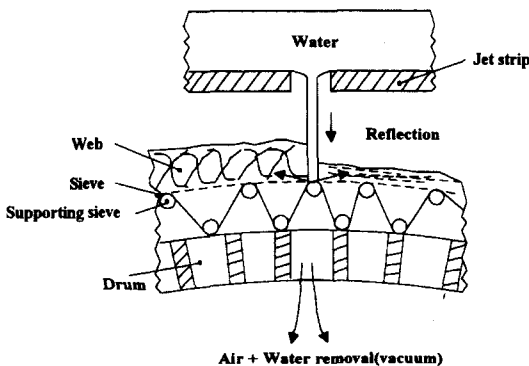


Figure 13. Basic principle of spunlace system.

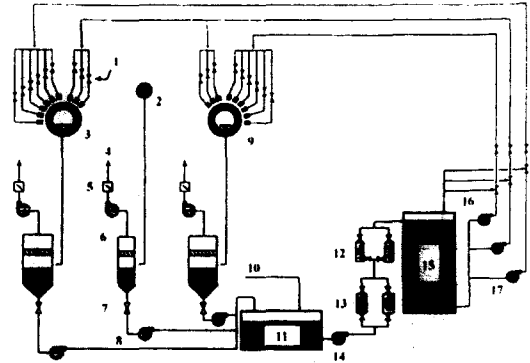


Figure 14. Water filtration and circulation of spunlace nonwoven system. 1. high pressure manifold valves, 2. extraction roll, 3. honeycomb entanglement, 4. air pump, 5. damper, 6. exhauster, 7. separator, 8, 14. pump, 9. honeycomb entanglement, 10. water supply, 11. filtration system, 12. third stage filter, 13. second stage filterge tank, 15. filtered water storage tank, 16. minimum flow valves, 17. hgh pressure pumps.

안된 와이어메쉬(wire mesh)나 직물벨트 형태로 되어있고, 다양한 부직포의 구조패턴을 보다 쉽게 할 수 있도록 이들 망의 교체가 용이하게 설계되어있다.

세계적으로 스펀레이스 제조기계는 프랑스의 ICBT회사의 Perfojet® 시스템과 미국의 Valmet회사의 Honeycomb® 시스템으로 양분되어 있었는데, 최근에는 두 회사가 공동개발한 Jet-lace 2000 시스템이 상품화되고 있다. 아울러 독일의 Fleissner 회사가 독자적으로 개발한 Aquajet® 시스템이 최근 소개되어 업계의 관심을 끌고 있다. 한편, 이들 스펀레이스 기계의 개발 방향은 고압유체에 사용되는 에너지절감과 제품의 강도 증가 및 고중량의 별키한 부직포 제조에 초점을 맞추고 있다. 상품화된 스펀레이스 부직포기계의 시스템별 특징을 소개하면 다음과 같다.

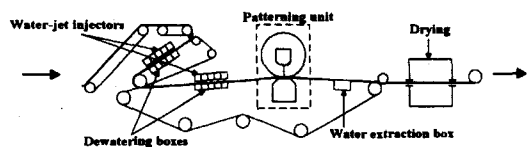


Figure 15. Schematic diagram of ICBT system.



### 5.1. 퍼포젯(Perfojet) 시스템

Figure 15는 유럽에서 널리 사용되는 프랑스의 퍼포젯사의 제조장치를 도식화한 것이다. 원통형의 기공을 가지며 박스내부에 위치한 분사노즐을 통해 분사된 수류는 웹의 섬유사이에 가해진다. 웹의 이동은 벨트형이고 섬유상호간 결합은 2단계로 나누어서 실시되고 있으며 0.5~3 kg/cm<sup>2</sup>의 비교적 저압력으로 웹에 수류가 분사된다. 분사압력은 웹의 두께 및 최종제품의 요구강도를 고려하여 선택된다.

### 5.2. 하니컴(Honeycomb) 시스템

Figure 16은 현재 세계적으로 널리 사용되는 스펀레이스 부직포 제조기계인 하니컴시스템으로 기본적으로 듀폰사의 제조방법과 동일하며, 단지 듀폰사의 제조방법은 웹이 일직선상으로 계속 수류처리를 받지만 하니컴시스템은 드럼에 권취되어 웹의 앞뒤면 결합을 위하여 2단계의 수류처리가 된다. 일반적으로 사용되는 분사압력은 100 kg/cm<sup>2</sup> 정도의 고압이다.

한편, 최근에는 미국 Valmet사의 하니컴시스템과 프랑스 ICBT사의 퍼포젯시스템이 통합하여 생산공정에서 저에너지화와 부직포의 강도가 향상된 새로운 Jetlace 2000<sup>®</sup> 기계가 상품화되고 있다. 이 기계는 ICBT사의 에너지절약형의 물여과 시스템과 압력 및 물량을 자동 제어하는 컴퓨터를 부착하였고, 반면에 미국측은 노즐을 제공하여 기존 스펀레이스 부직포의 특성을 개선시킨 것으로 알려져 있다. 기존의 스펀레이스 기계보다 향상된 점은 크게 아래와 같이 세 가지로 요약된다.

- ① 에너지절약이 기존의 70%까지 가능하고 건조 효율을 증가시킨 점
- ② 에너지소비에 비례하는 부직포 강도를 동

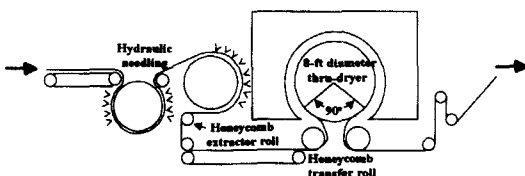


Figure 16. Schematic diagram of Honeycomb<sup>®</sup> system.

일한 에너지에서 기계와 크로스방향의 강도를 현저히 높힌 점

- ③ 기존 스펀레이스보다 드레이프성이 우수한 직물에 가까운 부직포를 제조할 수 있는 점

### 5.3. 아쿠아젯(Aquajet) 시스템

최근 독일의 Fleissner 회사에서 새로운 고압유체 결합부직포 제조기계를 상품화하였다. 기본적인 원리는 하니콤 및 퍼포젯시스템과 유사하며 특징으로는 섬유혼섬, 웹형성, 결합공정 및 필요한 후가공과 건조공정이 완전히 하나의 생산라인으로 설치 가능하다. 아쿠아젯시스템이 기존 스펀레이스시스템보다 성능으로 향상된 점은 다음과 같다.

- ① 저중량웹(20~350 g/cm<sup>2</sup>)을 고속으로 생산 가능하고, 고압 유체결합의 회수를 2 또는 4단계로 선택 가능하여 제품의 물성이 다양함
  - ② 고압유체 분사장치인 인젝터(injector)와 패턴 와이어(wire)의 교환을 단순화함
  - ③ 극세, 이원구조 등의 특수섬유의 부직포화가 가능하고, 제편포의 벌키성 향상에 이용가능함
- 최신설비로 소개한 Aquajet 시스템이 기존의 스펀레이스 시스템보다 향상된 점들이 있어 공정별로 좀 더 상세히 소개하고자 한다. Figure 17은 Aquajet 시스템 공정의 전체적인 개략도를 나타낸 것으로 웹적층은 건습식법을 비롯하여

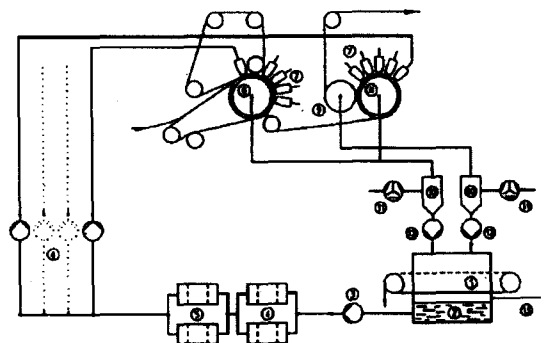


Figure 17. Schematic diagram of Aquajet<sup>®</sup> system. 1. bell filter, 2. water tank, 3, 12. recirculation pump, 4. bag filters, 5. cartridge filters, 6. high-pressure pumps, 7. jet manifolds, 8. suction drums, 9. dewatering drum, 10. air/water separators, 11. suction fans, 13. fresh water.

방사(spunbond, meltblown)법 등이 모두 가능하며, 작업속도는 최고 250~300 m/min까지 가능하나, 웹형성기를 소면기로 사용할 경우 소면기의 현재 최고속도인 약 150 m/min으로 제한되어 있다.

유체결합에 사용되는 유체의 노즐직경은 0.13~0.18 mm이며 1 inch당 약 30~60개의 노즐이 사용된다. 노즐의 분사압력은 결합효과에 직접적인 영향을 주며, 결합효과는 부직포의 형태안정성, 표면정도 및 신축성 등에 영향을 준다. 분사되는 수압은 30~300 bar 영역이며 에너지 사용은 0.1~1.5 kwh/kg으로 상당히 개선된 것으로 나타났다. 제조 가능한 웹의 중량은 20~400 g/m<sup>2</sup>이며, 유체결합을 위한 최소한의 웹의 중량과 노즐의 최대압력(300 bar)에서 수류가 통과할 수 있는 웹의 최대 중량을 결정할 수 있다.

## 6. 스펠본드(spunbond) 기계의 성능 분석

일반적으로 스펠본드 부직포의 제조는 필라멘트 방사법과 유사하여 고분자 용융수지를 방사 펌프에 의해 수많은 노즐을 통해 방사하여 전형적인 필라멘트의 연신과 달리 강제 공기기류에 의해 연신과 섬유분리공정을 통해 다공벨트 위에 임의 배향으로 적층되어 열적, 니들펀칭 등의 적절한 수단으로 섬유 상호간의 응집력을 부여하는 결합공정으로 이루어진다.

스핀본드 부직포의 제조기술은 최초 미국 듀퐁회사에서 시작하여 현재까지 꾸준히 개발되어 상품화된 제조기술의 유형을 보면 크게 3가지로 분류할 수 있다. 즉, 독일의 루르기(Lurgi)회사의 제조공법인 도칸(Docan)법과 라이펜하우저(Reifenhauser)회사의 라이코필(Reicofil)법이 대표적이며, 아울러 세계 유명 합섬회사인 킴벌리클락, 아사히, 가네보 등이 자체적으로 개발한 기업의 고유제조법이 있다. 그러나, 최근 세계적으로 스펠본드부직포의 수요 급증추세에 따라 기계업체의 연구개발이 활발하여 도칸법의 필라멘트 연신공정을 개선한 NST(new spunbond technology)법과 일본의 고베고도시(Kobe-Kodoshi)법이 소개되어 상품화되고 있다.

이들의 제조공법에서 기본적인 차이점은 방사 후 강제 공기기류에 의한 연신방법과 적층후 섬유결합 방법의 변형이다. 스펠본드 부직포의 구조와 물성에 아주 중요한 영향을 미치는 연신공정은 일반적인 필라멘트사 연신에 사용하는 고데트(godet) 속도차를 응용하는 것과는 달리 수직방사된 섬유에 공기기류에 의한 하강연신법을 대부분 사용한다.

따라서, 스펠본드 부직포의 기계설비의 고성능화 방향은 연신공정의 변형으로 생산속도 향상과 제품강도 증가에 초점을 두고 개발이 가장 활발한 것으로 생각된다. 현재까지 부직포 제조업체에 상품화가 가능한 스펠본드 공법들의 기계 성능 및 특징을 살펴보면 아래와 같다.

### 6.1. 라이코필(Reicofil) 공법

1984년 최초로 상품화된 이래로 라이코필공법은 꾸준한 연구개발로 현재 세계시장에서 가장 많은 점유율을 차지하고 있는 실정이다. 이는 방사라인이 짧아 비교적 기계의 설치 면적이 작은 것이 특징이고, 생산성은 약간 떨어지나 설비의 일부분만 도입이 가능할 뿐 아니라 설비와 기술을 turnkey base로도 제공하고 있다. 현재 널리 사용되는 라이코필 스펠공정의 실제적인 제조도식도는 Figure 18에 나타낸다.

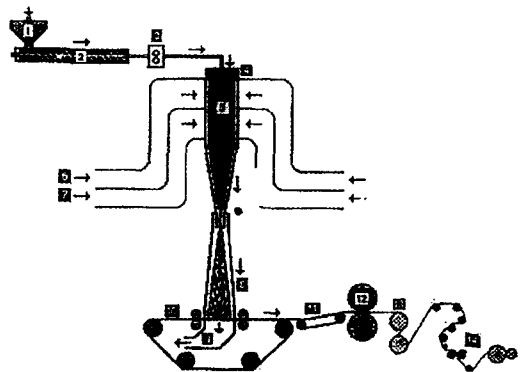


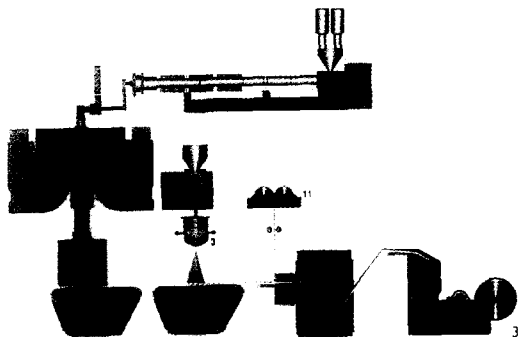
Figure 18. Schematic diagram of Reicofil<sup>®</sup> spunbond system. 1. hopper, 2. extruder, 3. spin pump, 4. die block, 5. cooling and stretching chamber, 6. cool air blower, 7. auxiliary air blower, 8. filament entangler, 9. suction blower, 10. spin belt, 11. guide belt, 12. thermal calender, 13. chill roll, 14. winding unit.

한편, 최근에는 라이코필(II)를 개발하여 상품화하고 있다. 이 공법의 특징은 제2 방사빔(spining beam)을 첨가하여 생산속도의 증가와 에너지 절감 효과를 이루고 있다. 제2 방사빔의 핵심 기술은 필라멘트 연신장치를 개선함으로써 필라멘트 연신에 필요한 압축공기의 압력을 낮추고 다양한 원료섬유의 사용이 가능하며 보다 균일한 웹의 제조가 가능한 것이 특징이다. 또한, 기존의 라이코필공법은 최대 필라멘트의 속도가 1200 m/min였으나, 이 공법은 2000 m/min으로 상용화되고 필라멘트의 방사속도 역시 150 m/min까지 올릴 수 있다는 것이 특징이다.

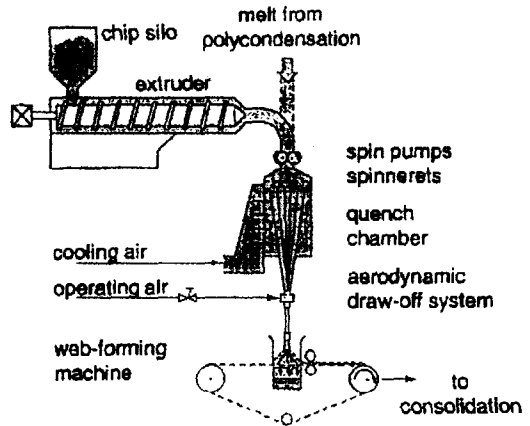
또한, 스펀본드 부직포의 기능성 향상과 부가가치 창출을 위한 목적으로 다른 부직포와 복합화하여 고성능 부직포를 제조하는 공법이 최근 다양하게 소개되고 있다. 특히, S/M/S형, S/M형 및 spunbond/staple web형 등의 새로운 형태의 복합부직포가 각광을 받고 있으며, 대표적인 S/M/S 제조방식은 Figure 19와 같다.

**6.2. 도칸(Docan) 공법**

도칸공법은 1960년대 후반부터 상품화가 가능하였으나 초기에는 결합기술에 대한 기술 제공이 없이 필라멘트 웹제조에 대한 라이선스를 제공함으로써 대부분의 도칸공법 채용회사는 나름대로의 고유한 웹결합 기술을 개발하였다. Fig-



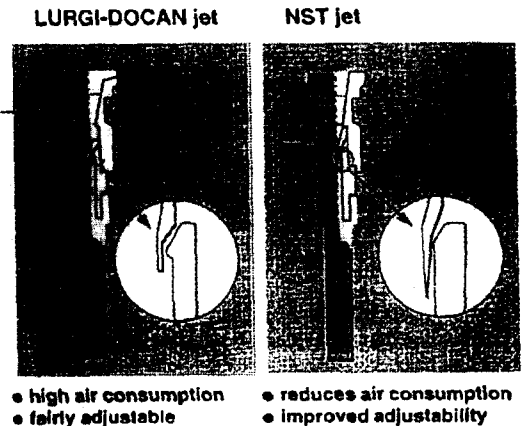
**Figure 19.** Schematic diagram of Reicofil<sup>®</sup> S/M/S system. 1. extrusion for meltblown, 2. melt metering, 3. meltblowing die, 4. collector, 5. slitting and winding, 6. heat embossing, 7. extrusion for spunbonding, 8. melt metering, 9. spunbonding process, 10. collector, 11. unwinder for lamination.



**Figure 20.** Diagram of Lurgi<sup>®</sup> spunbond system.

ure 20에 도식된 것과 같이, 이 공법은 방사라인이 비교적 길어 생산설비의 설치에 보통 4층 이상의 공간을 필요로 하며 비교적 생산성은 높으나 대부분 PP 스펀본드부직포 제조에 제한적으로 사용되고 있다.

그러나, 최근 도칸공법을 개선한 독일의 Zimmer사의 NST 공법이 개발되어 상품화되고 있다. 이는 기존의 기류 연신장치를 개선한 것으로 생산속도와 에너지 효율을 높인 것으로 필라멘트의 방사와 냉각후 몇 단계의 연신 기류를 통과하는데 이때 기류는 회전인젝터(rotation-symmetric injector)내에서 초음속의 제트기류로 기존의 도칸공법보다 필라멘트 연신율이 높



**Figure 21.** Air feeding system of NST and Docan systems.

- high air consumption
- fairly adjustable
- reduces air consumption
- improved adjustability

**Table 2.** Manufacturing specification of NST spunbond system

	Polypropylene		Polyester		
Area weight (g/m <sup>2</sup> )	10~150	80~1000(3000)	10~100	100~350	100~1000
Spinning process	S, SS, SMS	S, SS	S	S, SS	S, SS
Prod. width(m)	3~6	3~6	3~6	3~6	3~6
Max. prod. speed	400	25(75)	350	25(75)	25(75)
Spec. capacity (kg/mh)	150S 300S 360SMS	185S 370S	250S	215S 430S	215S 430SS
Process routes	Calendering Finishing	Needling	Calendering	Needling Thermosetting Impregnating Curing/Drying	Needling Thermosetting (low shrinkage web)
Application	Hygienic articles, Diaper coverstock, Protective garments, Upholstery, Agriculture	Road construction, Railway, Draining, Erosion protection, Embankment, Consolidation	Filter substrate, Fabric softener, Medical, Agriculture, Interlining	Roofing felts, Civic construction Laminates	Road construction, Railway, Draining, Erosion protection, Embankment, Consolidation

아 고강도 제품생산이 가능하다. Figure 21은 기존의 도칸시스템과 새로 개발한 NST의 공기 공급 장치를 나타낸 것이며, Table 2는 NST공법의 폴리프로필렌과 폴리에스테르 스펠본드부직포 제조의 공정 라인 설계와 최종 용도를 요약한 것이다.

**6.3. 가네보(Kanebo) 공법**

스펠본드는 일반적으로 용융방사를 채택하지만, 폴리에테탄을 사용한 가네보사의 습식방사법에 의한 스펠본드 부직포는 세계 유일하며, 폴리에테탄의 고탄성과 접착제를 사용하지 않음으로

병원용으로 붕대, wet wiper 등의 특수용도에 사용되고 있다. 이 공법의 기술은 현재 외부에 전혀 알려진 바 없으며 제조된 폴리에테탄 스펠본드부직포의 구체적인 용도와 응용기술은 Table 3에 나타내었다.

**6.4. 고베고도시(Kobe Kodoshi) 공법**

도칸공법 및 라이코필공법과 더불어 최근 상품화되어 시장확보에 주력하는 스펠본드 제조기술이 일본에서 개발한 고베고도시공법이다. 기술상 차이점은 기존 시스템의 특정 원료사용과 달리, 폴리프로필렌, 폴리에스테르, 나일론 6, 66

**Table 3.** Characteristics of Kanebo polyurethane spunbond nonwovens

Fields	Products	Application techniques
Textiles for sportswear	Elastic stuffing materials	Needle punching
	Interlining	Hotmelt coating
	Disposable wear	Embossing, Welding
	Emblems for sports uniform Sports bras	Laminating, Hotmelt Laminating
Clean engineering	Clean gloves and masks	Embossing, Welding
Medical	Medical tape	Adhesive coating
	Surgical dressing	Adhesive coating
	Poultices	-
Industrial materials	Automobile interiors	Flocking, Laminating
	Wigs	Flocking
	Synthetic leather substrate	Laminating

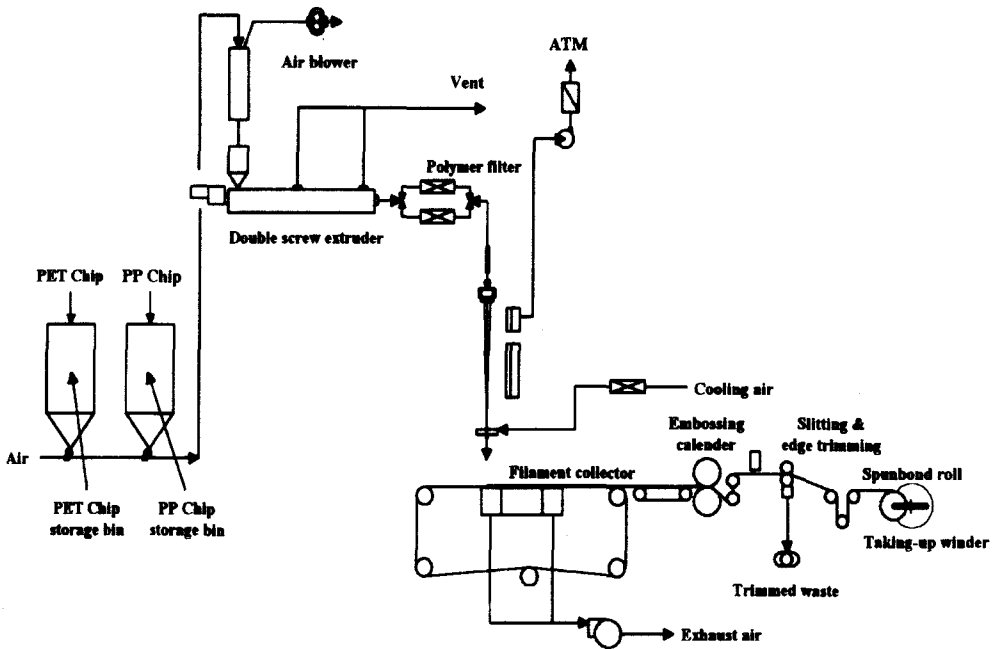


Figure 22. Schematic diagram of Kobe-Kodoshi spunbond system.

및 생분해성(PLA)수지를 선택적으로 사용하게 설계되어 시스템의 다양화한 점이 특징이다.

Figure 22는 고베고도시공법의 스펠본드 제조 라인의 공정 도식도로 원료수지를 두개 이상 단독 또는 병행하여 사용가능하다. 이 시스템의 특징은 0.5~0.7 dtex의 극세방사가 가능하고 고속 방사 원리를 채택하여 제품강도를 획기적으로 개선시킨 점이다. 방사속도는 원료수지에 따라 차이가 있지만 폴리에스테르 경우 5,000 m/min, 폴리프로필렌 경우 3,500 m/min로 다른 스펠본

드공법보다 월등히 높다.

이러한 방사속도의 향상은 Figure 23에 나타난 것과 같이 일반적인 스펠본드공정에 사용되는 단일 스크류(single screw) 방사기대신에 수지의 균일한 혼합, 방사기 내부에서 칩(chip)의 건조효율 등을 개선하기 위하여 특수 디자인된 이중 스크류(twin screw) 방사기를 채택하고 있기 때문이다. 이 공법의 기술적인 주요인자는 특수 형태의 스크류, 다단계의 바렐(barrel) 내부의 온도조절, 진공압력조절, 노즐의 L/D 변화 등이 더욱 정밀하게 자동제어된 점이 큰 특징이다.

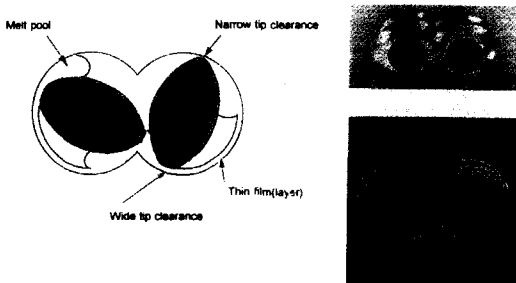


Figure 23. Cross-sectional structure of the twin screw extruder.

### 6.5. 아손(Ason) 공법

1996년에 스펠본드부직포의 강도 및 생산성 향상을 위하여 미국의 아손(Ason)회사는 방사라인의 연신방법을 개선한 고압기류(air gun)의 공급장치를 이용하여 필라멘트의 이동 속도를 증가시킨 기술을 상품화하고 있다. Figure 24에 보여 주듯이 기존의 방사라인에 냉각챔버(cooling chamber)와 적층면 사이의 좁은 공간에 고압기

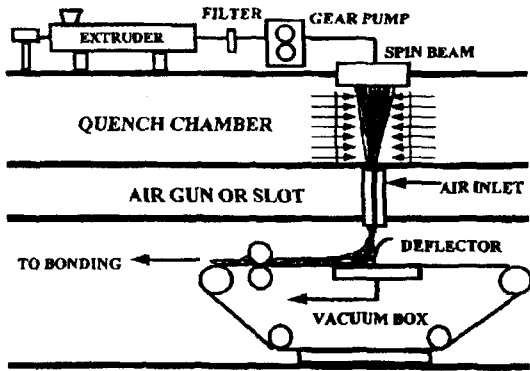


Figure 24. Schematic diagram of Ason® spunbond system.

류를 공급하여 필라멘트의 연신효과를 극대화한 점이다. 이로 인하여 필라멘트의 극세화에 따라 강도증가를 비롯하여 생산성을 더욱 증가시키는 효과를 얻었다. 또한 일반적으로 스펠본드 제조라인은 많은 설치공간이 요구되는데 비해 아손공법은 6m의 방사높이로 제품생산이 가능한 특징을 가지고 있다. 구체적으로 아손공법과 연신압력차이에 따른 기존 시스템의 사용원료, 방사속도, 강도, 투자비 등의 제반특성을 비교한 자료를 Table 4에 정리하였다.

### 7. 에어레이(air lay) 부직포기계

에어레이부직포 형성기술은 최초로 덴마크의

Karl Kroyer가 발명하여 1970년말 유럽과 북미 지역에 상품화된 이래로 계속적으로 개발되어 1980년 초부터 성장하여 최근에 부직포제조의 혁신기술로 각광을 받고 있다. 에어레이웹(airlay web) 제조장치는 일반적으로 소면되지 않는 펄프 및 단섬유를 다루는 기계로, 공정과정에서 섬유는 공기 기류속에서 개섬, 분리되어 습식법의 컨베이어(conveyor)위에 적층되는 원리와 거의 유사하다. 특히, 에어레이웹의 구조는 섬유배향이 임의로 된 등방성과 벌키한 특성을 가지며, 흡수성이 요구되는 와이퍼, 위생용품(생리대, 기저귀) 등에 앞으로 널리 이용될 부직포 제품으로 전망된다.

한편, 에어레이 부직포제조를 위한 전체적인 공정의 개요는 Figure 25에 나타난 것과 같이, 전형적인 열 또는 접착제부직포와 유사하며 단지, 웹형성 공정이 소면기나 제지법과 달리 공기기류를 이용하는 것이다. 기본적인 에어레이웹의 형성원리는 Figure 26과 같이 공기기류에 의해 섬유가 분리되고 적층판에 등방적인 성질을 갖는 웹이 적층되는 것이다. 적층부분의 기계요소별로 분류하면 크게 스크린(screen)형과 피커로터(picker rotor)형으로 구분된다. 이들의 응용기술은 각 회사에서 독자적으로 개발되어 혼슈(Honshu)법, 블로우(Blower)법, 단웹(Danweb)법이 스크린형이고, 존슨앤존슨(J&J)법, 킴벌리클락(KC)법, 스카트(Scott)법이 피커로터

Table 4. Manufacturing capacity of spunbond machines by drawing pressure

Pressure state	Under		Low		High		Ason	
	PP	PET	PP	PET	PP	PET	PP	PET
Raw materials	PP	PET	PP	PET	PP	PET	PP	PET
Spinning velocity (m/min)	1,000~2,000	2,000	2,000	4,5000	3,500	4,000	5,000	7,0000
Production (kg/h/m)								
0.5~1 dpf	-	-	-	-	-	-	70~120	100~180
1~2 dpf	-	-	70~100	100~150	80~130	120~180	120~240	180~360
2~3 dpf	150~180		150~300	200~250	160~220	240~330	240~360	360~540
Filament strength	Low		Medium		Medium		High	
Basis weight (gsm)	5~100		5~500		5~500		5~500	
Fabric uniformity	Poor		Poor		Poor		Good	
Building height	10 m		10 m	14 m	20~25 m		6 m	
Investment cost (US\$/kg/year)	3.6		2.1	4.5	2.8		1.2	
Energy cost (kwh/kg)	2		2.2	3	5		1.5	

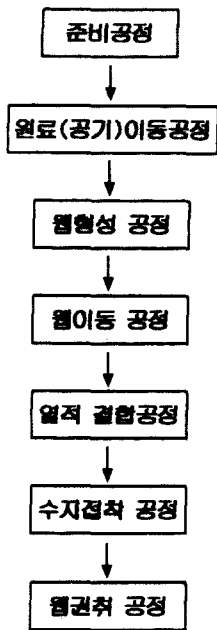


Figure 25. Flow chart of airlaid nonwoven manufacture.

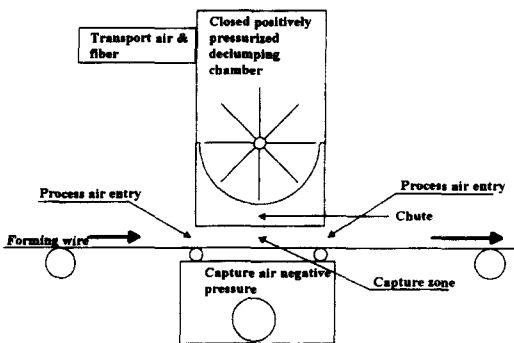


Figure 26. Basic concept of airlaid web formation.

형이다.

현재 이들 중에 상품화되는 기계는 Kroyer/Niro법과 Dan-Web법의 두가지 형태이며, 두 제조장치는 장섬유를 다루는 능력면에서 약간 차이가 있지만 생산성이 높고 원료의 다양한 적용이 가능한 특성을 가지고 있다. Kroyer/Niro법은 원래 단섬유용으로 고안되었으며, Dan-Web법은 다소 섬유장이 긴 섬유에 응용되도록 설계되었다. Table 5는 단웹형 에어레이 제조기의 원료별 생산특성을 나타낸 것이다.

한편, Figure 27은 단웹(Dan Web) 에어레이 웹 형성기계의 기본개요를 나타낸 것이다. 구체적인 제조 메카니즘은 해머밀(hammer mill) 또는 개섬기에 의해 1차 개섬된 펄프, 단섬유 또는 혼합된 섬유는 공급덕트 헤드(1)을 통과하며, 반

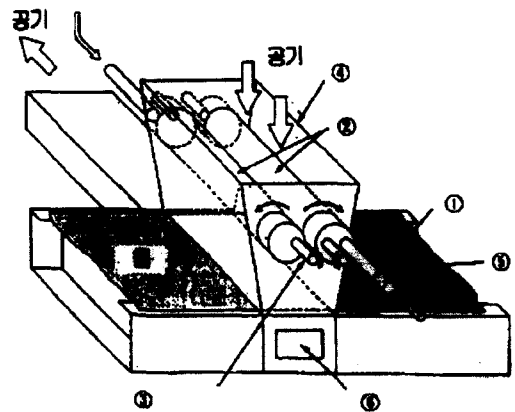


Figure 27. Schematic diagram of Dan Web® system. ① supply duct, ② forming drum, ③ flange roll, ④ drum casing, ⑤ suction feed conveyer, ⑥ suction box.

Table 5. Production performance of the Dan Web® airlaid machine

항목	원료	펄프	섬유	폐재 시이트	무기섬유
소재		펄프/SWP	PET, rayon 마, ES섬유	필름절단형	탄소, 유리섬유 미세분말
섬유장(mm)		3~10	5~15	3~5	1~10
웹형성 평가		◎	○~◎	◎	△~×
제조폭(mm)		2,700	2,100	2,100	600~2,000
생산속도(m/min)		120~200	100~120	120~150	10~100
중량(g/m <sup>2</sup> )		20~200	5~400	20~200	40~300
사용 head수		4	4	2	4
비고			섬유섬도, 길이, 섬유단면	carrier 및 기포필요	유제선택의 문제

대방향으로 회전하는 두 개의 성형드럼(forming drum)(2)의 공기류에 의해 흡입된다. 이 드럼의 구성은 흡입박스(6)의 상단에 위치하며 드럼의 중심축은 바(bar)형태로 주위에 상호 교차하는 작은 회전날개 모양의 금속막대가 부착되어 있다. 이들 두 드럼은 드럼케이싱(drum casing)(4)과 함께 밀폐형으로 하부로 갈수록 면적을 감소시켜 섬유이동을 가속시킨다.

또한, 성형드럼의 내부 회전날개는 표면에 침포가 달려 브러시(brush) 효과를 낸다. 즉, 공급된 펄프, 섬유는 드럼의 회전속도로 2차적인 개섬도 하지만 침포의 브러시(brush)효과로 섬유가 내 던져지는 상태로 된다. 한편 일부는 드럼 내의 난기류로 랜덤웹 형성에 필요한 조건이 만들어진다. 이 난기류 효과로 섬유는 드럼에 형성된 가늘고 긴 구멍을 통해 드럼케이싱(4)로 방출되어 흡입박스(suction box)(6)의 압축력에 의해 흡입낙하하며 최종웹이 형성된다.

단웹에어레이기계의 성형드럼의 회전수는 최대 250 rpm, 내부침포 브러시의 회전수는 최대 1,800 rpm으로 각각 공급되는 원료에 따라 여러 단계로 조절가능하다. 단웹에어레이 웹형성기의 주요특징은 고품질의 웹을 효율적으로 생산하기 위해서는 다음과 같은 선행사항이 필요하다.

① 공급부에서는 섬유의 개섬능력이 없으므로 원료로 사용되는 펄프나 섬유는 충분히 예비개섬이 필요

② 섬유 공급부에서 섬유가 공기와 더불어 원활히 이동하기 위해서는 공기량, 공기속도와 공급 섬유량의 최적조건 설정 및 공기의 온습도

③ 사용원료의 종류, 혼합율 및 생산하는 웹시이트(web sheet)의 폭, 두께, 속도에 따라 성형드럼의 폭, 직경, 개공률, 개공부의 형상 및 케이싱내부의 공기량과 속도의 최적 조건

## 8. 맺음말

최근 선진국에서 소개된 성능이 향상된 부직포 제조관련 설비의 기술적인 특징을 살펴본 결과, 개발의 기본 방향은 생산의 고속화, 정밀화 및 설비 유지에 있어 단순화되는 것이며, 아울러

품질향상을 위한 제조라인의 자동화에 초점을 두고 있다. 부직포 제조의 준비공정인 웹형성과 적층공정의 설비는 기존 기계에 웹균제도 향상을 위하여 선택적으로 부착할 수 있는 정밀도가 높은 자동제어시스템을 비롯하여 소면기의 고속화를 위한 응용기술의 개발이 대부분이다.

한편, 앞으로 보편적으로 국내에서 널리 사용될 니들펀칭, 스펀레이스, 스펀본드 등의 웹결합 기계들은 최종제품의 특성을 다양화하기 위하여 MD/CD방향의 강도 증가, 부직포 구조의 복합화를 비롯하여 각 결합공정의 생산속도 증가 및 에너지 감소기술에 주안점을 두고 상품화를 하고 있다. 또한, 신기술로 소개된 에어레이부직포의 제조 기계는 낮은 투자비로 기존의 부직포 생산라인 및 신규로 투자하는 기업을 위하여 범용적으로 활용 가능한 것으로 부직포 선진국은 관심을 갖고 있다.

이상과 같이 부직포의 생산성 향상을 위한 자동화, 고속화 및 고효율화를 위해 신기술에 관련된 기계들이 지속적으로 선진국에서는 개발 상품화되고 있는 실정이다. 따라서, 그동안 국내 부직포 업체에서 고가의 외산 기계 설비의 수입 의존을 비롯하여 향후 계속적으로 성장 가능한 부직포산업을 고려하면, 우리 나라에서도 현재의 어려운 경제난국을 극복하기 위해 부직포 제품의 고품질화뿐만 아니라 국내에서 거의 전무한 부직포 제조관련 기계에도 기업체 및 정부 차원에서 관심을 가져야 할 것으로 생각된다. 이를 위해서는 산업체, 학계 및 연구소의 기계와 섬유분야의 전문가들의 유기적인 협동체제가 더욱더 요구되는 시기라고 사료된다.

## 참고문헌

1. Index'96 Seminar Book, EDANA published, 1996.
2. E. Fehrer, GB Patent, 2,288,824(1995).
3. F. Konig, US Patent, 5,153,970(1992).
4. J. P. Dilo, US Patent, 5,307,546(1994).
5. Dilo Company, "Technical Papers", 1997.
6. Fehrer Company, "R&D Technical Book", 1996.
7. 주창환, 부직포활성화를 위한 새로운전략, 제1회



- KONORA 세미나집, 1996.
8. 주창환, 고부가가치 부직포 섬유제품의 개발동향과 전망, 섬유산업기술혁신세미나집, 1996.
  9. 주창환, 부직포의 용도전개와 고부가가치화 기술, 제2회 KONORA 세미나집, 1997.
  10. 주창환, 일본 부직포산업의 최근 기술개발동향과 향후전망, 산업용섬유기술세미나집, 1997.
  11. F. Lu and A. Moller, *Nonwovens. Rep. Intern.*, No. 307, 20(1996).