산업용섬유의 기술개발동향-10

<Spunbond 및 Meltblown 부직포의 제조기술 동향>

1. 서 언

1998년도 일본의 부직포 생산량은 약 32만 톤으로 추정되고 있으며 또 과거 수년간의 년간 성장률은 평균 10% 이상을 보이고 있다. 이것은 부직포의 뛰어난 가격경쟁력이나 성능적 특성에 기인하는 것 외에도, 일본 섬유산업의 구조적 변화에도 기여하고 있기 때문이다. 또한 부직포의 제조방법은 종류가 많고, 각 제조기술도 아주 크게 발전하고 있다고 해도 과언이 아니며 현재, 가장 주목을 받고 있는 부직포제조법은 스펀본드(spunbond), 멜트블로운(meltblown), 스펀레이스(spunlace)법 등이다. 일본의 섬유산업의 용도별 소비량에서 본 특징중의 하나는, 전체 섬유소비량에 대한 산업자재용 섬유의 비율이 크다는 점이며 1997년 일본화학 섬유협회의 통계에 따르면 전체 섬유소비량의 약 43%를 차지하고 있고, 이 비율은 앞으로 급속히 확대될 것으로 예측되고 있다. 이와 같이 일본의 산업자재용 섬유 수요의 증가는 급속하게 진행되고 있으며 이에 따른 부직포의 소비량도 확대되고 있다.

여기서는 일본의 스펀본드 및 멜트블로운 부직포의 기술 및 용도개발의 동향에 대해 논하기로 하며 이들 부직포의 제조방법에 관한 내용은 일본부직포연합회에서 발행되는 [부직포의 기초지식](1997년)에서 인용하였다.

2. 스펀본드 및 멜트블로운 부직포의 제조

2-1 스펀본드 및 멜트불로운 부직포의 정의

일반적인 부직포의 정의를 살펴보면 다음과 같다.

(1) ISO의 정의

[섬유를 마찰, 접착 또는 융착에 의해 제조된, 방향성이 있고 랜덤하게 배향된 섬유로 된 시트, 웹 또는 Pad이고, 종이, 직물, 편물, tough한 제품, 결합용 실 또는 필라멘트를 사용한 스티치본드(stitchbond) 제품 혹은 습식축융기계에 의한 펠트(felt)제품 등이 니들펀칭된 제품과 무관하게 사용된다. 천연 또는 합성섬유, 단섬유, 필라멘트 또는 폴리머로부터 제조된 것도 있다]고 되어있지만, 종이와 습식부직포를 구별하기 위해 다음과 같은 해석을 붙이고 있다. 즉, 직경에 대한 길이의 비가 300 이상인 섬유(화학성에 약한 식물성 섬유를 제외하고)가 질량비 50%이상, 혹은 밀도가 40g/cm^{2}이하의 경우는, 30% 이상이 것을 부직포라 한다.

(2) ASTM의 정의

[기계적, 열적, 화학적 또는 용제접착에 의해, 섬유, 실 또는 필라멘트를 접착 또는 상호결합시키는 방법에 의해 만든 시트 혹은 웹 구조]를 부직포라고 한다.

(3) JIS의 정의

섬유부분의 용어에 의하면 [제직하지 않고 각종 방법에 의해 섬유를 시트상으로 만든 포]로 되어있다. 스펀본드 부직포의 정의는 [폴리머의 용융 또는 용해에 의해 노즐로부터 방사된 연속섬유(필라멘트)를 움직이는 conveyer상에 적층시켜, 1종류 또는 2종류 이상의 결합기술로 제조한 부직포]이고, 멜트블로운 부직포의 정의는 [폴리머를 고속열풍 가스 흐름 중에 방사하여 섬유상으로 냉각한 후, 움직이는 conveyer상에 집적해 1종류 또는 2종류 이상의 결합기술로 만든 부직포]라고 되어있다.

2-2 스펀본드 부직포의 제조법

a) 원료

섬유상이 아닌 건식 폴리머(미립상) 수지가 사용되며 폴리머 메이커의 공장에서 탱크로리 또는 플렉시블 · 콘테이너(플레콘)로 운반된다. 처음 계량한 후, 저장(silo)에 넣고 필요에 따라 압출기의 hopper에 운송되며 전부 공기운송에 의한다. 여러 가지 용도에 필요한 조제는 미리 혼합하지만, 보통 방사 직전에 혼합되고 설비는 혼합방사설비와 같은 구조이다. 소재에 따라 수분의 영향을 받는 폴리머(폴리에스터 또는 나일론)에는 건식공정이 필요하고, 저장고에서 압출기의 hopper에 이를 때까지 연속 또는 불연속 건식공정을 채택하고 있지만 폴리프로필렌 등과 같은 소수성 폴리머에는 해당되지 않는다.

b) 웹 형성

건식에서는 단섬유가 사용되었지만, 연속사(필라멘트) 부직포 생산 방식은 듀폰사에 의해 시작되었으며 화학섬유 생산방식에는 다음 3가지 방법이 있다.

① 용융방사법 – 원료를 열로 용융시켜 노즐로 방사한다.

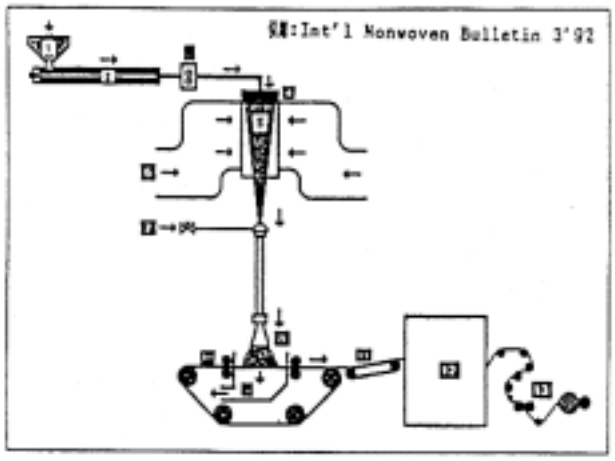
② 건식방사법 – 원료를 용제로 용해시켜 노즐로 방산한 다음 기류에 의해 용제를 회수한다.

③ 습식방사법 – 원료를 용제로 용해시켜 방사한 다음 응고욕의 용액에서 노즐에 의해 방사시킨다.

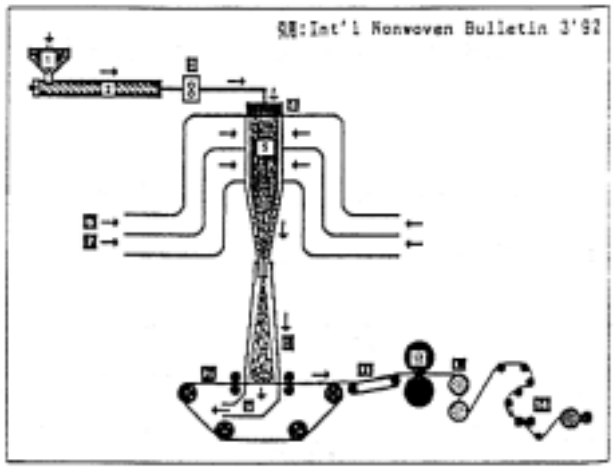
합성섬유의 용융방사법으로서는 방사 시에 충분한 연신이 되지 않고, 후가공에서 연신기를 사용해 필요한 후가공을 하고 있다. 이를 위해 중간제품의 저장장소에도 필요하고 2공정보다도 1공정에서의 부직포의 제조방법이 고려되었다고 생각된다. 현재 폴리에스터 다음으로 폴리프로필렌의 스펀본드 제조법의 개발도 계속되고 있다.

스펀본드 방사법으로, 미국의 듀폰사와는 다르게 독일에서는 Docan 스펀본

드 기계를 판매하고 있다. 이 기계는 7개 사가 도입하고 있지만, 각각 개조해서 사용되고 있으며 그 외에 최근 독일에서 Reifenhauzer사가 Reicofil 스펀본드 기계인 Full-Turn-Key(전기를 작동하면 정상 가동할 수 있음)기계의 판매를 시작하고 있다. 이 2개 사의 차이점은 필라멘트의 연신방법에 있으며 비료를 위해 그림 1과 2에 나타내었다.



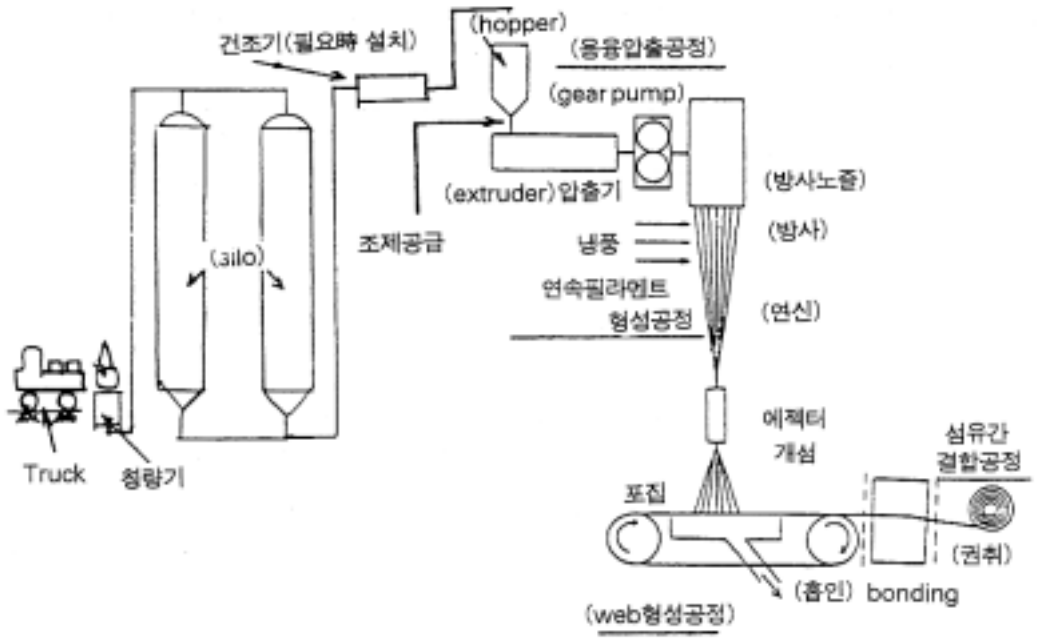
<그림 1> Docan 스펀본드 기계



<그림 2> Reicofil 스펀본드 기계

일반적으로 널리 사용되고 있는 고압공기에 의한 필라멘트 연신방식을 그

림 3에 나타내었다.



<그림 3> 필라멘트의 연속 압출 성형공정

스펀본드법의 중요한 점은 랜덤하고 균일한 웹을 어떻게 고속으로 생산하는가에 있으며 그 기술 수준에 대해서 아래에 나타내었다.

	이 전	현 재
기계폭	2m	5m
최소중량	30g/m^2	10g/m^2
생산속도	100m/분	300m/분

즉, 노즐과 포집 콘베이어 사이에서 필라멘트를 냉각, 연신하면서 어떻게 섬유배열을 랜덤하게 하는가가 문제이며 고속생산에 필요한 풍속에 의한 섬유의 건조를 막고, 안정화시킨 다음 어떻게 접착공정에 이송하는가에 달려있

다. 사용소재에 따라 폴리에스터나 나일론의 경우 연신공정에서 보다 더욱 정규 섬유특성(결정화)가 요구되기 때문에 불충분한 연신공정에서는 적절한 실 특성을 얻을 수 없다. 폴리프로피렌에서는 따로 연신공정이 필요하지는 않다.

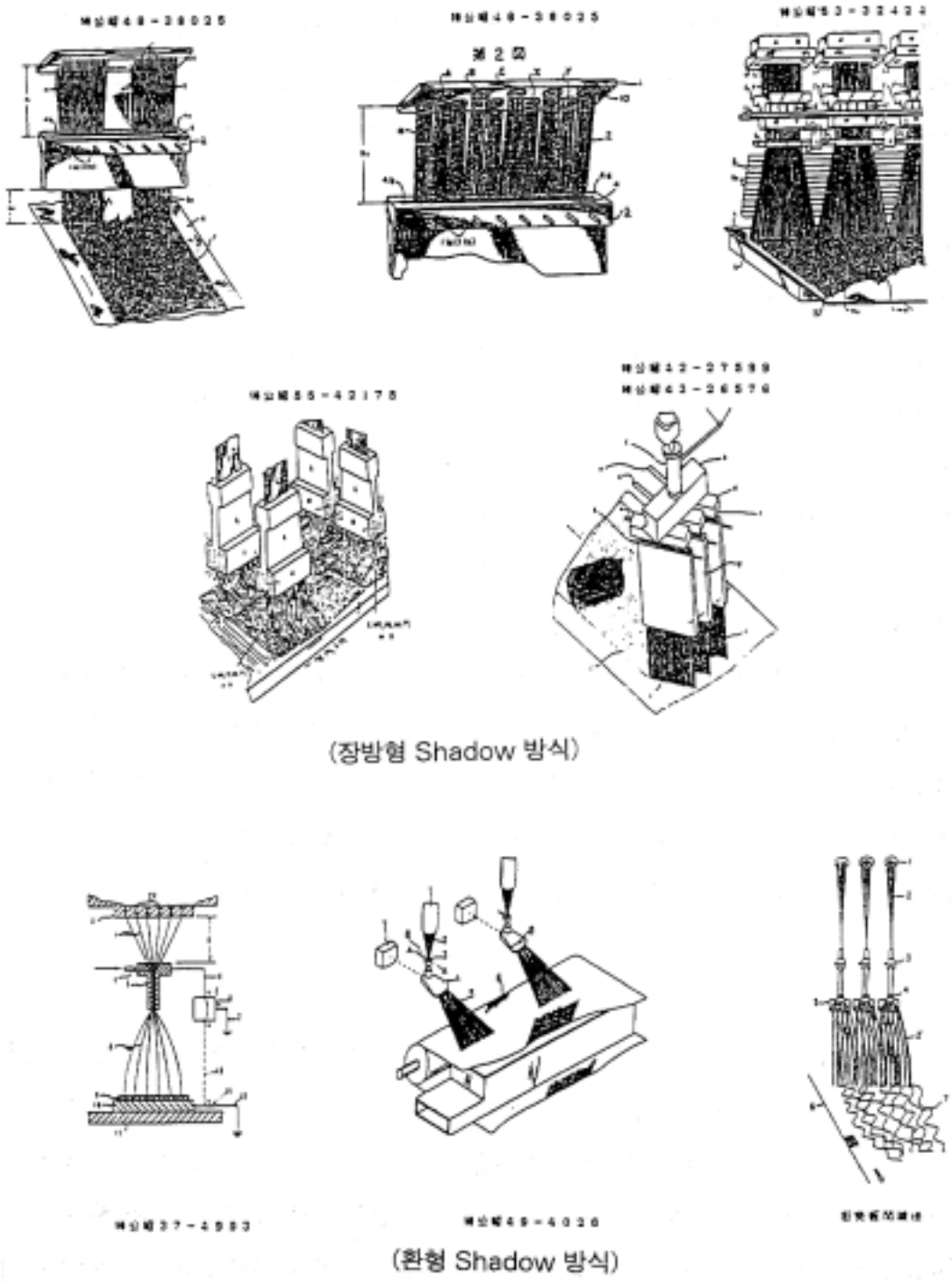
폴리우레탄 스펀본드의 경우는 일본의 종방에서 부직포 제품이 생산되고 있고 용융방사법으로 알려져 있다. 일반 의류용 소재에 사용되는 Spandex인 폴리우레탄 방사에는 건식방사법이나 습식방사법이 사용되고 있고, 건식의 경우는 사용용제를 회수할 필요가 있기 때문에, 현재 세계에서 건식방사법 스펀본드 성공은 알려져 있지 않다. 그림4는 특허에 소개되어 현재 사용되고 있는 각종 용융방사에 의한 스펀본드 부직포 제조방식을 나타내었다.

한편, 습식방사법으로는 일본의 욱화성공(주)의 ベンりゼ가 유명하다. 면 linter를 원료로 하여 습식방사법으로 필라멘트를 생산하고 있지만 방사과정에서 섬유간 접촉이 이루어지기 때문에 접착제를 사용하지 않는 스펀본드 부직포이다. 그러나 세계적으로 이 습식방사법으로 생산되는 스펀본드 생산은 적고 이촌화학공업(주)이 미쯔비시 레이온(주)의 기술을 받아들여 단섬유 레이온을 사용한 스펀본드(TCFⓇ)을 생산하고 있다.

(c) 섬유간 접착

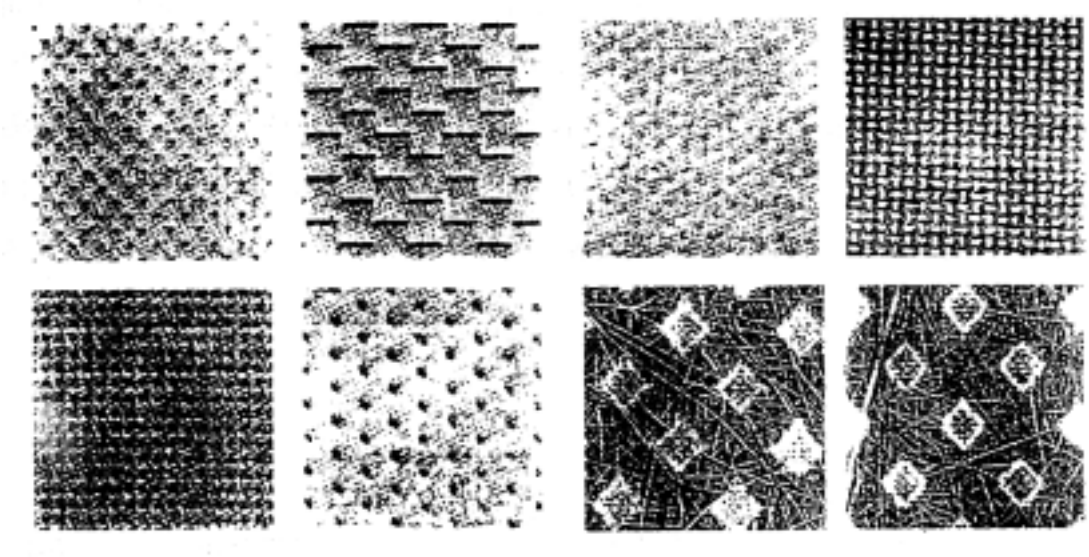
용융방사법의 스펀본드에서는, 원칙적으로 포집 콘베이어에서 웹은 엠보싱 롤라에 의한 열압착공정이 채택되고 있으며 고속생산을 위해 가접착과 본접착 방식이 주로 사용된다. 특수한 경우에는 용제접착법이 사용되고 있지만, 극히 드물고 미국 Monsanto사가 개발한 나일론 스펀본드인 Cerex Ⓡ을 들 수 있다. 일반 열 롤라로 가압하는 경우, 양단 가압을 할 경우 롤라의 중앙부가 벌어지기 때문에 이에 대한 대책으로 양변에 역 밴드를 설치하거나, 롤라에 크라운을 설치하기도 한다. 그러나 두께가 얇은 경우(10~20g/m^2), 보통 상하

로 철재 롤라가 사용되고 있고, 공기막에서도 접촉불량이 되기 때문에, 고온 사용 시의 상하롤라의 공기막을 가능한 한 줄이지 않으면 안된다.



<그림 4> 스펀본드 부직포의 제조방식

현재는 상하 롤라의 축을 교환하거나 1단계 롤라 내부에서 폭방향으로 작은 롤라를 다수 설치하여 유압식으로 조정하는 미세조종방식을 이용하고 있다. 엠보싱 패턴도 중요한 역할을 하며 제품의 통기성을 개량하는데도 큰 영향을 미친다. 패턴의 구멍부분과 면적비율에 따라 여러 가지 제품을 얻을 수 있지만 롤라의 교환이 아주 중요하며 참고로 엠보싱 패턴의 예를 그림 5에 나타내었다.

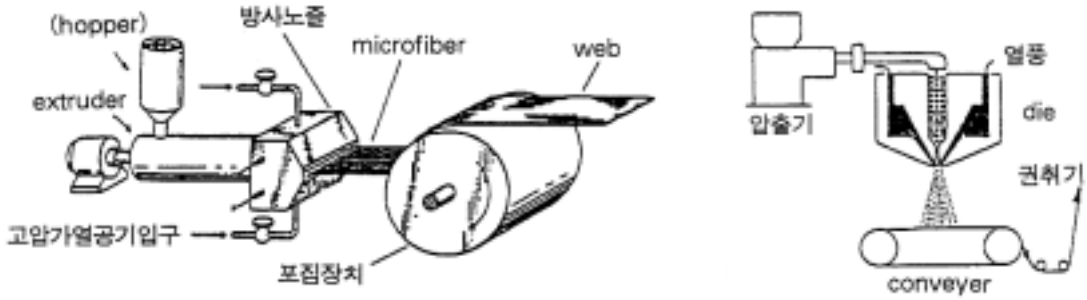


<그림 5> 엠보싱 패턴

2-3 멜트블로운 부직포의 제조법

1950년대에 미국해군 연구소에서 고성능 필터의 연구에 초극세 섬유에 대한 기초연구가 행해지고, 1960년 중반에는 미국 Exxon사에서 폴리프로필렌 수지에 의한 멜트블로운 부직포제조의 검토에 착수했다. 그러나, Exxon사가 수지공급회사와 협력하여 기술개발 쪽으로 방침을 전환한 후 멜트블로운 제조는 크게 Exxon사의 기술을 도입해 기업화를 시작한 회사가 독자적으로 개발을 진행한 회사로 나누어졌다. 멜트블로운의 원리는 스펀본드와 달리 열가

소성 수지에 의한 용융방사법이지만, 방사 노즐의 출구에 고온 · 고압의 공기류를 유입하여 섬유를 연신 및 개섬한 다음 포집 콘베이어 상에 집적시키는 방식이다. 특징으로는 극세섬유 시트를 얻을 수 있고, 단섬유 직경이 1~10micron(일반섬유는 10~30 micron)으로, 데니어로 말하면 0.01 denier급이다. 합섬방사기술로는 0.3데니어의 필라멘트 정도가 가장 가늘다고 알려져 있으며 이에 비해 한 차원 낮은 굵기이다. 간단한 극세사 방사기구에 대한 모식도를 그림 6에 나타내었다.



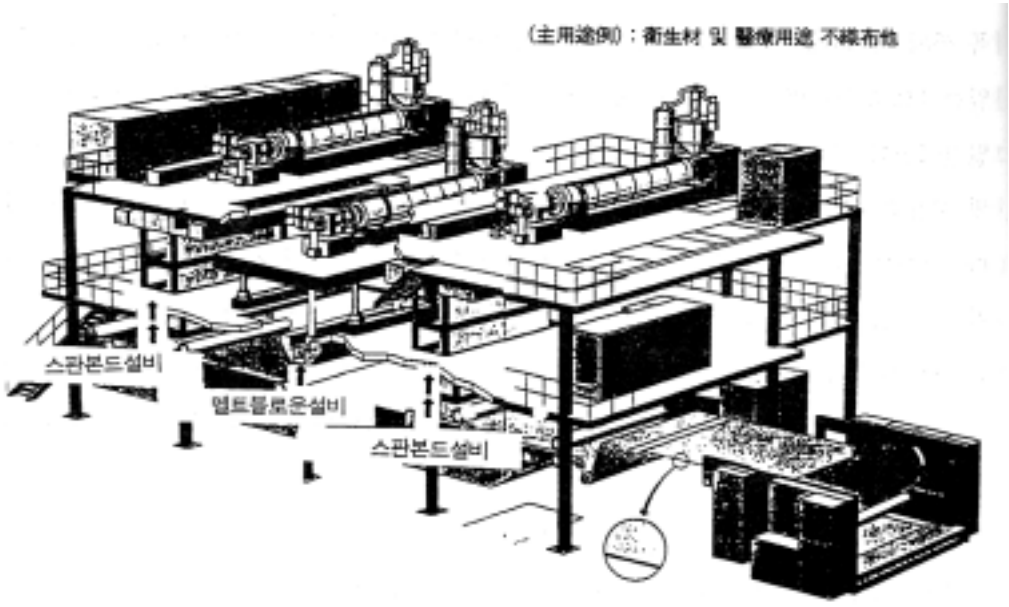
<그림 6> 극세사 방사기구에 대한 모식도

여기서 문제는 생산량으로, 개발 초기에는 폴리프로필렌 수지의 MFR (Melting Flow-Rate)값이 적고 고작해야 50~60이었지만, 최근에는 1,000까지라는 보고가 있다. MFR은 가열 시 수지의 흐름을 나타내는 지수로 이 숫자가 큰 수지는 멜트블로운 법에 적합하지 않다. 또한 비용 면에 있어서는 시간당 노즐의 압출량으로 정해지기 때문에 유동성이 좋은 재료가 생산성을 향상시킬 수 있다. 방사 노즐 블럭도 1m에서 3m폭 까지 확대되고 있고, 4m폭도 사용되고 있다고 한다. 이렇게 얻어진 섬유의 길이는 일반적으로 필라멘트-단섬유라고 판단하기 어렵지만 통상적으로 실질적인 장섬유라고 일컬어진다. 소재로는 폴리올레핀계(폴리프로필렌 포함)가 많고, 나일론, 폴리에스터 및

저융점 PBT(폴리부틸텔레프타레이트)가 많으며 폴리우레탄계도 일부 사용되고 있다. 단점으로는 섬유직경이 작아 전체 강력이 작아지므로 보강을 할 필요가 있다. 섬유직경이 작으면 초경량화, 예를 들면 5g/m^2 에서도 상당한 수의 섬유가 사용되고, 용도는 경량재료로 사용되는 경우가 많으며 고성능 변부재료로서 매우 적합하다. 특수한 예로는 섬유직경이 큰 웹을 다량으로 생산하는 방식을 채택하여 원유누출 방지용으로 판매되는 경우도 있다.

2-4 SMS(스펀본드-멜트블로운-스펀본드) 부직포의 제조법

미국 Kimberly-Clark사가 스펀본드와 멜트블로운을 혼합한 상품을 개발에 현재 이 복합제품이 점점 증가하고 있다. 멜트블로운 제품의 강력이 약한 것을 스펀본드로 보강하기 때문에 폴리프로필렌 제품에서 의료용이나 기저귀류가 주를 이루고 있다.



<그림 7> Reicofil 복합시스템

멜트블로운 제품의 특성을 발휘할 수 있으며 보통은 불연속식으로 생산이 가능하지만, 멜트블로운용 폴리프로필렌 수지의 개발로 인해 온라인으로 생산가능하게 되었다. 스펀본드(S) 10~15g/m^2, 멜트블로운(M) 3~5g/m^2, 스펀본드(S) 10~15g/m^2라고 하는 3층 구조나 SM이라는 2층 구조도 고속 생산되고 있다. 독일 Reifenhauzer사의 카탈로그에서 인용한 복합시스템을 그림 7에 나타내었다.

3. 스펀본드 부직포 제조 기술의 동향

부직포의 성능은 사용하는 섬유의 종류나 형사, 웹 중의 섬유구조상태에 따라 큰 영향을 받는다. 부직포의 겨우, 거의 모든 종류의 섬유를 사용할 수 있기 때문에, 초극세 섬유나 고성능, 고기능섬유라고 하는 새로운 섬유를 사용하여 용도에 적합한 부직포를 설계할 수 있다. 최근 부직포제품의 성향은 용도에 따라 다르지만, 일반적 경향으로 ①hard한 제품에서 soft한 것까지, ②dispo에서 semidispo까지, ③단일제품에서 복합제품까지, ④천연고무에서 합성고무까지, ⑤두꺼운 섬유에서 얇은 섬유까지 광범위하며 이러한 경향은 이후에도 계속될 것으로 예상된다. 따라서, 이러한 시장동향에 맞추어 부직포제조 기술의 개량이나 적절한 선택이 진행되고 있으며 시장의 요구에 대응한 부직포제조 기술 동향을 정리하면 다음과 같다.

① 신소재의 대응(고성능 · 고기능 섬유, 특히 초극세 섬유의 대응기술)

② 고부가가치 부여 · 고품질화(웹의 균일화, 부직포 관련 수지가공기술의 개발)

③ 다른 제조법과의 복합화(스펀본드와 멜트블로운법, 혹은 스펀레이스법과의 복합화)

④ 전자화 기술의 도입(자동화, 공정연결화, 전자측량방식이나 모니터링시

스템 기수의 적용)

⑤ 고생산성화(장치의 광폭화, 고속화) 등

이들은 다른 섬유기술의 개발 동향과 거의 같지만 고도화, 자동화, 성력화, 고품질화에 대한 고도의 노력이 요구되고 있다.

스펀본드 부직포의 경우, 용도에 따라 다르지만, 경량화 즉, 두께를 얇게 하거나 유연화시키는 경향이 일반적이다. 종이 기저귀의 개발 동향을 예로 들면 다음과 같다.

① 표면처리효과 개선 : (1)one-beam형의 방사방식, 색인방식

(2) 단위 면적의 cover율 향상

② 형태안정성 : (1) 고속방사에 의한 섬유의 배향 및 결정화율 향상

(2) 단위 면적의 cover율 향상

③ 유연화 : (1) 폴리프로필렌(core)/폴리에틸렌(sheath)의 복합섬유, 분할섬유, 스펀레이스

(2) 이형섬유(예, 편평사)

④ 내수압 향상 : (1) SMS(스펀본드 + 멜트블로운 + 스펀본드)

(2) Binding-needling화로 단위면적의 cover율 향상

⑤ 환경대응 : (1) 경량화 ($22g/m^2 \rightarrow 10g/m^2$)

(2) 생분해성 수지(폴리유산, 비오놀 등) 사용

일본의 스펀본드 부직포제조 회사의 개발동향을 정리하면 다음과 같다.

4. 멜트블로운 부직포 제조기술의 동향

멜트블로운 부직포의 제조개발기술 동향은, ① 원료 폴리머의 다양화, ② 초극세화, ③ 복합화 등이다. 원료 소재로는 폴리프로필렌, 폴리올레핀, 나일론, PET, 및 PBT 등의 폴리에스터계, PPS 등도 개발되고 있다. 섬유의 두께는

3 micron이나 1.5 micron이 주를 이루지만, 1 micron이나 0.5 micron의 가는 섬유도 계속 실용화되고 있다. 복합화에 관해서는 SMS가 대표적이지만, 탄소섬유나 다른 무기섬유와의 복합화도 고려되고 있다.

회 사 명	생산량	라인수	개 발 제 품	기 능
三井化學	27,000	4	PP/PE 복합섬유(sheath/core)	Soft, Hotmeltless
旭化成工業	22,000	8	PP 이형사(편평)	Bulky, Card-Webless
Unitica	18,000	7	생분해성 수지(폴리유산)	환경문제
東洋紡績	8,000	3	PET 얇은 물질	Rappiing 재
チッソ	6,000	1	PP, PE 복합섬유(초지)	Soft, Hotmeltless
王子製紙	6,000	1	생분해성 수지(비오놀)	환경문제
シソテック	5,000	1	생분해성 수지(폴리유산)	환경문제
東レ	4,000	2		
出光石化	1,200	1	새한(韓國) SMS	수입판매
日本不織布	1,200	1		
Nihon 高度紙	500	1	PP 마이크로 데니어0.5d)	전지 Separator
TUSCO(タィ)	2,000	1	Unitica/帝人합병회사)	PET 토목자재

5. 결 언

스펀본드 및 멜트 블로운 부직포는 이제부터 더욱 발전하리라고 예상되고 있다. 이들 부직포의 구조특성이나 성능의 파악, 부직포 제품의 설계지침의 확립, 새로운 제법의 개발 등에 관해서, 특히 부직포의 복합화에 관해서 지금까지 섬유산업에서 진행되어 왔던 기술 · 학문을 기초로 다른 분야의 우수한 기술 · 연구도 도입해 연구개발을 진행할 필요가 있다고 생각된다.