

단섬유를 이용한 고강도·고강성 부직포의 제조와 물성에 관한 연구

박태영

호원대학교 의상디자인학과

A Study on the Manufacture and Properties of High Strength and High Modulus Nonwoven Fabric from Staple Fibers

Tae Young Park

Department of Apparel Design, Howon University, Kunsan, Korea

1. 서론

부직포의 제조공정은 기본적으로 웹성형공정과 웹결합공정으로 구성되어 있다. 웹성형공정에는 단섬유를 중심으로 건식법과 습식법 및 장섬유를 중심으로 스펠본드법[1]이 있다. 웹결합공정에는 니들펀칭과 접착제, 열융착, 스펠레이스 및스티치공정 등 여러공정법이 응용되고 있다. 이러한 공정의 선택은 개발목표로 하는 최종제품의 특성과 용도에 의해 결정된다. 일반적으로 동일중량을 기준에서 볼 때, 고강도·고강성 특성은 스펠본드 부직포가 단섬유 부직포에 비해 비교적 우수하다. 스펠본드법은 제조공정상 경량제품에는 주로 열융착방법을 선택하며 중량제품에는 니들펀칭공정을 사용하고 있으며 그 한계는 웹결합공정 특성상 약 150g/m^2 내외이다.

현재 비교적 저중량이면서 고강도·고강성 스펠본드 부직포는 선진국의 몇몇 회사에서만 생산되고 있으며 그 제조공정은 일반적인 고속기류에 의한 필라멘트의 하강연신보다는 로울러에 의한 연신방법[2]을 선택하는 것이 특징이다. 국내의 스펠본드 부직포 제조업체에서 이에 대한 제품개발을 시도한 바 있지만, 만족할 만한 결과를 얻지 못하였다. 고강도·고강성 스펠본드 부직포는 주로 폴리올레핀계 섬유가 사용되고 있으나 대부분 고가로 수입되고 있으며 그 용도로는 지오텍스타일, 건축용 루핑재, 카페트 기포재로 널리 사용되고 있다.

따라서, 본 연구에서는 단섬유를 이용하여 비교적 저중량이면서 고강도·고강성을 가지는 부직포를 제조하고자 한다. 이를 위해 복합형 열융착 섬유를 바인더 섬유로 사용하여 니들펀칭공정과 열융착공정 등 복합공정을 통해 제조한다.

2. 실험

2.1 원료섬유

바인더섬유는 PET(core)와 저융점 PET(sheath)로 구성된 복합섬유를 사용하였으며 바인더섬유의 혼합비를 폴리프로필렌(PP)섬유보다도 높게 하였다. PP섬유와 바인

더섬유의 섬도는 각각 6데니어와 4데니어이며 섬유장은 64mm이다.

2.2 부직포 제조공정

웹성형공정은 건식법(aerodynamic method)에 의한 랜덤웹을 제조하였으며 PP섬유/바인더섬유의 구성비는 15%/85%, 25%/75%, 35%/65%이다. 웹결합공정은 니들펀칭공정과 열융착공정의 복합공정을 사용하였으며 이때 웹중량은 190g/m^2 을 선정하였다. Table 1은 니들펀칭공정을 거친 부직포의 인장특성을 나타낸 값이다. 니들공정 이후에 열융착공정을 거쳤다. 니들공정에서는 약 400 PPSC의 펀칭밀도를 사용하였으며 열융착공정의 캘린더온도와 권취속도는 각각 $95\sim 110^\circ\text{C}$ 와 $0.7\sim 1.3\text{m/min}$ 이었다.

Table 1. Characteristics of the needle-punched nonwoven fabric

Sample	PP/Binder Fiber(%)	Tensile Strength(kgf/10cm)		Strain(%)	
		MD	CD	MD	CD
A	15/85	47.5	45.8	136	124
B	25/75	49.8	48.1	124	120
C	35/65	50.6	50.2	119	121

2.3 기계적 물성평가

부직포의 인장특성을 평가하기 위해 시편크기를 $10\times 15\text{cm}$ 로 절단하여 파지폭이 10cm가 되도록 하였으며 이외 실험조건은 KSK0520의 그라브법에 준하였다.

3. 결과 및 고찰

비교적 저중량이면서 고강도·고강성 특성을 가지는 부직포 제조공정은 현재 로올러 연신방법에 의한 스펀본드 공정을 제외하고는 매우 어렵다. 이에 본 연구에서는 열융착섬유를 바인더섬유로서 뿐 만 아니라 매트릭스섬유로서 사용하여 전면접착방법에 의해 PP섬유와의 결합을 형성시켰다. 여기에서 PP섬유가 사용된 것은 PP가 저가이면서 이 특성에 적합한 섬유이고 또한 부직포의 최종용도 측면에서는 투수성이 필요하기 때문이다. 일반적으로 전면접착방법은 저중량이면서 구조가 치밀하고 고밀도의 특성을 가지는 부직포제조에 적합한 방법이며 웹중량 190g/m^2 을 융착하기 위해서는 상하 동일한 고온의 열캘린더 로올러가 필요하다. 또한, 고온의 열을 부직포 내부로 빨리 전달하기 위해서는 두 로올러 사이의 넓 포인더 간격을 최소화하는 것이 필요하다. 그러나, 전면접착공정으로는 고강도의 부직포를 생산하는 것이 어렵고 웹상태로는 제조공정상 표면층의 섬유가 로올러에 쉽게 융착되기 때문에 작업조건이 까다롭다. 따라서, 본 연구에서는 부직포의 밀도증가와 인장강도를 보강할 수 있는 니들펀칭공정을 열융착공정의 선행공정으로 선택하였다.

Table 2와 3은 제조된 최종제품의 인장특성을 나타낸 것으로 굵은 실선은 불투수성이 가까운 특성과 2~3% 열수축이 발생한 부직포를 나타낸다. 따라서 제조공정 특성상 이 부직포는 고강도·고강성이지만, 용도면에서 투수성이 어느정도 필요한 본 연구의 목적과는 차이가 나는 특성을 가지고 있다. 공급속도와 처리온도만을 고려할

때, 본 공정조건에서는 바인더섬유의 함량이 증가할수록 불투수성에 가까운 부직포가 제조되는 경향이 많아진다고 볼 수 있다.

일반적으로 90℃이하의 바인더섬유의 용착조건으로는 적합하지 않았다. 바인더섬유의 함량이 많을수록 니들펀칭에서는 다소 인장강도가 떨어지지만 열융착공정에서는 바인더섬유의 용착효과로 인해 오히려 최종 부직포의 인장강도 증가와 신도의 감소를 나타낸다. 이는 공급속도가 낮을수록 부직포의 인장강도는 용착온도의 영향을 적게 받으며 그 경향은 바인더섬유가 많을수록 뚜렷하다. 즉, A1, B1시편과 같이 용착온도가 너무 높으면 바인더섬유가 용융되어 인접한 PP섬유를 용착하기보다는 바인더섬유끼리 용착되어 절단시 이 부분이 바스러지는 경향이 크다고 볼 수 있다. 또한, 용착부분도 많아져 PP섬유의 자유도를 구속하는 경향이 분명하기 때문이다. 바인더섬유의 함량에 다소 차이가 있지만 전반적으로 30%내외의 절단신도를 나타내고 있다. 특히, 니들펀칭공정만을 처리한 부직포의 절단신도와 비교하면 큰 폭으로 감소되었음을 알 수 있다. 한편, 공급속도가 빠를수록 인장강도에 영향을 미치는 용착온도의 영향은 커진다고 볼 수 있다.

Table 4는 불투수성을 나타내는 부직포를 제외하고 각 시편중에서 고강도에 해당하는 몇 개 시편의 초기강성률 결과치를 나타낸 것이다. D시편은 로울러 연신방법에 의한 스펀본드 부직포로서 D1과 D2의 중량은 각각 약 150과 170g/m²이다. D시편에 비해 본 연구에서 제조한 부직포의 초기강성률은 높은 값을 나타내었으며 참고적으로 D1과 D2시편의 인장강도는 기계방향이 각각 80.1, 102.7kgf/10cm이며 크로스방향이 각각 107.4, 118.9kgf/10cm로서 저중량에도 불구하고 인장강도는 본 연구에서 제조한 부직포에 비해서는 높은 값을 나타내었다. 투수계수는 A3시편을 제외하고는 1.0×10⁻³cm/sec 이상이었으며 D시편에 비해 큰 차이가 없었다.

4. 결론

단섬유를 사용하고 부직포 복합공정을 통해 고강도·고강성 부직포를 제조하였다. 복합공정에서는 부직포의 니들펀칭공정을 열융착공정의 선행공정으로 선택하였다. 공급속도와 처리온도만을 고려할 때, 바인더섬유의 함량이 증가할수록 불투수성에 가까운 부직포가 제조될 수 있으며 본 연구에서는 90℃이하에서는 용착조건으로는 적합하지 않았다. 또한, 바인더섬유의 용착효과로 인해 오히려 최종 부직포의 인장강도 증가와 신도의 감소를 나타냈으며 공급속도가 빠를수록 인장강도에 영향을 미치는 용착온도의 영향은 크다. 제조된 부직포의 초기강성률은 로울러 연신방법에 의한 스펀본드 부직포에 비해 높은 값을 보였으며 투수성도 비교적 우수하였으나 인장강도는 다소 낮은 값을 나타내었다.

5. 참고문헌

1. J. Lunenschloss and W. Albrecht, "Nonwoven Bonded Fabrics", pp154-177, Ellis Horwood Limited, West Sussex, England, 1985.
2. M.T. Gillies, "Nonwoven Material Recent Developments", pp238-241, Noyes Data Co., N.J., 1979

Table 2. Effect of processing parameters on the tensile strength of nonwoven fabrics

Sample	Feeding Speed (m/min)	Treating Temperature(°C)							
		95		100		105		110	
		MD (kgf/10cm)	CD (kgf/10cm)	MD (kgf/10cm)	CD (kgf/10cm)	MD (kgf/10cm)	CD (kgf/10cm)	MD (kgf/10cm)	CD (kgf/10cm)
A1	0.7	84.1	74.2	92.3	77.9	91.3	80.1	94.3	81.5
A2	1.0	85.4	78.3	90.1	80.6	93.8	84.8	104.1	88.7
A3	1.3	77.9	77.2	85.5	78.3	101.5	99.6	102.8	89.3
B1	0.7	85.2	81.1	91.1	84.7	90.6	84.0	95.3	87.4
B2	1.0	83.3	83.1	93.7	84.2	91.5	82.5	98.1	93.4
B3	1.3	73.2	76.5	86.1	83.3	87.3	86.3	98.4	90.8
C1	0.7	73.8	70.8	75.5	72.1	78.3	78.1	91.8	88.0
C2	1.0	70.1	68.1	74.1	71.3	78.8	73.6	90.4	88.1
C3	1.3	68.8	67.2	70.3	69.8	77.3	71.7	86.8	82.6

Table 3. Effect of processing parameters on the tensile strain of nonwoven fabrics

Sample	Feeding Speed (m/min)	Treating Temperature(°C)							
		95		100		105		110	
		MD (%)	CD (%)	MD (%)	CD (%)	MD (%)	CD (%)	MD (%)	CD (%)
A1	0.7	26.5	27.2	26.9	28.4	26.7	24.8	25.1	26.3
A2	1.0	30.6	30.6	28.5	30.2	30.2	27.4	28.1	28.1
A3	1.3	30.9	30.9	30.9	29.4	29.5	30.4	28.7	30.7
B1	0.7	32.2	28.5	31.8	28.6	31.3	30.7	29.1	30.3
B2	1.0	32.1	32.6	30.6	33.7	31.1	33.1	29.4	30.1
B3	1.3	33.1	30.8	30.5	31.3	32.1	33.7	30.8	31.5
C1	0.7	30.8	34.6	32.1	34.1	29.6	31.4	31.5	29.6
C2	1.0	32.5	31.4	30.6	33.6	31.8	30.8	30.6	34.4
C3	1.3	33.4	32.6	31.8	32.1	32.1	32.8	32.5	30.8

Table 4. Initial modulus and permittivity of nonwoven fabrics

Sample	Treating Temp.(°C)	Initial Modulus(kgf/cm ²)		Permittivity(cm/sec)
		MD	CD	
A3	105	6898	5863	8.0×10^{-4}
B3	110	5717	4810	$>1.0 \times 10^{-3}$
C2	110	5241	4629	$>1.0 \times 10^{-3}$
D1		4079	3910	$>1.0 \times 10^{-3}$
D2		4424	4132	$>1.0 \times 10^{-3}$