

초음파를 응용한 유리섬유의 분산

심현주, 홍경아

승실대학교 섬유공학과

1. 서 론

유리섬유는 내열성, 절연성이 우수하고 고강도, 저신도이며 특히 고온에서 형태안정성이 우수하여 내열자재, 전자제품용 panel 등에 널리 사용되고 있다. 유리섬유를 이용한 부직포 제조는 건식법보다는 수중에서 웹형성을 이루는 습식법이 주로 사용되어지고 있다.^{1,2,3)} 그러나 유리섬유는 수중에서 섬유분산이 양호하지 못하고 수중에서 섬유가 축적되어 뭉치는 현상을 나타낸다.⁴⁾ 따라서 섬유가 수중에서 다발로 되는 것을 방지하기 위해 비이온 계면활성제나 hydroxyethyl cellulose와 같은 분산제를 사용하고, 유리섬유 자체에 표면개질을 한다. 유리섬유의 중요한 성분인 실리카는 수중에서 negative charge를 갖게 되며 따라서 산용액으로 pH를 1이나 2로 조절하여 균일한 전하층을 이루게하여 수중에서 분산을 증진시킨다.^{5,6,7)} 그러나 이러한 화학적 처리는 유리섬유의 손상과 환경 오염의 큰 원인이 되며 폐액 또한 문제가 되고 있다. 따라서 본연구는 이러한 화학적 처리들로 인해 발생하는 환경오염과 폐액 회수에 대한 문제를 일으키는 분산제와 산을 사용하지 않고 초음파 system을 이용하여 물리적인 작용에 의해서 유리섬유의 균일한 분산 가능성을 조사하였다.

2. 실험

2.1 단섬유 준비

유리부직포를 제조하기 위해서 직경이 각각 $9\mu\text{m}$, $15\mu\text{m}$ 의 유리filament(E glass)를 사용하였다. 유리filament에 처리되어 있는 호제를 제거하기 위해 오븐에서 450°C 온도에서 30분간 처리하여 호제를 완전히 제거하였으며 절단기를 사용하여 L/D인 섬유중횡비를 $9\mu\text{m}$ 는 440, 660, 880, $15\mu\text{m}$ 는 400, 600, 800이 되도록 각각 절단하여 단섬유를 준비하였다.

2.2 습식웹 제조

2.2.1. 웹제조장치

습식웹 제조를 위해 ultra sonic bath $300\text{mm} \times 245\text{mm}$ (EYELA MVS-20 38kHz 250)를 사용하였으며 원형실린더(직경 155mm)에 screen(경/위사 120/112 threads/inch, NY 6 monofil. 직경 $100\mu\text{m}$)를 사용하여 웹이 적층되도록 하였다.

2.2.2. 웹 제조

절단시킨 유리섬유는 원형실린더를 ultra sonic bath 속에 침지시켜 직경 5cm의 screw로 150rpm의 속도로 교반하며 섬유를 분산시켰다. 섬유의 상대농도는 물의 양에 대한 섬유의 중량비로써 각각 육안으로 섬유 분산이 균일하게 되었을 때 교반을 멈추고 3분정도 유리섬유가 적층되도록 방지시킨 후 천천히 원형실린더를 들어올려 웹을 형성하여 Acrylic binder (A-40 Union사 제품)를 중량비(binder액/물) 1%로 희석된 액에 침지시켜 웹을 고정시킨 후에 웹과 screen을 분리시켜 상온에서 건조시켜 glass fiber sheet를 제조하였다.

2.3 균제성 측정

2.3.1 인장강도

제조된 웹의 stress-strain 측정은 $1\text{cm} \times 7\text{cm}$ 의 시편을 0도에서 180도까지 30도 간격으로 6개 준비하여 만능인장시험기로 zero span으로 $3\text{mm}/\text{min}$ 의 속도로 측정하였다.

2.3.2. 웹의 두께와 무게 측정

부직포의 두께는 Dial Thickness Gage(OZAKI MFG.CO., LTD)를 이용하여 실험하였고, 시편의 중량을 측정하였다.

2.3.3. 웹의 배향도 및 균제성

제조된 유리 부직포의 표면특성을 알아보기 위하여 부직포의 단면을 SEM을 이용하여 관찰하였다. 또한 He-Ne Laser를 이용하여 부직포의 배향을 알아보았다.

3. 결과 및 고찰

유리섬유의 분산은 섬유중량비가 증가함에 따라 일반적으로 양호하지 못하였으며 섬유 분산액 내에서 섬유중량비가 증가함에 따라 서로 뭉치는 노팅(knotting)현상이 증가하여 불균일한 웹이 형성되었다.

Table 1. The time needed for dispersion on glass fiber and liquid ratio.

fiber thick	fiber length	stirring time(sec)	liquid ratio
9 μ m	4mm	30	2,000
	6mm	60	2,500
	8mm	80	3,000
15 μ m	6mm	55	2,000
	9mm	75	2,750
	12mm	90	3,000

Table 1은 중량비에 따른 유리섬유의 균일한 분산에 소요된 물의 양과 시간을 나타내었다. 이는 섬유분산액 내에서 섬유중량비가 증가함에 따라 섬유의 유동공간이 많이 필요하여 섬유 양에 대한 물의 양이 증가됨을 알 수 있다. 또한 L/D의 증가되면서 섬유다발을 분리하는데 필요한 교반시간이 증가하는 것을 나타낸다.

Table 2. Experimental results of the thickness and basis weight.

Properties		Thickness(mm)	Basis Weight(g/m ²)
sample		(CV%)	(CV%)
9 μ m	4mm	0.4026 (10.36)	55.62 (3.4)
	6mm	0.4148 (12.74)	53.44 (3.3)
	8mm	0.40906 (26.31)	54.8 (3.7)
15 μ m	6mm	0.4737 (24.15)	54.24 (2.9)
	9mm	0.4185 (19.11)	54.57 (3.9)
	12mm	0.4259 (26.6)	53.37 (4.9)

Table 2는 웹 두께와 중량, 평균값과 그에 대한 변동계수값을 나타내었다. 섬유 중량비의 변화에 대해 두께와 무게에 대해 그 평균값은 비슷하였지만 섬유장이 길어질수록 편차폭이 증가되어 변동계수값이 10.36%에서 26.31%까지 나타났다.

Fig. 1은 유리부직포의 섬유분포를 나타낸 것으로 $9\mu\text{m}$ 일 때는 종횡비 변화에 관계없이 균일한 값을 나타낸다. 그러나 $15\mu\text{m}$ 인 경우 $9\mu\text{m}$ 보다 양호하지 않은 것을 볼 수 있는데 이는 aspect ratio에 상관없이 섬유 굵기의 차이도 섬유분산에 영향을 주는 것으로 보인다. Fig. 2는 유리부직포를 SEM으로 350배 확대하여 촬영한 사진으로 유리섬유가 균일하게 분산되었음을 알 수 있다. $15\mu\text{m}$ 인 경우 섬유 뭉침 현상이 몇 군데 나타나있는 것을 볼 수 있다. Fig. 3은 각도에 따른 인장강도의 값을 나타낸 것으로 L/D가 증가됨에 따라 그 값도 커졌다.

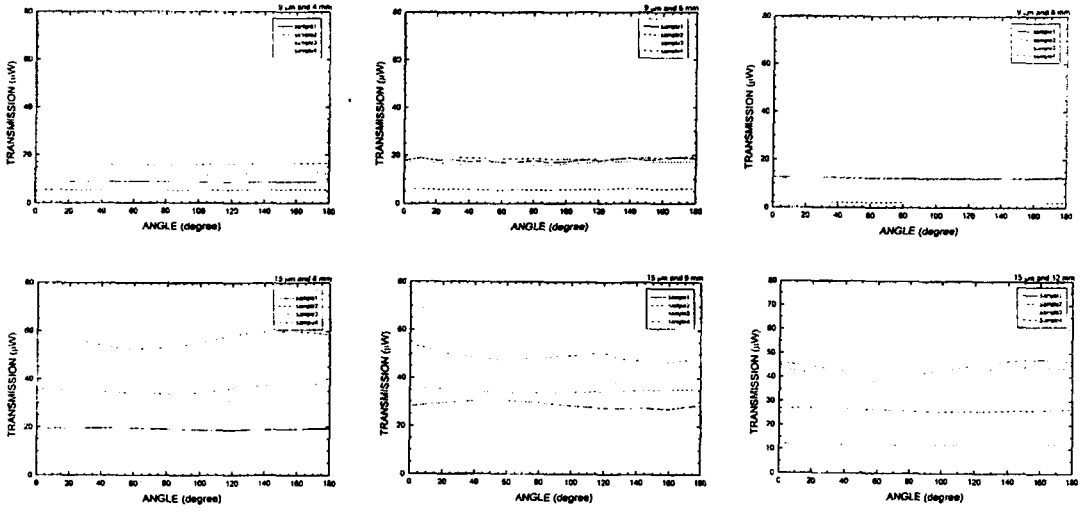


Fig. 1. Orientation Distribution glass fiber nonwovens with different aspect ratios for using diameters of $9\mu\text{m}$ and $15\mu\text{m}$ glass fibers

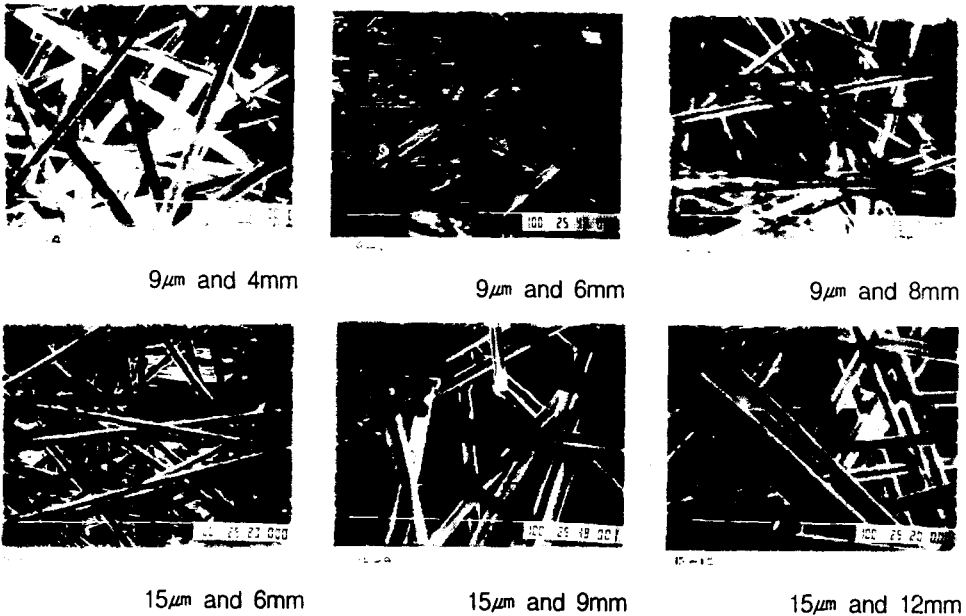


Fig. 2. SEM microphotographs of glass nonwovens with different aspect ratios.

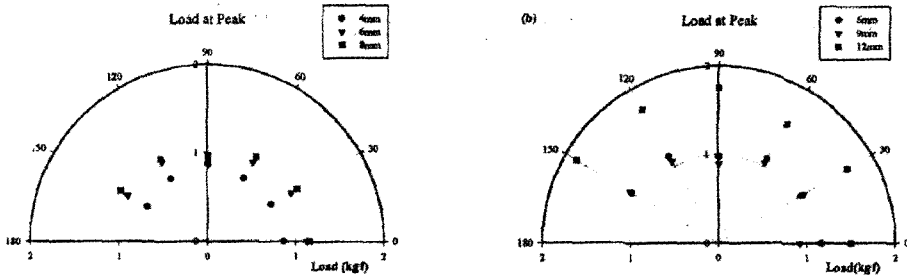


Fig. 3. Polar diagram on the Load at Peak of glass nonwovens with different aspect ratios.
(a) 9 μ m (b) 15 μ m

4. 결론

본 연구에서는 유리섬유의 습침부직포 제조시 일반적으로 수중분산성의 효과를 위해 분산제와 유리 섬유의 표면개질을 위한 화학적처리로 환경을 유해하게 하는 것을 방지하기 위해 ultra sonic system과 교반의 물리적인 방법만을 사용하여 유리섬유를 수중에 분산시켜 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 섬유중횡비에 따른 유리섬유의 수중 분산성은 중횡비가 증가함에 따라서 양호하지 못하며, 섬유가 서로 뭉치는 현상이 일어나 섬유분포는 좋지 못하였다. 섬유중횡비가 400일 때 변동계수값은 10%로 나타나 화학적 처리 없이 물리적인 작용에 의해서도 분산이 양호함을 알았다.
2. 섬유중횡비가 증가함에 따라 교반시간과 섬유중량에 대한 물의 양도 증가되었다. 이는 섬유장이 길어지면서 섬유유동공간과 섬유다발을 분리하는 필요한 에너지와 분산매질이 증가되어야 됨을 보인다.
3. SEM과 He-Ne Laser의 실험결과 섬유가 균일하게 분포되었음을 알 수 있었으며 섬유 굵기가 증가함에 따라 섬유분산의 균일한 정도가 떨어졌다. 이런 결과로부터 중횡비뿐만 아니라 섬유굵기 또한 섬유분산에 영향을 주는것을 알았다.

5. 참고문헌

1. N. B. Scheffel, *Tappi Journal*, 58(5), 56(1975).
2. R. M. Bailey and W. T. McKean, *Tappi Journal*, 72(8), 157(1989).
3. C. F. White, *Tappi Journal*, 72(12), 109(1989).
4. S. K. Lee and C. W. Joo, *J. Kor. Fiber Soc.*, 34, 809(1997).
5. C. F. White and G. K. Moore, *Tappi Journal*, 70(12), 67(1987).
6. "Fibers and Forming for Nonwovens" p.194, A Tappo Press Anthology, 1985~1991.
7. P. F. Richardson and J. H. Smith, *Tappi Journal*, 72(7), 155(1989).