신소재 산업으로의 확장(11)

3.4 유리섬유

인류는 3500년 전부터 유리를 용융시킨 후 가늘게 뽑아내어 장식품 등을 만드는데 사용하였다. 19세기 후반에는 매우 가늘게 뽑은 유리섬유가 여러가지 직물의 원료로 이용될 수 있다는 것이 실용화되어 실크와 혼합한 직물을 만드는데 사용되기도 했다. 그러나 현재는 고성능 복합재료의 개발과 더불어 섬유강화 복합재료의 보강섬유로 많이 사용되고 있으며, 현재 가장 널리 사용되는 보강섬유중의 하나이다.

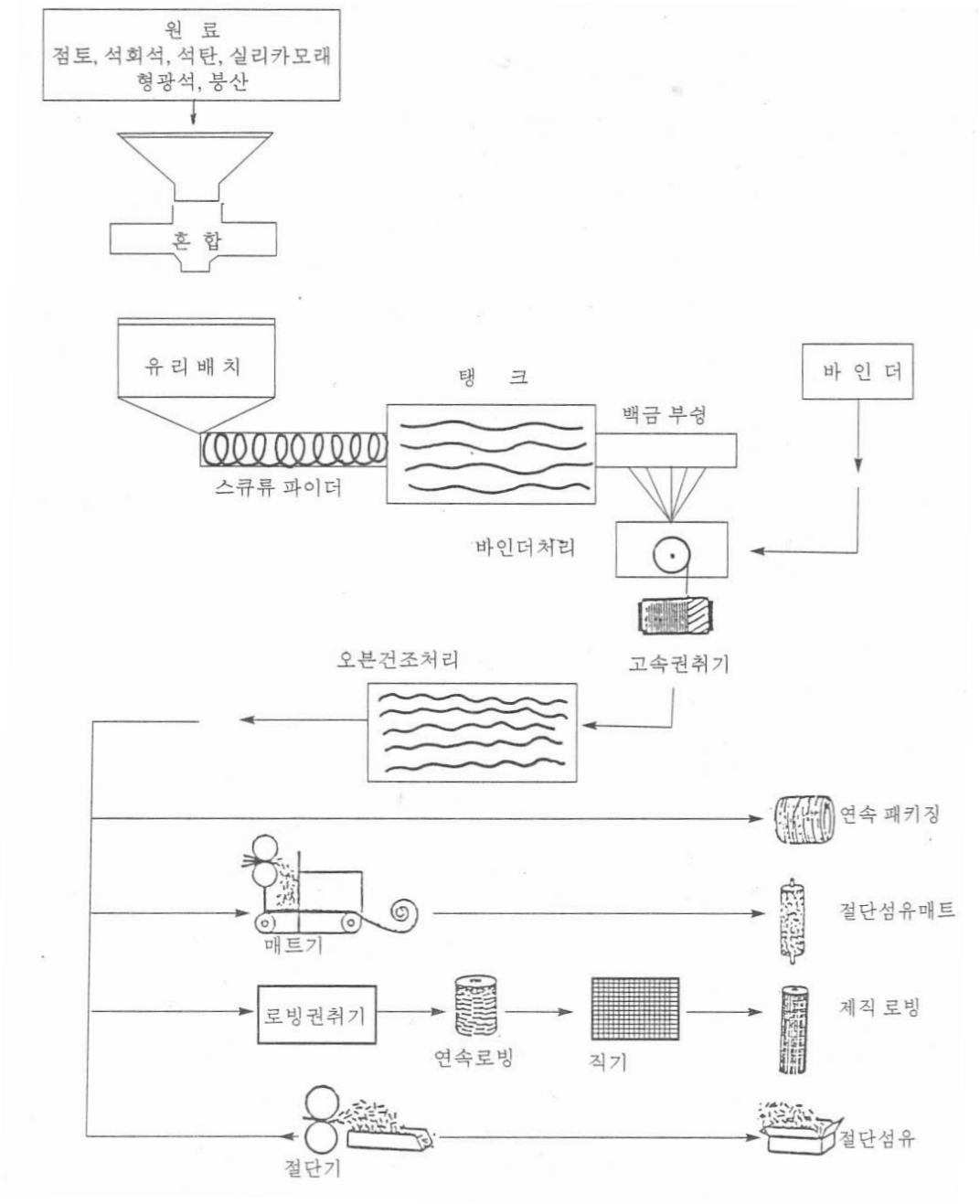
현재 유리섬유는 보통 직접용융방사공정에 의해 제조되고 있는데 <그림 8>은 이 제조방법을 보여준 그림이다.

실리카(Silica), 석회석, 붕산과 그 밖의 여러 원료를 <표 4>에 보인 바와 같이 유리섬유의 종류에 따라서 다르게 혼합한 후 노(furnace)내에서 약 1260℃의 온도에서 용융시킨다. 이렇게 용융된 유리는 부싱이라고 불리는 연신노로 들어가 그 밑에 달려 있는 여러 개의 작은 사출구를 통해 사출되는데, 장섬유의 제조시에는 각 사출구로부터 나온 용융유리를 합쳐 필라멘트를 만든 후 급냉(quenching), 가호제 부가 등을 거친 후 섬유속으로 모은다. 스테이플 섬유의 제조시에는 사출구를 가로질러 에어제트(air-jet)를 통과시켜 8~15인치의 섬유들을 뽑아내어 회전진공드럼에 모아 바인더(binder)를 뿌린 후 섬유속으로 모은다.

유리섬유는 다른 직물용 섬유에 비해 인장강도가 매우 높으며 화학적 내구성, 열적 안정성 및 절연성이 우수한 장점을 갖고 있으면서도 가격이 비교적 낮고 안정적인 장점을 갖고 있어 FRP의 보강재로서 하수도관 등의 토목관련제품, 욕조, 변기, 정화조 등의 건축관련제품, 냉각탑, 환기통, 태양열 온수기 등에 응용되고 있으며 FRP 선박 및 해양관련제품, 자동차의 경량부품, 철도차량, 전기전자부품, 우주 항공기 및 스포츠 관련도구 등에도 이용되고 있다.

<그림 8>은 유리섬유의 제조공정을 개략적으로 보여주는 것이고 <표 4>는 각

종 유리섬유의 조성을, <표 5>는 각종 유리섬유의 여러가지 물성을 비교한 것이다.



<그림 8> 유리섬유의 제조공정 개략도

<표 4> 각종 유리섬유의 조성 비교

(단위 : %)

성분종류	E	C	A	S	M	AR	L	D	glass
SiO_2	54.0	65.0	72.0	65.0	53.7	65.0	47.0	73.9	58.0
Al_2O_3	15.0	4.0	0.6	25.0	-	1.0	-	0	4.5
Fe_2O_3	-	-	-	-	0.5	-	-	0.2	-
CaO	17.0	14.0	10.0	-	-	12.0	-	0.5	16.5
MgO	5.0	3.0	2.5	10.0	9.0	-	-	0.2	5.5
B_2O_3	8.0	5.0	-	-	-	-	2.2	22.5	3.5
Na_2O	0.6	8.0	14.7	-	-	-	-	1.3	11.0
K_2O	-	1.0	-	-		10.0	13.5	1.5	0.3
Li_2O	-	-	-	-	3.0	-	-	-	-
BeO	-	-	-	-	8.0	-	-	-	-
TiO_2	-	-	-	-	8.0	-	-	-	-
ZnO_2	-	-	-	-	2.0	12.0	-	-	-
CeO_2	-	-	-	-	3.0	-	-	-	-
PbO	-	-	-	-	-	-	37.0	-	-

<표 5> 각종 유리섬유의 물성

성질	유리섬유등급			
	A	C	E	S
비중	2.50	2.49	2.54	2.48
인장강도(MPa)	3033	3033	3448	4585
탄성률(GPa)	-	69.0	72.4	85.5
항복신도(%)	-	4.8	4.8	5.7

산업과 기술의 발전과 더불어 특수한 기능을 가진 유리섬유가 요구되면서 조성을 변화시켜 각 용도에 맞춘 여러가지 종류의 유리섬유가 개발되어 사용되고 있으며, 유리섬유의 종류별 특성을 살펴보면 아래와 같다.

○ E-유리 섬유 : 유리 내에 알칼리가 거의 없어 전기절연성, 내열성, 내풍화성이 우수하며 강도가 뛰어난 것으로 보강재로 사용되는 모든 섬유 중에서 가장 가격이 싸 FRP 산업에 널리 이용되고 있다.

○ S-유리 섬유 : E-유리 보다 강도는 약 40%, 탄성계수는 20% 높고, 특히 비강도가 높아 우주항공 및 군수품 등 특수 분야에 사용되는 섬유로 내열, 내식강도가 높은 장점을 가지고 있다.

○ C-유리 섬유 : 부식환경 하에서 화학적 안정성 매우 우수하여 산성재료를 보관하거나 접촉하는 용도에 주로 사용된다. 인장강도 등 기계적 성질은 다른 유리섬유에 비해 떨어지는 편이다.

○ A-유리 섬유 : 알칼리 함량이 높은 유리섬유로 화학적 안정성이 우수하다. C-유리와 거의 비슷한 용도로 사용되나 전기적 특성이 좋지 않고 내풍화성이 떨어진다.

○ D-유리 섬유 : 유전율 계수가 가장 낮은 유리섬유이며 마이크로 웨이브 범위에서 유전손실이 가장 작은 것으로서 전기, 전자 부품의 FRP에 많이 이용되고 있다.

○ L-유리 섬유 : 납을 다량 함유시켜 만든 유리섬유로 방사선 차폐용의복이나 특수 용도에 쓰이고 있다.

○ M-유리 섬유 : 현재 개발중인 고탄성률 유리섬유로 탄성률이 113 GPa정도로 높으나 아직 상품화되지 않고 있다.

○ AR-유리 섬유 : 유리섬유의 내알칼리성을 대폭 개선해 알칼리 수용액에 대한 부식 강도를 보완한 섬유로 시멘트 보강섬유로 사용된다.