

# A Study on the Spinning with Monofilament of Glass Fiber

김영근, 이재락\*, 장행중\*\*

(주)강남정공, \*한국화학연구소 화학소재연구부, \*\*목포기능대학 생산자동학과

## 1. 서론

Glass fiber의 국내·외 현황은 최종 용도에 따라 여러 가지 유리섬유를 선별, 적절히 그의 물성을 이용하는데 있으며 아울러 꾸준히 이용도를 넓히고 개척하는데 있다고 할 수 있다. 따라서 유리섬유의 종류도 최고 10여가지가 개발되어 사용하고 있는데 국내는 아직 E-glass fiber만 생산하고 있는 실정이다. 이런 이유는 여러 가지가 있겠지만 시장성 및 활용도가 외국에 미치지 못해 섬유 종류의 다변화가 요구되지 못하며 방사기술의 낙후성도 문제가 있지 않나 추론하고 있다. 특히 spinning system 차이로 인해 현재는 multi-PCB용 유리섬유는 전량 수입하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 고가 세섬유인 glass fiber에 대한 spinning data 연구와 이에 따른 각종 binder 개발을 목적으로 virgin fiber를 얻는데 있으며 또한 각종 섬유화 조건을 고찰하는데 있다.

## 2. 실험

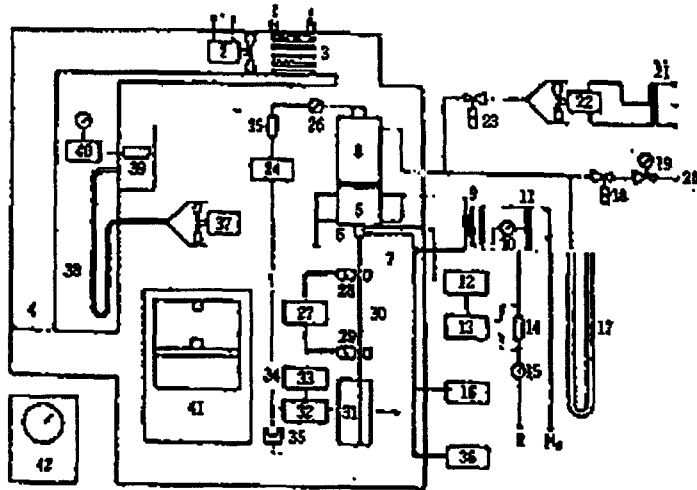
### 2.1. 실험 방법

Glass fiber 생산 방법에는 크게 2가지가 있는데 보통 insulation용으로 사용하는 유리섬유 제법은 spray법을 사용하고 있다. 이 방법은 장섬유 (continuous long fiber) 생산은 불가능하며 또 다른 방법 중 소위 복합재료에 쓰이는 glass fiber는 nozzle을 사용하여 수백 내지 수천개의 monofilament를 제조해서 roving이나 yarn을 생산하는데, 이러한 생산조건에 맞추어 monofilament를 제조할 수 있도록 설계, 고안한 장치에서 생산하였다. crucible내의 온도와 압력을 일정하게 유지하기 위해서 특수 설계 제작된 것이다. 압력의 차이에 따라 glass fiber의 직경이 변화하는 것을 방지할 수 있을 뿐 아니라 일정한 온도를 유지할 수 있고 더욱이 spinning 속도 역시 정확하게 조정할 수 있어 현장 glass fiber 생산업체의 조건을 만족시킬 수 있도록 고안된 장치이다. 이 장치는 그림 1과 같다.

이 장치는 기본적으로 3부분으로 이루어지는데 a) 직접 가열식 Pt-Rh crucible과 nozzle이 있고 crucible의 내부 압력 변화를 일정하게 유지하기 위해 (spinning 도중 glass의 높이의 변화를 방지하기 위해 일정한 압력을 줌) 자동 압력계가 장착되어 있다. b) wheel의 speed를 일정하게 유지하거나 속도를 변화시킴으로써 현장 조건을 맞출 수 있도록 고안되어 있다. c) 방사되는 상태에서 순간적으로 fiber를 취득할 수 있는 부분으로 되어 있다.

#### 1) Crucible (bushing)

Crucible은 직경 20 mm, 높이 30 mm, 두께 0.5 mm의 Pt-Rh (80/20) 합금으로, 그림 2에서 보듯이 바닥에 길이 3 mm ( $\phi$ )의 nozzle이 부착되어 있으며 온도 측정을 정확히 하기 위하여 2개의 접점에 thermoelement가 있다. 이 crucible은 나사로 접합시켜 직접 가열하여 냉각을 방지하기 위해 그림 3과 같이 alumina tube로 보호되고 있다. 그 밖에도 저압력하에서 섬유가 방사되지 않도록 하기 위해, 용융유리가 control 되지 않은 채 흘러내리지 않도록 하기 위해, crucible에 magnet valve를 통해 압력을 조절 할 수 있도록 했다. 그렇게 함으로써 시간당 nozzle을 통해 흐르는 유리량을 조절하고 온도 측정계로 항상 일정한 온도를 유지할 수 있다.



- |                 |                      |                   |                  |
|-----------------|----------------------|-------------------|------------------|
| 1. Glove box    | 11. S-transfermer    | 21. S-transfemer  | 31. Wheel        |
| 2. 환풍기          | 12. 보강 온도계           | 22. Compressor    | 32. Wheel moter  |
| 3. Cooler       | 13. 온도 측정 장치         | 23. Magnetventile | 33. Wheel 속도계    |
| 4. 건조 재료 상자     | 14. 저항계              | 24. Voltage meter | 34. 광속도 측정기      |
| 5. Crucible     | 15. Amperemeter      | 25. 저항계           | 35. 치차광 측정판      |
| 6. Nozzle       | 16. 온도계 시계           | 26. Amperemeter   | 36. Freguence측정기 |
| 7. 온도계          | 17. U-form manometer | 27. Fiber 측득기     | 37. Compressor   |
| 8. 압력 유지 보호기    | 18. Magnetventile    | 28. 상단 취득기        | 38. 냉각매체         |
| 9. Transfermer  | 19. 압력계              | 29. 하단 취득기        | 39. Cooler       |
| 10. Amperemeter | 20. 압력 정지계           | 30. Glass fiber   | 40. 습도계          |

그림 1. Glass fiber spinning machine

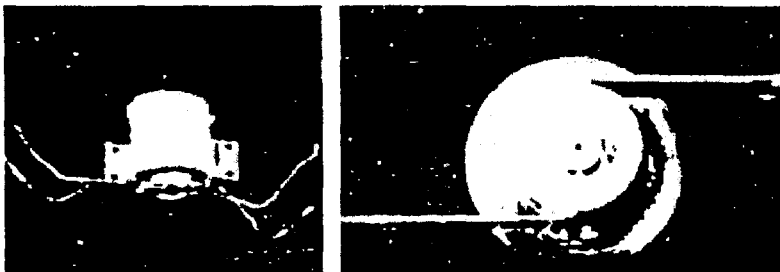


그림 2. 방사 crucible



Test 장비에는 크게 영향받지 않지만 monofilament를 측정하기 위해서 가장 많이 이용되고 있는 LLOYD사 LF-50-101-M 계측기를 사용하였는데 0-100 mm/min 속도를 가진 것으로 0.1, 1, 20 N의 힘으로 구분하여 측정하는데 100 MPa/s 속도를 기준으로 해서 실험했다. 섬유 인장강도를 실험하기 전에 먼저 30 cm 길이의 오염되지 않은 filament를 조심스럽게 연속적으로 C형 모눈종이 위에 놓고 순간접착제로 10군데를 접착시켜 길이가 정확히 20 mm 되도록 가위로 절단하여 하나 하나를 측정하였다. 이때 filament dia. ( $\phi$ )는 일반 현미경으로 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

섬유의 특이성 중 하나는 가는 섬유일수록 비인장강도가 높아진다는 점인데, 그 이유로 5-6가지가 인정되고 있지만, 그 중 가장 중요한 이유는 세섬유일수록 Griffith's flow 확률이 적어진다는 것과 냉각속도가 빨라 crystal 형성의 기회를 주지 않아서 인장강도가 증가된 점을 들 수 있다. Glass에는 가성식이 성립되었는데 fiber의 인장강도에는 가성식 성립이 중요시 되지 않고 오히려 방사 조건이 인장강도에 크게 영향을 준다는 점도 특이한 사실이다.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	방사온도 ℃
Glass 1	62.1	14.6	23.3	1250
Glass 2	55	16.25	28.75	1230
Glass 3	E glass	SiO <sub>2</sub> 55, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CaO 17, B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 7.5, MgO 4.5		1230
Glass 4	C glass	SiO <sub>2</sub> 65.5, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4.0, B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5.0, CaO 14.0 MgO 3		1210
Glass 5	Fly ash 70, Limestone 25, Doilmite 5			1230

이런 조성을 가지고 fiber화 가능성을 고찰하였고 방사 온도는 점도가  $10^{28}$ - $10^3$  dpas 부근에서 섬유화하여 인장강도를 각각의 섬유에서 측정하였으며 그림 4에 나타내었다.

### 4. 결론

본 연구에서는 그동안 무기질 섬유 방사실험 설비가 없었던 관계로 연구부진했던 유리 및 무기질 조성의 변화에 따른 섬유화 가능성 연구, 방사 최적 조건의 연구, 세섬유 가능성에 대한 연구, 더불어 각종 binder 연구 등이 가능할 수 있어 국내 현실에 맞는 새로운 glass fiber를 개발할 수 있으며 이로 인해 저 염가 섬유 제조 가능성에 대해서도 확인하였다. 뿐만아니라 각종 제조 요인에 의해 섬유 물성에 미치는 물리화학 특성을 연구할 수 있어 고품질의 섬유 제조에 대한 data를 확보할 수 있었다. 특히 충남공대에서 제공한 fly ash 유리 marble로써 섬유화는 short glass 성질이 있어 온도 control 문제만 해결 할 수 있으면 구조재로써 FRP 및 FRTP 용으로 사용 가능하리라 사료된다.

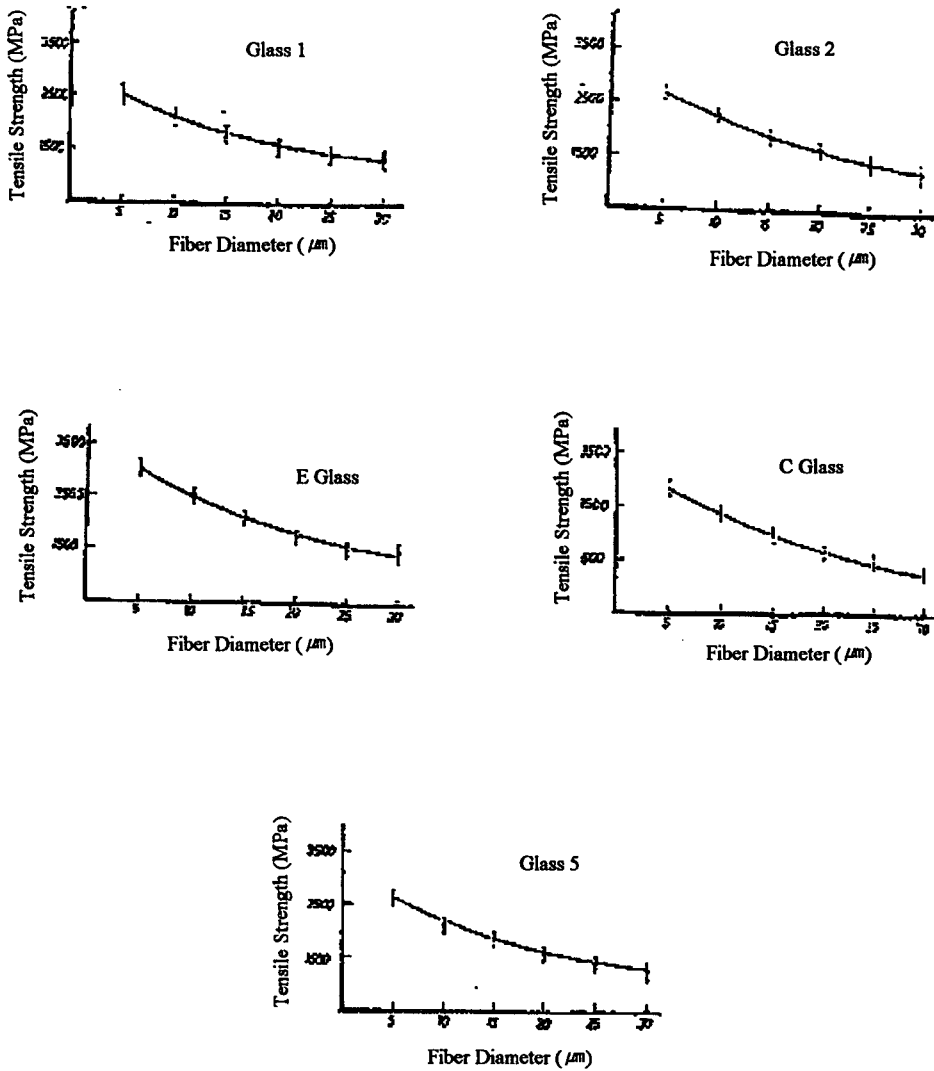


그림 4. Fiber 직경에 따른 tensile strength

## 5. 참고문헌

1. G. Slayter, Am. Ceram. Soc. Bull., 31 (1952).
2. Patent DE 2366095 (Germany).
3. Patent DE 2365392 (Germany).
4. Patent DE 2427772 (Germany).
5. T. Ohipashi, Frost Resistance and Pore Structure of Glass Fiber Reinforced Cement Composite Report, Res. Lab. Asahi Glass Co. Ltd., 30(1), 1980.
6. M. A. Matvvey, Nonboron Strontium Glass for Glass Fiber, No 5, 5, 1967.
7. M. A. Brzborodov, Use of Rare Metals in Production of Ceramics and Glass Gosinti, 1963.
8. G. M. Bartennew, Mechanische Eigenschafteuund Wärmebehandlung des Glasses, Moskau, 1962.