

# Super Tensile Strength 유리섬유 방사연구 (S-2 Glass Fiber)

성완, 이재락\*, 장행종\*\*, 김영근\*\*\*  
(ADD, 화학연구소\*, 목포기능대학\*\*, (주)강남정공\*\*\*)

## Abstract

For the production of high strength constructional glass reinforced plastics and various composite materials continuous glass fibers of high strength and increased modulus of elasticity are used. As is known, the glasses with highest strength were obtained in magnesia aluminosilicate and magnesia lime-aluminosilicate systems when introducing oxides of titanium and zirconium, boric anhydride, etc. in some cases.

The experimental investigations have shown that some glass compositions are characterized by the ratio viscosity/crystallization which is favourable for glass fiber drawing process that permits the attainment of high strength level at the conditions of high temperature glass melting and formation.

## 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 섬유종류의 다변화가 요구되지 못하며 방사기술의 낙후성도 문제가 있지 않나 추론하고 있다. 특히, S-glass라고 칭하는 high tensile strength 유리섬유는 최근 국내에서도 급격히 수요증대가 요구되어 방사조건 중에서 점도와 결정화 조건 및 방사시 고강도 유지조건, 조성비화의 관계 등을 E-glass fiber와

비교 연구하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험방법

Glass fiber 생산 방법에는 크게 2가지가 있는데 보통 insulation 용으로 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. 온도와 압력의 차이에 따라 glass fiber의 직

경이 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 기본적으로 3부분으로 이루어지는데 a) 직접 가열식 Pt-Rh crucible과 nozzle이 있고 crucible의 내부 압력변화를 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 되어있다.

#### 1) Crucible(bushing)

Crucible은 직경 20mm, 높이 30mm, 두께 0.5mm의 Pt-Rh (80/20) 합금으로 바닥에 길이 3mm(∅)의 nozzle이 부착되어 있으며 온도 측정을 정확히 하기 위하여 2개의 접점에 thermoelement가 있다. 이 crucible은 나사로 접합시켜 직접가열하여 냉각을 방지하기 위해 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 조절할 수 있도록 했다.그렇게 함으로써 시간당 nozzle을 통해 흐르는 유리량을 조절하고 온도 측정계로 항상 일정한 온도를 유지할 수 있다.

#### 2) Wheel

Wheel의 모양은 직경 159.2mm(둘레 0.5m) 크기 장치 aluminum으로 되어 있어 이 wheel 위에 assiber가 감기는데 motor에 연결되어 있으며 0-8300 회전수를 낼 수 있어

현장 wheel speed에 충분히 대처 할 수 있고 frequency-meter로 속도 조절이 가능하도록 되어 있다.

이들의 총체적인 기구의 사양은 다음과 같다.

Crucible material : Pt/Rh

Crucible의 가열 : 직접가열방식, max.

3V/1000A

Spinning nozzle 온도 : max. 1500℃

온도 오차 : 0.5K

압력 :-10 ~ 100 mbar

압력오차 : <1 mbar

Wheel speed : 0.5 ~ 160 m/s

wheel speed : <1%

#### 3) 취득기

Glass fiber의 tensile strength는 glass fiber 조정에 따라 큰 차이가 나지만 spinning 후 여러 가지 처리 과정에서 fiber 표면의 오염도에 따라 같은 조성의 fiber일 지라도 값이 크게 달라진다. 이러한 영향을 피하기 위해 spinning 되어지는 fiber 유압 실린더로 취할 수 있도록 고안되었는데 이 유압 실린더 catcher는 30cm의 간격을 두고 상·하 2개가 장치되어 있다.

## 2.2. Tensile strength의 측정

같은 조성의 glass와 이 glass를 섬유화했을 때의 물리적 성질과 열적, 화학적 성질에 차이가 있다는 것은 여러 문헌에서 볼 수 있듯이 그 이유가 무엇보다도 섬유화 했을 때의 표면적이 월등히 크다는 점과 냉각시 일반 glass와 비교할 수 없을 정도로 빠른 속도로 냉각됨에 기인한다고 볼 수 있다.

Test 장비에는 크게 양향받지 않지만

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

### 3. 결과 및 고찰

섬유의 특이성 중 하나는 가는 섬유일수록 비 인장강도가 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 성립되어었는데 fiber의 인장강도에 는 가성식 성립이 중요시 되지 않고 오히려 방사조건이 인장강도에 크게 영향을 준다는 점도 특이한 사실이다.

Glass 조성(wt.%)

SiO<sub>2</sub> - 64  
 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 24  
 CaO - 0.01  
 MgO - 9.5  
 Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O - 0.02  
 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 0.01  
 Total 100 %

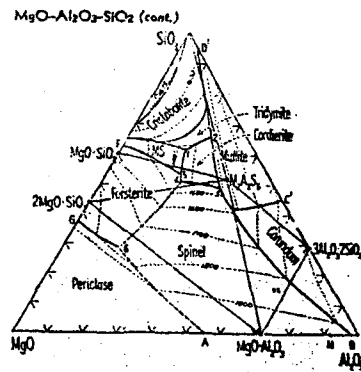


Fig. 1. Phase Diagram.

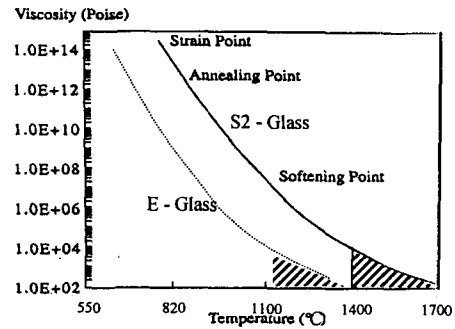


Fig. 2. 방사 최적 조건.

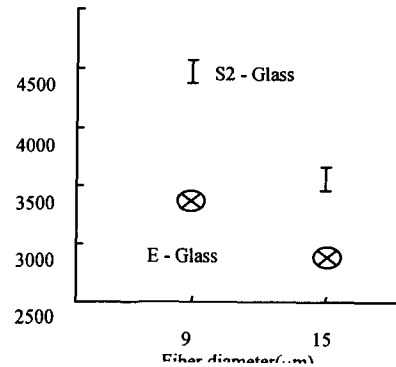


Fig. 3. 섬유직경에 따른 인장강도.

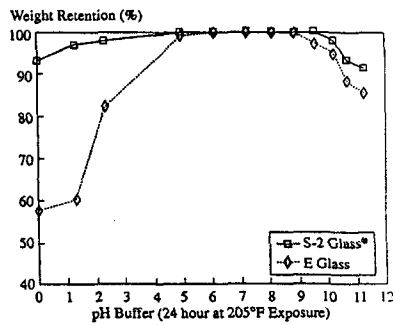


Fig. 4. Fiber(9μm) weight retention VS pH Exposure.

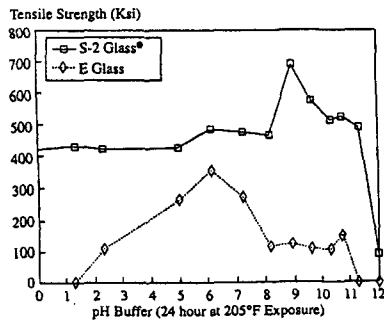


Fig. 5. Fiber(9μm) strength VS pH Exposure.

이런 조성을 가지고 fiber화 가능성을 고찰하였고 방사 온도는 점도가  $10^{28}$ - $10^3$  dpas 부근에서 섬유화하여 인장강도를 각각의 섬유에서 측정하였으며 그림 1에서 나타내었다.

#### 4. 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. Matvvev, Nonboron Strontium Glass for Glass Fiber, No 5, 5, 1967.
7. M. A. Matvvev, Use of Rare Metals in Production of Ceramics and Glass Gosinti. 1963
8. G. M. Bartennew, Mechanische Eigenschaftieuund Wamebehandlung des Glasses, Moskau, 1962