

열처리 온도에 따른 광섬유 잔류응력 분포의 변화

Gradient of the Residual Stress distribution in Optical fiber by the Heat Treatment Temperature

신인희, 주성민, 한원택, 김덕영
 광주과학기술원 정보통신공학과
 E-mail: dykim@gist.ac.kr

Abstract

The gradient of the residual stress distribution by the heat treatment temperature in the commercial single mode fiber was investigated. The heat treatment of the optical fiber was carried out at 700°C, 1100°C, and 1200°C for 1 hour by using the halogen lamp and the residual stress measurement of the optical fiber was accomplished by using the inverse linear polarizing method. Mechanical residual stress was relaxed and thermal residual stress was invested by the heat treatment.

1. 서론

광섬유 내에 존재하는 잔류 응력은 보통 다음과 같은 두 가지 범주로 분류된다. : 열 잔류응력 (thermal residual stress), 기계적 잔류 응력 (Mechanical residual stress)⁽¹⁻³⁾. 열 잔류응력의 경우, 광섬유 인출 과정의 고온에서의 냉각에 의한 광섬유 코어와 클래딩의 열팽창 계수의 차이에 의해 발생하며, 기계적 잔류 응력의 경우, 광섬유 코어와 클래딩의 점탄성 계수의 차이에 의해 발생한다. 일반적으로 기계적 잔류 응력은 고온에서의 열처리에 의해 완전히 해소되지만, 열 잔류 응력의 경우는 고온에서의 열처리 후에도 광섬유 내에 잔류하게 된다고 보고되고 있다⁽⁴⁾.

본 논문에서는 광섬유 내에 존재하는 열 잔류 응력과 기계적 잔류 응력의 열처리 온도에 따른 변화를 할로젠 램프의 방사열을 이용한 열처리 방법과 Inversed linear polarizing method⁽⁵⁾를 이용하여 규명하였다. 할로젠 램프를 이용한 열처리는 0.9 μ m-1.6 μ m의 파장을 갖는 근적외선을 이용하여, 발열 상승 시간이 빠르고, 순간적 급랭이 가능하며 기존의 전기로를 통한 열처리에 보다 광섬유 표면의 결정화 및 산화를 최소화 할 수 있었다⁽⁶⁾.

2. 실험

열처리 온도에 따른 광섬유 내의 잔류 응력의 변화를 분석하기 위해, 상용화된 삼성 단일모드 광섬유를 사용하였으며, 이 광섬유를 할로젠 램프의 방사열을 이용하여 각각 700°C, 1100°C, 그리고 1200°C로 1시간씩 열처리하였다. 그리고 그림 1에서의 Inverse linear polarizing method를 사용하여, 할로젠 램프의 방사열을 이용한 각각의 열처리된 광섬유에 대한 잔류 응력의 값을 측정하였으며, 열처리하기 전 광섬유의 잔류 응력 값과 비교, 분석하여 열처리 온도에 따른 광섬유 내에서의 잔류 응력의 변화를 확인하였다⁽⁷⁾.

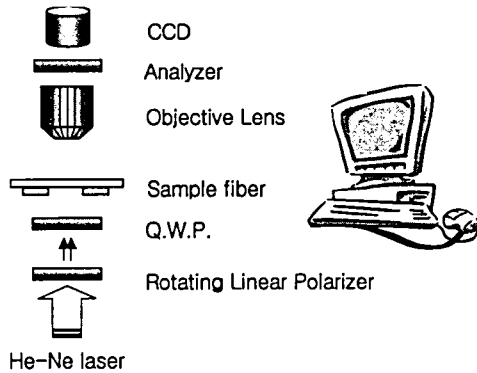


Figure 1. Residual stress measurement setup by using the Inverse Linear Polarizing Method

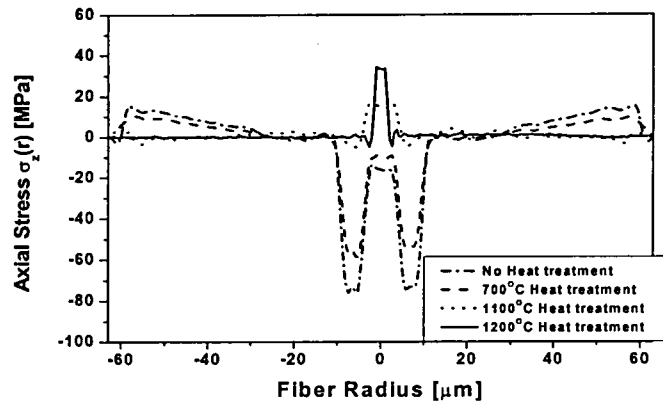


Figure 2. Axial stress distribution by the heat treatment at 700°C, 1100°C and 1200°C for 1 hour.

3. 실험 결과 및 분석

Inverse linear polarizing method에 의해 측정된 각각의 열처리된 광섬유의 잔류응력과 열처리 전 광섬유 잔류 응력 분포를 그림 2에 나타내었다. 그림 2에서 볼 수 있듯이, 열처리에 의해 광섬유 바깥쪽 클래드 부분에서 인장력 형태로 존재하던 잔류 응력이 완화되는 현상과, 광섬유 안쪽 클래드 부분에서 압축력 형태로 존재하던 잔류 응력이 완화되는 현상을 확인할 수 있었다. 또한 이러한 잔류응력의 완화현상은 열처리 온도가 증가함에 따라 점차 크게 증가함을 알 수 있었다.

특히 코어 부분에서 압축력 형태로 존재하던 광섬유의 잔류 응력이, 1200°C, 1 시간의 열처리를 통해 기계적 잔류 응력이 완전히 해소되어, 인장력 형태의 열 잔류응력으로 나타남을 확인할 수 있었다. 이때 나타난 광섬유의 열 잔류 응력 값은 33.6MPa이었으며, 광섬유 내에서의 잔류응력 완화현상의 규명을 위해 기존에 사용되었던 CO₂ 레이저 조사법⁽¹⁾의 결과와 유사한 결과를 보였다.

4. 결론

광섬유 내에 존재하는 잔류 응력의 열처리 온도에 따른 변화를 할로겐 램프의 방사열을 이용한 열처리 방법과 Inverse linear polarizing method를 이용하여 측정, 분석하였다. 이로써, 열처리 온도에 따른 광섬유 코어와 클래드에서의 잔류 응력 변화를 확인할 수 있었으며, 1200°C 온도에서 광섬유 내에 존재하는 기계적 잔류 응력이 완전히 해소되고, 열 잔류 응력 만이 존재함과 함께 그 값을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] B. H. Kim et al., *Optics letter*, Vol.26, No.21,1657~1659 (2001).
- [2] P. K. Bachmann et al., *Applied Optics*, Vol.26,1175 (1987)
- [3] U. C. Paek and C. R. Kurkjian, *J. Am. Ceram. Soc.* 58, 330 (1975)
- [4] A. D. Yablon, *Invited paper of IEEE Journal*, Vol.10, No.2,300~311 (2004)
- [5] Y. Park, Dissertation for Ph.D. GIST. (2002)
- [6] A. H. Rose, *J. Lightwave Tech.*, Vol.15, No.5,808~814 (1997)
- [7] 주성민, 신인회, COOC, FP-18 (2005)

T
F