

스트랜드 인장시편을 적용한 탄소섬유/에폭시 복합재의 열화특성 연구

오진오* · 길형배* · 윤성호**†

Characteristics of Thermal Degradation for Carbon Fiber/Epoxy Composite using Strand Specimen

Jinoh Oh* · Hyungbae Kil* · Sungho Yoon**†

ABSTRACT

In this study, High temperature properties of carbon fiber reinforced composites is performed using strand specimens and resin specimens. As for the tensile test at the different temperature, the tensile modulus of resin specimens decreases slightly until the temperature reaches the glass transition temperature. but the tensile modulus of strand specimens maintains tensile modulus at the room temperature. The tensile strength of resin and strand specimens decreases rapidly until the temperature reaches the glass transition temperature.

초 록

본 연구에서는 수지 인장시편과 스트랜드 인장시편을 적용하여 탄소섬유/에폭시 복합재의 고온에서의 특성을 조사하였다. 연구결과에 따르면 수지시편의 인장강성은 수지의 유리전이 온도에 근접해감에 따라 서서히 감소하지만 스트랜드 인장시편의 인장강성은 상온에서의 인장강성을 유지한다. 수지시편과 스트랜드 시편의 인장강도는 온도가 유리전이 온도에 근접할수록 급격한 감소를 나타내었다.

Key Words: Automatic Strand Winding Machine(자동화 와인딩 장치), Carbon Fiber Reinforced Composite(탄소섬유 강화 복합재), Glass Transition Temperature(유리전이온도)

1. 서 론

기계적 특성이 뛰어난 탄소섬유와 내화학성이 가진 열경화성 수지인 에폭시로 이루어진 섬유

강화 복합재는 우수한 기계적 특성과 내부식성으로 인해 항공, 우주, 레저 산업과 같이 넓은 분야에 적용되어진다. 하지만 뛰어난 내구성과 내부식성을 가진 탄소섬유에 비해 에폭시 수지는 고온 습윤특성이 좋지 않은 결점과 고밀도의 가교도 때문에 높은 취성을 가지고 있어 탄소섬유/에폭시 복합재는 응용분야에 제한을 받고 있다. 이러한 온도, 수분등과 같은 환경적 인자들

* 금오공과대학교 기계공학과

** 금오공과대학교 기계공학과

† 교신저자, E-mail: shyoon@kumoh.ac.kr

은 탄소섬유/에폭시 복합재의 성능과 밀접한 관계가 있기 때문에 지금까지 복합재의 특성에 미치는 영향에 대한 여러 연구들이 진행되어져 왔다[1-3].

본 연구에서는 스트랜드 인장시편을 적용하여 온도가 탄소섬유/에폭시 복합재에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 시편제작

2.1 수지 시편제작

본 연구에서는 탄소섬유 에폭시 복합재의 열화특성을 평가하기 위해 에폭시 수지를 대상으로 기계적/열분석 특성을 평가하였다. 이때 적용된 에폭시 수지(Epon826, Hexion Specialty Chemicals, Inc., USA)는 필라멘트 와인딩 공정에 널리 적용되는 상온용 에폭시 수지로서 Bisphenol A-based 에폭시 수지이다.

에폭시 수지의 기계적 특성을 평가하기 위한 인장시편은 ASTM D638에 근거하여 시편형상과 치수를 결정하였으며 에폭시 수지의 열분석 특성을 평가하기 위한 DMA 시편은 ASTM D4065에 근거하여 시편형상과 시편치수를 결정하였다[4]. 수지시편은 오픈 몰드 방식으로 테프론 몰드에 규정된 비율로 주재와 경화제, 촉매제를 혼합한 수지를 붓고 제조사에서 제공하는 경화조건으로 경화시켜 제작하였다.

2.2 스트랜드 시편제작

본 연구에서는 자동화 와인딩 장치를 적용하여 스트랜드 시편을 제작하였다. 자동화 와인딩 장치는 사각 맨드릴에 수지에 함침된 탄소섬유를 와인딩하는 장치로서 탄소섬유장력과 와인딩 속도를 제어할 수 있어 필라멘트 와인딩 공정조건을 고려한 시편제작이 가능하다. 본 연구에서는 탄소섬유(T800H, Toray, Japan)와 에폭시 수지를 적용하여 1.5kgf의 동일한 섬유장력으로 시편을 제작하였다. 이때 탄소섬유는 직경이 5 μ m인 탄소섬유 12000가닥으로 구성되어 있다. 와인딩 작업이 완료된 사각 맨드릴은 회전축이 장착된 오븐에 장착하고 규정된 경화조건을 적용하

여 맨드릴을 1 rpm으로 회전시키며 경화시켰다. 경화된 스트랜드 시편들은 규정된 크기로 절단하고 접착제를 이용하여 양단에 탭을 부착하였다.

3. 시험방법

3.1 기계적 특성평가

인장특성평가는 상온에서 고온의 인장특성 변화를 평가하기 위해 온도챔버(WD91225, Zwick, Germany) 내에서 수행하였으며 상온에서 최대 160 $^{\circ}$ C까지의 온도를 고려하였다. 이때 하중은 만능재료시험기(Z100/Zwick, Germany)를 사용하여 1.0mm/min의 변위제어로 시편에 가하였다. 변형률 측정은 챔버 외부에 위치한 automatic extensometer(MultiXtens, Zwick, Germany)를 적용하여 작용하중에 대한 시편의 변형률 변화를 측정하였다.

3.2 열분석 특성평가

본 연구에서는 동역학 측정장치를 적용하여 에폭시 수지의 저장탄성계수, 손실탄성계수, $\tan \delta$ 등의 열분석 특성을 평가하였다. 여기에서 저장탄성계수는 시편의 강성, 손실탄성계수는 시편에 변형이 발생하는 경우 내부마찰에 의한 방출 에너지, $\tan \delta$ 는 시편의 감쇠성능을 판단하는 척도로 이용할 수 있다. 수지시편의 열분석 특성평가는 single cantilever mode로 평가하였으며 이때 적용된 스펠은 17.5mm이고 진폭 0.02mm, 주기 1Hz로 수지시편을 가진하였다. 시편에 가해지는 온도는 상온에서 최대 240 $^{\circ}$ C까지 상승시켰으며 2 $^{\circ}$ C/min의 온도상승률을 적용하였다.

4. 결과

Fig. 1에는 고온 환경에서 에폭시 수지 시편의 인장강성과 DMA를 이용한 에폭시 수지의 열분석 특성이 나타나 있다. 여기에서 에폭시 수지시편의 인장특성평가는 상온에서 160 $^{\circ}$ C까지 온도 범위에서 수행하였으며 열분석 특성평가는 상온에서 240 $^{\circ}$ C까지의 온도 범위에서 시험을 수행하

였다. 에폭시 수지의 인장강성은 상온에서 2.5GPa로 나타났으며 시험온도가 증가함에 따라 70℃에서 1.9GPa, 100℃에서 1.7GPa, 130℃에서 1.4GPa로 비교적 완만한 감소를 나타낸다. 하지만 유리전이온도보다 높은 온도인 160℃에서는 0.1GPa로 인장강성의 급격한 감소를 나타낸다.

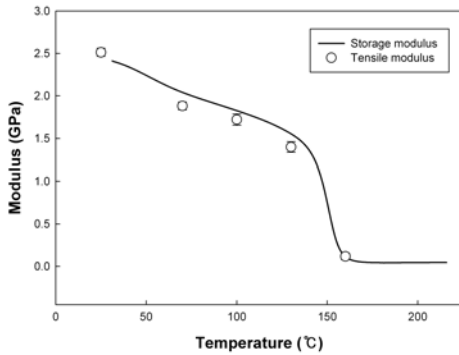


Fig. 1. Comparison of the tensile and DMA results.

Fig. 2에는 탄소섬유/에폭시 스트랜드 시편의 인장특성 평가 결과가 나타나 있다. 여기에서 온도는 상온에서 최대 130℃까지 고려하였으며 각 온도에서 스트랜드 시편의 인장강성, 인장강도, 파단변형률을 각각 평가하였다. 결과에서 보면 스트랜드 인장강성은 온도가 증가하여도 일정하게 유지되지만 스트랜드 인장강도와 파단변형률은 온도가 증가할수록 감소하게 되며 감소폭 또한 증가한다.

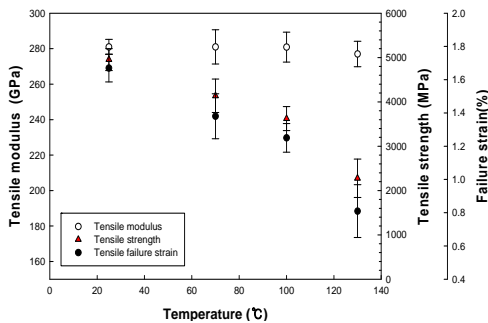


Fig. 2. Tensile test results of strand specimen at different temperature.

5. 결론

본 연구에서는 에폭시 수지와 스트랜드 시편을 대상으로 고온 환경에서의 기계적 특성을 평가하였다. 시험결과에 따르면 에폭시 수지는 유리전이온도에 근접할수록 인장강성과 인장강도가 감소하고 유리전이온도 부근에서 급격한 인장강성의 저하를 나타내었다. 하지만 스트랜드 시편의 경우에는 에폭시 수지의 유리전이온도 부근까지 인장강도 감소하지만 인장강성은 일정하게 유지된다.

후 기

본 연구는 국방과학연구소 핵심기술연구개발 과제(과제명 : 내고온 경량 복합재연소관 기술)의 지원을 받아 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 윤성호, 이상진, 이종근, "복합적인 환경인자가 탄소섬유강화 복합체의 기계적 및 열분석 특성에 미치는 영향," 대한기계학회논문집, A권 제 26권 제7호, 2002, pp.1416-1425.
2. J. Wolfrum, S. Eibl and L. lietch, "Rapid evaluation of long-term thermal degradation of carbon fiber epoxy composites," Composites Science and Technology, Vol. 69, 2009, pp.523-530.
3. Jiming Zhou, James P. Lucas, "The effects of a water environment on anomalous absorption behavior in graphite/epoxy composites," Composites Science and Technology, Vol. 69, 1995, pp.57-64.
4. ASTM D638, "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics," Annual book of ASTM standards, vol.08.01, 2002.