

복합재료의 압축성형에 따른 기계적 특성변화

이중희* · 이호언**

The Behavior of Mechanical property of Thermoplastic Composite in Compression Molding

Joong-Hee Lee, Ho-Ern Lee

Key Words: Thermoplastic Composite(열가소성 복합재료), Compression Molding(압축성형), Crystallinity(결정화도), Mechanical Properties(기계적 성질), Glass Fiber(유리섬유)

Abstract

The objective of this work was to characterize mechanical properties of thermoplastic composites for various forming condition in compression molding. Randomly oriented long glass fiber reinforced polypropylene(PP) was used in the work. The composite materials contained 20%, 30%, and 40% glass fiber by weight. Compression molding was conducted to make the test specimen. Dimensional stability was measured on each forming condition with the spring-forward angle. Tensile test was conducted to characterize mechanical properties of formed parts in various forming conditions.

1. 서론

열가소성 복합재료는 가공이 쉽고 환경에 대한 저항성이 좋으며 재활용이 가능하다. 이런 이유로 이를 활용하기 위한 광범위한 연구가 행해지고 있다. 특히 가공 기술을 향상시키고 가공 조건과 복합재료의 성능을 이해하기 위한 노력이 계속되고 있다. 그러나 이러한 연구의 대부분은 짧은 유리섬유가 보강된 복합재료나 유리섬유가 일정한 방향으로 놓여진 복합재료에 대해 행해졌으며, 긴 유리섬유가 임의의 방향으로 보강된 복합재료에 대한 연구는 아직 미흡한 실정이다. 긴 유리섬유가 보강된 복합재료는 짧은 유리섬유가 보강된 복합재료에 비하여 보다 우수한 인장 및

충격 강도를 가진다⁽¹⁻⁵⁾. 본 실험에서는 긴 섬유가 보강된 복합재료를 성형할 수 있는 압축성형법을 이용해 실험하였다. 복합재료의 압축성형에 따른 기계적 특성을 알아보기 위해 실제 성형할 수 있는 온도 범위인 30℃, 70℃, 110℃로 변화를 주고 charge의 표면적 비를 전체 부품 표면적의 21%, 42%, 86%로 성형조건을 변화시켰다. 또한 유리섬유 함량이 20%, 30%, 40%로 증가할 때 기계적 성질에 대한 연구를 행하였다.

2. 실험

2.1 실험 재료

실험에 사용된 복합재료는 유리섬유를 중량비로 20%, 30%, 40%를 함유하고 있는 (주)한화 중합화학에서 생산하는 GMT 중 RD20, RD30, RD40을 사용하였다. 사용된 유리섬유는 E-glass이다. 복합재료 판재의 두께는 RD20, RD30, RD40 모두 동일하게 3.8mm이고 비중은 RD20, RD30, RD40이 각각 1.02g/cm³, 1.08g/cm³, 1.18g/cm³이다.

* 회원, 전북대학교 자동차부품 금형혁신기술센터

E-mail : jhleel@moak.chonbuk.ac.kr

TEL : (0652)270-2342 FAX : (0652)270-2341

** 전북대학교 고분자공학과 대학원

2.2 압축성형 시험

복합재료를 압축성형을 하기 위해 유압식 프레스를 사용하였다. 또한 charge의 표면적 비를 다르게 하기 위해 시편의 길이와 폭을 67mm×67mm, 95mm×95mm, 135mm×135mm 3가지 형태로 제작하였다. 재료를 압축성형하기 위해 220℃의 oven안에서 10분 동안 유지시키는 것을 통해 완전 용융시켰다. 몰드의 온도를 정밀하게 제어하기 위해 프레스 자체에 장착되어 있는 K-type 열전대를 이용하여 유압프레스의 온도를 1차 제어하였고 Labview 시스템 장치의 J-type 열전대를 mold의 표면에 장착하여 온도를 정밀하게 제어했다. 이 mold의 모습은 Fig. 1에서 보여주고 있다. Table. 1에서는 압축성형에 사용된 조건을 구체적으로 보여주고 있다.

Table. 1 Conditions for the compression molding.

| | |
|----------------|---|
| Pressure | 200kg/cm ² |
| Speed | 20mm/sec |
| Mold temp | 30℃, 70℃, 110℃ |
| Pressing time | 4min |
| Glass contents | 20%, 30%, 40% |
| Blank size | 67×67, 95×95, 135×135(mm ²) |
| Weight | 70g±2 |

2.3 치수안정성 측정시험

압축성형시 90° 각도를 가지는 mold안에서 성형된 성품품이 성형후 각이 작아지는 현상보인다. 이것을 spring-forward angle로 정의하였다. 이 spring-forward angle의 변화는 성형 후 6시간 동안 상온에서 유지한 후 곡면 측정 각도계를 사용하여 각의 변화를 관찰하였다. 유리 섬유가 20%, 30%, 40%로 증가할 때와 온도가 30℃, 70℃, 110℃로 증가할 때, charge coverage가 21%, 42%, 86%로 증가할 때 성형변수 변화에 따른 성형품의 치수 변화를 관찰하였다.

2.4 인장시험

성형 조건의 변화에 따른 내부의 결정화와 유리섬유의 거동이 기계적 성질에 어떤 영향을 주는지 알기 위해 성형 part의 중심선과 평행하게 동일 면의 동일 위치에서 잘라내어 인장시편을 만들고 tensile modulus와 tensile strength의 측정이 행해졌다. 인장시험은 ASTM D3039에 따라 UTM(United Testing Machine)을 사용해 실시하였다. 사용되어진 시편의 세로와 가로 크기는

120mm × 25mm이다.

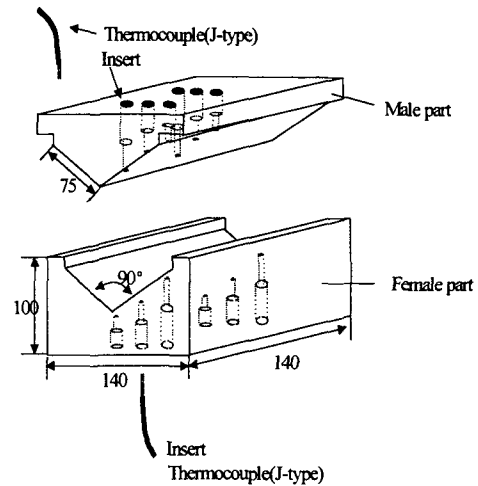


Fig. 1 Schematic diagram of the mold geometry and a molded part.

3. 결과

3.1 압축성형 시험

복합재료 내부에서 일어나는 결정화 현상을 구체적으로 확인하기 위해 Labview 시스템을 이용해 성형 시 재료의 표면과 내부에서 온도변화를 측정하였다. Fig. 2에서는 결정을 일으키는 130℃ 이상으로 유지되는 시간을 보여준다. 30℃, 70℃, 110℃로 온도가 증가함에 따라 재료가 130℃ 이상에서 유지되는 시간이 길어지는 것을 확인할 수 있다.

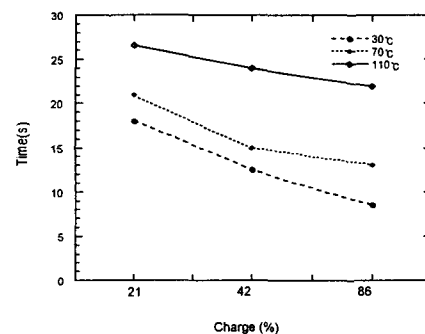


Fig. 2 The maintaining temperature above 130℃ in the mid-part with various charge coverage.

3.2 치수안정성 측정 시험

Fig. 3에서는 유리섬유가 20%, 30%, 40%로 증가했을 때 spring-forward angle의 차이를 나타낸다. 유리섬유 함량이 증가함에 따라 spring-forward angle이 감소하는 것을 볼 수 있다. 이를 통해 유리섬유도 치수안정성에 영향을 주는 것을 알 수 있다. Spring-forward angle은 유리섬유 함량이 증가할 때 같이 증가하였다. 또한 유리섬유 함량이 증가할수록 결정화를 일으켜 치수변화에 영향을 주는 matrix부분이 작아지면서 spring-forward angle의 차이가 작아지는 것을 볼 수 있다. 이런 현상을 기초로 성형조건 최적화에 대한 예측을 할 수 있다.

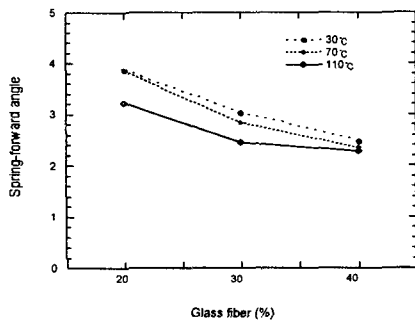
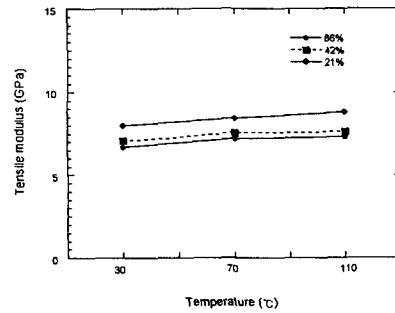


Fig. 3 Measured spring-forward angle for 20%, 30%, and 40% glass fiber contents.

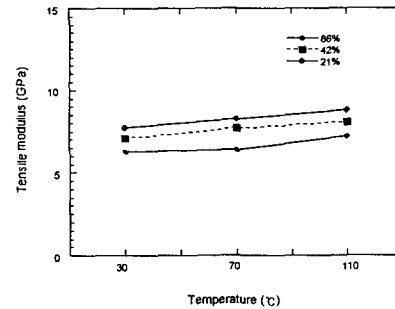
3.3 인장 시험

인장시험을 통해 mold 온도와 charge coverage의 변화에 따른 재료의 tensile modulus와 strength를 측정하였다. Fig. 4에서는 charge coverage가 증가할 때 tensile modulus가 감소하고 있는 것을 나타내고 있다. Charge coverage가 증가할수록 성형시 유리섬유의 유동으로 인해 발생하는 재료의 배향이 적아 지고 재료 내부에서의 결정화를 일으킬 수 있는 결정화시간이 줄어들어 따라 tensile modulus가 감소하는 것으로 사려된다. 또한 각각의 그래프에서 30°C, 70°C, 110°C로 성형온도가 변할 때 tensile modulus값의 변화를 볼 수 있다. 그래프를 통해 유리섬유의 증가와 무관하게 온도의 영향으로도 tensile modulus가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 또한 유리섬유의 함량이 (a)20%, (b)30%, (c)40%로 증가할 때 tensile modulus도 증가하는 것을 보여준다. 인장강도에 영향을 주는 것은 유리섬유의 함량과 charge

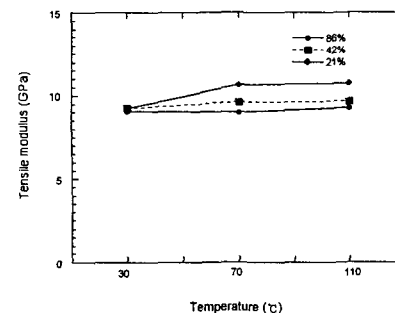
coverage의 변화로 인해 생기는 유리섬유의 배향과, 성형온도의 변화로 인해 달라지는 결정화도 및 재료의 compaction 등이 영향을 미치는 것으로 사려된다. Fig. 5는 tensile strength는 tensile modulus가 증가하는 조건에서 역으로 감소하는 모습을 보여준다. 이는 결정화로 인해 tensile modulus는 증가하지만 재료가 brittle 해져 tensile strength는 감소하는 것을 보여 주고 있다.



(a)

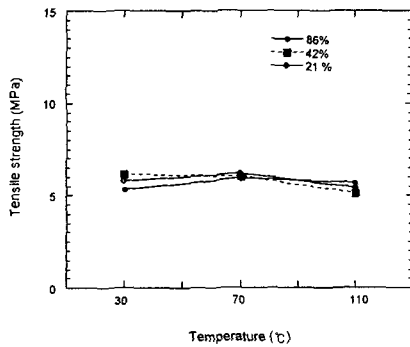


(b)

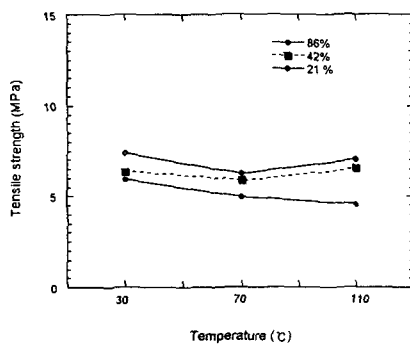


(c)

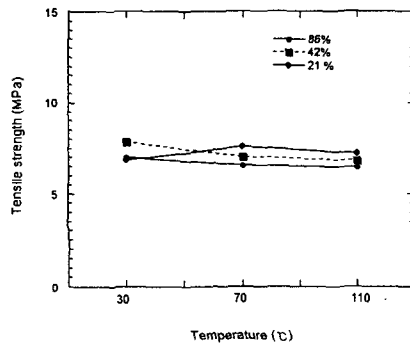
Fig. 4 Measured tensile modulus for (a)20%, (b)30%, and (c)40% glass contents.



(a)



(b)



(c)

Fig. 5 Measured tensile strength for (a)20%, (b)30%, and (c)40% glass contents.

4. 결론

긴 섬유가 첨가된 열가소성 복합재료의 압축성형에 따른 기계적 특성변화에 관한 연구를 통해 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

1. Charge coverage가 증가할수록 spring-forward angle이 증가함을 보였다. 이는 charge coverage가 증가할 때 재료 내부에서 결정화를 일으키는 결정화 온도를 유지하는 시간이 줄어들었기 때문이다. 또한 유리섬유가 증가할수록 온도에 따른 spring forward angle의 차가 줄어드는 것을 확인하였다. 또한 유리섬유가 증가함에 따라 spring-forward angle의 감소를 보였다. 결정화도가 증가하고 유리섬유함량이 증가하면 치수가 안정성을 갖는 것을 보였다.
2. 결정화도가 증가하고 유리섬유함량이 증가할 때 tensile modulus가 증가함을 보였고 tensile strength는 결정화도가 성장할수록 재료가 brittle 해짐에 따라 약간 감소하는 결과를 보였다.

참고문헌

- [1] Mats Ericson and Lars Berglund, "Deformation and fracture of glass-mat-reinforced polypropylene", Composites Science and Technology, Vol. 43, pp.269-281, 1992.
- [2] K. Friedrich and M. Hou, "On stamp forming of curved and flexible geometry components from continuous glass fiber/polypropylene composites", Elsevier Composites Part A, Vol. 29A, pp.217-226, 1998.
- [3] Y. Youssef and J. Denault, "Thermoformed fiber reinforced polypropylene: Microstructure, mechanical properties and residual stresses", Polymer Composites, Vol. 19, No. 3, 1998.
- [4] J. D. Muzzy and A. C. Kays, "Thermoplastic vs Thermosetting Structural Composites", Polymer Composites, Vol. 5, No. 3, 1984.
- [5] Jeong-kwon Lee, "The Effects of Constituent Characteristics and Pre-strain on the Properties of Composites", Ms. Thesis, University of Chonbuk, 2000.