

섬유강화 플라스틱 복합판의 압축성형에 있어서 경사하중의 영향 (AL망의 적층소재의 유동에 의하여)

김 만 수*

The Effect of Compression Molding with Inclined Force for Fiber - Reinforced Thermoplastics

M. S. Kim

Key words : Fiber reinforced thermoplastic composite material(섬유강화 열가소성 플라스틱 복합재료), Fiber destory position (섬유파단 위치), Compression molding(압축성형), Plane stain compression(평면 압축).

Abstract

A main property for fiber reinforced thermoplastic composite material in compression molding is the flow of fibers. This flow is so effective a long direction of acting force that this study examined for the inclined angel of 30°, 45° and 60°.

Below the near softing temperature of plastic, the fiber has been fractured at a point so that the fiber strength is smaller then the local hydrostatic stress in the mold. It has been found that the position of fracture is changing accrding to the incling angle.

In case of the above softing temperature, the larger the inclined is, the farther the flow of fiber move. Also the plastic flow has been progresed with the cicular are type

1. 서 론

고분자를 기재로 하고 각종 섬유를 여러가지의 형태로 강화시킨 섬유강화 플라스틱 복합재료는 비강도 내식성등이 우수하기 때문에 자동차, 통신 정보기기등의 이동성과 내식성이 있는 부품의 재료로서, 각 제품의 산업화를 위해 많은 연구 대상

이 되어 최근 활발히 확대되어가고 있다.¹⁾²⁾

이 섬유강화 플라스틱 복합재료를 소재로서 가열하여 프레스성형 할 경우에, 강화재는 모재와 배향 및 분리된 유동이 생겨 그의 성형품의 성질이 불균일하게 되므로 그 유동상태를 파악하는 것은 매우 중요하다.³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾

따라서, 본 연구는 압축성형시 금형내의 정수압

* 정희원, 제주대학

이 강화재의 강도에 미치는 영향을 파악하기 위해서, 장섬유 강화재 등 구속력이 가장 크게 얽혀진 AL망을 강화재로 해서 열가소성 플라스틱에 충상으로 복합시켜 경사차중을 가해 압축성형할 때 복합재료내에 야기되는 유동현상을 조사하여 검토하였다. 특히 압축 응력이 섬유의 강도에 미치는 영향, 섬유의 파괴가 일어나는 위치, 유동으로 생기는 현상등을 조사하여 보고한다.

2. 실험

실험 재료는 AL망을 폴리에틸렌(poly ethylene)의 중간에 넣어 5겹으로 적층한 복합판이며 두께는 5.35mm이다. AL소선은 직경 0.22mm, 인장강도 17kg/mm², 연산율 5%이며 이 소선으로 짠 AL망은 15mesh이다. 그리고 폴리에틸렌은 국내 생산품(유공 FM 110)이며 그의 연화점은 103℃, 필름 두께 25μm, 인장강도 370kg/cm², 신장율 650%이다. 이 실험재료는 실험실에서 가열 압축프레스를 사용하여 180도로 가열하여 넓은 판으로 제작하여 길이 40×폭 30의 직사각형으로 소선방향에 따라 절단하여 시료로 사용했다.

실험장치는 용량 10ton의 정밀 만능시험기(Shimaszu Auto Graph AG10T - A)을 사용하였으며, 가열 및 온도의 조절을 위하여 위 실험기에 부착할 수 있는 항온조(Shimaszu Auto Graph용 TCR)를 사용하였으며, Fig. 1은 실험장치의 약도이다. Fig. 2는 위 시료를 경사각도 30°, 45°, 및 70°의 금형속에 넣어 압축 실험할 때 시료가 받는 힘의 분

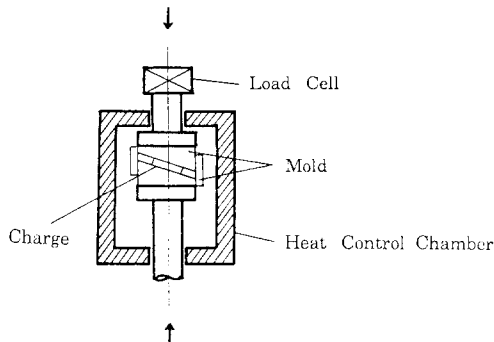


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

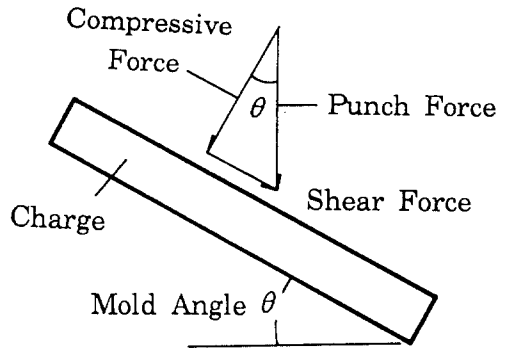


Fig. 2 Vector analysis on charge

해도이다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 기재의 연화온도 이하에서의 압축 유동

상온에서 복합시편을 압축해도 유동은 거의 일어나지 않고 금형의 경사각의 영향도 거의 일어나지 않는 것으로 보인다(Fig. 3, Fig. 4 참조). 이것은 점성에 의한 영향으로 해석되며 점성은 온도, 변형률 속도(혹은 응력) 및 성형정도와 함수 관계가 있다⁷⁾는 해석과 일치하는 것으로 생각된다.

그러나, 연화온도 근방(본 실험은 100℃)에서 압축속도 0.5mm/min, 압축비 45%일 때 나타난 실

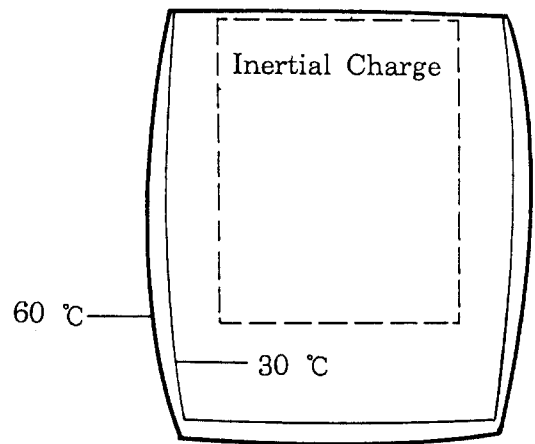


Fig. 3 Experimental shapes of rectangular charge at a normal temperature

험결과는 Fig. 5 및 Fig. 6과 같다. Fig. 5는 금형의 경사각이 커지면 커질수록 하중이 작용하는 하부 쪽이 더 넓어져 옆으로 늘어나는 현상이 나타났으며, 평면적으로 많이 늘어난 부분의 중앙부가 압력의 최고점인 것으로 생각할 수 있으며, 이것은 점

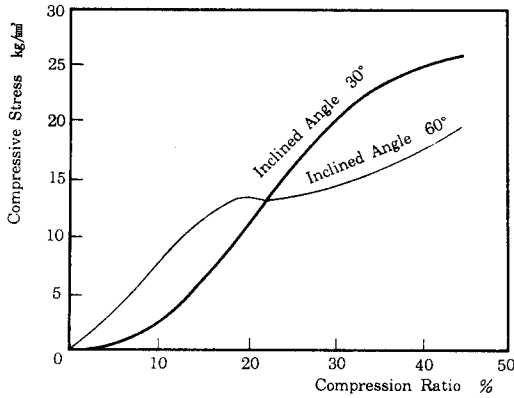


Fig. 4 Plane strain compression on composite material

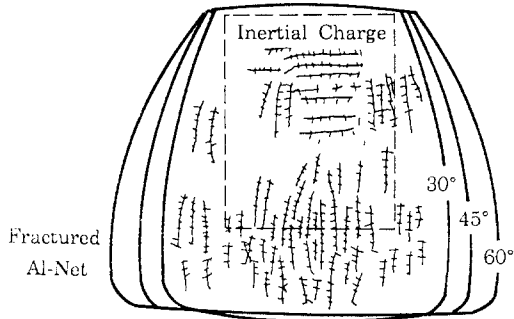


Fig. 5 Experimental shapes during compression molding at 100°C

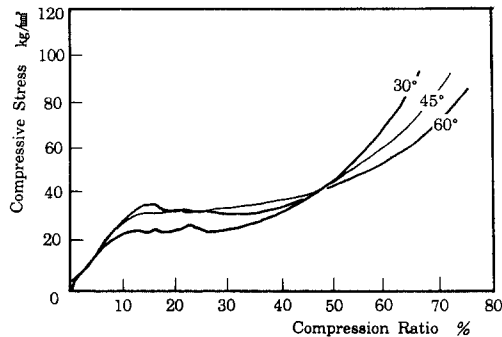


Fig. 6 Plane strain compression on composite material at 100°C

성 유체 내에서 평행 평판이 유동할 때 운동 방향으로 평판에 받는 압력 분포는, 판의 중앙이 최대인 포물선형으로 분포되나, 경사평판이 유동할 때는 최대압력의 위치가 중앙에서 이동한다⁹⁾¹⁰⁾는 이론에 부합된 결과로 보인다. 따라서, 재료에 수직 압축력으로 일어나는 유동은 전자에 해당되어 경사력에 의한 경우는 후자에 해당된다고 할 수 있으므로, 압축성형에 있어서 유동시에 금형내의 압력 분포는 Reynolds의 압력구배의 식으로 풀수 있다는 추론이 가능한 것으로 생각된다. Fig. 6에서 압축비 15% - 30% 구간의 그래프는 복합판의 항복 구간으로 보이며, 이 때 플라스틱과 강화제는 결합 상태에서 상호 파단되는 현상이 생기며, 이 항복 현상은 압축으로 인한 복합판 내의 정수압이 순간적으로 가장 높은 부분에서 발생하고, 이것이 점차 전파되어 나가는 것으로 해석된다. 그러므로, 복합 재료 내의 정수압이 소선의 강도보다 더 커지면 강

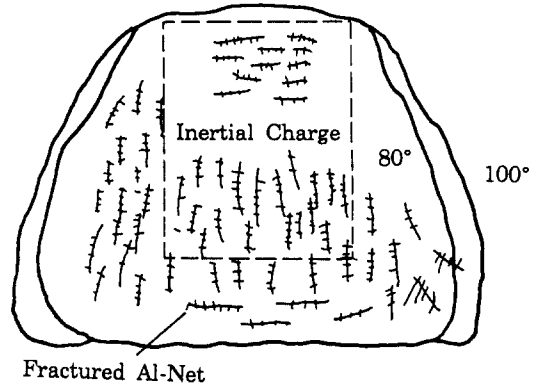


Fig. 7 Experimental shapes during compression molding at 60°C

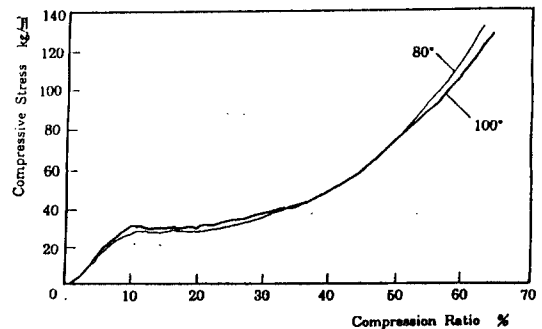


Fig. 8 Plane strain compression on composite material at 60°C

화재는 과단된다고 할 수 있다.

Fig. 7과 Fig. 8은 금형의 경사각 60°, 성형온도 80°C와 100°C의 실험한 결과를 표시한 것이다. 연화점 근방에서는 온도의 차이에 관계없이 플라스틱의 조직파괴, 소선의 파단하는 모양과 위치가 거의 일치하는 것으로 나타났다.

3.2 기재의 연화온도 이상에서의 압축 유동

기재 플라스틱을 연화점 이상의 140°, 160°, 및 180°의 각 온도에서 실험하여, 금형의 경사각이 30°일 때 실험결과는 Fig. 9 및 Fig. 10에 경사각이 45° 및 60°인 것은 각각 Fig. 11과 Fig. 12 및 Fig. 13과 Fig. 14에 나타났다.

이 유동 성형의 형상과 Auto Graph에 나타난 바에 의하면 성형온도에 대한 영향은 받지 않는 것으로 생각할 수 있으며, 유동성형의 모든 결과에 따르면 경사에 상부 방향으로 플라스틱의 유동은 전혀 일어나지 않기 때문에, 시편의 상부 절단부분

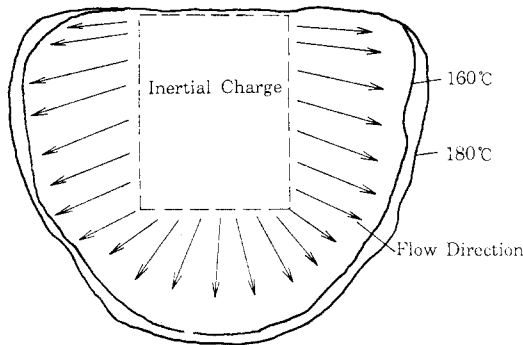


Fig. 9 Experimental shapes during compression molding(at 30° and 160°C)

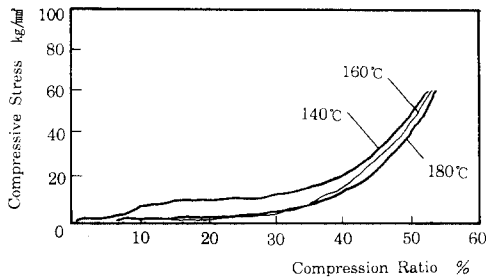


Fig. 10 Plane strain compression on composite material(at 30°)

은 원래의 직선상으로 존재하고 그 이외의 유동이 일어나는 부분은 원호형으로 나타났다. 기재의 유동이 일어나지 않으면 강화재의 유동도 일어나지 않는 것을 확인할 수 있었다.

금형의 경사각 30° 경우, 플라스틱은 유동에 따

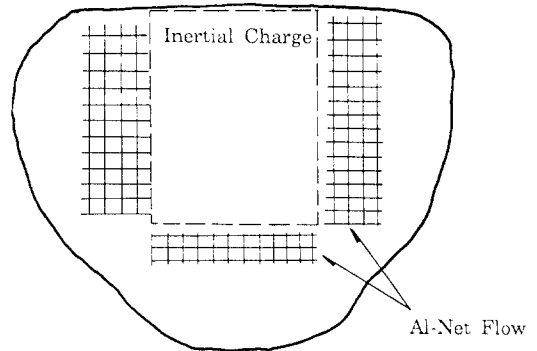


Fig. 11 Experimental shapes during compression molding(at 45° and 160°C)

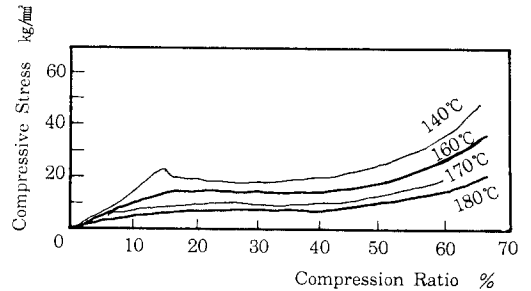


Fig. 12 Plane strain compression on composite material(at 45°)

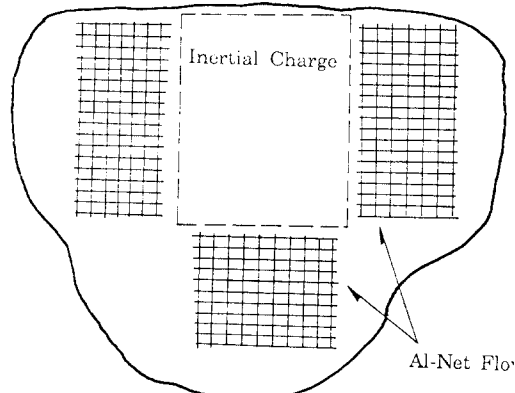


Fig. 13 Experimental shapes during compression molding(at 60° and 160°C)

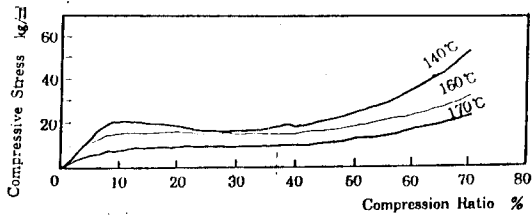


Fig. 14 Plane strain compression on composite material(at 60°)

른 강화망의 이동은 거의 없으나, 45°의 경우에는 강화망의 이동이 있었으며 경사의 하부 방향보다 그의 횡방향의 영향이 더욱 큰것으로 나타났으며, 60°의 경우에는 강화재의 유동은 경사의 하부방향과 그의 횡방향이 모두 비슷한 범위로 일어난 결과이다.

경사 방향의 길이가 횡방향의 길이보다 더 길다는 것(40mm>30mm)을 고려하면 금형의 경사각은 강화재의 유동에 비례적으로 영향을 미치는 것으로 해석된다.

또한, plastic의 유동에 수반하여 유동하기 어렵다는 것이다. 따라서, 복합재의 압축 성형시 강화재의 유동은 경사각에 비례하며 또한 플라스틱의 점성유동에 수반한다고 본다.

3. 결 론

AL망을 열가소성 플라스틱에 복합시켜 제작한 직사각형 평판을 소재로 하여 경사 하중으로 평면 압축 유동실험을 시행한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기재의 연화점 이하의 온도에서는 압축에 의한 금형내의 국부 정수압이 AL소선의 강도보다 크게 되는 구역부터 AL망은 파단이 일어나고, 기재의 결합력도 파괴된 상태로 복합소재는 유동이 전파된다. 따라서 평면상으로는 파열되고, 층간에는 분리현상이 일어나서 성형이 불안정하게 된다.

성형중 최대 압력의 위치는 경사각이 클수록 중앙에서 유동방향쪽으로 이동한다.

2. 연화점 이상의 온도에서는 플라스틱의 유동은 경사각에 관계없이 원호형으로 나타나며 AL망의 어떠한 유동도 일어나지 않는다.

參考文獻

- 1) 林毅 編, "複合材料工學", 日科技連, pp. 3 - 139.
- 2) 北條英典 編, "プラスチック複合材料", 日刊工業, pp. 34, 1985.
- 3) 金二坤 著, "纖維強化高分子複合材料の成形における纖維分離と配向に関する研究", 日本 東北大學 博士學位論文, 1987.
- 4) 成澤哲也, 村田義人, "纖維強化プラスチックのプレス成形における成形速度依存性", 塑性 加工, 25 - 287, pp. 1119 - 1120, 1984.
- 5) H. Hojo, E. G. Kim, H. Yaguchi, T. Onodera, "Simulation of Compression molding with Matrix - Fibre Separation and Fibre Orientation for Long Fibre Reinforced Thermoplastics", Intern. Polymer Processing, Vol. 3, pp. 54 - 61, 1988.
- 6) C. C. Lee, F. Folgar, C. L. Tucker, "Simulation of Compression Molding for Fibre - Reinforced Thermosetting Polymers", ASME, J. Eng. ind, Vol. 106, pp. 114 - 125, 1984.
- 7) C. C. Lee, F. Falgar, C. L. Tucker, "Simulation of Compression Molding for Fiber - Reinforced Thermosetting Polymers", Trans. of the ASME 114/Vol. 106, May 1984.
- 8) C. L. Tucker and F. Folgar, "A Model of Compression Mold Filling", Polymer Engineering and Science, Vol. 23, No. 2, pp. 69 - 73, 1983.
- 9) 宮嶋時三 著, "潤滑講義", 海文堂, pp. 41.
- 10) 河在賢外一人 著 "流體力學" 成政社, pp. 128 - 136, 1977.