

장섬유강화 플라스틱 복합재의 압축성형 공정에 관한 연구

(제1보, 섬유배향에 미치는 성형품의 기하학적인 형상변화)

A Study on Compression Molding Process of Long Fiber Reinforced Plastic Composites

(Part1, Effect of Geometrical Change of Products on Fiber Orientation)

조선형(동서울대학), 오영준*(국민대학교),

이건상(국민대학교), 윤성운(조선대학교)

S. H. Jo, Y. J. Oh*, K.S. Lee, S.U. Yoon

Abstract

This study aims to systematically research the various phenomena which arise from compression molding of fiber reinforced plastic composites. Long fiber reinforced plastic composites are rib type compression molded in order to measure the orientation in products, and the specimens are photographed with soft X-ray. The intensity of the photograph is applied by an image scanner, and the fiber orientation distribution of products is measured by using an image processing technique.

Keywords : Long Fiber Reinforced Plastic Composites, Fiber Orientation, Rib type Compression Molding, Fiber Contents

1. 서론

섬유강화 복합재료 중에서 일반적으로 이용되고 있는 GMT는 열가소성 수지를 기지재료로 하고 강화재로서 랜덤하게 배향된 유리장섬유 매트 혹은 촛트스트랜드 유리섬유를 사용하고 있기 때문에 강도의 방향성이 없는 것이 특징이다.

복합재료의 제조방법에는 Hand lay-up 및 Spray-up, Compression Molding(Matched Die Molding), Bag Molding, Filament Winding, Pultrusion, Injection Molding, Transfer Molding 법 등이 있는데, 성형되는 재료에 초점을 두어 분류하면 크게 함침성형과 유동성형으로 분류할 수 있다. 함침성형은 주로 열경화성 고분자 복합재료에 적용되고 유동성형에 비교하면 섬유길이, 섬유함유량을 크게 취할 수 있어, 항공, 우주산업용 제품제작으로 사용하고 있다. 유동성형중의 하나인 압축성형은 장섬유를 그대로 유지할 수 있어, 강도, 강성면에서 사출성형보다 뛰어나므로 최근에는 항공, 우주산업용의 구조부품 제작을 위한 활발한 연구가 진행되고 있다.

또한 압축성형공정은 사출성형공정에 비하여

Sprue, Runner와 게이트가 없는 간단한 금형을 사용할 수 있기 때문에 금형의 값이 저렴하고 재료의 낭비가 매우 적다. 또한 사출성형에는 길이가 3mm이내의 단섬유를 낮은 Vf%(체적함유율)만 함유하게 할 수 있으나 압축성형에는 장섬유를 매우 높은 Vf%까지 함유하게 할 수 있다. 따라서 압축성형으로 제조된 제품은 우수한 기계적 성질을 갖는다. 그러므로, 본 연구에서는 성형품의 기하학적인 형상치수와 섬유함유율을 달리하여 압축성형 하였을 때 발생하는 섬유배향과 이에 미치는 성형 인자들의 영향에 대해서 고찰한 내용을 보고한다.

2. 압축성형 및 배향함수 측정

2.1 압축성형

리브형 성형품의 섬유배향 상태에 미치는 성형품의 기하학적 변화와 섬유함유율의 영향을 파악하기 위하여 재료는 시제품(한화종합화학, GMT 매트)을 이용하였으며, 성형품을 리브형으로 압축성형하기 위하여 재료를 전기오븐에서 20분간 가열한 후 금형에 충전하여 압축성형하였다. 이때

성형품에 기하학적 변화를 주기 위하여 Fig. 1과 같이 성형품의 형상을 변화 시켰다. 또한 섬유함유율을 20wt%, 30wt%, 40wt%로 변화를 주었다.

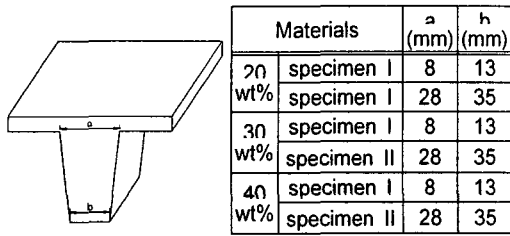


Fig. 1 Geometry of compression molded specimen.

2.2 섬유배향함수 측정^{(1),(2)}

섬유의 배향에서 성형품의 두께가 폭과 길이에 비해 매우 얇으면 섬유를 2차원 집합체로 취급할 수 있으며, 섬유배향함수 J 는 2차원 배향각 분포에 대한 배향함수로 $J=0$ 은 등방성 나타내고 $J=1$ 이거나 $J=-1$ 이면 x 축이나 y 축 방향으로 배향되어 있음을 의미한다. 본 연구에서는 성형품내 섬유배향 상태를 정량적으로 나타내기 위하여 압축 성형된 리브형 성형품을 높이방향으로 3mm씩 절단하여 Soft x-ray사진을 촬영하였다. 또한 사진의 화상처리는 성형품이 좌우대칭이기 때문에 길이방향으로 1/2만 처리하였다. Fig. 2에 섬유배향함수 J 를 구하기 위한 시편과 측정영역을 나타내었다.

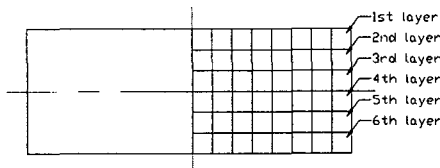


Fig. 2 Measurement area of orientation function J .

3. 결과 및 고찰

Fig. 3은 섬유함유율이 20wt%, 40wt%인 성형품의 Soft X-ray사진을 나타낸 것이다. 각 섬유함유율 별로 왼쪽 부분은 Fig. 3에서 나타낸 a:8mm, b:13mm이고, 오른쪽 부분은 a:28mm, b:35mm인 시험편을 나타낸 것이다. 그리고 Fig. 3의 (a)~(j)는 리브형상의 시험편에서 리브부분에 가장 가까운 부분인 경우가 (a)이고, 가장 멀리 떨어져 있는 부분이 (j)이다. 다시 표현하면 (j)부분은 성형품의 가장 밑부분에 해당한다. Fig. 3에서 흰부분은 모재를 검은 부분은 섬유를 나타내고 있으며, 섬유함유율이 높은 40wt%인 경우가 더욱 검게 보이고 있다.

우, 성형품의 각 층에서 측정한 섬유배향함수 J 를 중심으로부터의 거리 변화를 주어 나타낸 것이다. 그림에서 첫 번째 층은 Fig. 3의 사진에서 (a)부분을 마지막 10번째 층은 (j)부분을 가리키는 것이다. 이들 그림에서 알 수 있는 것은 두께가 두꺼운 성형품인 경우 위치에 따라서 강화재인 섬유의 배향이 달라지는데, 성형품의 리브부분에 가까운 층일수록 섬유배향의 변화가 크지 않은 반면, 바닥에 가까울수록 모재와 강화재의 유동속도 차이에 의해서 섬유와 플라스틱이 불균일한 분산상태로 된다. 이러한 경향은 Fig. 3과 Fig. 4 및 Fig. 5를 통해서 섬유함유율이 낮을수록, 또 유동장이 넓을수록 더욱 두드러짐을 알 수 있다. 섬유함유율의 영향을 살펴보면, 섬유함유율이 높게 되면 동일한 유동장내에서의 유동이 거의 한계적이지만, 낮은 섬유함유율인 경우는 모재의 유동상태에 많은 영향을 받는 섬유배향이 나타나기 때문에 섬유함유율이 낮은 쪽의 배향함수 변화 값이 크게 나타나고 있다. 그리고 형상치수의 영향은 유동장이 넓으면 좁은 경우보다 유동상태의 자유도가 크기 때문에 섬유배향상태는 많은 영향을 받는다.

Fig. 6은 20wt%, 30wt%, 40wt%인 성형품의 각 층에 대한 섬유배향 함수 J 값을 fitting하여 나타낸 그림이다. 이 그림은 각 층별로 섬유배향 상태를 섬유함유율 변화에 대해서 나타낸 그림이기 때문에 중심으로부터의 거리에 따른 J 의 정량적인 변화를 성형품 별로 쉽게 알 수 있다.

4. 결론

리브형으로 압축성형한 성형품의 섬유배향 상태의 변화는 리브부분에서 멀수록, 형상치수가 클수록, 섬유함유율이 낮을수록 크게 나타남을 알 수 있다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(과제번호 R02-2000-00300)지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- (1) Yamada, K. & Horikawa, A., 1984, Textile Machinery Soc. of Japan 37, 12, p.51
- (2) Yaguchi, H., Hojo, H., Kim, E. G., 1995, "Measurement of Planar Orientation of Fibers for Reinforced Thermoplastics Using Image Processing". Intern Polymer Processing, Vol. 10, pp. 262-269.

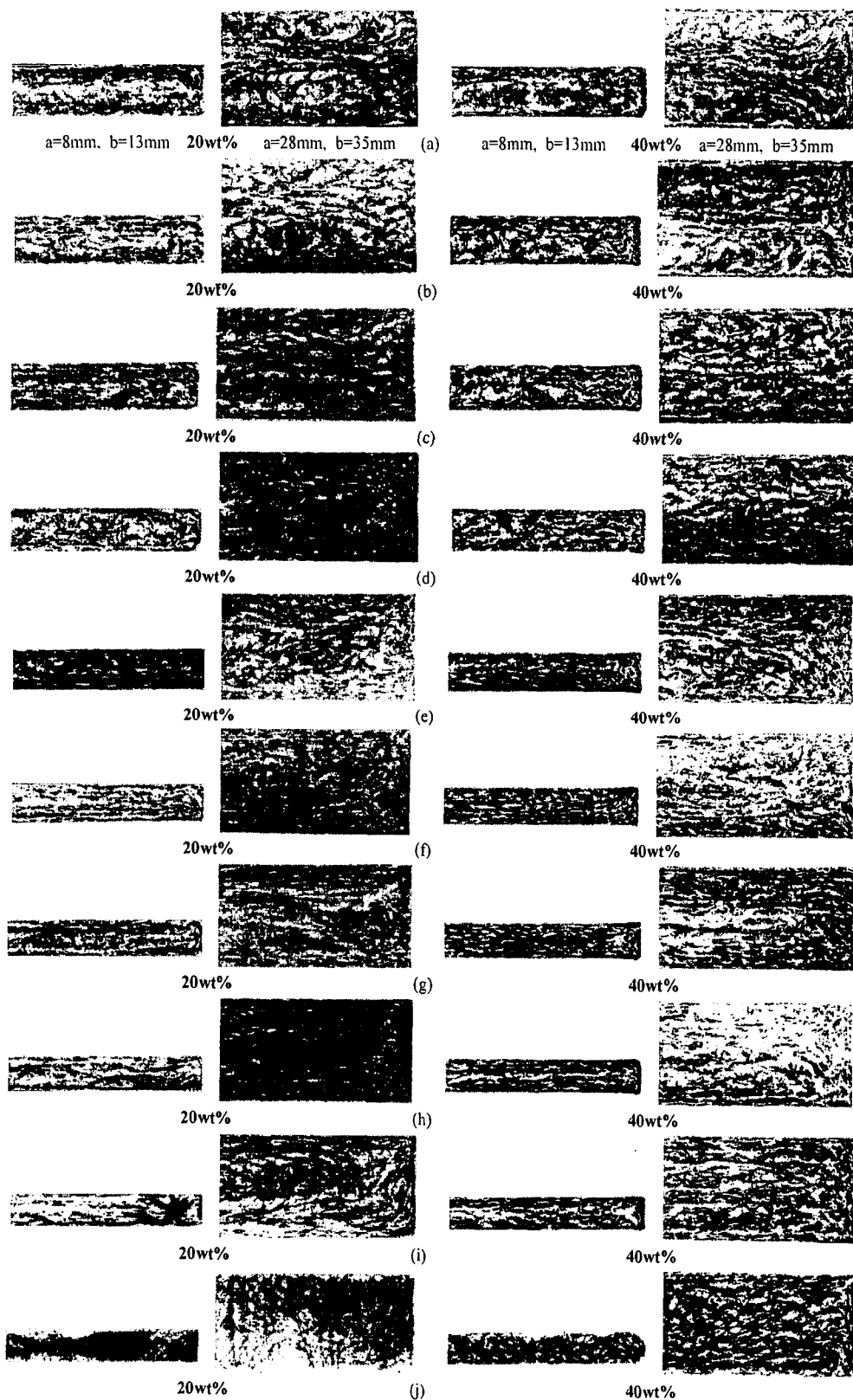


Fig. 3 Soft x-ray photograph of compression molded specimen I and II.

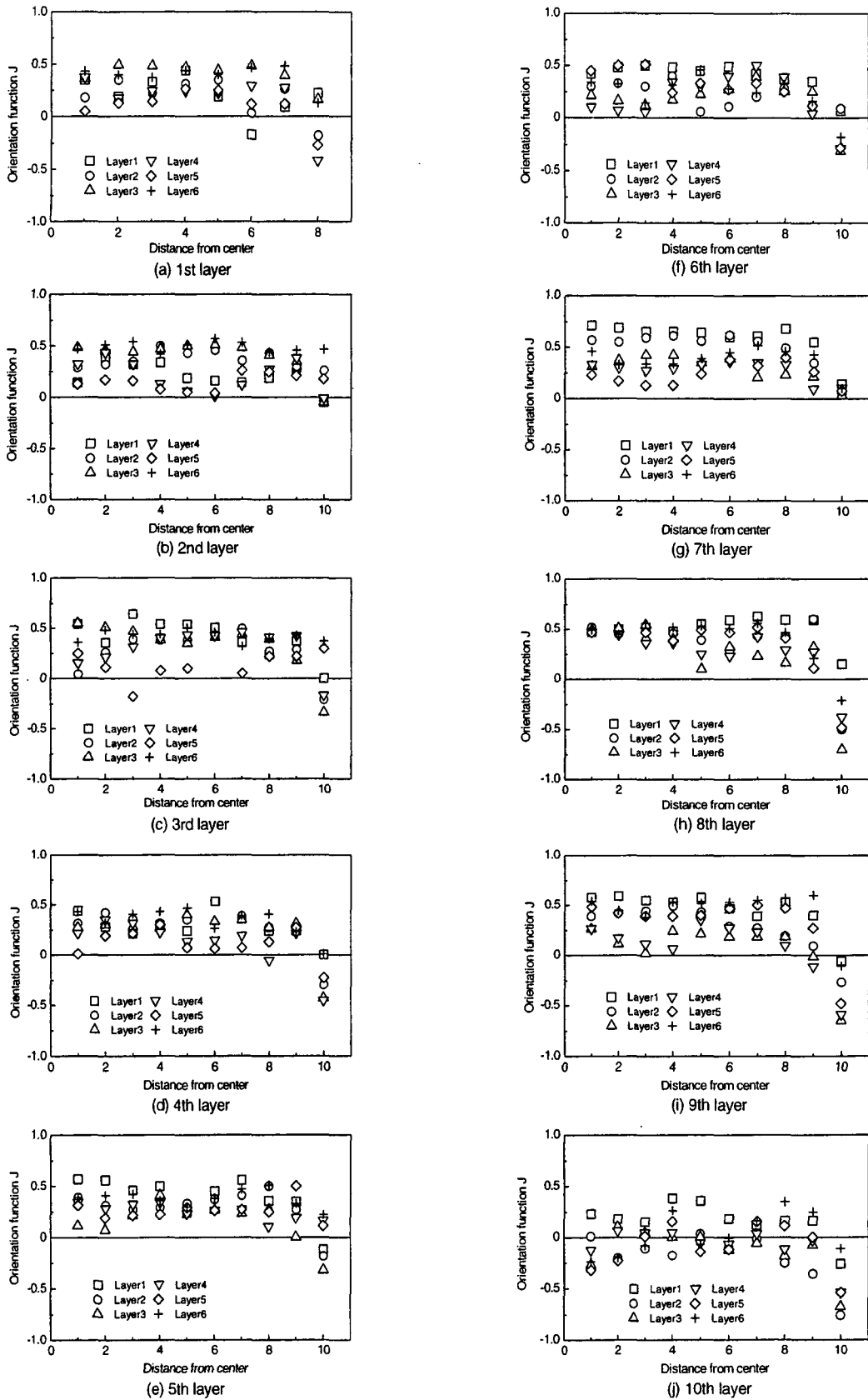


Fig. 4 Fiber orientation distribution for compression molded specimen II, fiber content 20wt %.

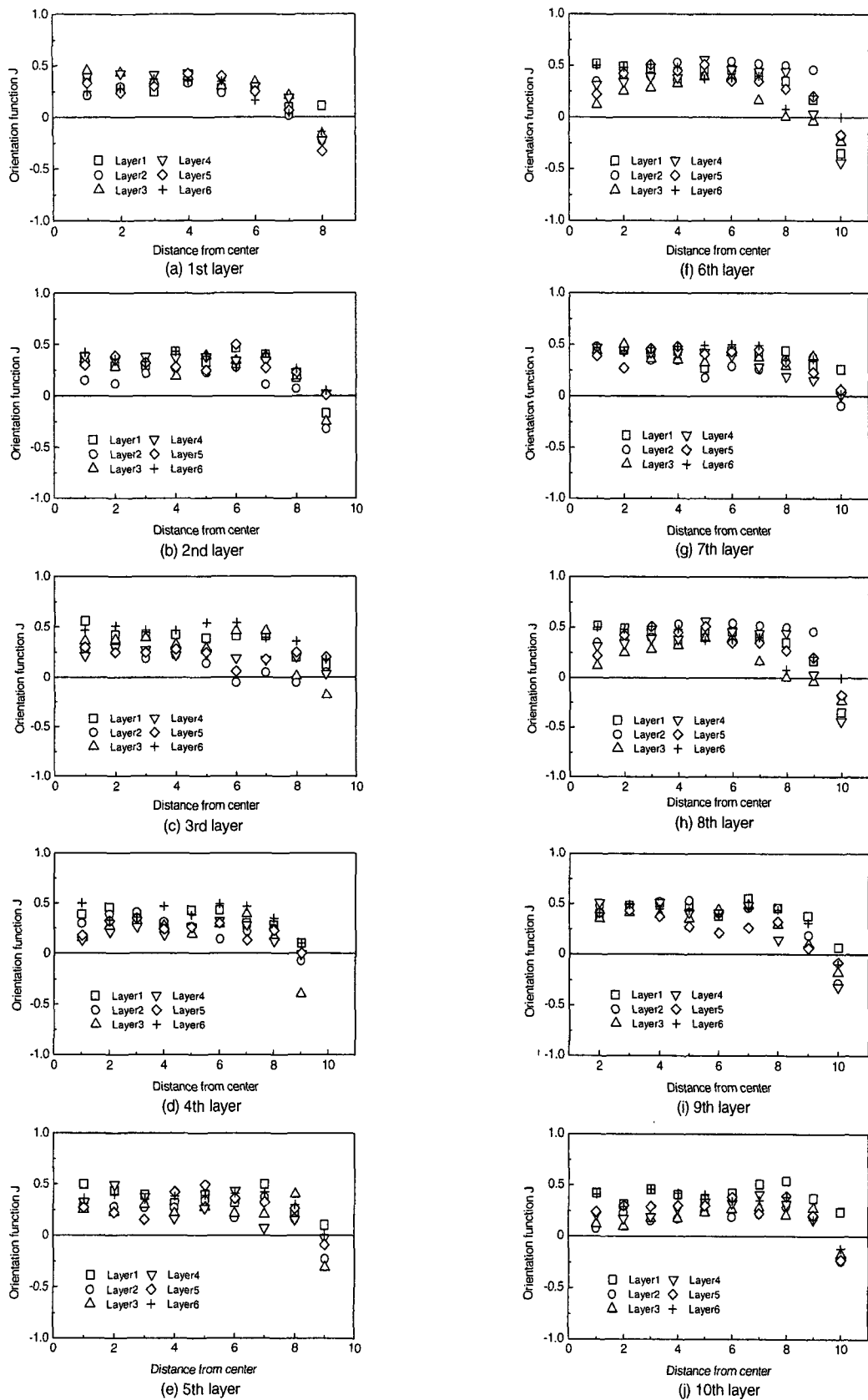
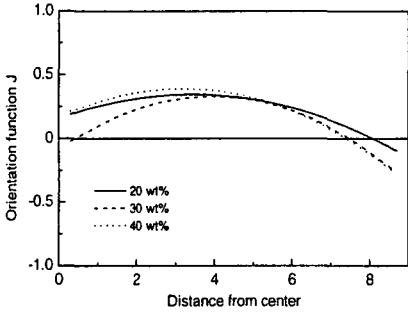
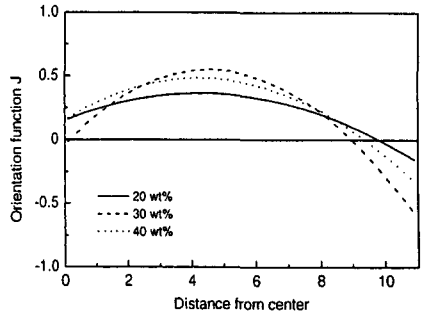


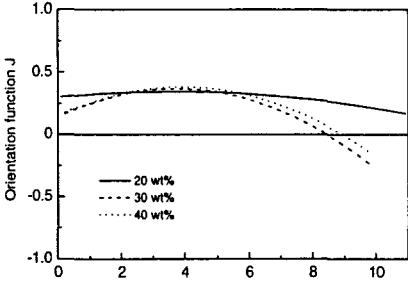
Fig. 5 Fiber orientation distribution for compression molded specimen II, fiber content 40wt %.



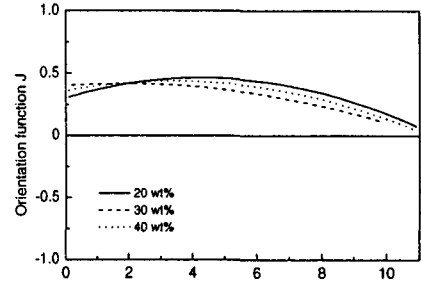
(a) 1st layer



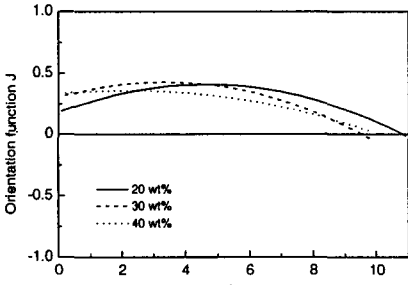
(f) 6th layer



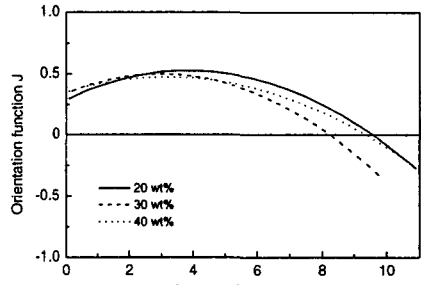
(b) 2nd layer



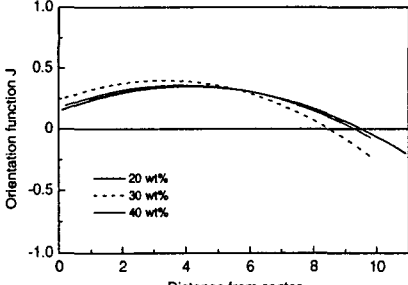
(g) 7th layer



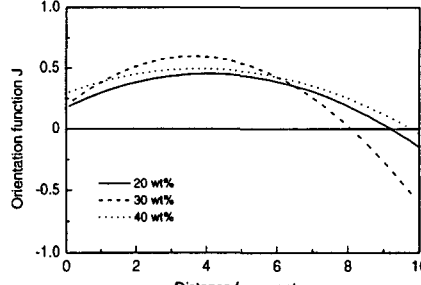
(c) 3rd layer



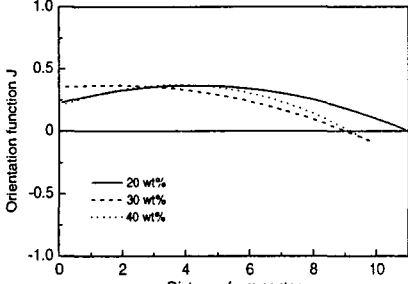
(h) 8th layer



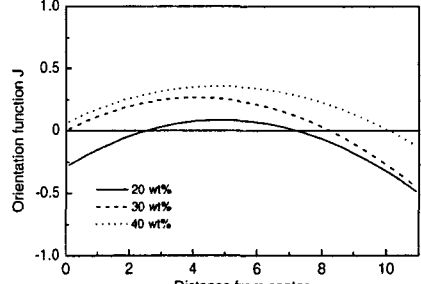
(d) 4th layer



(i) 9th layer



(e) 5th layer



(j) 10th layer

Fig. 6 Fiber orientation distribution for compression molded specimen II, fiber content 20, 30, 40wt%.