

화상 처리를 이용한 섬유 배향각 분포 측정에서 농도법과 카운트법의 정확도 비교

이상동*, 김혁*, 이동기**, 한길영**, 김이곤***

* 조선대학교 대학원 정밀기계공학과

** 조선대학교 기계공학부, 수송기계부품 공장자동화 연구센터

*** 국민대학교 기계공학부, 정밀정형 및 금형가공 연구센터

초 록 농도법과 카운트법에 의한 섬유 배향각 분포 측정의 정확도에 대해서 비교 검토하기 위하여, 섬유 종횡비와 면적비 및 섬유 배향 상태를 변화시켜 플로터로 섬유 배향 시뮬레이션 그림을 작도하여 섬유 배향 함수값을 구하였다. 이 섬유 배향 함수값을 시뮬레이션 그림에 대해 농도법과 카운트법으로 측정한 섬유 배향 함수값과 비교 검토하였다. 결국, 섬유 배향각 분포 측정의 정확도는 카운트법이 농도법보다 약 4% 정도 높게 나타남을 알 수 있었다.

1. 서 론

섬유 강화 고분자 복합재료는 강화재와 모재로 구성되어 있으므로 모재의 성질에 의존하는 것이 당연하지만 강화재인 섬유의 길이, 함유율, 종횡비(섬유길이/직경), 배향상태, 매트구조 등에 의해서 복합재료의 기계적 성질이 크게 변화한다¹⁾. 섬유 강화 복합재료내의 섬유 배향 상태는 각종 물성치의 지표가 되는 가장 기본적인 인자이기 때문에 이에 대한 비파괴적인 간이 측정 방법에 관한 연구가 절실히 요구된다.

지금까지 섬유 배향각 분포식에 관한 연구는 부직포²⁾나 종이섬유³⁾에 대해서 행하여 지고 있으나, 섬유 강화 복합재료 성형품의 경우에는 별로 없으며 섬유 배향 상태의 지표로서 섬유 배향각 분포⁴⁾, Fraunhofer 광회절상의 강도 분포⁵⁾, X-선 회절 강

도 분포⁶⁾ 등의 측정으로부터 구한 표준편차, 반폭값, 피크(peak) 주위의 2차모멘트, 평균배향각 등이 사용되었다.

최근, Yaguchi⁷⁾ 등은 섬유 강화 열가소성 복합재료의 섬유 배향각 분포 상태를 화상처리하여 농도법에 의해 측정하였고, 압축 및 사출 성형품에 있어서는 개개의 섬유를 식별할 수 있는 측정 대상에 대해서 섬유와 주사선이 만나는 교차점을 합산하여 섬유 배향각 분포 상태를 측정하였다. Kim⁸⁻¹⁰⁾ 등은 섬유 강화 고분자 복합재료의 고온·압축 프레스 성형시 섬유배향은 유동장에 의존하는 것이 아니라 변위에 의존함을 밝혔다. 또, Kim^{11, 12)} 등은 섬유 배향각 분포 측정에 있어서 농도법의 정밀도에 미치는 섬유종횡비와 면적비의 영향에 대해 고찰하였다.

그러나 화상처리하여 화소의 농도차로 섬유 배향각을 계산한 후 이 배향된 섬유 수량을 측정할 때,

화소의 농도값으로 계산하는 농도법과 본 연구에서 제안한 화소의 농도와는 무관하게 배향된 섬유 수량을 1개로 계산하는 카운트법이 있다. 이 농도법과 카운트법에 의한 섬유 배향각 분포 측정의 정확도를 정량적으로 평가한 연구 결과는 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 섬유 강화 복합재료의 섬유 배향각 분포 측정에 있어서 농도법과 카운트법의 정확도에 대해서 고찰하기 위하여, 섬유의 직경과 길이 및 배향 상태를 변화시켜 섬유 배향 시뮬레이션 그림을 플로터로 작도하여 섬유 배향 분포 상태의 척도인 섬유 배향 함수값을 구한다. 이 섬유 배향 시뮬레이션 그림을 이미지 스캐너에 의해 인식하고, 이 인식된 농도 정보에 의해서 농도법과 카운트법에 의해 섬유 배향각 분포 상태를 측정한다. 이때 농도법과 카운트법으로 측정된 섬유 배향 함수값과 사전에 구한 섬유 배향 함수 계산값을 비교 검토하여 정확성있는 섬유 배향각 분포 측정을 하고자 한다.

2. 섬유 배향 함수 및 섬유 배향각 측정법

2.1. 섬유 배향 함수

국내외에서 사용되고 있는 대부분의 섬유 강화 복합판재의 두께는 폭, 길이와 비교하여 매우 얇기 때문에 섬유를 2차원 집합체로서 취급하여 섬유 배향각 분포 상태를 측정한다. x-y평면상에 섬유가 분포하고 있는 경우 x축과 이루는 섬유 배향각 θ 는 $0 \leq \theta \leq \pi$ 의 범위에 있다. 따라서 섬유 배향 분포 상태의 척도를 나타내는 변수(이하 섬유 배향 함수 J라고 함)와 섬유 배향각 분포 $H_D(k)$ 사이에는 식 (1)과 같은 관계가 있다⁴⁾.

$$H_D(k) = \frac{1}{\pi} \left[\left(\frac{1-J}{1+J} \right) \cos^2 \theta + \left(\frac{1+J}{1-J} \right) \sin^2 \theta \right]^{-1} \dots\dots\dots(1)$$

여기서 J는 2차원적으로 섬유 배향 분포 상태를 나타내는 섬유 배향 함수이며, 섬유 배향이 무배향(등방성)인 경우 섬유 배향 함수값이 J=0이고, 일방향(이방성)으로만 되어 있는 경우는 J=1, J=1의 방향에 대해 90° 회전 방향으로 배열되어 있는 경우는 J=-1이다.

한편, 섬유 면적비는 섬유 강화 복합재료내의 섬

유함유율을 의미하므로 섬유 강화 복합재료의 이론적 강도를 계산하는데 있어서 매우 중요하며, 섬유 중횡비는 각종 물성치의 지표가 되는 인자이다. 섬유 면적비는 식 (2)와 같고¹¹⁾, 섬유 중횡비는 식 (3)과 같이 정의된다^{12, 13)}.

$$\text{섬유면적비}(F_{ar}) = \frac{\text{섬유직경}(d) \times \text{섬유총길이}(L)}{\text{섬유배향의 면적}(A)} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{섬유중횡비}(l/d) = \frac{\text{섬유길이}(l)}{\text{섬유직경}(d)} \dots\dots\dots(3)$$

2.2. 섬유 배향각 분포 측정법

Fig. 1은 섬유 강화 복합재료의 연X-선 사진의 미소부분을 나타낸 그림이다. 이 그림에서 검은 부분이 섬유 강화 복합재료의 연X-선 촬영시 유리섬유이다. 화상처리하여 화소의 농도값으로 섬유 배향각을 계산할 때 착목한 미소부분의 중심부와 주변부분과의 농도차가 없는 경우 (a)는 그 착목부분에는 방향성이 없다. 농도차가 작은 경우 (b)는 약간의 화상표 방향으로 방향성이 있다. 농도차가 더 큰 경우 (c)는 방향성이 강하다고 생각할 수 있다. 그러므로 농도차에 의해 섬유 배향각을 계산할 수 있다.

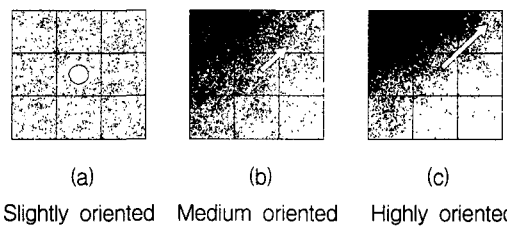


Fig. 1 Model of the minute part of the soft X-ray photograph

Fig. 1과 같이 화상처리하여 화소의 농도차로 섬유 배향각을 계산할 때 Fig. 2에 나타낸 Sobel 오퍼레이터를 이용하여 중심화상요소(이하 화소라고 함)의 수평, 수직 양방향으로 ΔH , ΔV 를 계산한 후 섬유 배향각 θ 는 식(4)에 의해 계산한다⁷⁾.

$$\theta = \tan^{-1}(\Delta V / \Delta H) + \pi / 2 \dots\dots\dots(4)$$

Fig. 1과 같은 섬유 배향각 θ 방향을 갖는 섬유 수량 C 를 측정할 때 식 (5)를 이용하여 화소의 농도값으로 계산하는 방법을 농도법이라 하고, 화소의 농도와는 무관하게 본 연구에서 제안한 식 (6)에 의해 섬유 수량을 1개로 계산하는 방법을 카운트법이라고 한다.

농도법에 의한 섬유 수량 (C) 계산 방법

$$C = (|\Delta H| + |\Delta V|) / 2 \dots\dots\dots(5)$$

카운트법에 의한 섬유 수량 (C) 계산 방법

$$C = 1 \dots\dots\dots(6)$$

$f(i-1, j-1)$	$f(i, j-1)$	$f(i+1, j-1)$
$f(i-1, j)$	$f(i, j)$	$f(i+1, j)$
$f(i-1, j+1)$	$f(i, j+1)$	$f(i+1, j+1)$

$f(i, j)$: Observation pixel

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

ΔH

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

ΔV

$$\Delta H = \{f(i-1, j-1)+2f(i-1, j)+f(i-1, j+1) - \{f(i+1, j-1)+2f(i+1, j)+f(i+1, j+1)\}$$

$$\Delta V = \{f(i-1, j-1)+2f(i, j-1)+f(i+1, j-1) - \{f(i-1, j+1)+2f(i, j+1)+f(i+1, j+1)\}$$

Fig. 2 Sobel operator of 3×3 pixels

3. 화상 처리 방법

화상처리를 이용한 섬유 배향각 분포 측정에서 농도법과 카운트법의 정확도를 비교·고찰하기 위하여 식 (1)에 의해 임의로 섬유 배향 상태의 척도인 섬유 배향 함수값과 섬유 종횡비 및 섬유 면적비를 컴퓨터에 입력시켜 플로터로 작성한 시뮬레이션 섬유 배향 함수(J)는 0.1에서 1.0사이에 0.1간격이고,

섬유 종횡비(l/d)는 4, 7, 10, 17, 20, 33, 50, 83, 100, 167, 250, 500의 12종류이다. 이때 플로터로 작도한 시뮬레이션 섬유의 스트랜드 길이(l)는 2mm, 5mm, 10mm, 25mm, 50mm의 5종류이고 이 섬유의 스트랜드 직경(d)은 0.1mm, 0.3mm, 0.5mm의 3종류이다. 이 작도한 섬유 배향 시뮬레이션 그림에서 섬유의 총길이(L)는 1,000mm와 2,000mm의 2종류이며, 섬유 배향의 면적(A)은 50mm×50mm이다.

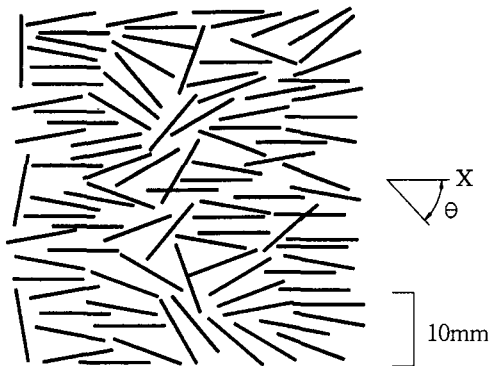
섬유 배향 시뮬레이션 그림의 농도 정보를 인식하여 섬유 배향각 분포 측정에 이용된 이미지 스캐너는 일본 세이코 에스제 GT-4000V이며, 해상도(resolution)는 400×400화소, 1화소는 1/8mm×1/8mm, 농도계조 8비트(gray level: 256계조, 흑: 0, 백: 255)이다. 화상 입력부의 이미지 스캐너 측정 영역은 50mm(가로)×50mm(세로)이다.

섬유 배향 시뮬레이션 그림으로부터 얻어진 농도 정보를 수치 데이터로 읽어 컴퓨터로 처리하여 모든 화소에 대하여 섬유 배향각 θ 와 섬유 수량 C 를 구하였을 때 섬유 배향각 분포 $H_D(k)$ 는 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다⁷⁾.

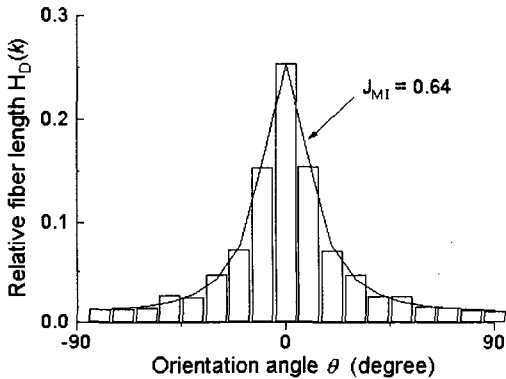
$$H_D(k) = \frac{N_\theta(k)}{\sum_{i=0}^{n-1} N_\theta(i)}, \quad k=0, 1, \dots, n-1 \dots\dots(7)$$

여기서 n 은 $0 \leq \theta \leq \pi$ 의 분할수이며, $N_\theta(k)$ 는 $(2k-1)\pi/2n \leq \theta \leq (2k+1)\pi/2n$ 의 범위에 있는 섬유의 윤곽선 방향 화소수이다. 본 섬유 배향각 분포 측정에서 섬유 배향 주축은 x축을 0°로 하고 시계 방향을 정(+)으로 하여 전체 섬유에 대해 측정하였고, $0 \leq \theta \leq \pi$ 의 분할수 n 을 18등분해서 섬유 배향각 θ 의 측정범위는 10°이다.

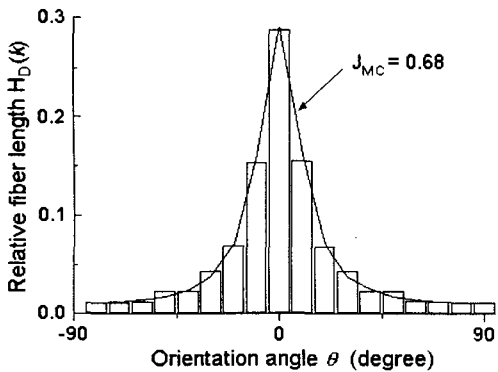
섬유 배향 시뮬레이션 그림으로부터 얻어진 농도 정보를 이용하여 섬유 배향각을 구하기 위하여 화소 각각의 섬유 배향각 θ 를 식 (4)로 계산하여 전체 화상에 대하여 구한다. 이와 같이 각 화소의 섬유 배향각을 구한 후 모든 화소에 대하여 섬유 배향각 분포 $H_D(k)$ 를 식 (7)에 의해 측정된 후 식 (1)에 의해 최소 자승법으로 섬유 배향 함수 J값을 구한다. 최소 자승법으로 구한 섬유 배향 함수 J값을 측정된 섬유 배향 함수 J_M 값으로 하면 섬유 배향 상태의 척도를 알 수 있다. 본 연구에서는 농도법에 의해 측정된 섬유 배향 함수값 J_M 을 J_{M1} 라 하고, 카운트법에 의해 측정된 섬유 배향 함수값 J_M 을 J_{M2} 라 한다.



(a) Simulation figure for fiber orientation
($J=0.7, l/d=33, L=1,000\text{mm}$)



(b) Distribution of fiber orientation angle by intensity method



(c) Distribution of fiber orientation angle by count method

Fig. 3 Simulation figure of planar orientation of fibers and fiber orientation distribution

Fig. 3은 $l = 10\text{mm}$ 이고, $d = 0.3\text{mm}$ 인 경우 동일한 섬유 배향 시뮬레이션 그림에 대해 식 (1)에 의하여 사전에 구한 섬유 배향 함수 J 값과 농도법, 카운트법에 의해 각각 측정된 섬유 배향 함수 J_{MI}, J_{MC} 값을 나타낸 한 예이다. 섬유 배향 시뮬레이션 그림을 (a)에, 이 그림을 화상처리하여 각 화소에 대한 섬유 수량을 측정하여 섬유 배향각 분포 상태를 나타낼 때 농도법에 의해 측정된 섬유 배향각 분포 상태는 (b)에, 카운트법에 의해 측정된 섬유 배향각 분포 상태는 (c)에 각각 나타났다. 이 Fig. 3 (b), (c)에서 세로축의 상대 섬유 길이는 배향된 섬유의 총길이에 대한 개개의 섬유 배향각 θ 방향을 갖는 섬유의 총 길이와의 비를 의미한다.

4. 결과 및 고찰

농도법과 카운트법으로 측정된 섬유 배향 함수 J_{MI}, J_{MC} 와 사전에 구한 섬유 배향 함수 J 와의 관계는 $l=2\text{mm}, d=0.1\text{mm}, 0.5\text{mm}$ 이고, $L=1,000\text{mm}$ 인 경우를 Fig. 4에, $l=50\text{mm}, d=0.1\text{mm}, 0.5\text{mm}$ 이고, $L=2,000\text{mm}$ 인 경우를 Fig. 5에 한 예로서 나타냈다.

Fig. 4에 나타난 바와 같이 $l = 2\text{mm}$ 이고, $L = 1,000\text{mm}$ 인 동일한 조건에서 섬유 배향각은 섬유 길이 방향만 측정되어야 하나, 섬유 총횡비가 작을수록 섬유 직경이 굵고, 섬유 강화 복합재료에서 섬유 함유율을 의미하는 섬유 면적비가 클수록 섬유가 많이 배향되기 때문에 섬유 길이 방향과 수직인 측면이 방향성을 갖는 것으로 측정되어 섬유 배향 함수 J_M 의 측정값이 작게 나타남을 알 수 있다. 동일한 섬유 총횡비와 면적비를 갖는 섬유 배향 시뮬레이션 그림을 화상처리할 때 입력된 화소의 농도값에 관계 없이 각 화소에 놓여있는 섬유 개개의 윤곽선을 1개의 섬유로 계산하여 섬유 배향각을 측정하기 때문에 카운트법이 농도차로 섬유 수량을 계산한 농도법보다 섬유 배향각 분포 측정의 정확도가 높게 나타남을 알 수 있다.

Fig. 5는 $l = 50\text{mm}$ 이고, $L = 2,000\text{mm}$ 인 경우의 장섬유는 단위 길이당 섬유 길이 방향과 수직인 측면이 $l = 2\text{mm}$ 인 경우와 비교하여 매우 작기 때문에, 측면의 방향성이 적게 측정되어 섬유 배향 함수 J_M 의 측정값이 단섬유의 경우보다 아주 높게 나타났으며, 카운트법이 농도법보다 정확도가 높게 됨을 알 수 있다.

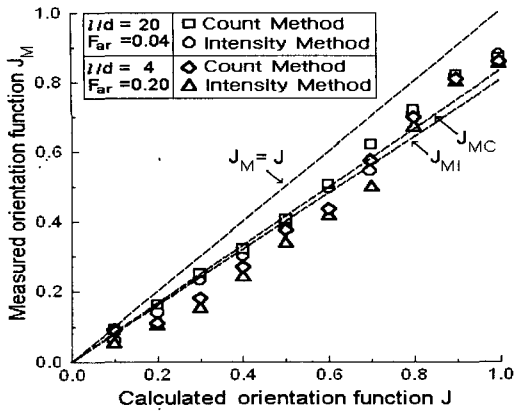


Fig. 4 Comparison between calculated and measured orientation functions for short fiber length $l = 2\text{mm}$ ($L = 1,000\text{mm}$)

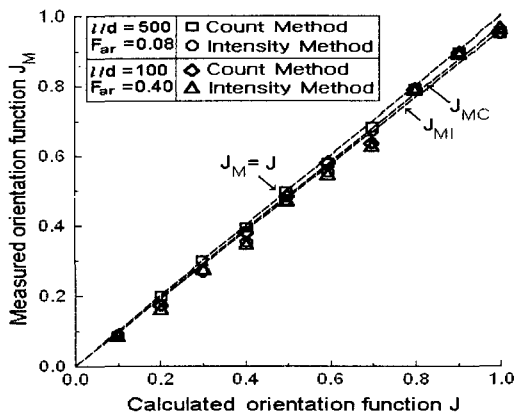
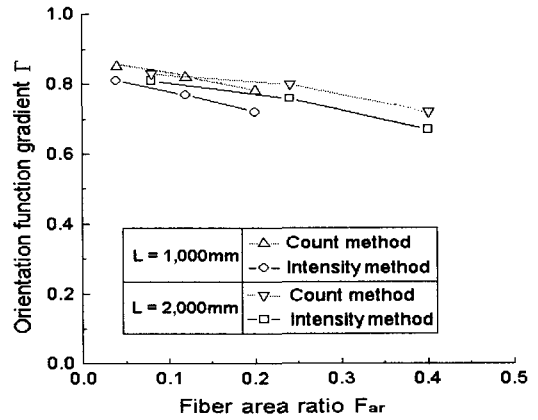
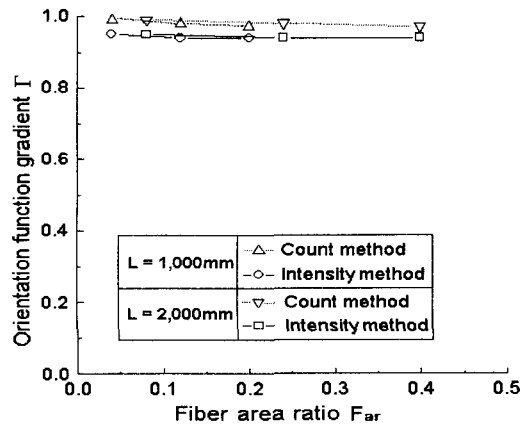


Fig. 5 Comparison between calculated and measured orientation functions for long fiber length $l = 50\text{mm}$ ($L = 2,000\text{mm}$)

Fig. 4와 Fig. 5의 예와 같이 섬유 배향 시뮬레이션 각각의 그림으로부터 사전에 구한 섬유 배향 함수 J 값과 농도법과 카운트법으로 측정된 섬유 배향 함수값 J_M 과의 비교값을 $\Gamma(\Gamma_{(l, C)} = J_{M(l, C)} / J)$ 로 나타냈으며, Γ 를 섬유 배향 함수 기울기(orientation function gradient)값이라 한다. 이 Γ 값은 화상처리를 이용한 섬유 배향각 분포 측정에서 농도법과 카운트법의 정확도를 의미한다. 여기서 농도법에 의해 구한 기울기 값을 Γ_1 라 하고, 카운트법에 의해 구한 기울기값을 Γ_C 라 한다.



(a) $l = 2\text{mm}$

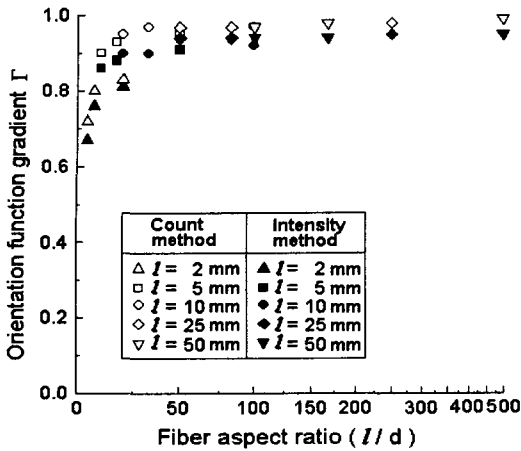


(b) $l = 50\text{mm}$

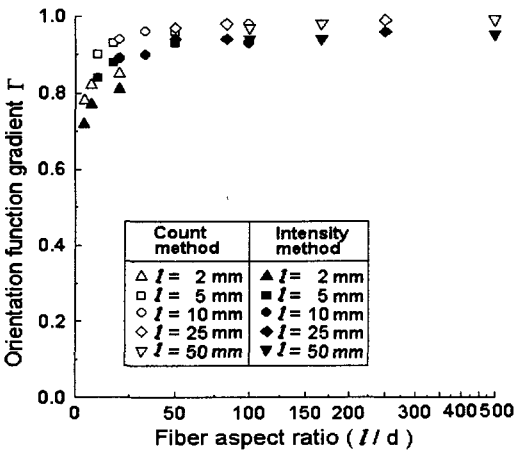
Fig. 6 Relationship between orientation function gradient Γ and fiber area ratio F_{ar}

Fig. 6은 섬유 배향 함수 기울기(Γ)와 섬유 면적비(F_{ar})와의 관계이다. 단섬유의 경우는 섬유 면적비가 클수록 단섬유 길이 방향과 수직인 측면이 방향성을 갖는 것으로 측정되어 섬유 배향 함수 기울기값이 급격히 감소함을 알 수 있다. 또한, 장섬유(50mm)의 경우는 단섬유(2mm) 경우와 비교하여 단위 길이당 섬유 길이 방향과 수직인 측면이 매우 작기 때문에 Γ 값이 섬유 면적비의 영향을 적게 받음을 알 수 있다.

Fig. 7은 섬유 배향 함수 기울기(Γ)와 섬유 종횡비(l/d)와의 관계이다. 이 그림에서 단섬유의 경우는



(a) $L = 1,000\text{mm}$



(b) $L = 2,000\text{mm}$

Fig. 7 Relationship between orientation function gradient Γ and fiber aspect ratio l/d

섬유 배향 함수 기울기값이 섬유 종횡비에 큰 영향을 받음을 알 수 있다. 또한, 장섬유의 경우는 섬유 배향을 측정할 때 섬유 길이 방향과 수직인 측면이 단섬유의 경우보다 아주 작게 계측됨을 알 수 있고, 섬유 종횡비값 50부터는 섬유 배향 함수의 평균 기울기값이 농도법의 경우는 0.94이고, 카운트법의 경우는 0.98로서 카운트법이 농도법보다 4% 더 정확하게 나타났다.

Fig. 4~ Fig. 7에 나타난 바와 같이 농도법으로

측정한 섬유 배향 함수 J_{MI} 가 카운트법으로 측정한 섬유 배향 함수 J_{MC} 보다 낮게 측정되는 이유는 섬유 배향 시뮬레이션 그림으로부터 인식되는 농도값이 농도차의 정도에 의존하기 때문이다. 카운트법의 경우는 섬유 배향각 θ 방향의 섬유 수량을 1개로 일정하게 계산되지만, 농도법의 경우는 섬유 배향각 θ 방향의 섬유 수량을 인접 화소의 농도값으로서 계산하므로 측정된 섬유 배향 함수값이 작아질 수 있다. 즉, 농도법에서 농도차가 명확한 경우는 배향된 섬유 집합체의 수량이 많이 합산되고, 농도차가 희미한 경우는 작게 합산되기 때문에 측정된 섬유 배향 함수값이 작아진다.

본 실험에서 측정된 섬유 배향 함수값 $J_{M(I,C)}$ 이 사전에 구해진 섬유 배향 함수값 J 보다 작게 계측되는 이유는 섬유 면적비의 영향, 섬유 종횡비의 영향과 측정 오차 및 섬유가 교차하고 있는 부분에서는 섬유가 놓여 있는 방향을 정확히 측정할 수 없기 때문이라고 생각된다.

5. 결론

화상처리를 이용한 섬유 배향각 분포 측정에서 농도법과 카운트법의 정확도 비교에 대해 고찰하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- (1) 섬유 배향각 분포 측정에 있어 섬유 배향각 θ 방향의 섬유 수량을 측정할 때 카운트법은 1개로 계산하나, 농도법은 인접 화소의 농도차로 계산하기 때문에 측정된 섬유 배향 함수값은 카운트법이 농도법보다 더 높게 나타남을 알 수 있었다.
- (2) 섬유 종횡비 50부터는 섬유 배향 함수의 평균 기울기값이 농도법의 경우는 0.94이고, 카운트법의 경우는 0.98로서 섬유 배향각 분포 측정의 정확도는 카운트법이 농도법보다 약 4%정도 높게 나타남을 알 수 있었다.

후 기

이 논문은 한국과학재단 지정 지역협력연구센터인 조선대학교 수송기계부품 공장자동화 연구센터의 연구비 지원에 의해 연구되었습니다.

참고 문헌

- 1) 조선형, 임영호, 김이곤, “압축 성형된 한방향 섬유 강화 고분자 복합재료의 섬유 함유율 분포”, 한국복합재료학회지, 제 7권, 제 3호, pp. 67-76, 1994
- 2) J. W. S. Hearle and V. Ozsanlav, “45-Studies of adhesive bonded non-woven fabrics. Part III: The determination of fibre orientation and curl”, J. Text. Inst., No. 11, pp. 487-498, (1979)
- 3) O. J. Kallmes and Gloria Bernier, “The structure of paper VIII. structure of idealized nonrandom networks”, Tappi. Vol. 47, No. 11, pp. 694-703, (1964)
- 4) 山田國廣, 堀川 明, “2次元纖維集合體の確率幾何”, 纖維機械學會誌, Vol. 37, No. 12, pp. 51-64, (1984)
- 5) 堀川 明, 寺岡文雄, “FRP中の纖維配向角評價法 (第2報)フアウンホーフア回折像による配向角評價の實際”, 纖維機械學會誌, Vol. 33, No. 7, pp. 47-50, (1980)
- 6) H. Menendez and J. L. White, “A wide-angle X-ray diffraction method of determining chopped fiber orientation in composites with application to extrusion through dies”, Polymer Eng. and Sci., Vol. 24, No. 13, pp. 1051-1055, (1984)
- 7) H. Yaguchi, H. Hojo, D. G. Lee and E. G. Kim, “Measurement of planar orientation of fibers for reinforced thermoplastics using image processing”, Intern. Polymer Processing, Vol. X, Issue 3, pp. 262-269, (1995)
- 8) 조선형, 이동기, 김이곤, “長纖維強化 高分子複合板의 프레스成形에 있어서 畫象處理에 의한 纖維의 配向에 관한 研究”, 大韓機械學會論文集, 第15卷 第3號, pp. 834-842, (1991)
- 9) 이동기, 유정훈, 김이곤, “長纖維強化 高分子複合板의 壓縮成形에 있어서 纖維의 分離와 配向의 相關關係에 관한 研究”, 大韓機械學會論文集, 第17卷 第1號, pp. 62-68, (1993)
- 10) 이동기, 김정락, 김상필, 이우일, 김이곤, “Thermoforming用 長纖維強化 複合材料의 成形工程에 關한 研究, 一分離·配向의 相關關係에 對하여-”, 大韓機械學會論文集, 第17卷 第5號, pp. 1106-1114, (1996)
- 11) 김혁, 이상동, 이동기, 한길영, 김이곤, “섬유 강화 복합재료의 배향측정에 있어서 농도법의 정밀도에 미치는 섬유면적비의 영향”, 大韓機械學會 秋季學術大會 論文集 A, pp. 1124-1129, (1996)
- 12) 이동기, 이상동, 한길영, 김이곤, “섬유강화 복합재료의 배향측정에 있어서 농도법의 정밀도에 미치는 중횡비의 영향”, 大韓機械學會 秋季學術大會 論文集 A, pp. 549-554, (1996)
- 13) S. Kalpakjian, “Manufacturing processes for engineering materials”, Addison-Wesley Publishing Company, New York, pp. 665-666, (1991)

Accuracy Comparison between Intensity Method and Count Method in Measurement of Planar Orientation of Fibers Using Image Processing

S. D. Lee*, H. Kim*, G. Y. Han**, D. G. Lee** and E. G. Kim***

* Dept. of Precision Mechanical Eng., Chosun Univ., Kwangju 501-759

** Dept. of Mechanical Eng., Chosun Univ., Kwangju 501-759

*** Dept. of Mechanical Eng., Kookmin Univ., Seoul 136-702

Abstract To investigate accuracies between intensity method and count method for measurement of the fiber orientation distribution, fiber orientation function is derived by drawing simulation figure for the fiber orientation as varying fiber aspect ratio, fiber area ratio, and fiber orientation state, respectively. The values of fiber orientation function measured by intensity method and count method are compared with the calculated ones from simulation figures. The results show that measurement accuracy of fiber orientation angle distribution obtained by count method is by 4% higher than that by intensity method.