

# 탄소/나일론 커버드사를 이용한 열가소성 복합재료의 제조와 특성 연구

남상열, 홍영기, 이승구, 이재달, 배기서  
충남대학교 공과대학 섬유공학과

## 1. 서론

섬유강화 복합재료는 고성능 섬유와 고분자 수지를 조합하여 재료의 물성 향상 및 고기능화를 목적으로 만들어지는 재료이며, 사용되는 고분자 매트릭스의 종류에 따라 열가소성 복합재료와 열경화성 복합재료로 나뉘어진다. 이 중 열경화성 복합재료에 관한 연구 및 그의 실용화는 오래 전부터 활발히 진행되어 산업재료 및 군사, 우주용 재료로 각광을 받아 왔으나 최근 지구 환경문제가 심각해지면서 사용 후 분해 및 재활용이 가능한 열가소성 복합재료에 관한 연구에 관심을 가지게 되었다. 그러나 섬유강화 복합재료의 제조 시 열가소성 수지는 수평균 분자량이 20,000이상으로서 열경화성 수지에 비하여 용융상태에서 점도가 매우 높기 때문에 섬유보강재에 함침이 어려운 문제점을 가지고 있다. 이를 해결하기 위하여 개발된 방법이 commingled yarn을 이용한 열가소성 복합재료의 제조 방법인데, 이 방법 또한 매트릭스 섬유의 배열과 제조공정상의 강도문제 등 많은 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 새로운 열가소성 복합재료 방법을 개발하기 위하여 현재까지 의류용으로만 이용되고 있는 방적공정의 커버링 연사기를 이용하였다. Fig.1은 커버드사(covered yarn)를 이용한 열가소성 복합재료의 제조 공정을 나타낸 것으로 본 연구에서 사용한 심사(core yarn)는 보강섬유인 탄소섬유이며 커버링사(covering yarn)는 매트릭스 섬유인 나일론이었다. 제조된 커버드사는 프리프레그(prepreg)화 공정을 거쳐 고온 고압에서 성형하였고 제조된 복합재료의 기본적인 물성을 평가하였다.

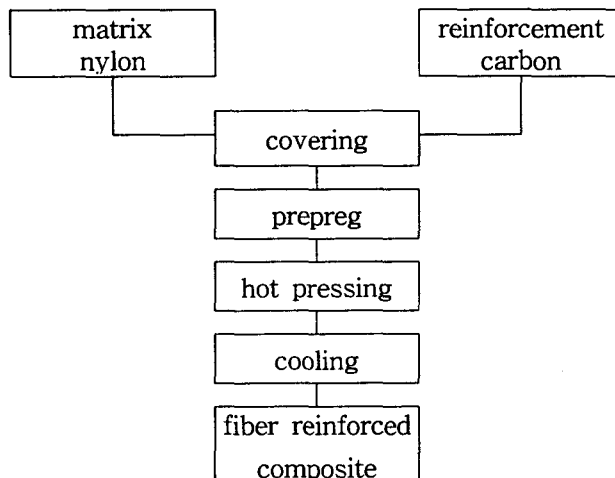


Fig. 1. Experimental procedures for the preparation of covered yarn reinforced composites.

## 2. 실험

보강재로 사용된 탄소섬유는 토레이사(일본)의 PAN base Torayca T300b로써 필라멘트수는 3,000가닥이었고 섬도는 1,200Denier이었다. 그 물성을 Table 1에 나타내었다. 매트릭스로 사용된 섬유는 태광산업에서 제조한 나일론 6로 섬도는 150/48D였고 용융점은 223°C였다.

Table 1. Typical property of carbon fiber used in this study (Torayca T 300b)

fiber	tensile strength (GPa)	tensile modulus (GPa)	elongation	specific gravity	coefficient of thermal expansion ( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	
					longitudinal	radial
carbon	3.65	231	1.4 %	1.76	-0.6	7~12

본 연구에 사용한 커버링 기계는 (주) 대원기계에서 제작한 DWC-1으로서 스피들 회전수 6000~15000 rpm, 권취속도 40m/min, 연사 범위 350 ~ 3939의 일반 의류제조용 단일 커버링 기계를 사용하였다. Fig.2는 커버링 장치의 개략적인 구조를 보여주고 있다. 심사 A는 회전하는 중공 스피들 B를 통과해 보빈 C에 권취되는데, 이때 스피들상에 설치된 커버링사가 원심력에 의해서 D점에서 심사에 커버링된다. E는 트래버서로서 좌우운동을 하여 커버드사의 권취를 원활히 하며, F는 드라이빙 벨트로서 스피들에 동력을 전달한다.

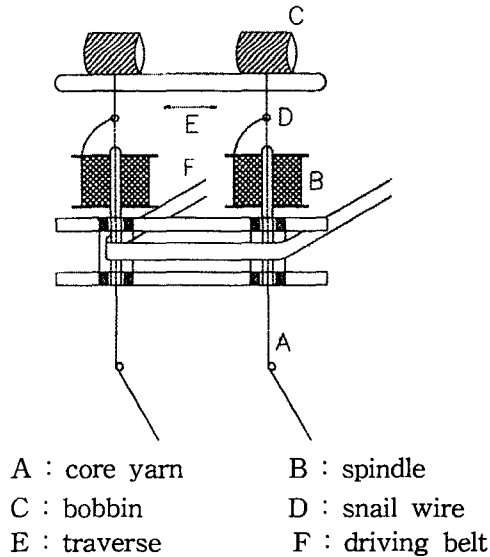


Fig. 2. Schematic diagram of manufacturing principles of covered yarn.

커버링은 예비실험을 통해 얻어낸, 1회 커버링시에 허용되는 최대 회전수인 900TPM(turn per meter)으로 하였으며 심사를 각각 2, 3, 4, 5회 커버링하였다. 프리프레그 제작에서는 3mm×130mm×130mm 크기의 알루미늄판을 사용하였고 제작된 커버드사를 일방향으로 조밀하게 감아 260°C, 200 psi, 2초의 처리조건으로 제작하였다. 최종 복합재료의 성형은 프레스에서 실시하였는데 이때 프리프레그를 여러장 적층하여 금형에 넣어 성형하였다. 복합재료 제조시 성형온도는 DSC를 통해 측정된 나일론의 용점보다 20°C

높은 253℃로 하였고 처리시간과 압력은 각각 30분, 400psi를 기본조건으로하여 조절하였다. 냉각 방법은 자연냉각과 급속냉각 방법을 사용하였는데, 급속 냉각시에는 성형직후 곧바로 몰드 전체를 얼음물로 냉각시켜 복합재료를 제조하였다.

제조된 복합재료에 대하여 두께 및 밀도를 측정하였고 보강섬유 사이로의 수지 함침성을 평가하기 위하여 단면을 주사전자현미경으로 관찰하였다. 또한 복합재료의 역학적 특성을 평가하기 위하여 인장 및 굴곡특성을 Instron 4467-standard 기종을 사용하여 ASTM D-3039법과 D-790법으로 시험하였다. 이때 시험 시편은 보강섬유와 평행인 방향과 수직인 방향으로 구별하여 시험하였으며 그 결과를 방향에 따라 비교하였다.

### 3. 결과 및 고찰

Fig.3은 각각의 커버링 횟수(2, 3, 4, 5회)에 따른 복합재료의 밀도를 나타낸 것으로 커버링 횟수가 증가하면서 단위 체적당 밀도가 작은 나일론 매트릭스의 분율이 증가하므로 밀도가 감소하는 경향을 나타내었다.

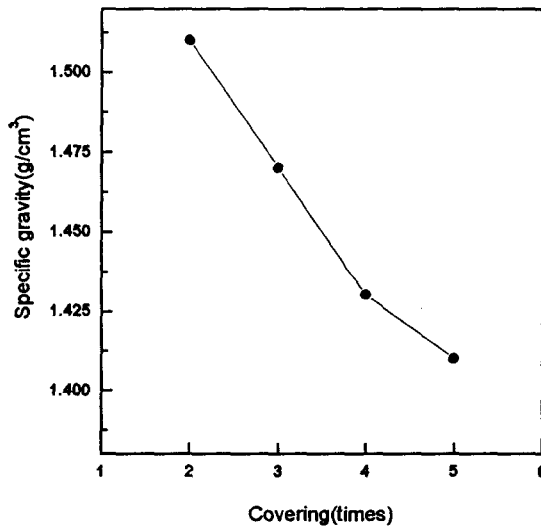


Fig. 3. Specific gravities of carbon/nylon covered yarn composites with different covering conditions.

Fig.4는 각각의 커버링 횟수에 따른 복합재료의 굽힘강도를 나타낸 것이다. 커버링 횟수가 증가하면서 강도가 큰 탄소섬유의 함량이 감소하였고, 이로 인해 제작된 복합재료의 굽힘강도가 30%정도 감소하는 것을 알 수 있다.

커버링사의 표면관찰에서는 3회 이하의 커버링 횟수에서는 심사인 탄소섬유의 표면을 나일론사가 완전히 덮지 못하는 현상이 나타나지만, 용융상태에서는 나일론이 충분한 흐름성을 가져서 표면을 완전히 덮고 또한 탄소섬유 필라멘트 사이로 함침도 양호한 상태가 되는 것으로 생각된다. 반면에 3회이상의 커버링 횟수는 과잉의 매트릭스 수지를 부여하여 결과적으로 복합재료의 밀도와 굽힘강도를 저하시키게 된다. 그러므로 2회 이하의

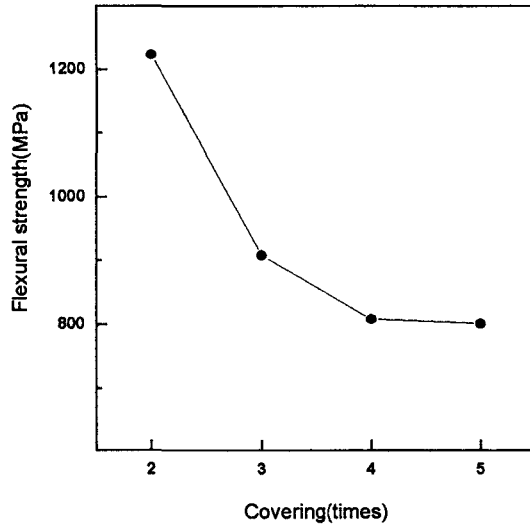


Fig. 4. Flexural strengths of carbon/nylon covered yarn composites with different covering conditions.

커버링 횟수(1800TPM이하)가 더 적절한 제조조건이 됨을 알 수 있다. 최적제조조건을 찾기 위해서는 부여된 커버링사의 체적분율과 탄소섬유로의 함침성에 관한 연구가 필요하므로 본 연구에서는 이에 대하여 집중적으로 논의될 것이다.

#### 4. 결론

커버링 기법을 이용한 탄소/나일론 커버드사를 제조하고, 이를 성형하여 복합재료로 제조하여 시험분석하므로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 커버링 횟수가 증가할수록 단위 체적당 탄소 섬유 함량이 적게되며 이로인해 복합재료의 밀도와 굽힘강도가 감소하였다.
2. 본 연구에서의 커버링 횟수는 적절한 매트릭스 양을 부여하기 위하여 2회(1800TPM) 이하로 조절되어야함을 알 수 있었다.

#### 5. 참고문헌

1. R. A. Fash and C. H. Eckert, Proc. 33rd Int'l SAMPE Symp., 369(1988).
2. A. K. Roy, Proc. 34th Int'l SAMPE Symp., May 8-11, 549(1989).
3. R. Garvey, "Composites under Pressure", Oak Ridge National Lab., July(1988).
4. 육종일, 김동철, 이승구, 이재달, *섬유기술과 산업*, 1(1), (1997).
5. M. R. Lindstron and R. W. Campbell, Proc. 32nd Int'l SAMPE Symp., 147(1987).