

파라계 아라미드 섬유

1. 아라미드 섬유의 정의

아라미드 섬유는 미국 Dupont社가 유리섬유의 강도와 석면의 내열성을 갖는 섬유를 목표로 1965년에 개발에 성공한 방향족 고분자를 원료로 한 합성섬유이며, 1960년대 말에 「Kevlar®」라는 상표로 생산되었다. 1974년에는 미연방거래위원회에 의해 「2개의 방향족환으로 아미드 결합이 85 % 이상 직접 결합되어 있는 방향족 폴리아미드」의 일반명칭으로 아라미드라는 용어를 정의하였으며, 그 후 ISO-2076, JIS L 0204-2에도 아라미드라는 명칭이 동일하게 정의되었다.

아라미드는 아미드 결합된 방향족환의 결합단위에 의해 메타계와 파라계로 나뉜다. 메타계 아라미드 섬유는 고온내열성이 우수하며, 파라계 아라미드 섬유는 고온내열성뿐만 아니라 고강도 및 고탄성의 특징을 갖는다. 현재 시판되고 있는 파라계 아라미드 섬유에는 단독중합계와 공중합계가 있으며, 「Kevlar®」는 단독중합계 파라 아라미드 섬유이다.

2. 파라계 아라미드 섬유의 특성

파라계 아라미드 섬유와 같은 고기능 섬유는 복합재료의 보강섬유로 사용되는 경우가 많다. 보강효과로 기대되는 효과는 복합재료의 신장 감소이다. 섬유의 물성은 일반적으로 축방향 신장특성이 중요하며, 고강도 및 고탄성이 복합재료에 적합하다. 「Kevlar®」의 주요 물성은 <표 1>과 같다.

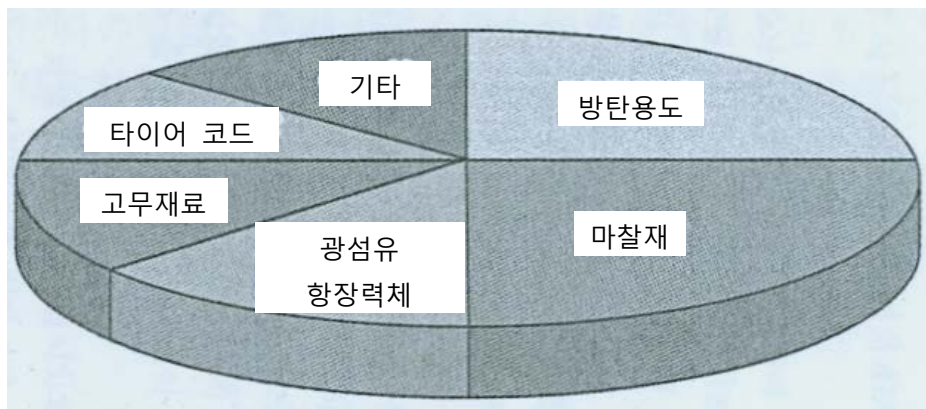
<표 1> 파라계 아라미드 섬유의 주요 물성

종류	밀도 (g/cm ³)	인장강도 (cN/dtex)	인장탄성률 (cN/dtex)	파단신도 (%)
Kevlar® 29	1.44	20.3	490	3.6
Kevlar® 49	1.45	20.8	780	2.4
Kevlar® 119	1.44	21.2	380	4.4

Kevlar® 129	1.44	23.4	670	3.3
-------------	------	------	-----	-----

3. 파라계 아라미드 섬유의 주요 용도

파라계 아라미드 섬유는 세계적으로 <그림 1>과 같은 용도로 사용되고 있으며, 탄성용도가 큰 부분을 차지하고 있으며, 고무를 매트릭스로 하는 복합재료인 타이어가 주요 용도이다. 그 밖에 광섬유 보강용 FRP 로드 (Fiber Reinforced Plastic Rod), 건축 및 토목 구조물 보강용 FRP 로드, FRP 시트(Fiber Reinforced Plastic Sheet) 등의 열경화 또는 열가소성 수지를 매트릭스로 하는 복합재료가 있으며, 무기 필러와 금속 입자 및 각종 섬유형태의 물질을 페놀 수지 등으로 고착시킨 브레이크 용도의 마찰재에 펄프 상태의 아라미드 섬유가 석면 대체용 재료로 널리 사용되고 있다.



<그림 1> 파라계 아라미드 섬유의 용도 구성

4. 파라계 아라미드 섬유의 표면처리(접착처리)

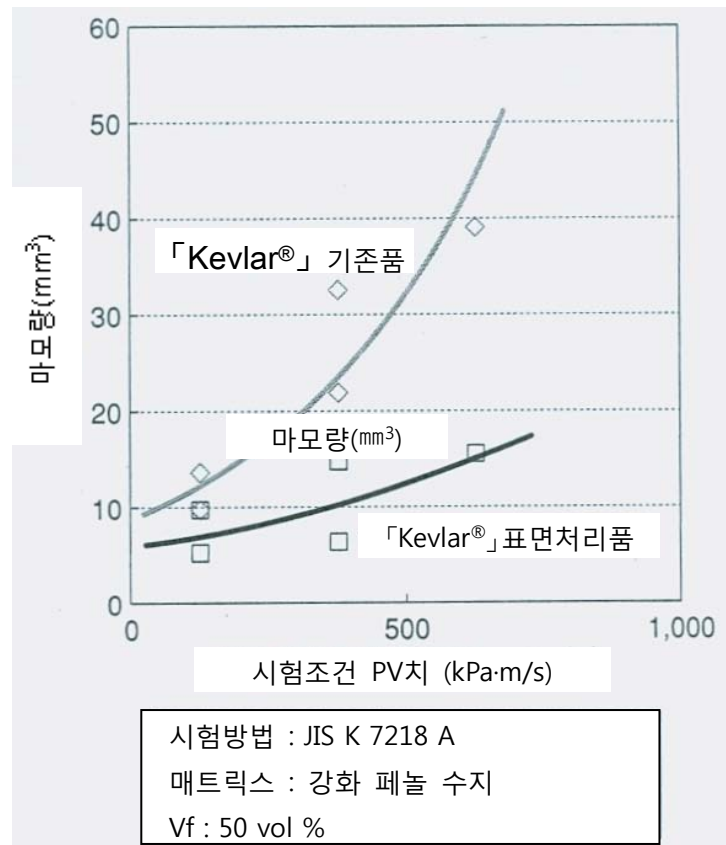
아라미드 섬유는 다른 합성섬유와 마찬가지로 제품이 되기까지 금속 소재와 접촉 및 마찰되는 몇 개의 가공공정을 거치면서 발생하는 섬유의 손상을 최소화시키기 위해서 섬유표면의 평활성 향상 및 대전방지를 목적으로 유제가 부여된다. 이러한 유제는 복합재료에서는 매트릭스 소재와의 접착성을 저해시킨다.

타이어, 벨트, 호스 등과 같이 고무를 매트릭스로하는 복합재료에서는 큰

변형량이 요구되는 경우가 많고, 섬유와 고무의 접착성이 약하면 박리를 견디지 못하므로 매트릭스 소재와 섬유의 접착성은 매우 중요하다. 고무와 섬유의 접착성을 개선하기 위해서 일반적으로 RFL(Resorcinol Formaldehyde Latex)로 불리는 접착 처리 방법이 사용되지만, 파라 아라미드 섬유는 아미드기를 가지고 있는 부분이 불활성이므로 RFL에 반응하기에 부족하고 충분한 접착력을 얻을 수 없다. 따라서 섬유 표면층을 활성화 시키기 위해서 에폭시 처리를 한 다음에 그 표면에 RFL 처리를 하여 고무와의 접착력을 확보한다.

한편 접착성을 높이기 위해서 파라계 아라미드 섬유를 방사한 후에 처리하는 방법으로 섬유 내부로 처리제를 침투시키는 방법도 제안되고 있으며, 이와 같이 표면 처리된 아라미드 섬유는 고무 뿐만 아니라, 수지를 매트릭스로 하는 복합재료와의 접착성 향상도 기대할 수 있다.

<그림 2>는 표면처리에 의한 마모특성 효과를 강화 페놀 수지를 매트릭스로 하여 평가한 결과이다. 시험편은 「Kevlar®」 단섬유 초지를 프리폴리머(prepolymer) 용액에 함침 및 건조 시킨 후 프레스 성형을 하여 준비하였다. 「Kevlar®」의 농도는 50 vol %이고, JIS K 7218 A 법에 준하여 평가하였다. 표면처리에 의해 마모량이 1/3로 감소된 효과를 확인할 수 있었으며, 이것은 표면처리에 의해 섬유와 수지의 접착력이 향상되었기 때문이라고 생각된다.



<그림 2> 「Kevlar®」 표면처리에 의한 내마모성 개선 효과

5. 향후 과제

현재 파라계 아라미드 섬유는 자동차 용도로의 적용은 마찰재, 타이어, 고무 벨트, 고무 호스 등의 보강재 용도가 주를 이루고 있으며, 향후에는 하이브리드 자동차나 전기 자동차의 확대에 따라 경량화 요구가 한층 더 높아질 것으로 예상된다. 또한 금속을 대체할 수 있는 고무 및 수지를 매트릭스로 하는 복합재료의 사용이 증대될 것으로 예상된다.

♣ 가공기술 (Vol. 48, No. 1)