

브레이드 섬유강화 복합재료의 전기적 특성

Electrical applications of braided composite materials

한동희, 조한구, 한세원, 박기호
D.H.Han, H.G.Cho, S.W.Han, K.H.Park

Abstract

This paper aims to investigate the characteristics of braided thermoplastic composite and pressure relief for polymer arrester. In general, braided composite has potential for improved impact and delamination resistance. Manufacturing processes of the braided composite could also be automated and could potentially lead to lower costs. Therefore, in consideration of characteristics of pressure relief for polymer arrester, the fabric pattern of braided composite was decided. And polymer arrester module was manufactured with braid.

Key Words : Braided Composite, Glass Fiber, Polymer Arrester, Pressure Relief, Short-circuit Test

1. 서 론

복합재료의 개발은 성능, 생산속도 및 생산비 등을 포함하는 여러 요인을 서로 균형 있게 조절해야 한다. 고성능 재료에서는 성능향상이 중요한 요구조건이지만, 여러 응용분야를 보면 향상된 성능이 바람직하기는 하지만 반드시 가장 필요한 것은 아니다. 자동차나 고속전철 등의 차량과 토목 및 건축 등의 생산비를 중시하는 분야에 복합재료를 응용하기 위해서는 자동화가 가능하고 생산비가 낮은 성형 기술의 개발이 필요하다. 더욱이 복합재료 시장의 대부분을 차지하고 있는 국방 및 항공우주 산업에서도 생산비 절감의 압력이 증가하고 있고 여러 응용 분야에서는 최고 성능을 요구하고 있지 않기 때문에 생산비 중심의 복합재료가 관심의 대상이 되고 있다. 복합재료의 생산비나 생산속도를 낮추느냐 하는

것은 재료선택도 좌우하지만 최근의 보고에 따르면 복합재료 생산비의 70%는 제조과정에 있다고 한다. 따라서 복합재료의 잠재력을 실현하기 위해서는 성형방법의 개발이 중요하다.

브레이딩과 같은 직물(textile) 제조기술은 자동화가 가능하기 때문에 복합재료의 생산성을 향상시키는데 그 잠재력이 매우 크다. 예를들어, 브레이딩 기술을 이용하면 섬유를 연속하여 정확한 각도로 튜브 형태로 성형할 수 있고 복잡하고 3차원적인 단면을 가진 제품을 만들 수 있다. 또한, 브레이드 복합재료는 적층복합재료에 비하여 손상 허용치가 증가하므로 충격에너지를 흡수하는 구조물의 응용에 유리하다.

본 연구에서 개발하고자 하는 폴리머 피뢰기 모듈의 FRP 실린더는 그 기능에 있어서 아주 중요한 역할을 담당한다. 피뢰기에 뇌나 이상전압과 같은 정격이상의 고장전류가 유입되었을 경우 ZnO 소자로부터 발생하는 열에너지(thermal shock)에 의하여 모듈 내부의 압력이 순간적으로 급격히 상승하게 되는데, 이때 FRP 실린더는 방압 및 피뢰기가 폭발·

* 한국전기연구원 신소재응용연구그룹
(경남 창원시 성주동 28-1번지)
Fax: 055-280-1590
E-mail : dhhan@keri.re.kr)

비산하지 않도록 하는 기능을 수행하게 된다. 이 경우에 발생한 순간적인 압력상승은 폭탄이 내부에서 터지는 것과 같은 높은 열을 동반한 충격에너지이다. 따라서 충격에너지를 흡수하는 구조물에 유리한 브레이드 복합재료로서 FRP 실린더를 개발하는 것은 매우 중요하다.

현재, 여러 가지 성형법에 의하여 폴리머 기지의 복합재료가 제조되고 있지만, 여전히 해결해야 할 문제점이 많다. 복합재료 성형에 있어서 개선되어야 할 점 중에 가장 중요한 것은 품질 및 신뢰도 향상이다. 복합재료의 성형조건을 결정하기 위하여 대부분 광범위한 실험에 의존하고 있으므로 시간과 비용이 많이 소모된다. 더욱이, 재료나 제품형상이 바뀌면 이전에 수행한 실험결과는 이용할 수 없게 된다. 따라서, 복합재료 성형중에 발생하는 화학적 물리적 특성의 기본적인 이해를 바탕으로 한 과학적인 접근방법이 필요하다. 성형모델 개발에 의한 이러한 접근방법으로 최적의 성형조건을 선택할 수 있고 필요한 실험 횟수를 대폭 줄일 수 있다. 또한 브레이딩 각도 및 섬유 굵기 등의 변화에 따른 기계적 특성변화를 예측할 수 있는 브레이딩 모델을 개발함으로써 최적화된 브레이딩 성형조건을 구할 수 있다.

일반적으로 브레이드 강화 열경화성 복합재료를 성형하기 위해서는 그 프리폼(preform)을 다이내에 넣고 수지를 주입한 후 경화시키는 RTM(resin transfer molding) 성형법을 이용하고 있다. 그러나 본 연구에서는 생산성 및 경제성을 고려하여 열가소성 섬유를 유리섬유와 함께 브레이딩하여 프레스 성형하는 공법을 이용하고자 한다. 이 방법이 폴리머 피뢰기의 모듈제조에 이용되었다는 보고는 아직까지 없으며 본 연구에서 처음으로 시도하고자 하는 것으로서 그 의의가 크다고 할 수 있다.

2. 브레이드 복합재료

2.1 브레이딩기

브레이딩 제조는 기계 중심선 상에 위치한 mandrel 위에 섬유가 일정한 각도로 배열되는 직물 제조 방법으로서 그 섬유는 상하 움직임(over and under)에 의해 짜여진다. 일반적으로 브레이딩기는 track plate, yarn carrier, former, take-up 장치로 구성되어 있으며, 브레이드가 이동되는 방향에 따라 수직 브레이딩기와 수평 브레이딩기로 나뉘어진다. 그림 1에 브레이딩기의 종류 및 구조를 나타내었다.

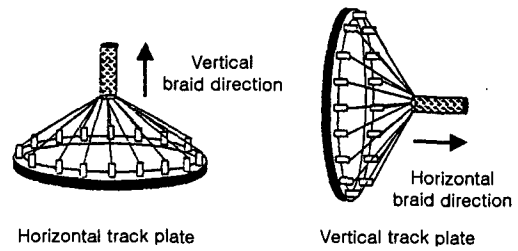


그림 1. 브레이딩기의 종류 및 구조

2.2 브레이딩 메카니즘

브레이드는 두 가지 이상의 섬유다발(yarn)이 서로 얽혀져서 만들어지며, 섬유각도는 브레이드의 종축방향에 대한 일정한 각도를 가진다. Track plate에는 그 plate의 원주방향에 대해 서로 반대방향으로 움직이는 두 조(set)의 yarn carrier가 배열되어 있는데, 각 조의 어떤 섬유는 braid의 중심을 향하여 움직이고 나머지는 바깥 방향으로 움직임으로써 이 두 조의 섬유가 서로 교차하면서 짜여지게 된다. 즉, 섬유가 평면상의 radial 방향으로 들어가고 나오고 하는 운동과 동시에 원주방향으로 원을 그리면서 이동하게 되는데, 이렇게 작동되는 브레이딩기를 maypole braider라고 한다. 그림 2는 maypole이동에 의해서 브레이딩은 모습을 개략적으로 보여주고 있는데, 흰 부분으로 표시된 궤도를 따라 carrier 즉 섬유가 원주상의 한 방향(시계방향)으로 움직이고 검게 표시된 궤도를 따라 나머지 섬유가 반대방향(반시계방향)으로 움직인다.

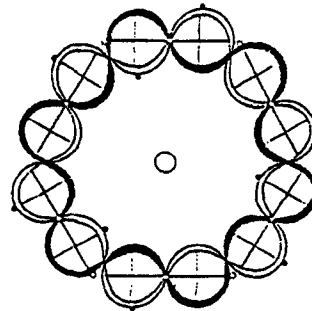


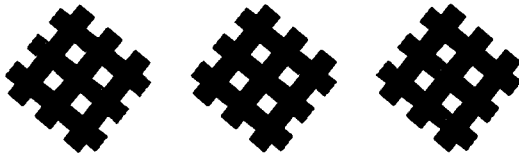
그림 2. 브레이딩기의 maypole 운동

2.3 브레이드의 형태

브레이드는 그 형태(혹은 패턴)에 따라 여러 가지로 분류할 수 있는데, 여기서는 2차원 구조에 대해서만 서술한다.

① Tubular Braid

이것은 가장 흔히 볼 수 있는 브레이드이며 앞에서 설명한 바와 같이 maypole 운동에 의해 제조된다. 세 가지 기본적인 형태로서 diamond 브레이드, regular 브레이드 및 hercules 브레이드가 있다(그림 3). Diamond 브레이드는 하나의 섬유가 다른 하나의 섬유 위를 지난 후 다른 섬유 아래를 지나는 형태이며(1up 1down, 1×1), regular 브레이드는 위로 두 섬유, 아래로도 두 섬유가 지나가면서 반복되는 형태(2up 2down, 2×2)이며, hercules 브레이드는 위로 셋 아래로 셋의 섬유가 반복되는 형태(3up 3down, 3×3)이다.



(a) diamond (b) regular (c) hercules

그림 3. 브레이드 패턴

② Biaxial Braid와 Triaxial Braid

브레이드에서 섬유의 방향이 둘이면 biaxial 브레이드라고 하며, 여기에 길이방향으로 보강이 필요할 때 두 방향의 섬유사이에 제 3의 중축섬유가 삽입된 형태를 triaxial 브레이드라고 한다. 즉, triaxial 브레이드에서 섬유의 방향은 $0^\circ/\pm\theta$ 이다. 그림 4는 2차원 브레이드 복합재료의 일반적 구조와 컴팩트 구조를 나타낸 것이다.

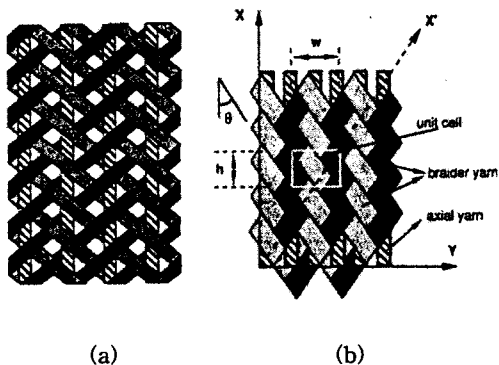


그림 4. 2차원 브레이드 복합재료의 (a) 일반적 구조 및 (b) 컴팩트 구조

3. 피뢰기의 방압 메카니즘

그림 5에 피뢰기의 내부압력 생성 및 해소과정을 그림 6에 피뢰기의 고장전류 시험의 개략도를 나타내었다.

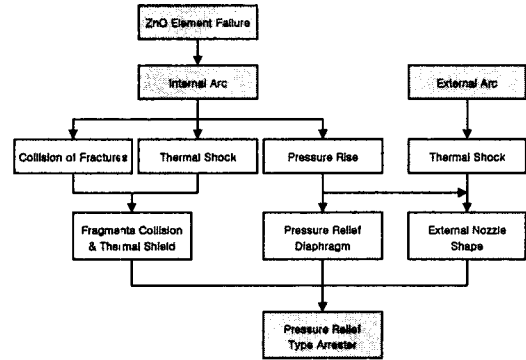


그림 5. 피뢰기의 내부압력 생성 및 해소과정

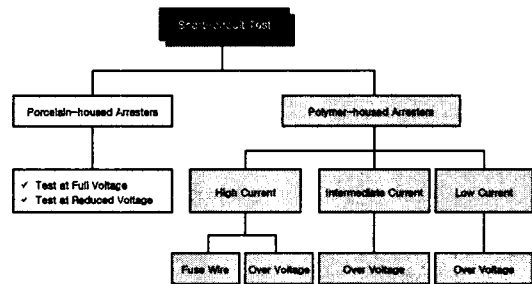


그림 6. 피뢰기의 고장전류 시험

4. 브레이드 복합재료 제조

폴리머 피뢰기의 방압해소 및 폭발 비산하지 않도록 하는 기능을 고려하여 브레이딩 패턴을 설정하였다. 폴리프로필렌을 매트릭스 수지로 유리섬유를 보강재로 사용하였다. 그림 7에 FRP 실린더 제작을 위한 브레이딩 장면을 나타내었으며, 그림 8에 제작된 브레이드 및 이것을 프레스 성형하여 제작한 피뢰기 모듈을 나타내었다.

5. 결론 및 향후계획

폴리머 피뢰기의 방압해소 및 폭발 비산하지 않도록 하는 기능을 고려하여 충격에너지를 흡수하는 구조물에 유리한 브레이드 복합재료를 선정하여 브레이딩 패턴을 설정하였다. 설정된 패턴에 따라 브

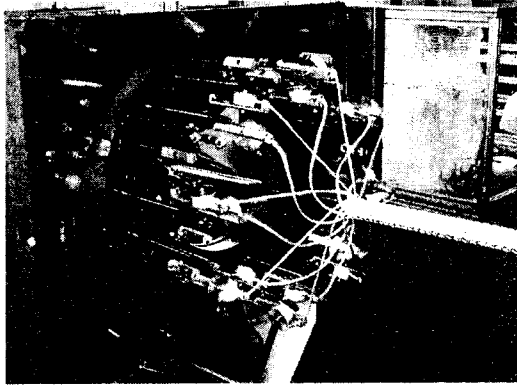


그림 7. FRP 실린더 제작을 위한 브레이딩 사진

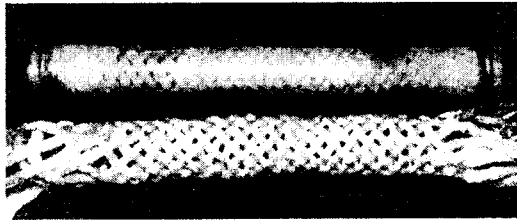


그림 8. 제작된 브레이드 및 피뢰기 모듈

레이드를 직조하고 이를 이용하여 피뢰기 모듈을 프레스 공법으로 제작하였다. 향후 제작된 피뢰기 모듈의 고장전류시험을 통하여 브레이딩 패턴 및 두께에 대한 영향에 관하여 고찰하고자 하며 이의 응용 가능성을 조사하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2000-1-30200-011-3)지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] R. E. Koch, H. J. Songster, "Development of a Non-fragmenting Distribution Surge Arresters" IEEE PES 84 T&D 334-9
- [2] J. H. Byun, "The Analytical Characterization of 2-D Braided Textile Composites", Composites Science and Technology, Elsevier, pp. 705-716, 2000.
- [3] J. E. Masters, R. L. Foye, C. M. Pastore, and Y. A. Gowayed, "Mechanical Properties of Tri

-axially Braided Composites : Experimental and Analytical Results" J. Compos. Technol. Res., pp. 112-122, 1993.

- [4] L. V. Smith and S. R. Swanson, "Response of Braided Composites under compressive loading", Compos. Eng., pp. 1165-1184, 1993.
- [5] T. J. Kang, C. Kim, and T. Park, Fiber Technology and Industry, Vol. 1, 9, 1997.
- [6] C. C. Poe, H. B. Dexter and I. S. Raju, Review NASA, Textile Composites Res., p. 1126, 1997
- [7] S. R. Swanson and L. V. Smith, "Mechanics of Textile Composites Conference", Part 1, pp. 175-249, 1995.