

## Composite 부싱의 기밀 특성을 위한 최적의 압착에 관한 연구

조한구, 강형경, 유대훈  
한국전기연구원

### A Study on Optimal Fitting for Tightness Characteristics of Composite Bushing

Han-Goo Cho, Hyung-Kyung Kang, Dea-Hoon Yoo  
KERI

**Abstract :** Recently, composite hollow bushings have been increasingly employed mainly from the various characteristics. Composite bushings are superior to porcelain bushings in several respects, including lighter weight, better anti-pollution and anti-explosion properties, and easier manufacturing. This paper deals with the optimal thermal fitting for improved tightness characteristics of composite bushing. Two types of composite bushings were fabricated. For optimal fitting process, it is necessary using adhesive and designed internal structure of flange and FRP tube. In this study, for improved tightness characteristics of composite bushing has prominence and interface tolerance of flange and FRP tube. From FE-SEM analysis the adhesive layers were different with interface tolerance, sample 1 and 2 which have respective about 120 $\mu$ m and 50 $\mu$ m.

**Key Words :** Composite bushing, Flange, FRP tube, Thermal Fitting, Adhesion, Bending strength

#### 1. 서론

오늘날 전력수요 급증에 따라 안정적인 전력 공급을 위한 전력기기의 신뢰성 문제가 크게 대두되고 있다. 특히 절연물의 경우 기존의 자기제에서 오손 및 경량화가 가능한 폴리머의 사용이 급증하고 있는 추세이다. 하지만 국내 폴리머 절연물의 경우 대부분 배전급에 국한되어 송전급에 관한 연구는 거의 이루어지지 않아 기술적으로 많은 연구가 필요하다[1]. 그 중 폴리머 부싱의 경우 상시 내부 절연가스에 의해 충전되어 있어 기밀성 향상을 위한 FRP tube와 플랜지의 압착은 매우 중요한 설계요소로 작용한다. 일반적으로 부싱의 압착은 금속 플랜지를 고온 가열하여 팽창시킨 후 FRP tube를 삽입하는 열-박음 공법에 의해 이루어진다. 하지만 이러한 fitting 공법은 단순한 기계적인 힘으로만 이루어지므로 최적의 기밀성능에는 한계를 가지고 있다. 따라서 최적의 접착을 위해서는 접착제 및 접착성 향상을 위한 내부구조의 형상설계는 필수적이라 할 수 있다[2].

본 연구에서는 폴리머 부싱의 기밀성능 향상을 위해 FRP tube와 플랜지의 삽입부 홈 형성 및 계면 공차에 따른 압착 부위의 기밀성능에 대해 검토하였다.

#### 2. 실험

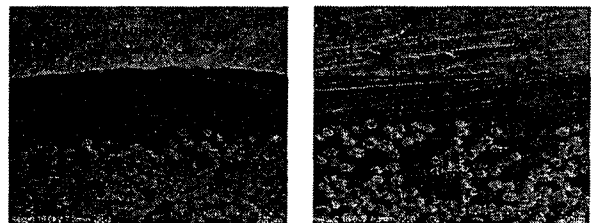
본 연구를 위해 제작된 FRP tube는 필라멘트 와인딩을 통해 제작되었으며 플랜지의 경우 Si 합금으로 FRP tube의 열팽창 계수와 동일한 특성을 가지도록 설계하였다.

본 실험은 플랜지 내부의 홈 형성에 따른 FRP tube와의 접착성능을 확인한 후 설정된 압착조건에서 계면의 공차를 달리하여 최적의 접착조건을 설정하였다. 본 시료의 압착은 플랜지를 설정된 압착온도 이상으로 가열한 후 FRP tube를 플랜지에 삽입하였으며 동일 온도 및 접착제

를 도포하여 실험의 정확도를 높였다. 계면공차에 따른 접착성능을 확인한 후에는 FE-SEM을 사용해 플랜지와 FRP tube 삽입부의 계면 두께를 확인하였다.

#### 3. 결과 및 고찰

그림 1은 FE-SEM을 통해 FRP tube와 플랜지의 계면에 존재하는 접착층을 나타낸 것이다. 그림에서도 알 수 있듯이 계면 공차가 큰 경우 접착층은 대략 120 $\mu$ m로 나타났으며, 반면에 계면 공차가 작을 경우 접착층은 50 $\mu$ m 정도로 계면 공차가 작을 경우가 큰 경우에 비해서 접착층은 크게 감소한 것을 알 수 있다. 따라서 플랜지와 FRP tube 사이 계면 공차가 큰 경우 계면에 존재하는 접착층 두께 역시 큰 것으로 확인되었다. 따라서 폴리머 부싱의 기밀성능 및 기계적 강도 향상을 위해 금속 플랜지와 FRP tube 삽입부의 계면에 존재하는 접착층의 두께는 50 $\mu$ m 이하에서 우수한 특성을 확인 할 수 있다.



(a) 시료 1 (b) 시료 2

그림 1. FRP tube 삽입부 계면공차 미세구조분석

그림 2는 계면공차에 따른 시료의 굽힘하중 특성을 확인하기 위한 것으로 IEC 61462 규격에 따라 시험하였다. 먼저, 계면 공차가 500 $\mu$ m 이상인 시료 1의 경우 2.5MML

조건에서 견디지 못하고 파괴되는 것으로 나타났다. 특히 시료의 파괴하중은 1,700kgf로 부상의 요구조건인 2,000 kgf에 크게 미치지 못하였으며 파괴 위치는 플랜지의 fitting 부분인 것으로 확인되었다. 반면에 계면 공차가 500 $\mu$ m 이하인 시료 2의 경우 시료의 2.5MML 조건인 stage 3에서 FRP tube의 균열이나 손상이 발생되지 않았으며 최대 2,532 kgf에서 파괴가 일어나 요구되는 기계적 특성을 만족하는 것으로 확인되었다. 표 1은 굽힘하중 시험 결과를 나타내었다.

## 참고 문헌

- [1] W. M. Massey, J. L. Chavez, and P. M. Hansen, "High-voltage and high current measurement techniques for a vvery low frequency(VLF) composite bushing", IEEE Society International Symposium, Vol. 3A, pp. 342-345, 2005.
- [2] Wylde, J. W., "Measurement of Adhesive Joint Fracture Properties as a Function of Environmental Degradation", Int. J.Adhes. Adhes., Vol. 18, pp.237-246. 1998.

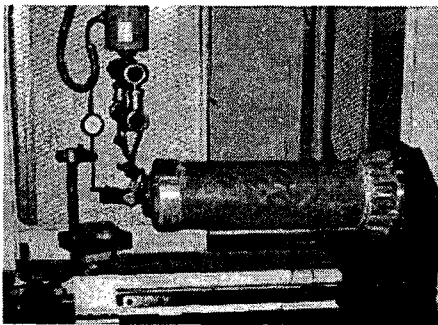


그림 2. 계면공차에 따른 굽힘하중 시험

표 1. 굽힘하중시험 결과.

| 시료 | 길이    | MML | Stage     | Remark      |
|----|-------|-----|-----------|-------------|
|    | mm    | kgf | kgf       |             |
| #1 | 1,100 | 797 | 1.0MML    | 균열 및 손상 없음  |
|    |       |     | 1.5MML    | 균열 및 손상 없음  |
|    |       |     | 2.5MML    | 1,700kgf 파괴 |
| #2 | 1,100 | 797 | 1.0MML    | 균열 및 손상 없음  |
|    |       |     | 1.5MML    | 균열 및 손상 없음  |
|    |       |     | 2.5MML    | 균열 및 손상 없음  |
|    |       |     | Breakdown | 2,352kgf 파괴 |

## 4. 결론

본 연구에서는 폴리머 부상의 최적 압착에 관한 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 플랜지 내부 홈의 존재는 접착 면적의 증가로 인해 우수한 접착성을 나타냄을 확인할 수 있었으며 부상의 기밀성능 향상에 큰 역할을 하는 것으로 확인되었다.
- 2) 플랜지와 FRP tube의 계면공차가 500 $\mu$ m 이상으로 클 경우 접착층의 두께는 120 $\mu$ m인 반면에 계면 공차가 작을 경우 접착층의 두께는 50 $\mu$ m로 우수한 접착 성능을 가지는 것을 알 수 있었다.
- 3) 계면 공차가 500 $\mu$ m 이상 경우 2.5MML에서 파괴되었지만, 계면 공차가 500 $\mu$ m 이하의 경우 2.5MML 조건인 stage 3에서 균열 및 손상이 없었으며 최대 2,532 kgf에서 파괴가 일어나 우수한 기계적 특성을 나타내었다.