

# 인공고관절 모사조건하에서의 탄소섬유 복합재료의 마찰 및 마모 특성

송영석\* · 윤재륜\*

## Friction and wear properties of carbon fiber reinforced epoxy composite for the artificial hip joint application

Young Seok Song, Jae Ryoun Youn

**Key Words:** wear, friction, hip joint, composite.

### Abstract

Recently, the friction and wear behaviors of UHMWPE, ceramic and metal is being researched actively for the use as an artificial hip-joint. In this study, because of good wear properties of carbon fiber, we made experiments about the friction and wear of carbon fiber reinforced epoxy composite under the lubricative and the dry condition. The possibilities of carbon-carbon composite for the artificial hip joint application was studied from this results.

### 1. 서 론

최근에 들어 인공 고관절의 마찰 및 마모에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE)은 생물학적 적합성, 마모 저항성, 내구성 등이 우수하여 대부분 인공고관절의 관골구 컵으로 사용되고 있다.

그러나 UHMWPE는 몸속에서 너무 안정하여 축적된 마모파편이 뼈 수축이나 보철물을 느슨하게 하는 등의 생물학적 반응을 야기시킨다[1,2]. 또한 Co-Cr 같은 금속이나  $TiO_2$ ,  $ZrO_2$  등과 같은 세라믹 재료도 낮은 파괴 인성과 연성을 가지고 있어, 고분자 복합재료가 이들 문제를 해결

할 대안으로 떠오르고 있다[3].

본 연구에서는 탄소섬유가 내마모성이 우수하다는 성질에 착안하여 carbon/epoxy composite을 제작하고 건식상태와 윤활상태에서 하중의 변화에 따른 마찰 및 마모 특성을 살펴보았다. 또한 이를 바탕으로 carbon/carbon composite의 인공 고관절 물질로서의 가능성을 살펴보았다.

### 2. 실험

#### 2.1 시편 및 장비

본 연구에서 사용된 탄소섬유는 Toray사의 M40이라는 고탄성 탄소섬유이며 모재는 열경화성 수지인 에폭시를 사용하였고 섬유의 부피분율은 35%이다. 시편은 일방향으로 적층된 복합재료를 원기둥 끝에 반구가 있는 형태로 가공하였고 상대 마찰면은 스테인레스 강을 이용하여 컵 모

\* 서울대학교 섬유고분자공학과

양으로 제작하였다.

마모시험기는 선반을 개조하여 척에 컵을 고정시켜 회전하게 하였고 여기에 시편을 밀어 넣어 마모가 일어나게 하였다. 마모량은 실험전후의 무게차를 이용하여 계산하였으며, 마찰력은 시편이 컵과 접촉하였을 경우와 접촉하지 않을 경우의 컵의 회전속도차이를 환산하여 계산하였다. 그리고 열류계를 이용하여 마찰면의 평균 온도를 측정하였다.

## 2.2 실험 조건

실험은 건식상태와 윤활상태에서 수행되었는데, 윤활제로는 증류수를 사용하였고 이를 수초에 한 방울씩 떨어뜨려 마찰부위를 항상 젖어 있는 상태로 유지하였다. 두 가지의 하중인 7.5N과 147N을 가하였으며 컵의 회전 속도를 175rpm으로 일정하게 한 후에 4일 19시간 44분 동안 유지하여 활주거리를 100km가 되게 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 건식상태와 윤활상태에서의 하중에 따른 마찰계수를 보여주고 있다. 건식상태와 윤활상태 모두 하중이 증가함에 따라 마찰계수가 감소하며, 상대적으로 윤활상태에서 더 작은 마찰계수를 나타낸다.

Fig. 2를 보면, 마찰 계수와 마찬가지로 하중에 따라 마모량이 감소하며 윤활상태가 건식상태보다 1/2정도의 마모량을 가진다는 것을 알 수 있다. 이것은 윤활제 사용에 인한 당연한 결과라고 할 수 있다. 여기서 마모량의 단위는  $\times 10^{-15} \text{m}^3/\text{Nm}$ 이다.

Fig.3은 하중에 따른 마찰면에서의 평균 온도를 나타내고 있는데, 마찰계수와 마모량과는 반대로 하중이 증가함에 따라 평균 온도가 증가함을 알 수 있다. 윤활제인 물에 의해 윤활상태에서 온도가 더 낮다는 것을 볼 수 있다.

## 4. 결론

본 연구에서는 인공 고관절의 대체 물질 개발의

기초 연구로 carbon/epoxy composite의 마찰 및 마모 특성을 연구하였다. 연구 결과 기존의 다른 물질에 비해 비교적 우수한 내마모성을 보였으며, carbon/carbon 복합재료로 제조된 인공 고관절도 우수한 성질을 가질 것으로 기대된다.

그리고 실제 몸과 더욱 비슷한 실험 장비를 고안하여 증류수뿐만 아니라 bovine serum이나 인지질 등의 여러 윤활제에 관한 연구가 수행되어야 할 것이다.

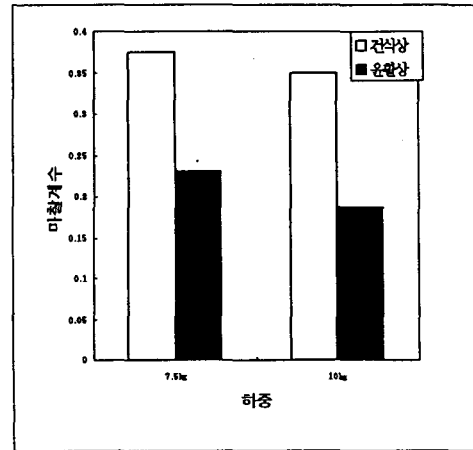


Fig. 1 하중에 따른 마모량 변화

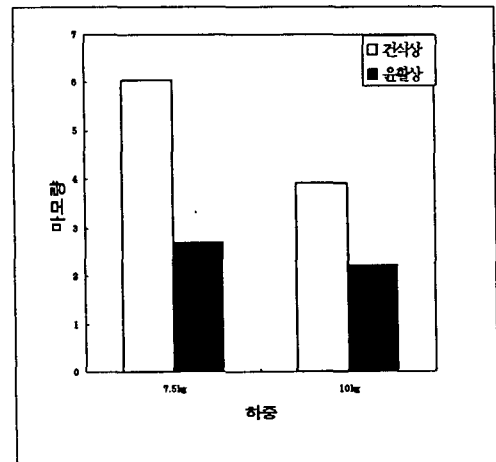


Fig. 2 하중에 따른 마찰계수 변화

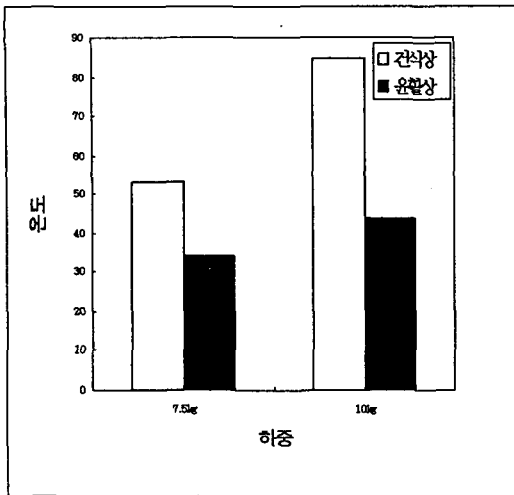


Fig. 3 하중에 따른 온도 변화

### 참고문헌

1. J.H. Dumbleton, Tribology of Natural and Artificial Joints, *Tribology Series 3*, Elsevier, Amsterdam, 1981.
2. H. Buetler, M. Lehmann and G. Stahli, Wear behaviour of medical engineering materials, *Wear 33 (1975) 337*.
3. B. Almby and T. Hierton, Total hip replacement: a ten-year follow-up of an early series, *Acta Orthop. Scand. 53 (1982) 397-406*.