

# 복합 Filler 충전 내마모성 소재의 물리적 특성 연구

강영구 · 김상우\*

호서대학교 안전시스템공학과 · \*호서대학교 벤처전문대학원

## 1. 서 론

자동차용 마찰재는 제동시 차량의 구동축과 연결된 로터부분과 마찰을 일으켜 회전수를 감속시키는 부품으로 마찰재와 로터의 마찰은 자동차의 운동에너지를 열에너지로 변화시켜 마찰계면의 온도를 상승시키게 된다.<sup>1-3)</sup> 따라서 이러한 온도상승은 마찰재의 표면 물성을 변화시켜 마찰성능 저하에 직접적인 영향을 일으킨다.

또한 자동차용 마찰재의 특성에 있어서 결합재로 사용되는 페놀수지(phenol resin)는 마찰재 요구조건인 마찰특성, 내마모성, 내열성, 기계적 특성, 노이즈 유발 등을 좌우하는 중요한자로서 마찰재 전체의 특성을 결정한다. 순수 페놀수지는 강도 및 경도가 높은 특성이 있으나 가소성, 내수성 및 유연성 문제로 노이즈를 유발하는 요인이 되기도 한다. 그러므로 자동차용 마찰재에 요구되는 다양한 특성을 만족시키기 위해서는 10~20종류의 원료 물질을 혼합하여 제조하게 된다.<sup>4-6)</sup> 또한 차량의 고성능, 고급화에 따른 마찰재의 요구특성이 강화되고 있어 각각의 재료의 원료 선택 및 formulation 조건에 대한 지속적인 개발 추진이 필수적이다.

본 연구에서는 결합재로 주로 사용되는 페놀수지와 강화 섬유중 하나인 유리섬유를 기본 재료로 하고 Talc, Diatomite, Carbon brush 등의 filler를 첨가한 마찰재를 제조하여 각각의 내마모 특성을 측정하였다. 페놀 복합재료의 제조에 적합한 보강재 및 충전재에 대한 여러 가지 물성 및 특성을 분석하여 안전용도에 적합한 내마모성 복합재료의 최적 formulation을 도출하고자 하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 마찰재의 구조 및 구성

마찰재는 크게 섬유를 기본으로 하여 첨가제를 분산한 것을 결합재로 응고시킨 유기 마찰재와 제법 상 원료 분말 전체가 용해하는 것을 방해하여, 분말 표면을 결합하기 위한 균일한 공간을 존재하게 하여 공간의 결합을 발생시키는 무기 마찰재로 구분되는데, 이러한 무기 마찰재의 공간의 결합은 재료의 특성에 중요한 영향을 미치게 된다. 일반적으로 마찰재의 구성은 크게 matrix, binder, filler, extender로 나뉜다.

## 2.2. 마찰재의 성능결정 인자 및 요구 성능

마찰재의 성능은 원료의 종류와 특성, 각 재료의 배합비, 제조 공정조건(성형온도, 압력, 시간, 열처리 조건 등)의 3가지 인자가 중요하다. 예로서 내열성이 적은 결합재를 사용해서 여러 가지 조성과 공정 조건을 변경시켜도 마찰재의 내열성 한도가 존재하기 때문에 특성이 우수한 마찰재를 제조하기 어렵다. 또한 마찰재는 제동시 필요한 일정수준의 마찰계수에 의한 안전성과 마찰재의 마모성 및 상대면 손상, 불쾌감 유·무 등에 의한 내구성이 요구된다. 안정성은 마찰속도 및 제동 감속도에 의한 마찰계수의 변화와 water recovery 및 조변효과, 경시효과 등을 감안하여 브레이크 설계시 고유의 마찰계수 값을 결정해야 한다. 마찰재의 내구성을 좌우하는 내마모성은 상대 마찰면의 온도, 속도, 마찰 상대면의 상태 등에 따라 변화하는데, 온도에 따라 급증하는 것은 브레이크 마찰재에 사용되는 결합재의 내열 한계온도(250~300℃)에서도 견딜 수 있어야 한다.

## 3. 실험

### 3.1. Raw materials

우선 diatomite와 talc 함량비를 20%와 25%로 고정된 상태에서, phenol resin과 glass fiber의 함량을 변화하여 시편 A~D를 제조하였다. 그리고 phenol resin과 glass fiber의 함량을 30%와 20%로 고정시키고 carbon brush powder의 함량을 5~20%까지 변화시켜 시편 E~H를 제조하였다. 각 시편의 formulation은 Table. 1과 같다.

Table 1. Formulation of raw materials

	Phenol resin	Glass fiber	Diatomite	Talc	Carbon Brush
A	15	40	20	25	·
B	20	35	20	25	·
C	25	30	20	25	·
D	30	25	20	25	·
E	30	20	22.5	22.5	5
F	30	20	20	20	10
G	30	20	17.5	17.5	15
H	30	20	20	20	20

### 3.2 Manufacturing process

성형체는 formulation별로 정량하여 double cone mixer를 이용, 20분간 mixing한 후 hot press로 100℃, 250kg/cm<sup>2</sup>의 압력으로 압착 성형하여 시편을 제조하였다. 각 시료는 분산성 향상을 위해 dry oven에서 100℃, 24hr. 건조 후 실험에 사용하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 Mechanical test

제조된 시편을 대상으로 편형 왕복식 마모 측정기를 사용하여 Fig. 1, 2와 같이 기계적 강도를 측정 하였다. 본 실험의 기본조건은 Table. 2와 같으며 모든 시편에 동일하게 적용하였다.

Table 2. Experimental Factor

Test Time	300S
Load	30N
Stroke	10.8mm
Frequency	2Hz/s
Force cal	30N/v

Phenol resin의 함량이 높아질수록 마찰계수가 낮아짐을 알 수 있었으나 glass fiber의 함량이 많은 시편은 마찰계수 및 시편 무게 감소량 폭이 상대적으로 높았다. 또한 carbon brush powder의 함량 증감에 따른 마찰계수, 중량 감소량, 시편의 표면에 있어서 첨가하지 않은 시료 A-D와 차이가 있는 것을 확인할 수 있었다.

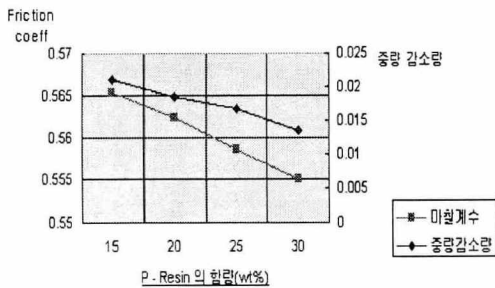


Fig.1 Friction coeff. & change of weight according to contents of phenol resin

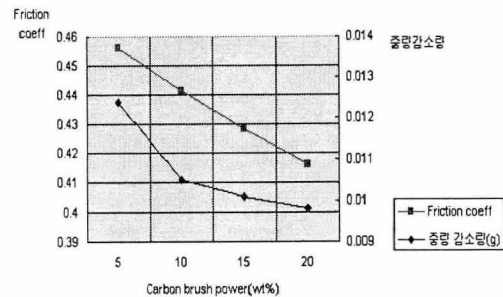


Fig.2 Friction coeff. & change of weight according to contents of carbon brush

### 4.2 Morphology test

제조된 시편은 SEM을 이용하여 matrix내에 충전된 filler의 분산 상태를 측정하였다. Fig. 3은 시편 C의 단면을, Fig. 4는 시편 G의 단면을 액체질소에 침지 후 파단시켜 단면 촬영한 것이다. 측정결과 carbon brush powder가 충전되지 않은 시편 C의 경우 보강재로 첨가된 glass fiber와 matrix간 계면에서의 interfacial adhesion이 매우 낮아 박리 형상이 관찰되었으나 carbon brush powder가 충전된 시편 G의 경우 glass fiber와 matrix가 부분적으로 계면 접착력을 형성하는 것이 확인되었다. 이와 같은 계면 특성은

내마모성 측정 결과와 상관관계를 나타내었으나 carbon brush powder의 기능성에 따른 morphology특성 보다는 carbon brush powder 첨가에 따른 glass fiber 함량 감소에 따른 분산성 향상 때문인 것으로 사료된다.

그러나 carbon brush powder는 carbon brush의 제조과정에서 발생된 scrap으로 함량이 약 75~80wt%이기 때문에 일반적 brake pad와 같은 내마모성 소재 제조시 첨가되는 금속 분말이 재료의 내마모성을 향상시키고 계면에서의 윤희성을 향상시킨다는 선행 연구결과와 유사한 역할을 한다고 사료된다.

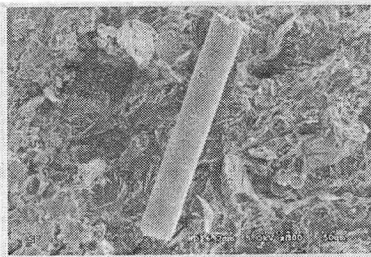


Fig.3 SEM image of non-additive carbon brush specimen

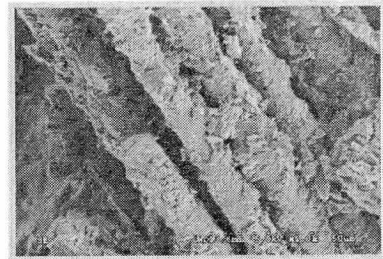


Fig.4 SEM image of additive carbon brush specimen

## 참고문헌

1. U.S. Tewari et al , Tribology. 1. 27, 1989
2. J.Giltraw, Tribology. 6.253, 1973
3. Buckey, D. H, NASA TN D-5766, 1976
4. Kobayashi, M., Matsumoto, M., Oshita, T., Takatsu, S., and Tsuya, Y., J. Jpn. Soc. Mrtal. 27:391, 1988
5. A. Knop, W. Scheib, Chemistry And Application of Phenolic Resins, vol.3, Springer-Verlag, New York, 1979
6. Nishida, Y., Matsubara. H., Yamada. M., and Imai, T., Proceeding of the 4th US-Japan conference on composite materials, p.429, 1988