

자동차용 마찰재에 함유된 세라믹분말의 함량에 따른 마찰특성

이용진 · 류재경* · 김택남†

배재대학교 대학원 재료공학과, *신흥대학 치기공과

Friction Characteristics of Automotive Friction Materials with Ceramic Powder Contents

Yong-Jin Lee, Jae-Kyung Ryu* and Taik-Nam Kim†

Department of Materials Engineering, Paichai University, Seo Ku, Daejeon, Korea 14 Yeonja 1 Gil, 302-735

*Department of Dental Technology, Shinheung College University

(2009년 7월 6일 접수 : 2009년 7월 11일 최종수정 : 2009년 7월 15일 채택)

Abstract The friction characteristics of automotive brake friction materials that contained different ceramic content were investigated. Several kinds of raw materials, such as resin-based binder, reinforcing fiber, friction restraint, abrasive, and filling materials were mixed, pressed, and heated in order to make the brake friction materials. The contents of SiC and BaSO₄ changed from 5 vol% to 20 vol%, respectively. In addition to this, the content of Al₂O₃ adjusted from 1 vol% to 16 vol%. The surface morphology of the SiC containing sample appeared rough while more debris was observed when the contents of SiC increased. This implies that the SiC containing brake composite was not adequate for the automobile. However, the relatively smooth surface was observed in samples that contained the Al₂O₃. But the roughness was low with a content of 11 vol% Al₂O₃ compared to the other samples. This is consistent with the abrasive properties of the samples. In the case of BaSO₄ containing samples, the smoother surface was observed in the contents of 15 vol% BaSO₄. Thus, it was concluded that the 11 vol% Al₂O₃ and 15 vol% BaSO₄ containing composite would be the optimum content for the brake composite. Similar to the results of the surface morphology, the abrasion resistance consistently decreased when the content of SiC increased. On the contrary, the sample that contained 11 vol% Al₂O₃ and 15 vol% BaSO₄ showed the highest abrasion resistance compared to the other samples.

Key words friction characteristics, brake friction materials, SiC, BaSO₄, Al₂O₃.

1. 서 론

자동차 브레이크용 마찰재는 다양한 원료를 이용한 복합재료로서 다양한 제동조건에서 일정한 마찰력을 유지해야 하며, 제동시 안정성과 내구성, 안락성 등이 요구된다.¹⁾ 마찰재의 마찰특성을 정확히 파악하기 위해서는 구성 원료들의 집중적인 연구가 필요하며, 제동시 나타나는 제반현상과 연관 지어 고찰해야하며 자동차 제작초기부터 기업체를 중심으로 제동성능 위주의 연구를 수행하여 왔다.²⁻⁴⁾

1980년대까지는 석면을 주원료로 사용하여 마찰재를 생산하였으나, 1980년대 후반 미국 환경보호국(EPA)의 석면사용금지 명령에 따라 석면의 대체물질과 석면과 함께 사용되던 다른 주요물질들에 대한 전반적인 연구가 활발히 시작되었다.⁵⁾ 그러나 마찰재의 복합재료적 특성 때문

에 제동시의 마찰기구가 충분히 이해되지 않은 상태에서 그 제동성능에만 개발이 진행되어 왔기 때문에 브레이크에 관한 다양한 문제점들을 근본적으로 해결하지 못하였고, 이때부터 제동시의 마찰현상에 대한 연구가 본격적으로 시작되었다.^{6,7)}

자동차용 마찰재는 크게 결합재(binder)와 강화용 섬유(reinforcing fiber), 연마재(abrasive), 고체 윤활재(solid lubricant), 충전제로 구성되는 10~20여종의 기본원료를 사용하여 제조되고 있으며, 자동차 제동시 요구되는 마찰특성을 얻기 위하여 적정량이 첨가된다.⁸⁾ 이들 구성 원료는 마찰재의 마찰특성을 결정하므로 제동성능을 향상시키기 위해서는 기본원료의 재료적 특성분석과 함께 혼합된 마찰재의 마찰 및 마모현상을 고찰해야 한다.

선진국의 자동차 브레이크용 마찰재에 대한 연구는 주로 마찰재와 상대재사이의 계면에서 발생하는 마찰기구에 관하여 연구되고 있다.⁹⁾ 이는 마찰계면에서의 현상이 자동차 제동시에 매우 중요한 역할을 하기 때문이다. 따라서 마찰재의 구성 물질, 마찰온도, 차량속도, 가압력,

†Corresponding author

E-Mail : tnkim@pcu.ac.kr (T. -N. Kim)

Table 1. The content of Al_2O_3 , BaSO_4 and SiC in friction materials(vol%).

sample	Al_2O_3	BaSO_4	SiC	Others
Standard	6	10	10	74
SU-1	6	10	5	79
SU-2	6	10	15	69
SU-3	6	10	20	64
BU-1	6	5	10	79
BU-2	6	15	10	69
BU-3	6	20	10	64
AU-1	1	10	10	79
AU-2	11	10	10	69
AU-3	16	10	10	64

습도 등의 다양한 영향 하에서 연구가 심도 있게 진행되고 있다.^{10,11)}

본 연구에서는 마찰재에 사용되는 원재료 중 브레이크 성능에 가장 크게 영향을 미치는 것으로 알려진 연마재와 충전재를 선택하여 그들의 상대적인 양을 변화시켜 마찰재를 제조하고 마찰특성을 연구하였다. 연마재로는 Al_2O_3 와 SiC 를 사용하였으며 충전재로는 BaSO_4 를 사용하였으며 연마재와 충전재의 양의 증가에 따른 마찰재의 표면과 마모량에 관하여 비교 분석하였다.

2. 실험 방법

본 실험에서 사용된 시편은 현재 자동차에 사용되고 있는 마찰재를 분석하여 표준시편을 제작한 후 그 구성성분 중 연마재와 충전재의 상대적인 양을 변화시켜 9가지 다른 시편을 제조하였다. 실험에 사용한 시편의 Al_2O_3 , BaSO_4 와 SiC 의 양은 Table 1과 같다.

제조과정은 원재료 혼합 (3min. primary mixing + 2min.

secondary mixing)과 예비성형 (100°C , 100 kgf/cm^2), 고온·고압에서의 성형 (250°C , 210 kgf/cm^2)을 거쳐 이루어 졌다.

마찰재의 크기는 지름 30 mm, 두께 15 mm로 제작하였으며 가압력 5 kgf/cm^2 , 회전속도는 RPM측정기를 사용하여 300 RPM으로 조정된 마찰시험기에 장착하여 내마모성을 시험하였다. 마찰재의 상대재는 SiC 연마재(입도, $165\ \mu\text{m}$)를 사용하였으며, 마찰재의 마모량을 측정하기 위해 1시간마다 마찰재의 상대재를 바꿔주었으며 무게 감량을 측정하였다. 또 총 4시간 이후 마찰재의 마모량을 분석하였다. 또한 마찰 시험 후 마찰재의 표면형상은 광학현미경(OPTIPHOT-100, Nikon, Japan)을 이용하여 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 마찰표면의 고찰

마찰시험 시 SiC , Al_2O_3 , BaSO_4 의 내마모성효과를 관찰하기 위해, 각 시편의 1, 2, 3, 4시간 마찰력 시험을 마친 후 마찰재의 표면을 광학현미경을 이용하여 관찰하였다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 SiC 시편의 경우 함유량이 증가할수록 더 많이 표면막이 탈착되는 것을 알 수 있으며, BaSO_4 의 경우 BU-2, Al_2O_3 의 경우 AU-2에서 SiC 시편과 달리 균일한 표면막을 형성하는 것을 관찰할 수 있었다.

BaSO_4 의 시편에서는 5 vol% 첨가 시편과 20 vol% 첨가 시편에서 더 많은 표면 입자탈착을 관찰할 수 있었으며, 이와 같은 현상이 Al_2O_3 에서도 비슷하게 일어난 것을 관찰할 수 있다. 따라서 내마모성측면에서는 BaSO_4 의 함유량이 15 vol%일 때 충전재로서 마찰재의 형상유지와 초기마찰안정 역할이 잘 이행된 것으로 생각되며 Al_2O_3 또한 함유량이 11 vol%일 때 마찰안정성과 내마모성에 크게 기여한 것으로 생각된다.

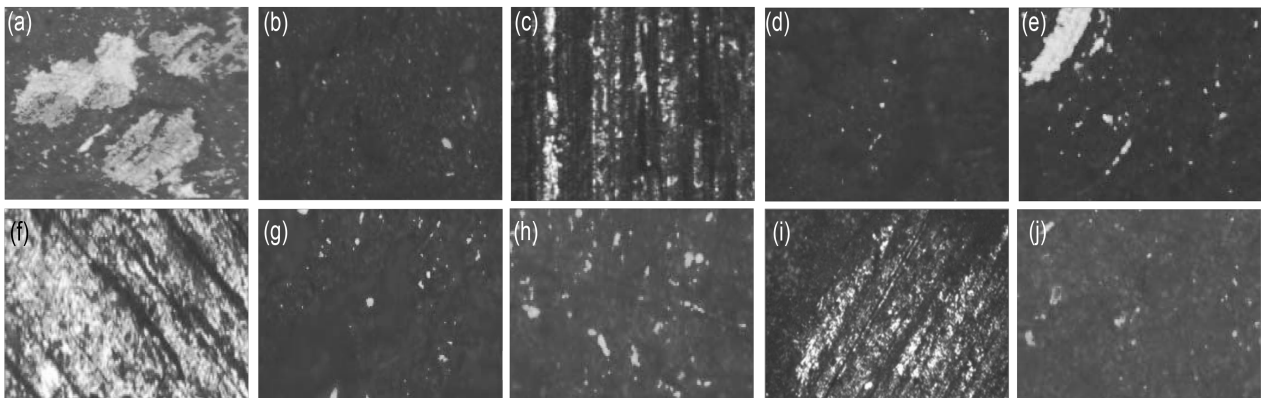


Fig. 1. The surface morphologies of friction materials after 4 hours friction test: (a) Standard, (b) SU-1, (c) SU-2, (d) SU-3, (e) BU-1, (f) BU-2, (g)BU-3, (h)AU-1, (i) AU-2 and (j) AU-3.

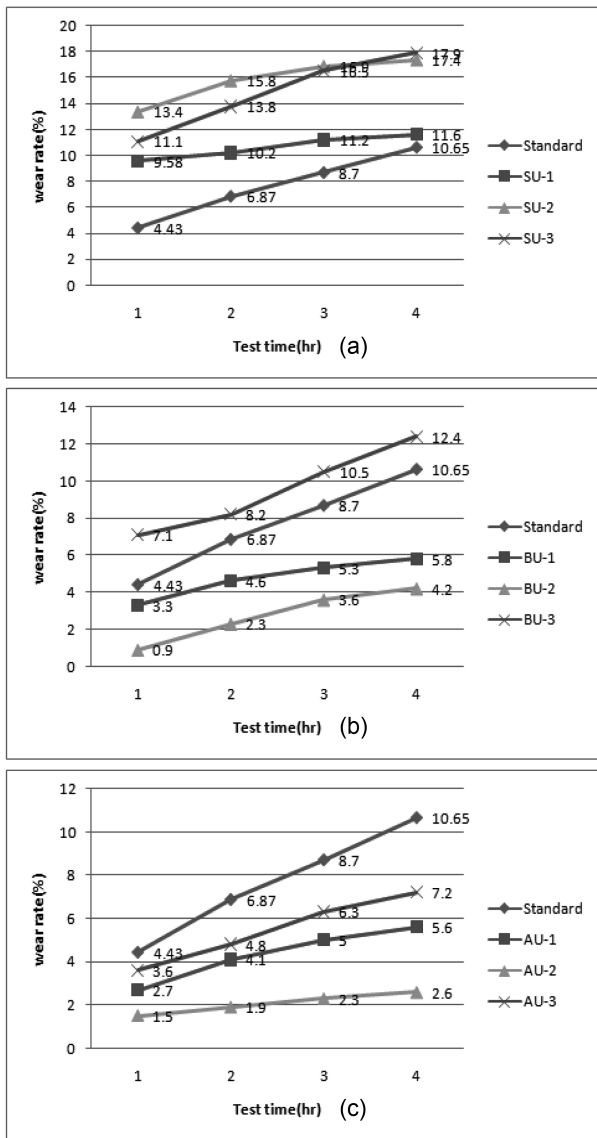


Fig. 2. Wear rate of friction materials as a function of time: (a) Wear rate of SiC as a function of time, (b) Wear rate of BaSO₄ as a function of time and (c) Wear rate of Al₂O₃ as a function of time.

3.2 마모율

SiC, Al₂O₃, BaSO₄의 함량에 따른 마모율을 고찰하기 위해, 초기 시편의 중량과 마찰시험 후 각 시편의 중량을 측정하였다. 시편의 중량변화로부터 마모량을 산출하였으며, 각 시편의 시간대별 마모량을 Fig. 2에 나타내었다.

SiC를 10 vol% 이하인 5 vol%로 첨가한 시편의 경우, 마찰시간에 따라, 마모율이 초기에는 크게 증가하였다가 4시간 시험한 경우에는 비슷해짐을 알 수 있다. 한편 15 vol% SiC를 첨가하거나 20 vol%를 첨가한 시편의 경우 마모율이 표준시편에 비해 월등히 증가하고 있으며 둘 사이의 마모율 차이는 거의 없었다. 따라서 SiC시편의 경

Table 2. Wear rate of friction materials with contents SiC, BaSO₄ and Al₂O₃ after 4 hours friction test.

	Standard	SU-1	SU-2	SU-3
Wear Rate(%)		11.6	17.4	17.9
Wear Rate(%)	10.65	BU-1	BU-2	BU-3
		5.8	4.2	12.4
Wear Rate(%)		AU-1	AU-2	AU-3
		5.6	2.6	7.2

우 표준함량인 10 vol% SiC의 첨가가 마모율에서는 우수함을 알 수 있다(Fig. 2(a)).

한편 충전재인 BaSO₄의 첨가에 따른 변화를 보면 5 vol% BaSO₄를 첨가한 경우, 마모율이 표준시편보다 적게 나타났고, 15 vol%의 경우는 더 적게 나타났다. 그러나 20 vol%로 충분히 많은 양의 BaSO₄를 첨가한 경우는 표준시편에 비하여 월등히 많은 마모율을 보였다(Fig. 2(b)). 즉 표준함량인 10 vol% BaSO₄보다 적거나, 약간 많이 첨가한 시편에서는 내마모성이 우수한 것으로 나타났고, 15 vol% BaSO₄첨가 시편에서 내마모성이 제일 우수하였다.

한편 Fig. 2(c)에서와 같이 Al₂O₃의 연마재의 함량을 변화시킨 시편에서는 충전재 BaSO₄의 결과와 비슷하게 표준시편의 함량 6 vol% Al₂O₃보다 적은 1 vol% Al₂O₃ 시편과, 11 vol% Al₂O₃시편에서 각각 더 좋은 내마모성을 보이고 있으며, 반면 16 vol% Al₂O₃시편에서는 표준시편보다는 비교적 양호한 내마모성을 보이나, 1 vol%, 11 vol% Al₂O₃첨가 시편보다는 미흡함을 알 수 있다. 따라서 내마모성 측면에서는 11 vol% Al₂O₃연마재 첨가가 가장 우수함을 알 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 한 SiC, BaSO₄, Al₂O₃의 함량에 따른 마모율의 변화는 Table 2에 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서는 마찰재에 포함된 세라믹 연마재와 충전재의 상대량에 따른 마찰특성을 고찰하였다. 연마재 첨가의 경우, SiC는 10 vol%로부터 떨어질수록 마모율이 증가하였고 특히 15, 20 vol%에서는 4시간 시험 후 18%에 상당하는 마모율을 보였다.

한편 다른 연마재인 Al₂O₃의 경우는 첨가함량이 1 vol%로 적어진 경우도 내마모성이 증가하였고, 11 vol%, 16 vol%로 함량을 증가한 경우도 내마모성이 증가하였으나 11 vol% 첨가 시편에서 가장 우수한 내마모성(2.6%)을 얻을 수 있었다.

또한 충전재로 쓰이는 BaSO₄의 경우, 연마재인 Al₂O₃의 첨가와 비슷한 양상을 보이고 있으며, 15 vol% BaSO₄

의 첨가 시편에서 가장 높은 내마모성을 얻었다(4.2%).

따라서 자동차용 마찰재의 내마모성 향상을 위해서는 SiC는 10 vol%, BaSO₄는 15 vol%, Al₂O₃는 11 vol%를 첨가하는 것이 효과적일 것으로 판단된다. 이러한 사실은 마찰표면의 관찰에서와 같이 BaSO₄ 15 vol%, Al₂O₃ 11 vol% 시편에서 가장 표면이 매끄럽고 입자의 탈착정도가 적은 것과 잘 일치한다.

감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단의 국제공동연구과제(과제번호 D00007)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. H. Jang, J. J. Lee, S. J. Kim and K. Y. Jung, SAE, 982235, 1 (1998).
2. M. G. Jacko and R. T. DuCharme, Society of Automotive Engineers, SAE, 730191 (1973).
3. L. S. Bark, D. Morgan and S. J. Percival, Wear, **41**, 309 (1977).
4. M. G. Jacko, Wear, **46**, 163 (1978).
5. S. J. Kim and H. Jang, Tribol. Int., **33**(7), 477 (2000).
6. J. W. Longley, R. Gardener, IMechE, C453/88 (1988).
7. P. Gopal, L. R. Dharani, F. D. Blum, Wear, **174**, 119 (1994).
8. H. Jang, S. J. Kim, Wear, **239**, 229 (2000).
9. R. Witaker, A. Wirth, J. Appl. Phys. D, **25**, 38 (1992).
10. D. A. Kelly and I. M. Hutchings, Wear, **250**, 76 (2001).
11. H. Block, IMechE, **2**, 222 (1973).